รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ (Proceedings)

การประชุมวิชาการระดับชาติ

พิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 4 ประจำปี พ.ศ. 2561

Thailand 4.0 นวัตกรรมและการวิจัยเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน

วันที่ 23 มีนาคม 2561

เล่ม 2 กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คำนำ

รายงานสืบเนื่องจากงานประชุมวิชาการระดับชาติพิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 4 ประจำปี พ.ศ. 2561 เป็นการรวบรวมผลงานวิจัยที่นำเสนอทั้งในรูปแบบบรรยายและการนำเสนอแบบโปสเตอร์ ในงานประชุมวิชาการระดับชาติพิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 4 ประจำปี พ.ศ. 2561 ณ ศูนย์วัฒนธรรมภาคเหนือตอนล่าง ในวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2561 จำนวนทั้งหมด 379 ผลงาน โดยแบ่งออกเป็นผลงานวิจัยที่นำเสนอในรูปแบบบรรยาย จำนวน 144 ผลงาน และรูปแบบโปสเตอร์ จำนวน 235 ผลงาน มีผลงานที่ได้รับการคัดเลือกให้จัดทำรวมบทความฉบับสมบูรณ์ มีการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในแต่ละด้าน รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับฯฉบับนี้เป็นบทความฉบับสมบูรณ์ในกลุ่มด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งสิ้น 149 ผลงาน โดยแบ่งออกเป็นผลงานวิจัยในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	จำนวน 125 ผลงาน
ด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ	จำนวน 24 ผลงาน

คณะกรรมการดำเนินงานฝ่ายประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัย ขอขอบคุณผู้บริหาร กองบรรณาธิการ และผู้ทรงคุณวุฒิ รวมถึงขอขอบคุณผู้นำเสนอผลงานและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนส่งเสริมและสนับสนุนให้การจัดทำรายงานสืบเนื่องจากการประชุมครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี หวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

การเผยแพร่การพัฒนาศักยภาพการสูบน้ำแบบปั๊มคลัทช์ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณี พื้นที่องค์การบริหาร
ส่วนตำบล อ่างหิน อ.อ่างหิน อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี
ธรรมนูญ เพชรศรี ชานนท์ บุญมีพิพิธ..... 1-7

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมใยอาหารจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง
ฐิติยา อินทนู ตวงรัตน์ จิตรำพึง วรพรรณ ภิรมก้อย เกษราภรณ์ ภูมิโคกรัก ชไมพร สอนใจดี
โสรัจวรชุม อินเกต กุลชญา สิ่วหงวน ผกาวดี ภู่จันทร์..... 8-15

ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่
กัญญระพี บัวสุวรรณ ธนานนท์ พรหมโชติ พงษ์สันต์ อินแผลง แพรพลอย พิมพสุต ดารณี มณีนิล
โสรัจวรชุม อินเกต ผกาวดี ภู่จันทร์..... 16-23

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตมีเทนจากน้ำกากส่าด้วยการหมักร่วมกับกากน้ำตาล
ชัชวินทร์ นวลศรี นพรัตน์ ต้อยน้อย จักรกฤช ศรีละออ..... 24-31

การวิเคราะห์ปริมาณเคอคูมินอยด์ในตัวอย่างด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง
วิษณุ ธงไชย สุวรรณา ธงไชย..... 32-39

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่
ธวัลรัตน์ สัมฤทธิ์ กนกวรรณ พรมจีน พัชราภรณ์ อินริราย สุรินทราพร ชั่งไชย
ธนากร จันทรศรีชา..... 40-46

ชาสมุนไพรอินทรีย์
ณัฐชยา จันทร์แก้ว รุ่งรัตน์ พันธุ์ สุธิตา ทองอยู่ โสรัจวรชุม อินเกต กุลชญา สิ่วหงวน
ผกาวดี ภู่จันทร์..... 47-53

สมบัติเชิงหน้าที่ของผงมิวซิเลจจากเมล็ดแมงลักและการใช้เป็นสารให้ความคงตัวใน
ไอศกรีมวานิลา
ประเสริฐ จริยะเลอพงษ์ ธัชชพร ไชยเจริญ..... 54-60

ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อคุณภาพของหมั่นโถว
สุพัตรา หวามาก วนิดา ช่วยเรือง ธัชชพร ไชยเจริญ..... 61-64

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร
ภัทรานิษฐ์ จิตรำพึง สุรัมภา เทพทองดี วรวุฒิ นาคแก้ว กุลชญา สิ่วหงวน ผกาวดี ภู่จันทร์..... 65-71

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบน้อยหน่า และใบสาบเสือในการควบคุมหนอนใยผัก
พัชราวรินทร์ เรือนโต สุชาดา แก้วตา เสาวลักษณ์ ชาญเชี่ยว..... 72-76

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร : กรณีศึกษากองกลางสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัย
ราชภัฏพิบูลสงคราม
เบญจรัตน์ หอมสมบัติ อรชร ฉิมจารย์..... 77-86

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ
ณัฏฐณิชา รัตนจันทร์ ศิริลักษณ์ บุญแก้ว ไพศาล คงสวัสดิ์ โสรัจวรชุม อินเกต
ผกาวดี ภู่จันทร์..... 87-93

สารบัญ

หน้า

ผลของการเสริมแป้งใยอาหารสูงต่อสมบัติของเส้นขนมจีนอบแห้ง
พรทิพย์ เหล่าทองสาร คงศักดิ์ ศรีแก้ว และ ชุติมา เลิศลักษมี..... 94-102

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและแร่ธาตุของข้าวก่ำถ่านและข้าวหอมดอย :
ข้าวพื้นเมืองในจังหวัดเชียงราย
ณัตฐิยา ชัยชนะ..... 103-108

การใช้น้ำกากส่าเป็นตัวประสานในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพด
ชัชวินทร์ นวลศรี วิลาวรรณ์ พัดเถื่อน จักรกฤช ศรีละออ..... 109-116

การบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรด้วยวิธีเกษตรปลอดภัย
อัษฎาวุธ สนั่นนาม ณิฐิมา เฉลิมแสน คชรัตน์ ทองฟัก สมบัติ พนเจริญสวัสดิ์ สุรีย์รัตน์ บัวชื่น
กาญจนา แก้วศรี สโรชา ตันหลี..... 117-122

การพัฒนาระบบเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษาหมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร
อมิตตา คล้ายทอง ธานินทร์ คุยศรี..... 123-133

การสำรวจและศึกษาสัณฐานวิทยาของต้นจัน (Diospyros decandra Lour.) ในเขตอำเภอเมือง
จังหวัดพิษณุโลก
เยาวพา กลิ่นกุหลาบ กาญจนา ธนนพคุณ..... 134-141

การศึกษาการจัดการและองค์ประกอบขยะมูลฝอยจากตลาดนัดในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์
ชำมะเลียง เชาว์ธรรม..... 142-145

การศึกษาวิธีการใช้ผักตบชวาในการขจัดคราบน้ำมัน
กาญจนา ภิญโญภาพ..... 146-150

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลา
พรทิพย์ เหล่าทองสาร วาศินี ชุนนะวรรณ์ สมจิตร ศรีบุญจันทร์ อุทัยวรรณ ฉัตรธง
ทรงพรรณ สังข์ทรัพย์..... 151-155

การงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของกล้าไม้ในเรือนเพาะชำ เพื่อการคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้ในการฟื้นฟู
ระบบนิเวศ
สมบูรณ์ คำเตจา พุทธชาด อารมณ์พุทธคุณ รัชดา โชคฤทัยวัลย์ สุทธิ มลิทอง..... 156-162

การเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ U Pegasus
แสงเดือน ประภาตะนันท์ รณกฤต รัตนมาลา..... 163-168

ผลของสารสกัดใบอ้อยต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค
ศิริพร แสงทอง กนกรัตน์ คำเรือง เรณู อยู่เจริญ..... 169-174

การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคโดยสารสกัดหยาบใบมันสำปะหลัง
กนกพร ประโยชน์ยิ่ง กนกรัตน์ คำเรือง เรณู อยู่เจริญ..... 175-180

การกระจายตัวของพรรณไม้ให้สีธรรมชาติ ป่าสงวนแห่งชาติป่าโคกหินลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
อภิญญา บอนคำ นฤเศรษฐ์ ประเสริฐศรี โสภณวิชญ์ คำพิลัง นุชนาฎ บัวศรี..... 181-186

สารบัญ

หน้า

การพัฒนาระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมอัตโนมัติของห้องแม่ข่ายผ่านแอปพลิเคชันไลน์
สมภพ มุสิกร พิมรินทร์ คีรินทร์..... 187-193

การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศ เพื่อศึกษาพืชวงศ์ถั่ว ในเขตป่าสงวนแห่งชาติโคกข่าว จังหวัดมหาสารคาม
เบ็ญจพรรณ จารัตน์ นฤเศรษฐ์ ประเสริฐศรี สาธิต แสงประดิษฐ์ นุชนาฎ บัวศรี..... 194-201

การใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชท้องถิ่นในโรงเรียนป่าซาง จังหวัดลำพูน
กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์..... 202-208

การประเมินคุณภาพดินและสถานการณ์คุณภาพน้ำและคุณภาพดินบางประการ บริเวณพื้นที่การเกษตร ตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์ เกสร รุ้งดี ธีระพันธ์ มลิมาตย์..... 209-217

ความแปรผันของคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนในช่วงเวลาต่าง ๆ ระหว่างวัน กรณีศึกษา : เขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
ทัศวรรณ สิงห์มณี อรชร ฉิมจารย์ สุขสมาน สังโยคะ..... 218-227

การพัฒนาแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน เรื่อง แหล่งท่องเที่ยว จังหวัดนครสวรรค์
ธนวัฒน์ ถาวรกูล สุรพงษ์ วิริยะ นวรัตน์ กฤชรัตนศักดิ์..... 228-236

การพัฒนาระบบส่งเสริมวินัยโภชนาการ โดยใช้การส่งภาพกิจกรรมผ่านอินเทอร์เน็ต
อุไรวรรณ์ รักผกาวงศ์..... 237-244

การเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการใช้ระบบสร้างและตรวจแบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์
อุไรวรรณ์ รักผกาวงศ์ พงษ์เทพ รักผกาวงศ์..... 245-252

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงชาจากกลีบบัว
พิมพ์ชนก พริกบุญจันทร์ คำรบ สมะวรรธนะ ประภาศิริ ใจผ่อง พรนัชชา หอมมาลี อุเทน กรีพรต..... 253-257

ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่การให้บริการขนส่งสาธารณะจังหวัดนครสวรรค์
พุทธพร ไสว อาสาฬห์ อุตตาลกาญจนา..... 258-266

สมบัติทางเคมี-กายภาพและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีการต่างกัน
กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ์ ชลกร อมรพิมล สมจิตต์ ปาละกาศ..... 267-274

การพัฒนาสบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าว
ศิริรัตน์ พันธ์เรือง วิษณุ ธงไชย เฉลิมพร ทองพูน..... 275-280

ระบบฐานข้อมูลร้านเช่าแบบเสา,แบบคาน,นั่งร้าน กรณีศึกษาร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก
ปฏิภาณ โพธิ์จันทร์ สิวินีย์ ศรีสร้อยทองสุก..... 281-288

สารบัญ

หน้า

ความคิดเห็นของประชาชนต่อสภาพแวดล้อมในชุมชนบริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ในเขต ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
เดชาธร แสงคำ สุภาวดี น้อยน้ำใส..... 289-296

การสำรวจและการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของปลาในแม่น้ำน่าน
ประภาศิริ ใจผ่อง พิมพ์ชนก พริกบุญจันทร์..... 297-303

ระดับความดังเสียงบริเวณโรงเรียนที่มีการจราจรหนาแน่นในเขต อ.เมือง จ.พิษณุโลก
ณัฐชานนท์ ดอนเขียวไพร นัทวัน สุโพธิ์แสน ธันวดี ศรีธาวิรัตน์..... 304-309

สาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน กรณีศึกษาฟังก์ชันลอการิทึม ฟังก์ชันเอกนามดีกรี n และฟังก์ชันประกอบ
รภัส มูลโมกข์ วนิดา ขุนศรี สิริกัญญา อินหันต์..... 310-315

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ในอาคารโรงเรียนประถมศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
สุพัตรา เอี่ยมนาค ศศิภรณ์ ถาวรศักดิ์ ธันวดี ศรีธาวิรัตน์..... 316-321

ฤทธิ์ของปูนแดงต่อการฟักและการตายของลูกน้ำยุงลายบ้าน (Aedes aegypti)
สุจิณณา ปัญญาวิชา อรวรรณ วนะชีวิน..... 322-330

ผลของสารสกัดหยาบจากลูกใต้ใบต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย Staphylococcus aureus
วรดา แซ่ลี มนตรา ศรีษะแย้ม วราภรณ์ ผาลี ภรภัทร สำอาง ทิพย์วรินทร์ ริมลาดวน
อรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์..... 331-338

ระบบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะ กรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
วิชุดา พุทธโกษา คัชรินทร์ ทองฟัก..... 339-346

การศึกษาชนิดสเปกตรัมดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50
เปรมฤทัย ละเอียด รณกฤต รัตนมาลา..... 347-350

นอน-ดีเทอร์มินิสติค ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้นสำหรับระบบพีชคณิต ชนิด ((n);(n))
จินตนา จูมวงษ์ ดารา ภูสง่า..... 351-358

การพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทยด้วยเทคโนโลยี QR CODE
ปัญจพร สีคำพา วิไรวรรณ แสนชะนะ..... 359-366

การรับรู้คุณลักษณะและทัศนคติที่ส่งผลต่อการใช้งานพร้อมเพย์ ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร
พุทธิพงศ์ รัตนยืนยง ศรัณยพงศ์ เที่ยงธรรม..... 367-374

การศึกษากระจุกดาว M93
บุษกร เวชประโคน สุกัญญา ครูงเหลือม รณกฤต รัตนมาลา..... 375-378

อุบัติการณ์ของหนอนพยาธิที่ติดเชื้อในลำไส้ปลาหมอที่อยู่ตามธรรมชาติและเลี้ยงในบ่อซีเมนต์
กัณฐิการ์ จงธรรม์ อรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์ สิทธิชัย อุดก่ำ วราภรณ์ ผาลี..... 379-382

การศึกษาสารสกัดรากยอบ้านต่อฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส
ดามรัศมน สุรางกูร กมลวรรณ ศรีสวัสดิ์ ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล อรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์
ภรภัทร สำอางค์..... 383-388

สารบัญ

หน้า

การผลิตสารสีของเชื้อรา Monascus spp. บนวัสดุทางการเกษตร
ณัฏฐณิชา สิงห์ลี วิภาวรรณ ปุ๊คำปวง..... 389-394

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองสมุนไพร
กนกพร ด่านแก้ว พนัสชนก จ้อยอินทร์ วริศรา ศรีโพธิ์..... 395-403

การศึกษาของกระจุกดาว M46
ชินพรรดิ์ ณ เรียนไธสง อภิวัฒน์ ฤาษี รณกฤต รัตนมาลา..... 404-407

การพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษามหาวิทยาลัยพิษณุโลก
สมพงษ์ พุทธศร ฤทธิรงค์ แสงสร้อย ปรกฤษฎ์ สายหัสดี..... 408-417

การคัดกรองหาเชื้อราที่สร้างสารยับยั้งเชื้อรา Colletotrichum musae, Fusarium oxysporum และ Pyricularia grisea จากเชื้อราเอนโดไฟต์ที่แยกจากเปล้าตองแตก
ชนิดาภา จันทร์เชี่ยน นฤมล เถื่อนกูล รำไพ โกฎสืบ..... 418-427

คุณสมบัติทางกายภาพบางประการ ปริมาณฟีนอลิก และเบต้าแคโรทีนของ สบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง
มณฑา หมีไพรพฤกษ์ พิสุทธิลักษณ์ พงโอสถ ณัฐธิดา ยศปัญญา รุ่งวดี เชื้อจีน
ณัฐภาณี บัวดี..... 428-436

สารกาบาและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ในน้ำแช่ 4 ชนิด
อนุสรา วงษ์ไว สิรินลักษณ์ ประเสริฐบำรุง ดวงกมล สีทา มณฑา หมีไพรพฤกษ์..... 437-442

การพัฒนาเม็ดบีดอิมัลชันเพื่อใช้เป็นส่วนผสมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง
จิรศิต อินทร ญาณิศา จินดาหลวง เปรมนภา สีโสภา..... 443-449

การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่น เรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
อาทิตยา ทองมี ภราดร พิมพันธุ์ ดวงใจ พุทธเษม..... 450-456

สารสกัดจากต้นจัน (Diospyros decandra Lour.) เพื่อใช้เป็นสีย้อมเส้นไหม
เบญจวรรณ หิรัญโกย กาญจนา ธนนพคุณ..... 457-463

การใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่และกลีบดาวเรืองในอาหารไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อย
ณิฐิมา เฉลิมแสน ดอกรัก ขวัญเขียว ยิ่งยศ แซ่ยั้ง สุบิณฑ์ สีวิใจลำพัน ศุภัทรชัย โตสุข
ธัญรัตน์ จารี..... 464-470

ตัวแบบการพยากรณ์ราคาทองคำในประเทศไทย
จีรพัชร ฤทธิ์ชัยเจริญ ศิรินภา จิตพิไล ชฎารัตน์ ถาปัน..... 471-477

ทฤษฎีบทจาครอปแบบ (s,t) และจาครอป-ลูคัสแบบ (s,t) โดยวิธีการเมทริกซ์
กมลรัตน์ ทองเพชร บัญชรี เปรมศรี โชคชัย แซ่ย่า อุไรวรรณ จิตต์บุรุษ..... 478-487

การศึกษาการผลิตโปรตีนข้าวผงที่ละลายน้ำได้จากข้าวและรำข้าว
นับดาว มากจุ้ย เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และ ทิพวรรณ ทองสุข..... 488-495

การเผยแพร่การพัฒนาศักยภาพการสูบน้ำแบบปั๊มคลัทซ์ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ กรณี พื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบล อ่างหิน อ.ปากท่อ จ. ราชบุรี

Dissemination of potential development of solar water pump in agricultural - Case study : Anghin Village, Pakthor, Ratchaburi

ธรรมนูญ เพชรศรี ชานนท์ บุญมีพิพิธ
วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
*chanon.bun@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง การเผยแพร่การพัฒนาศักยภาพการสูบน้ำแบบปั๊มมีหน้าคลัทซ์ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมสำหรับการ ใช้งานสำหรับครัวเรือนภาคเกษตรกรรม ทั้งนี้เครื่องสูบน้ำแบบปั๊มมีหน้าคลัทซ์ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ได้พัฒนาขึ้นเพื่อลดการ สะสมความร้อนในมอเตอร์ด้วยระบบการตัดต่อระบบส่งกำลังแม่เหล็กของมอเตอร์แบบไฟฟ้ากระแสตรงด้วยหน้าคลัทช์ เพื่อ เป็นข้อมูลสำหรับการเลือกใช้งานของอุปกรณ์สูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรที่มีประสิทธิภาพ และเป็นต้นแบบ ในการใช้งานที่เหมาะสมกับท้องถิ่น ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน และเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำไปสู่การพัฒนาพลังงานทดแทนให้เกิดประโยชน์อย่างเหมาะสม เพื่อประโยชน์ต่อประชาชน และประเทศชาติให้ยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ : แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องสูบน้ำ เกษตรกรรม ภัยแล้ง เทคโนโลยีชนบท

Abstract

Research on Dissemination of potential development of solar water pump in agriculture with new design of water pump with new developed engine cluth in order to reduce accumulated heat in direct current electrical motor. It is developed to be an alternative solar water pump for local farmer in rural area in order to test the performance and collect data for optimum equipment selection, Reduce energy costs and promote Environmental protection for agricultural households. This alternative energy for water pump leads to the development of energy that can be used to increase the benefits to the people and to be sustainable development of Thailand agricultural village.

keywords : solarcell water pump agricultural rural technology direct solar pumping

บทนำ

ประเทศไทยน้ำระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้เป็นครั้งแรกตั้งแต่ปี 2524 จนกระทั่งต้นปี 2530 เกิดความแห้งแล้งอย่างรุนแรงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประชาชนขาดแคลนน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภค ดังนั้นหน่วยงานรัฐภายใต้การน้ำของ 2 หน่วยงานหลัก ได้แก่ กรมโยธาธิการและศูนย์อำนวยความช่วยเหลือประชาชนตามแนวพระราชดำริเพื่อพัฒนาภาคช่วยเหลือประชาชนตามแนวพระราชดำริเพื่อพัฒนา ได้ติดตั้งระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้กันแพร่หลายในพื้นที่ชนบทห่างไกล [1,2] ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำที่เป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญของชีวิตสำหรับประเทศไทย มีการใช้พลังงานเพื่อการเกษตรเป็นจำนวนมาก หนึ่งในนั้นคือการใช้เพื่อสูบน้ำเข้าสู่พื้นที่เกษตร ซึ่งมีต้นทุนค่าพลังงาน (น้ำมัน/ไฟฟ้า) เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกษตรกรต้องหาเทคนิคอื่นๆ มาใช้ในการสูบน้ำ เทคนิค หนึ่งที่ได้รับความนิยม ได้แก่การใช้ปั๊มน้ำจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นระบบที่นำเอาพลังงานจากแสงอาทิตย์มาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนาไปใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้า ซึ่งช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นจำนวนมาก และยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย [3]

ปัจจุบันเครื่องสูบน้ำที่ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงจากแผงโซล่าเซลล์ ต้องใช้ปั๊มน้ำแบบกระแสไฟฟ้าตรง (DC Pump) ซึ่งมีขนาดกาลังขับต่ำ และไม่มีรูปแบบของปั๊มน้ำให้เลือกตามการใช้งานมากนัก การใช้ปั๊มน้ำแบบกระแสไฟฟ้าสลับ AC (AC Pump) ซึ่งในท้องตลาดมีให้เลือกใช้ หลายรุ่นหลายแบบ หลายกำลังขับ จำเป็นต้องใช้อินเวอเตอร์ในการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นกระแสสลับก่อน ซึ่งข้อจำกัดของอินเวอเตอร์โดยทั่วไป คือ ไม่สามารถทางานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อต้องรับแรงดันที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ไม่แน่นอน ทั้งนี้ประเทศไทยมีปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีอยู่ในช่วง 18-19 MJ/m2-day [4] และบางครั้งจำเป็นต้องใช้จำนวนแผงโซล่ามากเกินความจำเป็น และมีแบตเตอรี่ในการจัดเก็บพลังงาน และทำให้ต้นทุนสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าระบบสูบน้ำด้วยแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งไปแล้วไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากขาดองค์กรในท้องถิ่นรองรับการบริหารจัดการ ขาดแคลนข้อมูลและขาดการบำรุงรักษาระบบ [1]

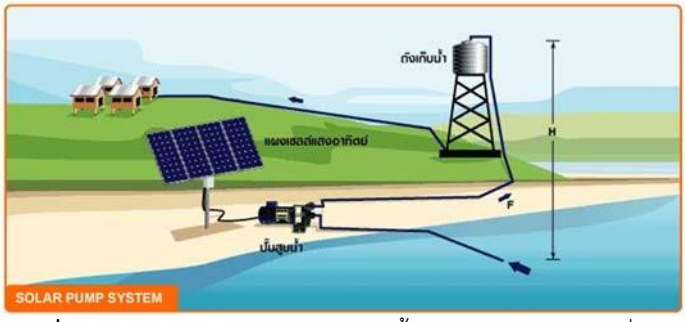
สภาพภูมิอากาศ ตำบลอ่างหิน อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม 2 ประเภท คือ ลมมรสุมตะวันตก เฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือก่อให้เกิดฤดูฝนตั้งแต่ต้นเดือนพฤษภาคมถึงปลายเดือนพฤศจิกายน ฝน ตกชุกในเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ อากาศ หนาวเย็น ฝนตกน้อยและมีอุณหภูมิต่ำสุดของปีฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม อากาศ ร้อน ความชื้นในอากาศต่ำและมีฝนตกเป็นครั้งคราว อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 28.26 องศาเซลเซียส ปริมาณ น้ำฝนเฉลี่ยรวมตลอดปี 1,210.60 มิลลิเมตร ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีร้อยละ 71.42 สมดุลของน้ำเพื่อการเกษตร เดือนพฤษภาคม เป็นเดือนแรกที่ปริมาณน้ำฝนสูงปริมาณความชื้นสะสมในดินสูงจึงทำให้ดินอิ่มตัว ดังนั้น ช่วงที่มีการสะสมความชื้นในดินจึงเริ่มจากเดือนพฤษภาคมไปจนถึงเดือนตุลาคม ส่วนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายนจะเป็นช่วงการขาดน้ำ สำหรับช่วงระยะที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงปลาย เดือนพฤศจิกายน [5]

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลการปรับปรุงและพัฒนาระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ปั๊มแบบมีหน้าคลัทช์ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นใหม่เพื่อลดการสะสมความร้อนในมอเตอร์ด้วยระบบการตัดต่อระบบส่งกำลังแม่เหล็กของมอเตอร์แบบไฟฟ้ากระแสตรง โดยจะเผยแพร่องค์ความรู้การการปรับปรุงและพัฒนาระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ปั๊มแบบมีหน้าคลัทช์เพื่อแก้ไขปัญหาแรงดันที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ไม่แน่นอน และให้สอดคล้องกับการใช้น้ำและคุณภาพของแหล่งน้ำในพื้นที่ชุมชนหมู่ที่ 1 ตำบลอ่างหิน อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี เป็นพื้นที่กรณีศึกษา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและลดขั้นตอนการประยุกต์ใช้ระบบดังกล่าวให้เกษตรกรในพื้นที่สามารถเข้าใจง่าย ลดค่าใช้จ่ายและง่ายต่อการบำรุงรักษาเป็นทางเลือกแทนระบบเดิม

ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ คือ การประยุกต์น้ำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้กับการสูบน้ำ เป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระโดยไม่มีการเชื่อมต่อเข้ากับสายส่งของการไฟฟ้า

ส่วนประกอบของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบหลักของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มา http://www.gautamsolar.com/solar-pumpingsystem/

ส่วนประกอบหลักของระบบจะประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic, PV) ระบบควบคุมไฟฟ้า (Controller) เครื่องแปลกระแสไฟฟ้าสำหรับสูบน้ำ (Inverter) และปั๊มสูบน้ำ (Motor Pump) [5,6] โดยรายละเอียดตามภาพที่ 1

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic, PV) ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า [6] ที่นำไปเป็นแหล่ง พลังงานของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบควบคุมทางไฟฟ้าและเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Controller and solar charger) ทำหน้าที่ควบคุมระบบการทำงาน และทำหน้าที่ควบคุมการประจุและจ่ายกระแสไฟฟ้าของระบบ

ปั๊มสูบน้ำกระแสตรง (Motor Pump) ทำหน้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จาระบบเปลี่ยนเป็นพลังงานกลเพื่อสูบน้ำ

ข้อเด่น-ด้อยของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ข้อเด่น

- เป็นการประยุกต์ใช้พลังงานจาธรรมชาติซึ่งเป็นพลังงานสะอาด
- สำมารถติดตั้งเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนพื้นโลก
- ไม่ต้องใช้เชื่อเพลิงอื่นใดนอกจาแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้จึงไม่เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อม
- ไม่มีอุปกรณ์ใดๆ เคลื่อนไหวในการทางาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง
- การติดตั้งทำได้ง่ายและสะดวก เคลื่อนย้ายสะดวก
- เป็นระบบที่มีการบำรุงรักษาน้อย
- ลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในการผลิตไฟฟ้า เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน

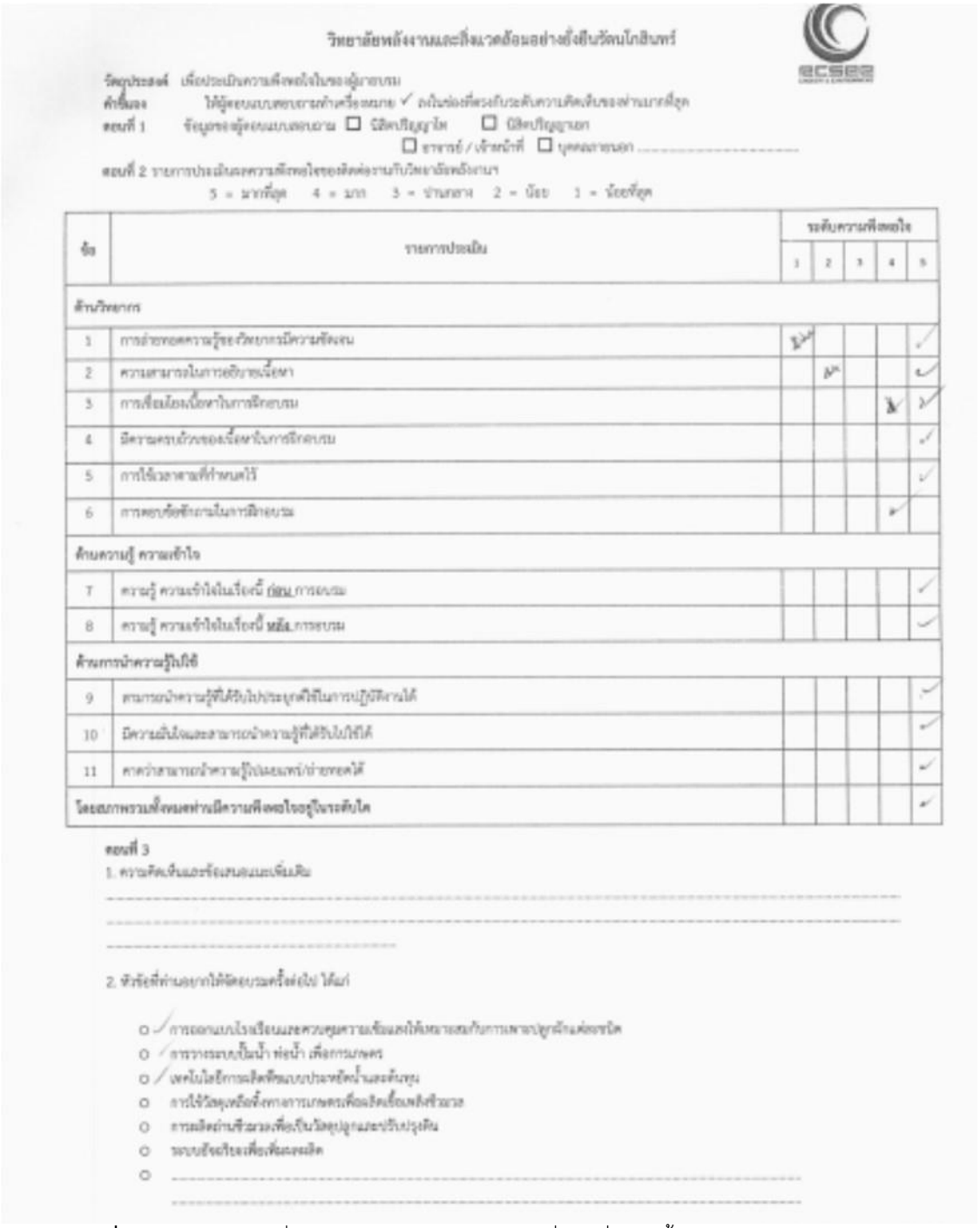
ข้อด้อย

- สามารถใช้งานได้เพียงเวลากลางวัน หรือเท่าที่แบตเตอรี่ประจุไฟฟ้าในตอนกลางวันได้
- ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าค่อนข้างต่ำจึงต้องใช้พื้นที่ค่อนข้างมากในการผลิตไฟฟ้า

วิธีดำเนินการ

วิจัย

1. ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบการสูบน้ำในงานเกษตรกรรม
2. ออกแบบและพัฒนาระบบเครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แบบปั๊มมีหน้าคลัทช์
3. ทดลองระบบการสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์
4. ทดสอบประสิทธภิ าพของระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์
5. จัดทำรายงานสรุปผลการวิจัย
6. เผยแพร่และจัดประชุมสัมมนาในพื้นที่เป้าหมาย องค์การบริหารส่วนตำบล อ่างหิน อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี
7. จัดทำแบบสอบถาม เพื่อประเมิน และวัดผลความเข้าใจ หลังบรรยาย



วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนวัดนโกสินทร์

วัตถุประสงค์ เพื่อประเมินความพึงพอใจในของผู้เข้าอบรม

คำชี้แจง ให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม ☐ นิสิตปริญญาโท ☐ นิสิตปริญญาเอก

☐ อาจารย์ / เจ้าหน้าที่ ☐ บุคคลภายนอก .....

ตอนที่ 2 รายการประเมินผลความพึงพอใจของหลักสูตรต่องานบริหารจัดการพลังงาน

5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		1	2	3	4	5
ด้านวิทยากร						
1	การถ่ายทอดความรู้ของวิทยากรมีความชัดเจน					✓
2	ความสามารถในการอธิบายเนื้อหา					✓
3	การเชื่อมโยงเนื้อหาในการฝึกอบรม					✓
4	มีความครบถ้วนของเนื้อหาในการฝึกอบรม					✓
5	การใช้เวลาตามที่กำหนดไว้					✓
6	การตอบข้อซักถามในการฝึกอบรม					✓
ด้านความรู้ ความเข้าใจ						
7	ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ ก่อน การอบรม					✓
8	ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ หลัง การอบรม					✓
ด้านการนำความรู้ไปใช้						
9	สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้					✓
10	มีความมั่นใจและสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ได้					✓
11	คาดว่าสามารถนำความรู้ไปเผยแพร่/ถ่ายทอดได้					✓
โดยสภาพรวมทั้งหมดท่านมีความพึงพอใจอยู่ในระดับใด						✓

ตอนที่ 3

1. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

2. หัวข้อที่ท่านอยากให้จัดอบรมครั้งต่อไป ได้แก่

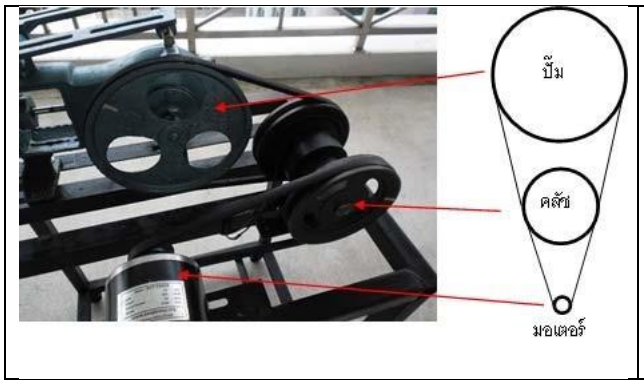
- ○ ✓ การออกแบบโรงเรือนและควบคุมความชื้นและให้เหมาะสมกับการเพาะปลูกผักแต่ละชนิด
- ○ ✓ การวางระบบปั๊มน้ำ ท่อน้ำ เพื่อการเกษตร
- ○ ✓ เทคโนโลยีการผลิตพืชแบบประหยัดน้ำและต้นทุน
- ○ การใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล
- ○ การผลิตถ่านชีวมวลเพื่อเป็นวัสดุปลูกและปรับปรุงดิน
- ○ ระบบอัจฉริยะเพื่อเพิ่มผลผลิต
- ○ .....

.....

ภาพที่ 2 แบบสอบถามเพื่อประเมินการเผยแพร่การวิจัยเรื่องเครื่องสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีหน้าคลัทช์

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาข้อมูลแหล่งน้ำพื้นที่ หมู่ 1 องค์การบริหารส่วนตำบลอ่างหิน อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี และส่งเสริมการใช้รูปแบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการสูบน้ำแบบมีหน้าคลัทช์ไฟฟ้าในการควบคุมการทางาน ขนาด 300 วัตต์ 24 โวลต์ ที่ควบคุมการประจุไฟฟ้าลงแบตเตอรี่ขนาด 100-160 AH ขนาด 24 โวลต์ ให้เป็นแหล่งพลังงานให้กับมอเตอร์ขนาด 24 โวลต์ กระแสตรง เพื่อหมุนปั๊มสูบน้ำได้ปริมาณ 3,000-4,000 ลิตร/วัน โดยถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับเกษตรกร โดยใช้ห้องพื้นที่หอประชุมหมู่บ้าน หมู่ 1 ตำบลอ่างหิน เป็นพื้นที่อบรมและเผยแพร่องค์ความรู้ต่างๆ ให้กับเกษตรกร โดยมีตัวอย่างการติดตั้งปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 20 บ่อน้ำนำร่อง ของเกษตรกรที่ได้คัดเลือกจากบ่อที่มีปริมาณกักเก็บน้ำตั้งแต่ 4000 ลบม ขึ้นไป





ภาพที่ 3 เครื่องสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีหน้าคลัทช์ ภาพที่ 4 เครื่องสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในท้องตลาด

ผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานพัฒนาในส่วนของการพัฒนานวัตกรรมและการสำรวจในโครงการย่อยในแผนโครงการนั้น ได้ดำเนินการเผยแพร่ในวันเสาร์ที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2560 ณ ห้องประชุมองค์การบริหารส่วนตำบลอ่างหิน อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี โดยมีนายมิตร โพธิ์ทอง ประธานสภาองค์การบริหารส่วนตำบลอ่างหินเป็นประธาน



ผลการดำเนินงานพบว่า

1. ลักษณะของเกษตรกร

1.1 ค่าเฉลี่ยอายุ	55-75 ปี
1.2 ลักษณะการศึกษา	ประถมศึกษา (ป.2-6)
1.3 ลักษณะการทำเกษตรกรรม	พืชไร่, พืชสวน
1.4 รูปแบบการใช้เครื่องมือ	ดั้งเดิมและตามยุคสมัยที่มีการจำหน่าย
1.5 ลักษณะการปรับปรุงและซ่อมแซมเครื่องมือ	จ้าง
1.6 ระยะเวลาการใช้งานเครื่องมือ	2-3 ปี (ตามระยะประกัน)

2. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับนวัตกรรมที่พัฒนา

ผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้นั้น ยังไม่มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เลย เนื่องจากเกษตรกรในพื้นที่และเข้าร่วมโครงการมีอายุค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นผลให้ลักษณะการทำเกษตรกรรมในปัจจุบันยังใช้ลักษณะ เครื่องมือและแนวทางลักษณะเดิมที่เป็นผลให้เกิดการเพิ่มต้นทุนการผลิตในปัจจุบัน แต่หลังจากการเผยแพร่ไปแล้วนั้นพบว่า เกษตรกรมีองค์ความรู้เพิ่มขึ้นจนเป็นที่น่าพอใจ

3. การให้ความสนใจกับการดำเนินงาน

ผลการดำเนินการวิจัยนวัตกรรมนี้พบว่า ชุมชนและเกษตรกรมีความสนใจเป็นอย่างยิ่งเกี่ยวกับงานวิจัยนวัตกรรมลักษณะที่ศึกษา ผลการดำเนินการแสดงให้เห็นชัดเจนว่า ชุมชนมีความต้องการและร้องขอการพัฒนานวัตกรรมเกี่ยวกับระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ที่สามารถใช้งานร่วมกับระบบประปาหมู่บ้านเพื่อลดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ โดยได้ประสานงานให้เกิดความร่วมมืออย่างต่อเนื่องหลังจากเสร็จสิ้นงานวิจัยนี้

อภิปรายผลการวิจัย

พื้นที่ หมู่ 1 องค์การบริหารส่วนตำบลอ่างหิน อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี เป็นตัวอย่างการแก้ไขปัญหาภัยแล้งด้วยเทคโนโลยีการสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดต่อตรง เพื่อประหยัดการลงทุนแบตเตอรี่ โดยใช้ระบบตัดต่อด้วยคลัทช์ เพื่อลดปัญหาความเสียหายของมอเตอร์เนื่องจากความร้อนสะสม และเป็นการแก้ไขปัญหาได้อย่างยั่งยืน แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการขยายผลให้เกิดการเรียนรู้และนาไปปรับใช้ในชุมชนฮ่น ๆ ต่อไป

ความสำเร็จที่เป็นรูปธรรมในวันนี้เกิดจากความต้องการลดต้นทุนในการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรและแสวหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถใช้ฐ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิทยาลัยการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์มีทีมงานวิจัยที่สามารถตอบโจทย์ความต้องการของชุมชนได้ ทำให้จากเดิมที่ชุมชนจะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าในการสูบนน้ำจากเดือนละประมาณ 1000-3000 บาท ปัจจุบันเฉพาะในช่วงหน้าแล้งที่ต้องสูบน้ำก็จ่ายค่าไฟฟ้าไม่ถึง 1,000 บาท เพราะระบบที่ติดตั้งให้นั้นจะสูบน้ำได้ตลอดเวลาในช่วงที่มีแสงแดด แต่หากมีความจำเป็นที่จะต้องสูบน้ำในช่วงที่ไม่มีแสงแดดเครื่องสูบน้ำก็จะใช้ไฟฟ้าจากระบบปกติได้ทันที ซึ่งระบบที่ติดตั้งในวันนี้จะใช้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 - 4 ปีเท่านั้น ซึ่งเหมาะกับชุมชนที่ต้องการใช้พลังงานทดแทนมาช่วยลดค่าซื้อกระแสไฟฟ้าในระบบปกติ

สรุปผลการวิจัย

การดำเนินโครงการระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊มมีหน้าคลัทช์ ที่ภาครัฐให้การสนับสนุน ในการติดตั้งและปรับปรุงระบบ และให้ทางเจ้าของบ่อน้ำและองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) เป็นผู้ดูแลนั้น จะประสบผลสำเร็จได้ก็ต่อเมื่อผู้ดำเนินโครงการสามารถแก้ปัญหาทางด้านเทคนิค และปัญหาทางด้านการบริหารจัดการ ซึ่งเป็นสองปัญหาหลักในการดำเนินโครงการ ปัญหาเหล่านี้จะหมดไปได้ก็ต่อเมื่อทาง องค์การบริหารส่วนตำบล มีความรู้ความเข้าใจในตัวเทคโนโลยี การ ดูแลรกั ษาระบบ และการบริหารจัดการระบบที่ดี

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการจัดประชุมสัมมนาเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้ดูแลรักษาระบบอย่างต่อเนื่องเพื่อจะได้ทราบสถานะ และปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับระบบ
2. ในกรณีที่จะทำโครงการเพื่อนาเทคโนโลยีลงสู่ชุมชนในอนาคตควรเลือกใช้เทคโนโลยีที่ง่ายต่อการใช้งานและการบำรุงรักษา
3. ประชาชนสามารถรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้
4. ควรมีการให้ความรู้ จัดฝึกอบรมอย่างต่อเนื่อง ให้กับช่างเทคนิคประจำจังหวัด ประจำชุมชน เช่น บุคลากรของวิทยาลัยเทคนิค ช่าง องค์การบริหารส่วนตำบล เพื่อให้สามารถทำการตรวจซ่อม และแก้ไขระบบฯ เบื้องต้นได้
5. แนวทางการพัฒนาและความต้องการให้ร่วมมือเพื่อพัฒนาต่อยอด ผลการดำเนินงานที่ต้องการให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จากการทำสำรวจและแบบสอบถาม ประกอบด้วย
   - เกษตรสนใจเครื่องสูบฐ้าขนาดใหญ่เพื่อการเกษตรกรรมและระบบบริหารจัดการน้ำ ที่เหมะสมกับขนาดพื้นที่และชนิดของพืชที่เพาะปลูก

- เน้นการทำงานพัฒนา โดยเริ่มจากพื้นที่ส่วนกลาง (สาธารณะ)
- การจัดการผักตบชวา ที่มีจำนวนมากและเติบโตเร็วในลำลางสาธารณะ เนื่องจากมีฟาร์มเลี้ยงสุกรย้ายเข้ามาในพื้นที่มากขึ้น
- ปัญหาใบอ้อยและฟางข้าวเหลือทิ้งจากการเกษตรกรรม
- แหล่งน้ำไม่เพียงพอตลอดปีสำหรับการเกษตรกรรมและอุปโภคบริโภค
- ปัญหาเชื้อราในพืชสวน โดยเฉพาะพืชเศรษฐกิจของท้องถิ่น เช่น พริก
- แนวทางในการจัดการปัญหาขยะชุมชน/ขยะครัวเรือน
- จัดให้มีการเผยแพร่และฝึกอบรมอย่างต่อเนื่องเป็นประจำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายมิตร โพธิ์ทอง ประธานสภาองค์การบริหารส่วนตำบลอ่างหิน เจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบล และชาวบ้านหมู่ที่ 5 ตำบลอ่างหิน ที่ได้สนับสนุน เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับปฏิบัติงานและประชุมเผยแพร่การดำเนินโครงการดังกล่าว ถือเป็นการยกระดับศักยภาพหมู่บ้าน เพิ่มความเข้มแข็งของชุมชน และสอดรับกับโครงการยกระดับศักยภาพหมู่บ้านเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานรากตามแนวทางประชารัฐ ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อ วันที่ 5 เมษายน 2559 ตามหลักการ มีส่วนร่วมเพื่อให้ดำเนินการเป็นไปตามเสียงส่วนใหญ่ของประชาชนในหมู่บ้าน เพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสมตามสภาพ แต่ละพื้นที่เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการฯ และเกิดประโยชน์ต่อประชาชนเป็นสำคัญ [5]

เอกสารอ้างอิง

S. Chatchai, R.W.a.K.N., **Photocoltaic Water Pumping**: Case Study of 50 Tambon Administration Organization, in Conference on Energy Network of Thailand (E-nett). 2005: Chonburi.

Narongrit, P., Maximum Power Point Traking by Using Flow Rate Sensing For a Solar Energy Water Pumping System. **The Journal of Industrial Technology**, 2012. 8.

Department of Alternative Energy Development and Energy Efficiency (DEDE), D.o.E., The development guide of renewable energy investments. Vol. 2.

Chandel, S.S., M. Nagaraju Naik, and R. Chandel, Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2015. 49: p. 1084-1099.

สำนักงานสภาเกษตรกรจังหวัดราชบุรี. (2560). **แผนพัฒนาเกษตรกรรมระดับตำบล ตำบลอ่างหิน อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี.** (พ.ศ.2561-2564).

Jirawat, S., **Development of Warter Pump with Steam Power fo Hot Water Proguction and Agriculture, in Energy Technology**. 2014, King Mongkut's University of Technology Thonburi: Bangkok.

Sirichai, P., **Improving Efficiency of Solar Cell, in Energy Technology**. 2005, King Mongkut's University of Technology Thonburi: Bangkok.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมใยอาหารจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง
PRODUCT DEVELOPMENT OF BREAD SUPPLEMENTED WITH FIBER FROM DRY SYRUP COFFEE PEEL

ฐิติยา อินทนู ตวงรัตน์ จิตรำพึง วรพรรณ ภิรมก้อย เกษราภรณ์ ภูมิโคกรัก ชไมพร สอนใจดี โสรัจวรชุม อินเกต
กุลชญา สิ่วหงวน และ ผกาวดี ภู่จันทร์*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : Pakawadee@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมใยอาหารจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง มี วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มมากขึ้น จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมใยอาหารจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง ในปริมาณร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 (ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด) จากนั้นทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมใยอาหารจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง ร้อยละ 30 มากที่สุด ($p \leq 0.05$) จากนั้นทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณ ความชื้น ร้อยละ 26.54 เถ้า ร้อยละ 1.13 โปรตีน ร้อยละ 8.06 ไขมัน ร้อยละ 8.56 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 55.71 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) 1.72 กรัม พลังงาน 332.12 กิโลแคลอรี่ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 43.36 ไมโครโมล โทรล็อก (Trolox) คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ผลิตภัณฑ์ มีค่าสี L^* a^* b^* เท่ากับ 43.61, 7.60 และ 12.30 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ขนมปัง เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง ใยอาหาร การต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

The product development of bread supplemented with fiber from dry syrup coffee peel aimed to increase nutritive values of bread products. Bread products were supplemented with fiber from dry syrup coffee peel at 0, 20, 30, and 40 percent (of total wheat flour weight), respectively. Then, sensory evaluation was conducted by 9-Point Hedonic Scale test. Appearance, color, scent, flavor, texture, and overall liking were examined by 100 testers. The result found that testers have given the highest liking score of the bread products supplemented with fiber from dry syrup coffee peel at 30 percent ($p \leq 0.05$). After chemical composition was studied, the result revealed that the products contained humidity 26.54 percent, ashes 1.13 percent, protein 8.06 percent, fat 8.56 percent, carbohydrate 55.71 percent, insoluble dietary fiber 1.72 grams, energy 332.12 kilocalories, and antioxidant 43.36 micromole trolox. About physical quality, the color values of L^* a^* b^* were 43.61, 7.60, and 12.30 respectively.

Keywords : bread dry syrup coffee peel dietary fiber antioxidant

บทนำ

ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่งที่มีเนื้อนุ่ม เนียน หวาน มีรูปร่างและขนาดต่างๆ ผลิตจากแป้งสาลี ยีสต์ น้ำ ผงฟู หรือเบกกิ้งโซดา เกลือ นม น้ำตาล และไขมัน ด้วยกระบวนการหมักทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อนวดกับน้ำจะได้กลูเตน ซึ่งมีความยืดหยุ่นสูงและสามารถกักเก็บแก๊สไว้ได้ทำให้ขนมปังเกิดการขึ้นฟู และอบให้สุก (จิตธนา และอรอนงค์, 2539) ปัจจุบัน

การบริโภค ขนมปังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะสังคมเมืองที่มีความรีบเร่งในการดำเนินชีวิต หรือการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ซึ่งต้องการความสะดวกและรวดเร็ว ส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารโดยเฉพาะอาหารเช้า โดยส่วนใหญ่จะบริโภคขนมปังกับเครื่องดื่ม เช่น นม ชา หรือกาแฟ เนื่องจากขนมปังราคาไม่สูงมาก และสามารถหาซื้อได้ง่ายจึงสะดวกต่อการบริโภค (ราชันย์, 2556) จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงเลือกพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น ประกอบกับพื้นที่ อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก มีพื้นที่การปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้า (Arabica Coffee) และโรบัสต้า (Robusta Coffee) โดยมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อนำมาผลิตเป็นเมล็ดกาแฟคั่วส่งจำหน่าย จากกระบวนการผลิตกาแฟดังกล่าว ก่อให้เกิดวัตถุดิบเหลือทิ้ง คือเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟสด ซึ่งส่งผลทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น ส่งกลิ่นเหม็น และการแพร่กระจายเชื้อโรค ผู้วิจัยจึงคิดนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่เป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตขนมปัง เนื่องจากในกระบวนการผลิตกาแฟจะมีวัตถุดิบเหลือทิ้ง ได้แก่ เนื้อกาแฟ (Coffee pulp) ประมาณร้อยละ 55 ของผลสด (Coffee cherry) และเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ (Hull and husk) ประมาณร้อยละ 29 ของผลสด (Shahidi และ Naczk, 2003) มีรายงานว่าเนื้อผลและเปลือกกาแฟเป็นหนึ่งในแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ (ชุติมณฑน์ และคณะ, 2553) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าในเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ มีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็นสารสีชนิดหนึ่งที่มีมากใน เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟและเป็นส่วนที่อยู่ชั้นนอกสุดของผลกาแฟ แอนโทไซยานินมีการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระซึ่งช่วยลดภาวะการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน (Ghiselle et al, 1998) เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมีสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ดังนี้ คือสารกลุ่มเพคติค, น้ำตาลรีดิวส์, น้ำตาลไม่รีดิวส์, คาเฟอีน เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมีสารประกอบอินทรีย์ที่สามารถนำมาเป็นส่วนเสริมในขนมปังได้ (Patricia และ Victor, 2012) ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ขนมปังที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตกาแฟ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งในผลิตภัณฑ์ขนมปัง โดยการศึกษาอัตราส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปัง ค้นคว้าและทดลองให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยกำหนดวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

1. การเตรียมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง

เตรียมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟโดยล้างทำความสะอาดพักให้สะเด็ดน้ำ เตรียมน้ำเชื่อม (น้ำ 1,700 กรัม น้ำตาลทราย 1,000 กรัม) ตั้งไฟจนเดือด นำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟสด 3,000 กรัม ใส่ในน้ำเชื่อมที่เตรียมไว้ ปรับไฟอ่อน เคี่ยวในน้ำเชื่อม 20 นาที ตักขึ้นพักไว้ นำเข้าอบด้วยตู้อบลมร้อนไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4-5 ชั่วโมง จนได้เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง เก็บตัวอย่างที่ได้ในถุงพลาสติก ชนิด โพลิเอทิลิน (Polyethylene : PE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง

นำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) พลังงาน ตามวิธีของAOAC (2016) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ตามวิธีการของ Perez et al. (2007)

3. การคัดเลือกสูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์ขนมปัง

คัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบขนมปัง โดยทำตามสูตรต้นแบบ 3 สูตร (สูตรที่ 1 ปรีดา,2552) (สูตรที่ 2 ปรีดา,2554) (สูตรที่ 3 ปรีดา,2554) ทดลองผลิตขนมปังตามวิธีการของผลิตภัณฑ์ต้นแบบดังกล่าว จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ขนมปังสูตรต้นแบบ 3 สูตร ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ให้คะแนนการ

ยอมรับผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) (Chamber iv and wolf, 1996) เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ขนมปังต้นแบบที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด (แสดงดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมปังสูตรต้นแบบ

วัตถุดิบ	**ผลิตภัณฑ์ขนมปังสูตรต้นแบบ**		
	สูตรที่ 1 ขนมปังข้าวโอ๊ต	สูตรที่ 2 ขนมปังหวานทูโทน	สูตรที่ 3 ขนมปังโฮลวีท
แป้งขนมปัง ตรายานอากาศ (กรัม)	1,125	800	-
แป้งสาลี (กรัม)	-	200	-
แป้งโฮลวีท(กรัม)	-	-	300
K.S. 505 (กรัม)	25	-	-
สารเสริมคุณภาพ (กรัม)	15	6	-
ยีสต์ผง สำหรับขนมปังหวาน (กรัม)	-	15	5
ยีสต์ผง สำหรับขนมปังจืด (กรัม)	30	-	-
ข้าวโอ๊ต (กรัม)	375	-	-
เกลือป่น (กรัม)	30	10	0.5
นมสด (กรัม)	900	50	-
น้ำตาลทราย (กรัม)	-	225	-
น้ำเปล่า (กรัม)	-	450	-
ไข่ไก่ (กรัม)	-	50	57
น้ำอุ่น (กรัม)	-	-	160
เนยสดชนิดเค็ม (กรัม)	-	180	-
เนยสดชนิดจืด (กรัม)	-	-	30
เนยขาว (กรัม)	115	-	-

ที่มา : สูตรที่ 1 ปรีดา เหตระกูล. (2552). **THE BREAD BOOK**. สำนักพิมพ์แม่บ้าน. กรุงเทพฯ.
สูตรที่ 2 ปรีดา เหตระกูล. (2554). **เบเกอรี่พื้นฐานเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์แม่บ้าน. กรุงเทพฯ.
สูตรที่ 3 ปรีดา เหตระกูล. (2554). **เบเกอรี่เพื่อสุขภาพ**. สำนักพิมพ์แม่บ้าน. กรุงเทพฯ.

4. ศึกษาปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งที่เหมาะสมต่อการเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

ผลิตขนมปังโดยพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์จากสูตรต้นแบบ โดยการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งในปริมาณร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 (ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด) เป็นจำนวน 4 ตัวอย่าง นำผลิตภัณฑ์ขนมปังทั้ง 4 ตัวอย่าง มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สีกลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) (Chamber iv and wolf ,1996) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

4.1 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insolubledietary fiber) พลังงาน ตามวิธีของAOAC (2016) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ตามวิธีการของ Perez et al. (2007)

4.2 คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสี L* a* b* วัดค่าด้วยเครื่องวัดสี (Color reader CR-10, Japan) รายงานเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized complete block design, (RCBD) สำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และวางแผนการทดสอบแบบ Completely randomized design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และคุณภาพทางกายภาพ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference Test (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง

จากการเตรียมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งโดยนำเปลือกกาแฟสดอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 4-5 ชั่วโมง จากนั้นนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งที่ได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) พลังงาน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (แสดงดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งใน 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
ความชื้น (ร้อยละ)	7.93 ± 0.05
เถ้า (ร้อยละ)	2.43 ± 0.03
โปรตีน (ร้อยละ)	2.76 ± 0.04
ไขมัน (ร้อยละ)	0.51 ± 0.07
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	86.37 ± 0.06
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (กรัม)	1.73 ± 0.06
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	361.11 ± 0.03
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ไมโครโมล โทรล็อก (Trolox))	233.94 ± 0.02

2. ผลการคัดเลือกสูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์ขนมปัง

จากการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบโดยนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรทดสอบความชอบของผู้ทดสอบชิม จำนวน 100 คนพิจารณาในเรื่องของลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม พบว่าขนมปังสูตรที่ 2 ได้คะแนนความชอบทุกคุณลักษณะมากที่สุด (แสดงดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังต้นแบบ

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ขนมปังต้นแบบ		
	ขนมปังสูตรที่ 1	ขนมปังสูตรที่ 2	ขนมปังสูตรที่ 3
ลักษณะที่ปรากฏ	7.37 ± 0.09[b]	8.06 ± 0.09[a]	7.10 ± 0.09[c]
สี	7.38 ± 0.09[b]	7.93 ± 0.10[a]	7.14 ± 0.10[c]
กลิ่น	6.90 ± 0.10[c]	7.59 ± 0.09[a]	6.96 ± 0.10[b]
รสชาติ	6.79 ± 0.11[b]	7.90 ± 0.11[a]	6.70 ± 0.12[c]
ลักษณะเนื้อสัมผัส	6.61 ± 0.11[c]	7.74 ± 0.09[a]	6.83 ± 0.12[b]
ความชอบโดยรวม	6.89 ± 0.10[c]	8.17 ± 0.09[a]	6.93 ± 0.11[b]

หมายเหตุ : [*] ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 100 ซ้ำ

[**]ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3. ผลการศึกษาปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งที่เหมาะสมต่อการเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

จากการผลิตขนมปังโดยการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง ในประมาณร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 (ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด) เป็นจำนวน 4 ตัวอย่าง นำผลิตภัณฑ์ขนมปังดังกล่าวมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-Hedonic Scale พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 100 คน (แสดงดังตารางที่ 4) จากผลการทดลองพบว่าการเติมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งที่ระดับร้อยละ 30 ได้รับคะแนนความชอบของผู้บริโภคทุกคุณลักษณะมากที่สุด

ตารางที่ 4 แสดงคะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง		
	เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง ร้อยละ 20	เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง ร้อยละ 30	เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง ร้อยละ 40
ลักษณะที่ปรากฏ	7.44 ± 0.11[c]	7.86 ± 0.09[a]	7.45 ± 0.13[b]
สี	7.38 ± 0.11[b]	7.93 ± 0.10[a]	7.34 ± 0.10[c]
กลิ่น	6.90 ± 0.10[c]	7.59 ± 0.10[a]	7.31 ± 0.09[b]
รสชาติ	6.79 ± 0.10[c]	7.90 ± 0.10[a]	7.31 ± 0.10[b]
ลักษณะเนื้อสัมผัส	6.61 ± 0.11[c]	7.74 ± 0.11[a]	7.31 ± 0.09[b]
ความชอบโดยรวม	6.89 ± 0.11[c]	8.17 ± 0.09[a]	7.25 ± 0.10[b]

หมายเหตุ : [*] ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 100 ซ้ำ

[**]ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3.1 ผลการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

จากการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) พลังงาน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ของผลิตภัณฑ์ขนมปังต้นแบบและผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งร้อยละ 30 (ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด) พบว่าผลิตภัณฑ์ของขนมปัง

เสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งร้อยละ 30 (ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด) มีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มากกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังต้นแบบ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ขนมปังต้นแบบและผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง ร้อยละ 30 ใน 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	ขนมปังต้นแบบ	ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง ร้อยละ 30
ความชื้น (ร้อยละ) *	28.09	26.54
เถ้า (ร้อยละ) *	1.01	1.13
โปรตีน (ร้อยละ) *	9.02	8.06
ไขมัน (ร้อยละ) *	9.69	8.56
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) *	52.19	55.71
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (กรัม) *	1.47	1.72
พลังงาน (กิโลแคลอรี่) *	332.05	332.12
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ไมโครโมล โทรล็อก(Trolox)) *	0	43.36

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.2.1 ค่าสี $L^* a^* b^*$

จากการศึกษาคุณภาพทางด้าน ค่าสี $L^* a^* b^*$ ของผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งในปริมาณร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 พบว่า เมื่อเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งในปริมาณมากขึ้นพบว่าค่าความสว่าง L^* มีแนวโน้มลดลง อาจเป็นผลมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งที่ใช้เสริมลงในผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นสีน้ำตาล (แสดงดังตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 แสดงค่าสี $L^* a^* b^*$ ของผลิตภัณฑ์ขนมปังทดแทนแป้งสาลีด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งในปริมาณร้อยละ 0 20 30 และ 40

ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง	L^*	a^*	b^*
สูตรต้นแบบ	59.26 ± 0.12	7.97 ± 0.07	17.38 ± 0.09
ปริมาณ ร้อยละ 20	52.49 ± 0.11	10.29 ± 0.08	17.95 ± 0.11
ปริมาณ ร้อยละ 30	43.61 ± 0.15	7.60 ± 0.12	12.30 ± 0.10
ปริมาณ ร้อยละ 40	50.03 ± 0.10	10.68 ± 0.08	17.91 ± 0.08

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 100 ซ้ำ

**ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

อภิปรายผล

จากการคัดเลือกสูตรต้นแบบของผลิตภัณฑ์จำนวน 3 สูตร พบว่าขนมปังสูตรที่ 2 มีผลการยอมรับสูงสุดในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม อาจเป็นผลมาจากขนมปังสูตรที่ 2 มีลักษณะที่นุ่ม กลิ่นหอม และมีสีที่สวย เนยสดที่เป็นส่วนประกอบในการผลิตทำให้ขนมปังมีความนุ่มมากยิ่งขึ้น เนยสดช่วยทำให้รูพรุนในเนื้อขนมปังสม่ำเสมอ และยังทำให้ขนมปังมีความมันเงาลักษณะของเนื้อขนมปังมีสีและรสชาติรวมทั้งกลิ่นที่หอมของไขมันหรือเนยสดแต่ละชนิดที่ใช้ทำขนมปัง (ปรีดา 2553) จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง โดยการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง ร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 (ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด) ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งในปริมาณ ร้อยละ 30 มากที่สุด และจากการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งในปริมาณร้อยละ 30 ใน 100 กรัม มีความชื้น ร้อยละ 26.54 เถ้า ร้อยละ 1.13 โปรตีน ร้อยละ 8.06 ไขมัน ร้อยละ 8.56 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 55.71 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 1.72 กรัม พลังงาน 332.12 กิโลแคลอรี่ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 43.36 ไมโครโมล โทรล็อก (Trolox) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขนมปังสูตรต้นแบบ พบว่า มีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับของ ชุติมณฑน์ และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษา ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของส่วนต่างๆของผลกากแฟอาราบิก้าและกากกาแฟ จากการศึกษา พบว่า เนื้อกาแฟเป็นส่วนของผลกาแฟที่มีสารสำคัญที่มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นอยู่ในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นสารสีชนิดหนึ่งที่มีมากในเนื้อผลกาแฟ แอนโทไซยานินมีบทบาทต่อการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระซึ่งช่วยลดภาวะการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น เช่น โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน (Ghiselle et al, 1998)

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง โดยการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้ง ร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 (ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด) ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งในปริมาณ ร้อยละ 30 มากที่สุด และจากการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟเชื่อมอบแห้งในปริมาณร้อยละ 30 ใน 100 กรัม มีความชื้น ร้อยละ 26.54 เถ้า ร้อยละ 1.13 โปรตีน ร้อยละ 8.06 ไขมัน ร้อยละ 8.56 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 55.71 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 1.72 กรัม พลังงาน 332.12 กิโลแคลอรี่ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 43.36 ไมโครโมล โทรล็อก(Trolox) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขนมปังสูตรต้นแบบ พบว่า มีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หลักสูตรสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำงานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. (2539). **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ชุติมณฑน์ พลอยประดับ, พุทธพร เจียมศภุกิตติ์, และ นิรมล ปัญญ์บุศยกุล. (2553). ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของส่วนต่างๆของผลกาแฟอาราบิก้าและกากกาแฟ**. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 41(3/1): 578.

ปรีดา เหตระกูล. (2552). **THE BREAD BOOK**. สำนักพิมพ์แม่บ้าน. กรุงเทพฯ.

ปรีดา เหตระกูล. (2553). **BREAD & SWEET BUN**. สำนักพิมพ์แม่บ้าน. กรุงเทพฯ.

ปรีดา เหตระกูล. (2554). **เบเกอรี่พื้นฐานเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์แม่บ้าน. กรุงเทพฯ.

ปรีดา เหตระกูล. (2554). **เบเกอรี่เพื่อสุขภาพ**. สำนักพิมพ์แม่บ้าน. กรุงเทพฯ.

ราชันย์ อำพันทอง. (2556). **ขนมปังหวานเสริมเนื้อตาลสุก**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ.

A.O.A.C. (2016). **Official Mathods of Analysis of AOAC International**. (20th ed). Maryland: Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.

Chamber IV, E., & Wolf, M.B. (1996). **Sensory testing methods**. 2th ed. Philadelphia: USA. American Society for Testing and Materials. USA.

Ghiselli A. (1998). Antioxidant activity of different phenolic fractions separated from An ltalian red wine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 46: 361-367.

Patricia E. & M.J.Victor. (2012). **Functional properties of coffee and coffee by-products**. Food Research International. Volume 46(2), 488-495

Shahidi, F. & Naczk, M. (2003). **Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects, Applications**. CRC Press, 576p.

Perez M.B., Calderon N.L. & Croci C.A. (2007). Rediation-induced enhancement of antioxidant activity in Extracts of rosemary (Rosmarinus officinalis L.). **Food Chemistry**. 104: 585-542

ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่
EFFECTS OF WHEAT FLOUR SUBSTITUTION WITH COFFEE PEEL POWDER ON QUALITIES OF BROWNIE

กัญญระพี บัวสุวรรณ ธนานนท์ พรหมโชติ พงษ์สันต์ อินแผลง แพรพลอย พิมพสุต ดารณี มณีนิล
โสรัจวรชุม อินเกต และ ผกาวดี ภู่จันทร์*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : Pakawadee@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่โดยใช้ผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟทดแทนแป้งสาลี ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพทางกายภาพ จากการผลิตผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟในปริมาณ ร้อยละ 30 40 และ 50 (ของน้ำหนักแป้งสาลี) จากนั้นทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส 9-Point Hedonic Scale พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับ ผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ร้อยละ 40 มากที่สุด ($p \leq 0.05$) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีความชื้น ร้อยละ 17.57 เถ้า ร้อยละ 1.12 โปรตีน ร้อยละ 5.82 ไขมัน ร้อยละ 30.62 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 44.87 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ(Insoluble dietary fiber) 0.87 กรัม ต่อ 100 กรัม พลังงาน 478.34 กิโลแคลอรี่ ต่อ 100 กรัม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 197.65 ไมโครโมล โทรล็อกซ์(trolox) ต่อ 100 กรัม คุณภาพทางกายภาพพบว่า มีค่า L* a* b* เท่ากับ 26.05, 15.59 และ 9.94 ตามลำดับ

คำสำคัญ : แป้งสาลี บราวนี่ ผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ใยอาหาร

Abstract

The purpose of this study was to investigate consumer acceptance on brownie products which coffee peel powder was substituted for wheat flour. The study examined chemical compositions and physical qualities derived from the production of the brownie products substituting coffee peel powder for wheat flour which involved of wheat flour weight ratio including 30%, 40%, and 50%. Later, 9-point hedonic scale test was conducted taking observable characteristics; color, smell, taste, texture, and overall acceptance into account. After testing with 100 test candidates, the findings revealed that the majority of the consumers accepted the brownie product substituting coffee peel powder for wheat flour with 40% wheat flour weight ratio ($p \leq 0.05$). Its chemical compositions, the results indicated that had 17.57% of moisture, 1.12% of ash, 5.82% of protein, 30.62% of fat, 44.87% of carbohydrate, 0.87 grams of dietary fiber, 478.34 kilocalories of energy per 100 grams, and 197.65 micromol Trolox per 100 grams antioxidants. Its physical qualities, the results indicated that had L* a* b* values of 26.05, 15.59 and 9.94, respectively.

keywords : wheat flour brownie coffee peel power dietary fiber

บทนำ

ขนมอบหรือเบเกอรี่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความนิยมในสังคมไทย และยังเป็นที่นิยมทำเป็นงานอดิเรกและทำเพื่อหารายได้เสริม ปัจจุบันจึงมีผู้สนใจและนิยมทำเบเกอรี่เพิ่มมากขึ้น (นภัสรพี และ สวามินี, 2560) บราวนี่เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเนื่องจากมีรสชาติอร่อย จึงทำให้ผู้วิจัยเลือกพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่ให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น ประกอบกับพื้นที่อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก มีพื้นที่การปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้า (Arabica coffee) และโรบัสต้า (Robusta coffee) โดยมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อนำมาผลิตเป็นเมล็ดกาแฟคั่วส่งจำหน่าย จากกระบวนการผลิตกาแฟดังกล่าว ก่อให้เกิดวัตถุดิบเหลือทิ้ง คือ เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น ส่งกลิ่นเหม็น และการแพร่กระจายเชื้อโรค ผู้วิจัยจึงคิดนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่เป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งดังกล่าว นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยนำมาเป็นส่วนผสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่ เนื่องจากในกระบวนการผลิตกาแฟทำให้มีวัตถุดิบเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตกาแฟสดหลักๆ ได้แก่ เนื้อผลกาแฟ (Coffee pulp) ประมาณร้อยละ 55 ของผลสด (Coffee cherry) และ เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ (Hull and husk) ประมาณร้อยละ 29 ของผลสด (Shahidi และ Naczk, 2003) มีรายงานว่า เนื้อผลกาแฟเป็นหนึ่งในแหล่งของสารต้านออกซิเดชั่นที่สำคัญ (ชุติมณฑน์ และคณะ, 2553) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าในเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมีแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นสารสีชนิดหนึ่งที่มีมากในเนื้อผลกาแฟ (Prata และ Oliveira, 2007) ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์บราวนี่เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตกาแฟ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้ผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ โดยการศึกษาอัตราส่วนของผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่ ค้นคว้าและทดลองให้ได้ผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยการดำเนินวิธีการทดลอง ดังนี้

1.การเตรียมผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ

เตรียมผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ โดยนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่สุกเต็มที่และผ่านการสีนำเมล็ดกาแฟออก (ผลมีสีแดงทั้งผล) นำเฉพาะส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมาล้างทำความสะอาด นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง จนได้เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่แห้งสนิท หลังจากนั้นนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่ผ่านการอบนำมาบดโดยใช้เครื่องบดละเอียด และนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้งขนาด 35 Mesh จะได้ผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ เก็บตัวอย่างที่ได้ในถุงพลาสติกชนิด โพลิเอทิลิน (Polyethylene: PE) และเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส

2.การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ

นำผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร (Insoluble dietary fiber) พลังงาน ตามวิธีของ AOAC (2016) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH (2,2dipheny-1-picrylhydrazyl) ตามวิธีของ Pérez et al. (2007)

3.การคัดเลือกสูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์บราวนี่

คัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบบราวนี่ โดยผลิตตามวิธีการจากสูตรต้นแบบ 3 สูตร (สูตรที่1 ภาสกร, 2555), (สูตรที่2 ปรีดา, 2556) และ (สูตรที่3 ปรีดา, 2559) ทดลองผลิตผลิตภัณฑ์บราวนี่ตามวิธีการของผลิตภัณฑ์ต้นแบบดังกล่าว จากนั้นนำผลิตภัณฑ์บราวนี่สูตรต้นแบบ 3 สูตร มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) (Chamber iv and wolf, 1996) เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์บราวนี่ต้นแบบที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด (แสดงดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์บราวนี่สูตรต้นแบบ

วัตถุดิบ	ผลิตภัณฑ์บราวนี่สูตรต้นแบบ		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งเค้ก (กรัม)	60	130	200
ผงโกโก้ (กรัม)	-	35	-
น้ำตาลทรายแดง (กรัม)	-	80	-
น้ำตาลทราย (กรัม)	90	-	135
เกลือป่น (กรัม)	-	1	-
เกลือป่น (ช้อนชา)	1/3	-	-
ผงฟู (กรัม)	-	2	-
ไข่ไก่ (ฟอง)	2	3	4
นมสด (กรัม)	-	20	-
ครีมสด (กรัม)	-	30	-
เนยสดชนิดจืด (กรัม)	150	130	-
เนยสดชนิดเค็ม (กรัม)	-	-	230
เหล้ารัม (กรัม)	-	30	-
น้ำเชื่อมข้าวโพด (กรัม)	30	-	-
กลิ่นวนิลา (ช้อนชา)	2	-	2
ดาร์กช็อกโกแลต (กรัม)	100	150	270
ถั่วต่างๆ (กรัม)	-	100	200
แป้งข้าวโพด (กรัม)	10	-	-
โซดาไบคาร์บอนเนต (ช้อนชา)	-	-	1
นมข้นหวาน (กรัม)	-	-	70
ช็อกโกแลตชิพ (กรัม)	-	-	100

ที่มา : สูตรที่ 1 ภาสกร หลี. (2555). **คาเฟ่ สวีต**. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์แสงแดด. หน้า 71
สูตรที่ 2 ปรีดา เหตระกูล. (2556). **เบเกอรี่ เมนูยอดฮิต**. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์แม่บ้าน. หน้า 105
สูตรที่ 3 ปรีดา เหตระกูล. (2559). **เบเกอรี่ เมนูเตาติ๊ง**. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์แม่บ้าน. หน้า 83

4.ศึกษาปริมาณผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่เหมาะสมต่อการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่

ผลิตผลิตภัณฑ์บราวนี่โดยพัฒนาจากสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยใช้ผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟในปริมาณร้อยละ 30, 40 และ 50 (ของน้ำหนักแป้งสาลี) เป็นจำนวน 3 ตัวอย่าง นำผลิตภัณฑ์บราวนี่ทั้ง 3 ตัวอย่าง มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) (Chamber iv and wolf, 1996) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ บราวนี่ที่ใช้ผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟทดแทนแป้งสาลีที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

3.1 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ทำการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์บราวนี่เสริมผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยตรวจสอบ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) พลังงาน ตามวิธีของ AOAC (2016) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) (2,2dipheny-1-picrylhydrazyl) ตามวิธีของ Pérez et al. (2007)

3.2 คุณภาพทางกายภาพ

ทำการตรวจวัดค่าสี L* a* b* วัดค่าด้วยเครื่องวัดสี (Color reader CR-10, Japan) รายงานเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)

5.การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized complete block design, (RCBD) สำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และวางแผนการทดสอบแบบ Completely randomized design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และคุณภาพทางกายภาพนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference Test (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ

จากการเตรียมผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟโดยนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ อบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง บดเป็นผงจะได้ผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟสีน้ำตาล (น้ำหนักเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟสด 1,000 กรัม เมื่ออบแห้งจะได้ผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟน้ำหนัก 150 กรัม) นำผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่ได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) พลังงาน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า ผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมีใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) พลังงาน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (แสดงดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ใน 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
ความชื้น (ร้อยละ)	3.64 ± 0.05
เถ้า (ร้อยละ)	8.70 ± 0.03
โปรตีน (ร้อยละ)	9.44 ± 0.04
ไขมัน (ร้อยละ)	1.92 ± 0.07
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	76.30 ± 0.06
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (กรัม)	35.40 ± 0.06
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	360.24 ± 0.03
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ไมโครโมล โทรล็อกซ์ (trolox)	537.97 ± 0.02

2. ผลการคัดเลือกสูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์บราวนี่

จากการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบโดยนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร ทดสอบความชอบของผู้ทดสอบจำนวน 100 คน พิจารณาในเรื่องของลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม พบว่า บราวนี่สูตรที่ 1 ได้คะแนน ด้านกลิ่นรสชาติ การยอมรับโดยรวมมากที่สุด (แสดงดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่ต้นแบบ

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์บราวนี่ต้นแบบ		
	บราวนี่ สูตรที่ 1	บราวนี่ สูตรที่ 2	บราวนี่ สูตรที่ 3
ลักษณะที่ปรากฏ	7.44 ± 0.11^{ns}	7.54 ± 0.09^{ns}	7.61 ± 0.11^{ns}
สี	7.34 ± 0.10^{b}	7.46 ± 0.08^{ab}	7.65 ± 0.10^{a}
กลิ่น	7.60 ± 0.09^{a}	6.90 ± 0.10^{b}	7.13 ± 0.11^{b}
รสชาติ	7.80 ± 0.12^{a}	6.67 ± 0.10^{c}	7.28 ± 0.12^{b}
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.32 ± 0.11^{a}	6.78 ± 0.11^{b}	7.45 ± 0.11^{a}
การยอมรับโดยรวม	7.93 ± 0.10^{a}	7.00 ± 0.10^{c}	7.56 ± 0.11^{b}

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 100 ซ้ำ

**ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

*** ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.ผลการศึกษาปริมาณผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่เหมาะสมต่อการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่

จากการผลิตบราวนี่โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ในปริมาณร้อยละ 30, 40 และ 50 (ของน้ำหนักแป้งสาลี) เป็นจำนวน 3 ตัวอย่าง นำผลิตภัณฑ์บราวนี่ดังกล่าวมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-Hedonic Scale พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน (แสดงดังตารางที่ 4) พบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟร้อยละ 40 ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคมากที่สุด

ตารางที่ 4 แสดงคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ

คุณลักษณะ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ		
	สูตรที่ 1 ผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ร้อยละ 30	สูตรที่ 2 ผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ร้อยละ 40	สูตรที่ 3 ผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ร้อยละ 50
ลักษณะที่ปรากฏ	7.45 ± 0.10^{b}	7.91 ± 0.08^{a}	7.27 ± 0.08^{b}
สี	7.41 ± 0.09^{b}	7.85 ± 0.08^{a}	7.15 ± 0.09^{c}
กลิ่น	7.45 ± 0.10^{b}	7.80 ± 0.09^{a}	7.19 ± 0.09^{b}
รสชาติ	7.43 ± 0.12^{b}	7.91 ± 0.10^{a}	7.02 ± 0.11^{c}
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.29 ± 0.10^{b}	7.73 ± 0.10^{a}	7.07 ± 0.10^{b}
การยอมรับโดยรวม	7.36 ± 0.11^{b}	8.16 ± 0.09^{a}	7.08 ± 0.10^{b}

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 100 ซ้ำ

**ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.1 ผลการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

จากการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์บราวนี่ต้นแบบและผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟร้อยละ 40 (ของน้ำหนักแป้งสาลี) พบว่า ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) พลังงาน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทน

แป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟร้อยละ 40 (ของน้ำหนักแป้งสาลี) มีปริมาณ เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) พลังงาน และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มากกว่าผลิตภัณฑ์บราวนี่สูตรต้นแบบ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์บราวนี่ต้นแบบและผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟร้อยละ 40 ใน 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	บราวนี่ต้นแบบ	บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ร้อยละ 40
ความชื้น (ร้อยละ)*	20.11	17.57
เถ้า (ร้อยละ)*	0.84	1.12
โปรตีน (ร้อยละ)*	5.14	5.82
ไขมัน (ร้อยละ)*	30.30	30.62
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)*	43.16	44.87
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (กรัม)*	0.70	0.87
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)*	467.70	478.34
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ไมโครโมล โทรล็อกซ์(trolox)*	0	197.65

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.2.1 ค่าสี L* a* b*

จากการศึกษาคุณภาพทางด้าน ค่าสี L* a* b* ของผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟในปริมาณร้อยละ 0 30 40 และ 50 พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟในปริมาณมากขึ้น L* a* และ b* มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (แสดงดังตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 แสดงผลค่าสี L* a* b* ของผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ร้อยละ 0 30 40 และ 50

ปริมาณผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ	L*	a*	b*
สูตรต้นแบบ	23.07 ± 0.11	10.67 ± 0.06	4.65 ± 0.09
ปริมาณร้อยละ 30	25.21 ± 0.12	13.37 ± 0.05	7.67 ± 0.08
ปริมาณร้อยละ 40	26.05 ± 0.09	15.59 ± 0.07	9.94 ± 0.05
ปริมาณร้อยละ 50	29.09 ± 0.07	14.52 ± 0.10	10.21 ± 0.11

อภิปรายผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ จากการคัดเลือกสูตรต้นแบบของผลิตภัณฑ์ พบว่า สูตรที่ 1 (ภาสกร, 2555) จากนั้นทำการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ที่อัตราส่วนต่างกัน คือ ร้อยละ 30 40 และ 50 (ของน้ำหนักแป้งสาลี) พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟในปริมาณ ร้อยละ 40 มากที่สุด เนื่องจากในเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมีสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ เช่น น้ำตาลรีดิวส์และน้ำตาลไม่รีดิวส์ในประมาณร้อยละ 12.4 และ 2.0 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ (Patricia และ Victor, 2012) จึงทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์มีรสชาติหวานเพิ่มขึ้น เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และจากการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่า

ผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟร้อยละ 40 มีปริมาณความชื้น ร้อยละ 17.57 เถ้า ร้อยละ 1.12 โปรตีน ร้อยละ 5.82 ไขมัน ร้อยละ 30.62 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 44.87 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) 0.87 กรัมต่อ 100 กรัม พลังงาน 478.34 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 197.65 ไมโครโมล โทรล็อกซ์(trolox) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์บราวนี่ต้นแบบ พบว่า ผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟร้อยละ 40 มีใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชุติมณฑน์ และคณะ (2553) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของส่วนต่างๆของผลกาแฟอาราบิก้าและกากกาแฟ พบว่า เนื้อผลกาแฟเป็นหนึ่งในแหล่งของสารต้านออกซิเดชั่นที่สำคัญ จากการทดสอบค่าสีเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ผลิตภัณฑ์มีค่าสีเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มเพิ่มขึ้นอาจเป็นผลมาจากเปลือกกาแฟมีสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารสีชนิดหนึ่งที่มีมากในผลกาแฟ และมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น (Prata และ Oliveira, 2007) แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง สีม่วง และสีน้ำเงิน พบมากในผลผลิตทางการเกษตร ความคงตัวของสีจากแอนโทไซยานินจะขึ้นกับโครงสร้างความเข้มข้นของรงควัตถุ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความเข้มแสง ออกซิเจน และน้ำตาล (Mazza และ Miniati, 1993)

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ที่อัตราส่วนต่างกัน คือ ร้อยละ 30 40 และ 50 (ของน้ำหนักแป้งสาลี) พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟในปริมาณร้อยละ 40 มากที่สุด และจากการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟร้อยละ 40 มีความชื้น ร้อยละ 17.57 เถ้า ร้อยละ 1.12 โปรตีน ร้อยละ 5.82 ไขมัน ร้อยละ 30.62 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 44.87 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) 0.87 กรัมต่อ 100 กรัม พลังงาน 478.34 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 197.65 ไมโครโมล โทรล็อกซ์(trolox) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์บราวนี่ต้นแบบ พบว่า ผลิตภัณฑ์บราวนี่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟร้อยละ 40 มีใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หลักสูตรสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำงานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

ชุติมณฑน์ พลอยประดับ ,พุทธพร เจียมศุภกิตติ์, และ นิรมล ปัญญ์บุศยกุล. (2553). ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของส่วนต่างๆของผลกาแฟอาราบิก้าและกากกาแฟ. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 41(3/1), 577-580.

นภัสรพี เหลืองสกุล และ สวามินี นวลแขกุล. (2560). **Cooking bible: bakery**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: อมรินทร์.

ปรีดา เหตระกูล. (2556). **เบเกอรี่ เมนูยอดฮิต**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม่บ้าน.

ปรีดา เหตระกูล. (2559). **เบเกอรี่ เมนูเตาติ๊ง**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม่บ้าน.

ภาสกร หลี. (2555). **คาเฟ่ สวีต**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แสงแดด.

A.O.A.C. (2016). **Official Mathods of Analysis of AOAC International**. (20th ed). Maryland: Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.

Chamber IV, E., & Wolf, M.B. (1996). **Sensory testing methods**. (2nd ed). Philadelphia: USA. American Society for Testing and Materials. USA.

Mazza, G. & Miniati, E. (1993). **Anthocyanins in Fruits, Vegetables, and Grains**. Legumes, CRC Press, Boca Raton Inc, Florida, 1-28.

Patricia E. & M.J.Victor. (2012). **Functional properties of coffee and coffee by-products**. Food Research International. Volume 46(2), 488-495.

Pérez, M.B., Calderón, N.L. & Croci, C.A. (2007). Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of rosemary (Rosmarinus officinalis L.). **Food Chemistry**. 104: 585-542.

Prata, E. & Oliveira, L. (2007). **Fresh Coffee Husks as Potential of Anthocyanins**. Journal of Food Science and Technology, 40, 1555-1560.

Shahidi, F. & Naczk, M. (2003), **Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects, Applications**. CRC Press, 576p.

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตมีเทนจากน้ำกากส่าด้วยการหมักร่วมกับกากน้ำตาล

ENHANCEMENT OF METHANE PRODUCTION FROM VINASSE BY ANAEROBIC CO-DIGESTION WITH MOLASSES

ชัชวินทร์ นวลศรี* นพรัตน์ ต้อยน้อย และ จักรกฤช ศรีละออ
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail: chatchawin.n@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตแก๊สมีเทนจากน้ำกากส่าโดยใช้กระบวนการหมักร่วมกับกากน้ำตาล มีการแปรผันอัตราส่วนของน้ำกากส่าต่อกากน้ำตาลและความเข้มข้นของสับสเตรทเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากระบวนการหมักร่วมระหว่างน้ำกากส่ากับกากน้ำตาลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตมีเทนให้สูงขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้น้ำกากส่าเป็นสับสเตรทเพียงชนิดเดียว นอกจากนี้ การหมักร่วมของน้ำกากส่ากับกากน้ำตาลช่วยลดระยะพัก (Lag phase) ของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศให้สั้นลง ส่งผลให้อัตราการผลิตมีเทนสูงขึ้น โดยอัตราส่วนของน้ำกากส่าต่อกากน้ำตาล และความเข้มข้นของสับสเตรทเริ่มต้นที่เหมาะสมที่สุด คือ 3:2 และ 10 g-VS/L ตามลำดับ ได้ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมและค่าผลได้ของมีเทนสูงที่สุดเท่ากับ 3,847 mL/L และ 385 mL/g-VS ตามลำดับ

คำสำคัญ : น้ำกากส่า กากน้ำตาล การหมักร่วม มีเทน กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ

Abstract

The objective of this study was to enhance methane production from vinasse by anaerobic co-digestion with molasses. The optimum ratio of vinasse to molasses and substrate concentration were investigated. Results revealed that the co-digestion of vinasse and molasses enhanced methane production efficiency when compared to the mono-digestion of vinasse. Moreover, the co-digestion of vinasse and molasses could shorten the lag phase of microbial in anaerobic digestion process. Thus the methane production rate was increased. The optimum ratio of vinasse to molasses and substrate concentration were 3:2 and 10 g-VS/L, respectively. The maximum cumulative methane production and methane yield of 3,847 mL/L and 385 mL/g-VS, respectively, were obtained.

keywords : vinasse, molasses co-digestion methane anaerobic digestion

บทนำ

จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ของกระทรวงพลังงาน และการสนับสนุนจากหน่วยงานต่างๆ ของภาครัฐ ทำให้การผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลกลายมาเป็นอุตสาหกรรมที่กำลังเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องในประเทศไทย โรงงานผลิตเอทานอลในประเทศไทยที่เริ่มดำเนินการผลิตแล้วในปัจจุบันมีมากกว่า 20 โรงงาน มีกำลังการผลิตรวมกว่า 4 ล้านลิตรต่อวัน และคาดว่าจะเพิ่มกำลังการผลิตขึ้นไปอีกถึง 9 ล้านลิตรต่อวัน ภายในปีพ.ศ. 2565 (สมาคมการค้าผู้ผลิตเอทานอลไทย, 2559) แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตเอทานอลจากกระบวนการหมัก ได้ก่อให้เกิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่เรียกว่า น้ำกากส่า

(vinasse) เป็นจำนวนมากตามกำลังการผลิต ซึ่งโดยปกติแล้วการผลิตเอทานอล 1 ลิตร จะมีน้ำกากส่าที่ออกมาจากกระบวนการผลิตถึง 14 ลิตร (Albanez et al., 2016) ทำให้หลายฝ่ายได้ตระหนักถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากโรงงานผลิตเอทานอลได้ เนื่องจากน้ำกากส่าจากกระบวนการผลิตเอทานอลมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลัก และมีค่าซีโอดี (chemical oxygen demand หรือ COD) สูงถึง 75 - 110 กรัมซีโอดี (Moraes et al., 2015) ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ทำให้โรงงานผลิตเอทานอลทุกโรงงานต้องมีระบบบำบัดน้ำกากส่า ให้มีค่า COD ลดลงเหลือไม่เกินค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งโรงงานที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งระบบบำบัดน้ำกากส่าที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปคือ ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ (anaerobic digestion) โดยที่ระบบบำบัดแบบนี้จะอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำกากส่าภายใต้สภาวะไร้อากาศ ระบบบำบัดแบบนี้ นอกจากจะช่วยลดค่า COD ในน้ำเสียได้แล้ว ยังมีแก๊สมีเทนซึ่งเป็นแก๊สเชื้อเพลิงเป็นผลพลอยได้จากระบบบำบัดอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพในการลดค่า COD และผลิตแก๊สมีเทนจากน้ำกากส่าด้วยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศโดยทั่วไปยังมีค่าต่ำ เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำกากส่าส่วนมากเป็นสารอินทรีย์ที่ยากต่อการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ และมักจะมีสารประกอบในกลุ่มโพแทสเซียม ซัลเฟต และฟีนอล (Moraes et al., 2015) ซึ่งเป็นสารกลุ่มที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ (Albanez et al., 2016) ทำให้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศมีประสิทธิภาพต่ำ น้ำกากส่าที่ผ่านกระบวนการหมักแบบไร้อากาศมาแล้วจึงจำเป็นต้องผ่านระบบบำบัดด้วยวิธีอื่นเพิ่มเติมอีก เพื่อให้ได้คุณภาพน้ำตรงตามมาตรฐานก่อนปล่อยออกสู่ธรรมชาติ ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายให้กับโรงงาน แนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการหมักแบบไร้อากาศได้คือการใช้วิธีการหมักร่วม (co-digestion) โดยใช้สับสเตรทชนิดอื่นที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศเข้ามาร่วมในกระบวนการหมัก (Xia et al., 2012)

กากน้ำตาลเป็นสับสเตรทชนิดหนึ่งที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาหมักร่วมกับน้ำกากส่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ เนื่องจากกากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำคัญของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อีกหลายชนิด (Mironczuk et al., 2015) กากน้ำตาลจึงเป็นสับสเตรทที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศได้เป็นอย่างดี ซึ่งช่วยให้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้อากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ กากน้ำตาลยังเป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิตเอทานอลของโรงงานอยู่แล้ว การนำกากน้ำตาลมาใช้เป็นสับสเตรทสำหรับกระบวนการหมักร่วมกับน้ำกากส่าจะช่วยให้โรงงานไม่จำเป็นต้องมีต้นทุนค่าขนส่งวัตถุดิบเพิ่มเติมอีก ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตมีเทนจากน้ำกากส่าด้วยการหมักร่วมกับกากน้ำตาล โดยศึกษาอัตราส่วนของน้ำกากส่าต่อกากน้ำตาล และความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักแบบไร้อากาศเพื่อผลิตแก๊สมีเทน ทำให้สามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้เป็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำกากส่าจากโรงงานผลิตเอทานอลได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสับสเตรทและหัวเชื้อจุลินทรีย์

น้ำกากส่าที่ใช้เป็นสับสเตรทในการทดลอง เก็บรวบรวมมาจากโรงงานผลิตเอทานอลของบริษัท เอกรัฐพัฒนา จำกัด อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์ โดยนำน้ำกากส่ามาเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 °C เพื่อไม่ให้เสียสภาพก่อนนำมาใช้ในการทดลอง กากน้ำตาลที่นำมาใช้ในกระบวนการหมักร่วม เป็นกากน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาลมิตรผล ซึ่งสามารถซื้อได้จากร้านขายอุปกรณ์การเกษตรทั่วไป น้ำกากส่าและกากน้ำตาลส่วนหนึ่งได้ถูกนำมาวิเคราะห์ค่า COD ด้วยวิธี Closed reflux วิเคราะห์ค่าของแข็งทั้งหมด (Total solid; TS) และค่าของแข็งระเหยง่าย (Volatile solid; VS) ตามวิธีมาตรฐานของ American Public Health Association (1995) เพื่อใช้ในการกำหนดความเข้มข้นของสับสเตรทเริ่มต้นในการทดลอง

เม็ดตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไหลย้อนขึ้น (Upflow anaerobic sludge blanket; UASB) ของบริษัท ขอนแก่นบริวเวอรี่ จำกัด อ.เมือง จ.ขอนแก่น ได้ถูกนำมาใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับกระบวนการผลิตมีเทน โดยเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่เก็บรวบรวมมาได้ จะถูกนำมาเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 °C เพื่อไม่ให้เสียสภาพก่อนนำมาใช้ในการทดลอง และส่วนหนึ่งได้ถูกนำมาวิเคราะห์ค่า TS และ VS ตามวิธีมาตรฐานของ American Public Health Association (1995) เพื่อใช้ในการกำหนดปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นในการทดลอง

2. กระบวนการผลิตมีเทนจากน้ำกากส่าร่วมกับกากน้ำตาล

การวิจัยนี้มีการแปรผันอัตราส่วนระหว่างน้ำกากส่าต่อกากน้ำตาลตั้งแต่ 0:5 1:4 2:3 3:2 4:1 และ 5:0 และความเข้มข้นของสับสเตรทเริ่มต้นตั้งแต่ 5 10 15 และ 20 g-VS/L โดยที่การผลิตมีเทนจากน้ำกากส่าร่วมกับกากน้ำตาลในการวิจัยนี้ ใช้กระบวนการหมักแบบกะ (Batch) ในขวดซีรั่มขนาด 120 mL ปริมาตรทำงานเท่ากับ 70 mL มีขั้นตอนการลงหมักดังนี้

2.1 เตรียมสับสเตรทสำหรับกระบวนการหมักโดยทำการเจือจางน้ำกากส่าและกากน้ำตาล แล้วนำมาผสมกันตามอัตราส่วนและความเข้มข้นที่กำหนดไว้ในแผนการทดลอง จากนั้นจึงปรับค่า pH ที่ 7.0 ด้วยสารละลาย NaOH

2.2 ชั่งหัวเชื้อจุลินทรีย์ใส่ลงในขวดซีรั่มขนาด 120 mL ในอัตรา 1% VS (มีค่าเท่ากับ 0.7 g-VS ต่อ 1 ขวด)

2.3 ตวงสับสเตรทที่เตรียมไว้ใส่ลงไปในขวดหมัก ปริมาตรขวดละ 70 mL

2.4 ปิดฝาด้วยจุกยางและฝาอลูมิเนียม ทำการไล่อากาศที่เหลืออยู่ในขวดด้วยแก๊สไนโตรเจนบริสุทธิ์

2.5 หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และทำการเก็บตัวอย่างปริมาตรแก๊สที่เกิดทุกๆ 24 ชั่วโมงด้วยวิธี plunger displacement (Owen et al., 1979) โดยใช้ syringe แบบแก้ว

2.6 เก็บตัวอย่างแก๊สชีวภาพบรรจุลงในขวดซีรั่มขนาด 10 mL โดยใช้เข็มเก็บแก๊ส และพันทับฝาขวดด้วยแผ่นพาราฟิล์มเพื่อป้องกันแก๊สรั่วไหล

2.8 นำตัวอย่างแก๊สชีวภาพไปวิเคราะห์สัดส่วนของแก๊สมีเทนด้วยเครื่อง Gas chromatography (GC) ตามวิธีการของ Pattra et al. (2008) สำหรับใช้ในการคำนวณปริมาตรแก๊สมีเทนสะสม (Cumulative methane production)

3. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

สัดส่วนของแก๊สมีเทนในแก๊สชีวภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC ได้ถูกนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาตรแก๊สมีเทนสะสม ($V_{M,i}$) โดยใช้สมการที่ 1 (ดัดแปลงจาก Zheng & Yu, 2005)

$$V_{M,i} = V_{M,i-1} + C_{M,i}(V_{G,i} - V_{G,i-1}) + V_M(C_{M,i} - C_{M,i-1}) \quad (1)$$

เมื่อ $V_{M,i}$ และ $V_{M,i-1}$ คือ ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสม (mL) ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง (*i*) และ ณ เวลาก่อนหน้า (*i*-1)

$V_{G,i}$ และ $V_{G,i-1}$ คือ ปริมาตรแก๊สชีวภาพสะสม (mL) ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง (*i*) และ ณ เวลาก่อนหน้า (*i*-1)

$C_{M,i}$ และ $C_{M,i-1}$ คือ สัดส่วนของแก๊สมีเทนในแก๊สชีวภาพ (%) ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง (*i*) และ ณ เวลาก่อนหน้า (*i*-1)

V_M คือ ปริมาตรที่เหลือในขวดหมักหลังจากเติมน้ำหมักแล้ว (Headspace) ซึ่งในการวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 70 mL

ค่าผลได้ของมีเทน (Methane yield; MY) มีหน่วยเป็น mL/g-VS คำนวณได้จากการนำปริมาตรแก๊สมีเทนสะสม (มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อลิตรสับสเตรท หรือ mL/L) ณ ชั่วโมงสุดท้ายของการหมัก หารด้วยความเข้มข้นของสับสเตรท (g-VS/L) ที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลอง ดังแสดงในสมการที่ 2

$$\text{Methane yield (mL/g-VS)} = \frac{\text{Cumulative methane production (mL/L)}}{\text{Substrate concentration (g - VS/L)}} \quad (2)$$

ผลการวิจัย

1. องค์ประกอบของสับสเตรทและหัวเชื้อจุลินทรีย์

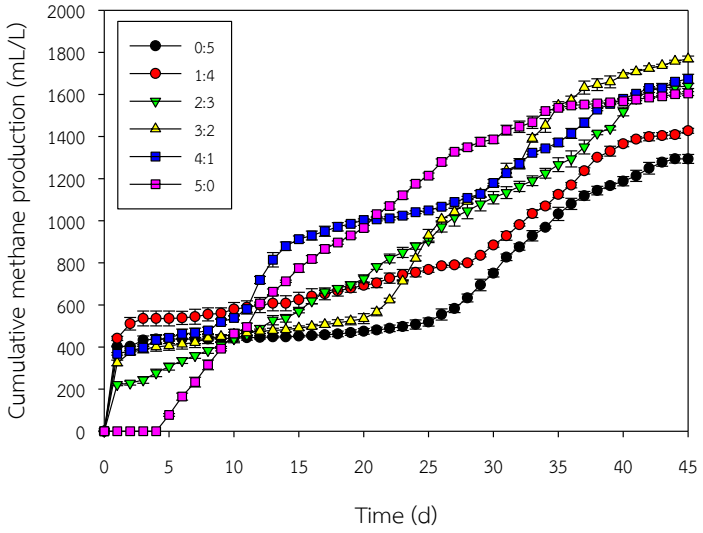
ผลวิเคราะห์ค่า COD TS และ VS ของน้ำกากส่า กากน้ำตาล และเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ แสดงในตารางที่ 1 โดยจะเห็นได้ว่าค่า VS ของสับเสตรททั้งสองชนิด มีค่าใกล้เคียงกับค่า TS แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของสับสเตรททั้งสองชนิดเป็นสารอินทรีย์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำกากส่า กากน้ำตาล และเม็ดตะกอนจุลินทรีย์

ค่าที่วิเคราะห์	น้ำกากส่า (g/L)	กากน้ำตาล (g/L)	เม็ดตะกอนจุลินทรีย์
ค่า COD (chemical oxygen demand)	135.69	770.12	*ไม่ได้ทำการวิเคราะห์
ค่า TS (Total solid)	126.87	719.65	139.92 ($g/g_{fresh\ weight}$)
ค่า VS (Volatile solid)	99.17	646.61	124.89 (g/g_{TS})

2. ผลของอัตราส่วนระหว่างน้ำกากส่าต่อกากน้ำตาลที่มีต่อปริมาตรแก๊สมีเทนสะสม

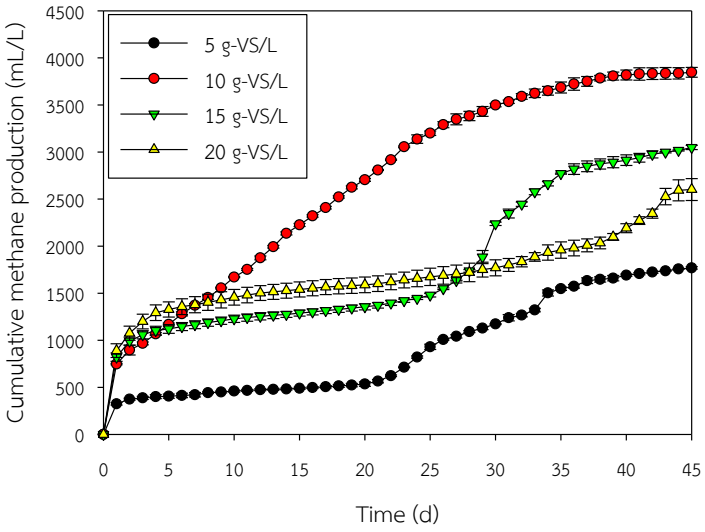
ผลการทดลองพบว่า สิ่งทดลองที่ใช้น้ำกากส่าเป็นสับสเตรทเพียงอย่างเดียว ใช้ระยะเวลาในการเริ่มเกิดแก๊สมีเทนนานกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ โดยมีแก๊สมีเทนเกิดขึ้นในวันที่ 5 หลังจากเริ่มต้นลงหมัก ในขณะที่สิ่งทดลองอื่นๆ เริ่มมีแก๊สมีเทนเกิดขึ้นภายในวันแรกของการหมัก (ภาพที่ 1) แสดงให้เห็นว่าสิ่งทดลองที่ใช้น้ำกากส่าเพียงอย่างเดียวจะมีระยะพัก (Lag phase) ของจุลินทรีย์กลุ่มผลิตแก๊สมีเทนนานกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ ที่มีการเติมกากน้ำตาลลงไป ซึ่งเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของกากน้ำตาลให้สูงขึ้น จะเป็นการช่วยลดระยะพักของจุลินทรีย์กลุ่มผลิตแก๊สมีเทนให้สั้นลง ส่งผลให้เกิดแก๊สมีเทนได้เร็วขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่ากากน้ำตาลจะช่วยลดระยะพักของจุลินทรีย์กลุ่มผลิตแก๊สมีเทนให้สั้นลงได้ แต่การใช้กากน้ำตาลในอัตราส่วนที่สูงกว่าน้ำกากส่า กลับส่งผลให้ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมลดลง โดยอัตราส่วนของน้ำกากส่าต่อกากน้ำตาลที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 3:2 ให้ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมสูงที่สุดเท่ากับ 1,768.9 mL/L ซึ่งสูงกว่าการใช้น้ำกากส่าหรือกากน้ำตาลเพียงอย่างเดียว (อัตราส่วน 5:0 และ 0:5 ตามลำดับ)



ภาพที่ 1 ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสม (mL/L) เมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำกากส่าต่อกากน้ำตาลที่แตกต่างกัน

3. ผลของความเข้มข้นสับสเตรทเริ่มต้นที่มีต่อปริมาตรแก๊สมีเทนสะสม

ผลของการเพิ่มความเข้มข้นสับสเตรทเริ่มต้นที่มีต่อปริมาตรแก๊สมีเทนสะสม แสดงในภาพที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของสับสเตรทที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อระยะพักของจุลินทรีย์กลุ่มผลิตแก๊สมีเทน เนื่องจากแก๊สมีเทนได้ถูกผลิตขึ้นภายในวันแรกของการหมัก โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสับสเตรทจาก 5 g-VS/L เป็น 10 g-VS/L ส่งผลให้ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมสูงขึ้นจาก 1,768.9 mL/L เป็น 3,846.9 mL/L หรือประมาณ 2.2 เท่า แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสับสเตรทที่สูงกว่า 10 g-VS/L กลับส่งผลให้ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมมีแนวโน้มที่ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ความเข้มข้นของสับสเตรทที่ 20 g-VS/L ส่งผลให้ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมลดต่ำลงเหลือ 2,601.3 mL/L



ภาพที่ 2 ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสม (mL/L) เมื่อใช้ความเข้มข้นของสับสเตรทที่แตกต่างกัน

4. ค่าผลได้ของมีเทน

ตารางที่ 2 แสดงปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมและค่าผลได้ของมีเทน เมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำกากส่าต่อกากน้ำตาลและความเข้มข้นของสับสเตรทที่แตกต่างกัน โดยพบว่า สิ่งทดลองที่มีปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมสูง จะมีค่าผลได้ของมีเทนที่สูงตามไปด้วย ซึ่งการใช้อัตราส่วนของน้ำกากส่าต่อกากน้ำตาลเท่ากับ 3:2 และใช้ความเข้มข้นของสับสเตรทเท่ากับ 10 g-VS/L มีค่าผลได้ของมีเทนสูงที่สุดเท่ากับ 384.7 mL/g-VS ในขณะที่สิ่งทดลองที่ใช้ความเข้มข้นของสับสเตรท 20 g-VS/L มีค่าผลได้ของมีเทนต่ำที่สุดเท่ากับ 130.1 mL/g-VS

ตารางที่ 2 ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมและค่าผลได้ของมีเทนจากการทดลอง

อัตราส่วน น้ำกากส่า:กากน้ำตาล	ความเข้มข้นของสับสเตรท (g-VS/L)	ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสม (mL/L)	ค่าผลได้ของมีเทน (mL/g-VS)
0:5	5	1,293.7±21.0	258.8±4.2
1:4	5	1,427.3±11.9	285.5±2.4
2:3	5	1,640.0±11.9	328.0±2.4
3:2	5	1,768.9±13.6	353.8±2.7
4:1	5	1,674.2±21.6	334.8±4.3
5:0	5	1,604.5±9.3	320.9±1.9
3:2	5	1,768.9±13.6	353.8±2.7
3:2	10	3,846.9±52.1	384.7±5.2
3:2	15	3,048.1±22.4	203.2±1.5
3:2	20	2,601.3±115.8	130.1±5.8

อภิปรายผล

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเติมกากน้ำตาลในน้ำกากส่าช่วยลดระยะพัก (Lag phase) ของจุลินทรีย์กลุ่มผลิตแก๊สมีเทนให้สั้นลง และส่งผลให้ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมและค่าผลได้ของมีเทนสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการหมักแบบไร้อากาศโดยใช้น้ำกากส่าเป็นสับสเตรทเพียงชนิดเดียว แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของกระบวนการหมักแบบไร้อากาศจะลดต่ำลงเมื่อใช้น้ำกากส่าเป็นสับสเตรท จึงจำเป็นต้องมีการนำสับสเตรทที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายอย่างเช่นกากน้ำตาลมาใช้ในกระบวนการหมักร่วม (Co-digestion) เนื่องจากกากน้ำตาลเป็นสับสเตรทที่มีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำตาลซูโครสและสามารถย่อยสลายได้ง่าย จึงเป็นการกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศให้สูงขึ้น การเติมสับสเตรทที่ย่อยสลายง่ายลงไปในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศในลักษณะของการหมักร่วม จึงเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยสลายสับสเตรทและการผลิตแก๊สมีเทนให้สูงขึ้น (Xu et al., 2018) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Albanez et al. (2016) ซึ่งได้ศึกษากระบวนการหมักแบบไร้อากาศเพื่อผลิตแก๊สไฮโดรเจน โดยใช้การหมักร่วมระหว่างน้ำกากส่าและกากน้ำตาล มีการแปรผันอัตราส่วนและความเข้มข้นของน้ำกากส่าและกากน้ำตาลที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ผลการทดลองพบว่ากากน้ำตาลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ส่งผลให้อัตราการผลิตไฮโดรเจนและประสิทธิภาพในการย่อยสลายสับสเตรทสูงขึ้น ซึ่งส่วนผสมของน้ำกากส่าต่อกากน้ำตาลที่เหมาะสมเท่ากับ 66% ต่อ 33% ตามลำดับ โดยใช้ความเข้มข้นของสับสเตรทที่เหมาะสมเท่ากับ 6 g-COD/L

ในด้านความเข้มข้นของสับสเตรทเริ่มต้น ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสับสเตรทเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมและค่าผลได้ของมีเทน โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสับสเตรทเริ่มต้นจาก 5 เป็น 10 g-VS/L พบว่าปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมและค่าผลได้ของมีเทนเพิ่มขึ้นถึง 2.2 และ 1.1 เท่า ตามลำดับ เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสับสเตรทจะเป็นการช่วยเพิ่มแหล่งคาร์บอนให้กับกลุ่มจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ กิจกรรมการย่อยสลายสับสเตรทและผลิตมีเทนของจุลินทรีย์จึงมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นตามไปด้วย แต่เมื่อความเข้มข้นของสับสเตรทเพิ่มขึ้นจาก 10 g-VS/L เป็น 15 และ 20 g-VS/L ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมและค่าผลได้ของมีเทนกลับลดลงตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากทฤษฎีของกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ประกอบไปด้วยการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอน Hydrolysis เป็นกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก 2) ขั้นตอน Acidogenesis เป็นกระบวนการเปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile fatty acids หรือ VFAs) 3) ขั้นตอน Acetogenesis เป็นกระบวนการเปลี่ยน VFAs ให้กลายเป็นกรดอะซิติก และ 4) ขั้นตอน Methanogenesis เป็นกระบวนการเปลี่ยนกรดอะซิติกให้กลายเป็นแก๊สชีวภาพ มีองค์ประกอบหลักเป็นแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์กลุ่มที่ทำหน้าที่ในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ ได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักที่มีสภาวะในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน กล่าวคือ จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์และผลิตกรดในขั้นตอนที่ 1 และ 2 เป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยสลายสารอินทรีย์และเจริญเติบโตได้ไว และชอบค่า pH ต่ำ ประมาณ 4.5 - 5.5 (Fang & Liu, 2002) ในขณะที่จุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรดอะซิติกและผลิตแก๊สมีเทนที่ทำหน้าที่ในขั้นตอนที่ 3 และ 4 กลับเป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่มีการเจริญเติบโตช้า และชอบค่า pH เป็นกลาง ประมาณ 6.8-7.2 (Ward et al., 2008) ดังนั้น การใช้สับสเตรทความเข้มข้นสูงในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศจะทำให้จุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรดมีการย่อยสลายและผลิตกรดอินทรีย์ออกมาเร็วเกินไป จนทำให้จุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทนที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ไม่สามารถเปลี่ยนกรดอินทรีย์เหล่านั้นให้กลายเป็นแก๊สชีวภาพได้ทันต่อปริมาณกรดที่ถูกสร้างขึ้น ทำให้กรดอินทรีย์สะสมอยู่ในระบบมาก ส่งผลให้ค่า pH ลดต่ำลงจนไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทน กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพจึงเสียสมดุลและหยุดชะงักลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการผลิตมีเทนของสิ่งทดลองที่ใช้ความเข้มข้นสับสเตรทเท่ากับ 15 และ 20 g-VS/L มีค่าลดลงตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

การหมักร่วมระหว่างน้ำกากส่ากับกากน้ำตาลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนของกระบวนการหมักแบบไร้อากาศให้สูงขึ้นได้ เมื่อเทียบกับการใช้น้ำกากส่าเป็นสับสเตรทเพียงชนิดเดียว นอกจากนี้ ความเข้มข้นของสับสเตรทยังเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญของการผลิตแก๊สมีเทนจากน้ำกากส่าร่วมกับกากน้ำตาลที่จะต้องควบคุมให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อเป็นการรักษาสมดุลของค่า pH และเสถียรภาพโดยรวมของกระบวนการหมัก โดยอัตราส่วนของน้ำกากส่าต่อกากน้ำตาลที่เหมาะสมที่สุดคือ 3:2 และความเข้มข้นของสับสเตรทเท่ากับ 10 g-VS/L ได้ปริมาตรแก๊สมีเทนสะสมและค่าผลได้ของมีเทนสูงที่สุดเท่ากับ 3,847 mL/L และ 385 mL/g-VS ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาการวิจัยและบริหารจัดการงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ 2560 (ทุนวิจัยเพื่อส่งเสริมนักวิจัยรุ่นใหม่ สัญญารับทุนเลขที่ RDI-2-60-2-45) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโรงงานผลิตเอทานอลของบริษัท เอกรัฐพัฒนา จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำกากส่าสำหรับใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการของกลุ่มวิจัยเพื่อการพัฒนากระบวนการผลิตไฮโดรเจนจากวัตถุดิบมวลชีวภาพโดยจุลินทรีย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างแก๊สชีวภาพจากการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

สมาคมการค้าผู้ผลิตเอทานอลไทย. (2559). **สถานการณ์กำลังการติดตั้งโรงงานเอทานอลของประเทศไทย**. เข้าถึงได้จาก: http://www.thai-ethanol.com/images/dede/ethanol/ethanol_2016.pdf. (สืบค้น: 1 กันยายน 2560).

Albanez, R., Lovato, G., Zaiat, M., Ratusznei, S.M., & Rodrigues, J.A.D. (2016). Optimization, metabolic pathways modeling and scale-up estimative of an AnSBBR applied to biohydrogen production by co-digestion of vinasse and molasses. **International Journal of Hydrogen Energy, 41**, 20473-20484.

American Public Health Association. (1995). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19th ed. Washington D.C.: American Public Health Association.

Fang, H.H.P., & Liu, H. (2002). Effect of pH on hydrogen production from glucose by a mixed culture. **Bioresource Technology, 82**, 87-93.

Mironczuk, A.M., Rakicka, M., Biegalska, A., Rymowicz, W., & Dobrowolsk, A. (2015). A two-stage fermentation process of erythritol production by yeast *Y. lipolytica* from molasses and glycerol. **Bioresource Technology, 198**, 445-455.

Moraes, B.S., Triolo, J.M., Lecona, V.P., Zaiat, M., & Sommer, S.G. (2015). Biogas production within the bioethanol production chain: use of co-substrates for anaerobic digestion of sugar beet vinasse. **Bioresource Technology, 190**, 227-234.

Owen, W.F., Stuckey, D.C., Healy Jr., J.B., Young, L.Y., & McCarty, P.L. (1979). Bioassay for monitoring biochemical methane potential and anaerobic toxicity. **Water Research, 13**(6), 485-492.

Pattra, S., Sangyoka, S., Boonmee, M., & Reungsang, A. (2008). Bio-hydrogen production from the fermentation of sugarcane bagasse hydrolysate by *Clostridium butyricum*. **International Journal of Hydrogen Energy, 33**, 5256–5265.

Ward, A.J., Hobbs, P.J., Holliman, P.J., & Jones, D.L. (2008). Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. **Bioresource Technology, 99**, 7928-7940.

Xia, Y., Cai, L., Zhang, T., & Fang, H.H.P. (2012). Effects of substrate loading and co-substrates on thermophilic anaerobic conversion of microcrystalline cellulose and microbial communities revealed using high-throughput sequencing. **International Journal of Hydrogen Energy, 37**, 13652-13659.

Xu, R., Zhang, K., Liu, P., Khan, A., Xiong, J., Tian, F. & Li, X. (2018). A critical review on the interaction of substrate nutrient balance and microbial community structure and function in anaerobic co-digestion. **Bioresource Technology, 247**, 1119-1127.

Zheng, X.J. & Yu, H.Q. (2005). Inhibitory effects of butyrate on biological hydrogen production with mixed anaerobic cultures. **Journal of Environmental Management, 74**, 65-70.

การวิเคราะห์ปริมาณเคอคูมินอยด์ในตัวอย่างด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง
HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHIC DETERMINATION OF CURCUMINOIDS IN VARIOUS SAMPLES

วิษณุ ธงไชย[1*] และ สุวรรณา ธงไชย[2]
[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม [2]โรงเรียนสระหลวงพิทยาคม
[*]corresponding author e-mail (wisanuthongchai@psru.ac.th)

บทคัดย่อ

ได้พัฒนาวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงตรวจวัดด้วยฟลูออเรสเซนต์สำหรับวิเคราะห์ปริมาณเคอคูมินอยด์ในพืชสมุนไพรและตัวอย่างทางยา ได้นำตัวอย่างมาทำการแยกสกัดด้วยวัฏภาคของแข็ง และวิเคราะห์ด้วยคอลัมน์ Brownlee analytical C_{18} ที่ถูกชะด้วยวัฏภาคเคลื่อนที่อะซิโตไนไทรต์และ 0.1% กรดไตรคลอโรอะซิติก (40:60 โดยปริมาตร) ที่มีอัตราการไหล 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที ฉีดตัวอย่างเข้าสู่ระบบ 5 ไมโครลิตร ตรวจวัดด้วยฟลูออเรสเซนต์ที่ความยาวคลื่น λ_{ex} 426 นาโนเมตรและ λ_{em} 539 นาโนเมตร ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมได้ช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ปริมาณเคอคูมินอยด์ 1-40 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ 0.9966-0.9972 ขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดได้เท่ากับ 16, 66 และ 33 เนกะกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับ curcumin, demethoxycurcumin และ bisdemethoxycurcumin ตามลำดับ วิธีที่นำเสนอนี้เป็นวิธีที่มีความรวดเร็วและง่ายต่อการแยกสำหรับวิเคราะห์ปริมาณเคอคูมินอยด์ในพืชสมุนไพรและตัวอย่างทางยา

คำสำคัญ : โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงตรวจวัดด้วยฟลูออเรสเซนต์, เคอคูมินอยด์, พืชสมุนไพรและตัวอย่างทางยา

Abstract

High Performance Liquid Chromatographic-fluorescence method was developed for determination of curcuminoids in medicinal plant and pharmaceutical samples. The sample was separated by solid phase extraction and analyzed on Brownlee analytical C_{18} using an isocratic elution consisting of acetonitrile and 0.1% trichloroacetic acid (40:60, v/v). The flow rate was kept at 1.5 mL min^{-1} and the sample volume was injected at 5 μL. The florescence detector was measured at λ_{ex} 426 nm and λ_{em} 539 nm for curcuminoids. The column temperature was maintained at a temperature of 30 ^{o}C. Under the optimum conditions, curcuminiods could be determined within a concentration range of 1-40 mg L^{-1} which can be expressed by a correlation coefficient of 0.9966-0.9972. The quantification limit (LOQ) value was found to be 16, 66 and 33 ng mL^{-1} of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin, respectively. The proposed method is relatively rapid and easy to perform for the separation for the determination of curcuminoids in medicinal plant and pharmaceutical samples.

Keywords : HPLC-fluorescence method curcuminoids medicinal plant and pharmaceutical samples

Introduction

Turmeric (*Curcuma longa* L.) has been used as an orange-yellow coloring agent, and has been found to be a rich source of phenolic compounds namely, curcuminoids (**Govindarajan, 1980**). Turmeric extracts contain three different diarylheptanoids are curcumin, demethoxycurcumin and bis-demethoxycurcumin. Commercially available curcumin consists of a mixture of three naturally occurring curcuminoids with curcumin as the main constituent (-77%) (**Ahsan *et al.*, 1999**). Curcuminoids are

recognized for their broad spectrum of biological activities and safety in foods or pharmaceuticals (**Shankaracharaya and Natarajan, 1974**). Curcumin, the principal natural yellow pigment, is widely used for foods and dye which shows many biological activities, for examples: antioxidant (Reddy and Lokesh, 1992), anti-inflammatory, antimicrobial, antiparasitic, antimutagenic, anticancer and antivirus properties (**Srimal, 1997**). Recently, the effect of curcuminoids has been examined on the proliferation of MCF-7 human breast tumor cells. It was reported that demethoxycurcumin was the best inhibition of MCF-7 cells (**Simon, 1998**). Kim reported that demethoxycurcumin and bis-demethoxycurcumin showed strong antioxidant activity (**Kim and Kim, 2001**). The antioxidant and pro-oxidant activities of curcumin and the structure relationship between curcumin, demethoxycurcumin, and bis-demethoxycurcumin were investigated by Ahsan (**Ahsan *et al.*, 1999**). Turmeric contains up to 5% essential oils and up to 3% curcumin, a polyphenol. The essential oil contains monoterpenes and sesquiterpenes. Aroma is decided by the chemical like turmerone, ar-turmerone and zingiberene. The orange colour and the pungent taste is imparted to it by diarylheptanoids. Three major yellow pigments (3-5% of raw plant) have been isolated from turmeric. These diarylheptane derivatives are curcumin, demethoxycurcumin and bis-demethoxycurcumin. The rhizome also contains 70% carbohydrates, 7% protein, 4% minerals, vitamins, other alkaloids, and resin.

Qualitative and quantitative analyses of curcuminoids in turmeric and pharmaceutical samples are very important in order to determine the quality of the raw materials or its products. For instance, curcumin is allowed to be use in smoked fish with maximum limit to 100 mg kg^{-1}. Numerous analytical methods have been reported by some researchers for quantitative analysis of curcuminoids. Most of these are spectrophotometric methods, expressing the total color content of the sample. Pothitirat and Gritsanapan described quantitative analysis of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin in the crude curcuminoids extract from curcuma longa in Thailand by TLC-densitometry (**Pothitirat and Gritsanapan, 2005**). Flow injection analysis system with on-line detections using ultraviolet at 250 nm and fluorometric using λ_{ex} of 397 nm and λ_{em} of 508 nm was proposed by Inoue (**Inoue *et al.*, 2001**). A simple analysis procedur using FIA was also proposed by Thongchai (**Thongchai *et al.*, 2009**) for quantification of curcuminoids in turmeric extracts based on a colored complex between curcuminoids and 4-aminoantipyrine in potassium hexacyanoferrate. Gupta described a simultaneous determination of curcuminoids in *curcuma* samples using high performance thin layer chromatography. Samples and standards were applied on a silica gel $60F_{254}$ plate and the separation was performed using chloroform-methanol (95:5 v/v) followed by scanning of the spots at 366 nm using an UV detection mode (**Gupta *et al.*, 1999**). Rasmussen developed a simple and efficient column chromatographic method for the separation of three phenolic diketones: curcumin, demethoxycurcumin and bis-demethoxycurcumin from the rhizomes of *Curcumar longa* (**Ramussen *et al.*, 2000**). A direct fluorimetric method for the analysis of curcumin and its structural isomers in food materials based on high performance liquid chromatography with UV or visible or fluorescence detection was proposed by Karasz (**Karasz *et al.*, 1973**). Khurana determined curcuminoids and their photo-oxidative decomposition compounds such as curcumin, bis-demethoxycurcumin, demethoxycurcumin in methanolic and ethanolic extracts of dry powder of *Curcuma linga* L. root by high performance liquid chromatographic technique (**Khurana and Ho, 1988**). Taylor developed a rapid, simple and reproducible reversed-phase high performance liquid chromatographic method for determination of curcumin, demethoxycurcumin and bis-demethoxycurcumin in ethanolic extract of turmeric, using an acetonitrile-water (55:45 v/v) as mobile

phase with diode array detection at 425 nm (**Taylor and McDowell, 1992**). Hiserodt was characterized turmeric powder using liquid chromatography-mass spectrometry. These involved an octadecyl stationary phase using a mobile phase consisting of ammonium acetate with 5% acetonitrile. The presence of inorganic salt may interfere with the mass spectrometer ion source (**Hiserodt *et al.*, 1996**). However, using spectrophotometric methods it is not possible to separate and to quantify the curcuminoids individually. High performance liquid chromatography is a method of choice for curcuminoids attributed to the high precision and accuracy offered and low detection limit achieved. Furthermore, in order to improve the separation power using solid phase extraction and multi-development in TLC before analysis with high performance liquid chromatographic method.

In the present work, describes the extraction for the separation of curcuminoids from the turmeric extracts and pharmaceutical products. High performance liquid chromatography is a method of choice for determination of curcuminoids attributed to their separation capacities. High performance liquid chromatographic method describes a simple and rapid with fluorescence detection for the quantitation of curcuminoids. The method has been successfully applied to determine of curcuminoids in the powdered turmeric (*Curcuma longa* L. and *Curcuma zedoaria* (Berg) Roscoe) and pharmaceutical products collected from Phitsanulok Province, Thailand. This method is considered to be greener analytical method due to its low sample and reagent consumption with minimum waste release.

Experimental

2.1 Chemicals and reagents

Deionized water was used throughout all experiment. All chemicals used are analytical reagent grade, listed as follows: curcuminoids 99% pure, Sigma-Aldrich, United Kingdom, tetrahydrofuran (Sigma-Aldrich, United Kingdom), trichloroacetic acid (Sigma-Aldrich, United Kingdom), acetonitrile and methanol (HPLC grade, E. Merck, Germany), ethanol (E. Merck, Germany) and toluene (E. Merck, Germany).

2.2 Equipments

High-performance liquid chromatography-fluorescence detection analyses were performed on a PerkinElmer® Flexar® HPLC system (PerkinElmer Flexar®, Waltham, USA) with tertiary pump, variable wavelength detector, auto sampler, auto injector and software of the Chromera® Chromatography Data Systems (CDS). The variable wavelength detector was operated at λ_{ex} 426 nm and λ_{em} 539 nm for the determination of curcuminoids concentration on adsorption capacity study. All analyses were achieved on Brownlee Analytical C18, 5 μm, 150×6 mm (PerkinElmer) operated at a temperature of 30°C. The mobile phase was an isocratic elution consisting of acetonitrile and 0.1% trichloroacetic acid (40:60, v/v). Flow rate was kept at 1.5 mL min^{-1} and the sample injection volume was set at 5 μL. The florescence detector was set to monitor at λ_{ex} 426 nm and λ_{em} 539 nm for curcuminoids.

2.3 Standard and sample preparation

2.3.1 Preparation of standard solutions

A stock solution (1000 μg mL^{-1}) of standard curcuminoids was freshly prepared by dissolving 25 mg of the curcuminoids (accurately weighed) in ethanol and completing the volume up to 25 mL with ethanol. Working standard solutions of curcuminoids (2-50 μg mL^{-1} curcuminoids) were prepared by appropriate serial dilution of the curcuminoids stock solution in acetonitrile.

2.3.2 Sample pretreatments

The fresh turmeric was purchased from commercial sources in Phitsanulok province, Thailand: sample codes; turmeric (1) and turmeric (2): purchased from Watyai market and sample code; turmeric (3) purchased from Kokmatoom market. A voucher specimen of the plant was deposited in the herbarium of

the faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Chiang Mai province, Thailand for reference. The samples were washed and dried in a hot air oven at 50 °C for 36 h. The dried material was ground to a fine powder, passed through a 60-mesh sieve and kept in an air-tight container at 4 °C until further use. The fresh samples of *Curcuma longa* L. were purchased from Phitsanulok province, 1 kg of the turmeric root was chopped into small pieces and dried in a hot air oven at 50 °C for 36 h. Then the dried turmeric was powdered, about 0.5 g was accurately weighed and extracted with 10 mL of ethanol and sonicated for 30 min followed by centrifugation for 15 min at 2000 rpm. The supernatant was evaporated to dryness at 60 °C by means of a rotary evaporator. Then the residue was reconstituted in 1 mL of ethanol. This solution was used for separation by solid phase extraction. After separation, this organic layer was dried under a stream of nitrogen gas using low heat setting. The extracted dried product was resuspended in 10 mL of ethanol. An aliquot of this solution was filtered through a 0.45 μm nylon membrane. Then 5 μL of this solution was injected into HPLC system.

Pharmaceutical capsules products were purchased from commercial sources in Phitsanulok province, Thailand: sample codes; capsules (1), capsules (2) and capsules (3), about 0.5 g was accurately weighed and extracted with 10 mL of ethanol and sonicated for 30 min followed by centrifugation for 15 min at 2,000 rpm. The supernatant was evaporated to dryness at 60 °C by means of a rotary evaporator. Then the residue was reconstituted in 1 mL of ethanol. This solution was used for separation by SPE. After separation, this organic layer was dried under a stream of nitrogen gas using low heat setting. The extracted dried product was resuspended in 10 mL of ethanol. An aliquot of this solution was filtered through a 0.45 μm nylon membrane. Then 5 μL of this solution was injected into HPLC system.

2.4 Preparation of SPE cartridges

In extraction steps to establish the optimum conditions under which a standard solution of curcuminoids was initially prepared various proportion of acetonitrile/0.1% thichloroacetic acid mixture. Before analyte loading, the SPE was condition with 3 mL ethanol, 3 mL acetonitrile and 3 mL of 0.1%trichloroacetic acid respectively. In the loading step, 0.05 mL of curcuminoids solution (10 mg L^{-1}) was passed through the cartridge. The washing step, 3 mL of mixtures of toluene and 0.1% trichloroacetic acid (50:50, v/v) was passed through the cartridge. Finally, curcuminoids was eluted with 3 mL of acetonitrile. The samples were diluted with acetonitrile and were then filtered through a 0.45 μm membrane syringe filter. Then 5 μL of this solution was injected into the HPLC system.

Results and discussion

The validation of the method, to test the suitability of the proposed HPLC-fluorescence detection system and to validate its performance characteristics such as linearity, limit of detection, limit of quantitation, precision and accuracy were performed using under the selected conditions.

3.1 Linearity of calibration graph

The linearity of responses to curcuminoids was determined. Calibration curve was obtained by using the least-square linear regression analysis of the studied curcuminoids such as curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin peak areas (y) versus analyte concentration (x). Each concentration was tested in triplicate. Linear calibration curve was obtained over the concentration range of 1-40 μg mL^{-1} of curcuminoids. The 5 μL of standard solution was injected into the HPLC system. Linear calibration graph over the concentration ranging from 1-40 μg mL^{-1} of curcuminoids were obtained with the correlation coefficient of 0.9966, 0.9967 and 0.9972 respectively (**Fig. 1**).

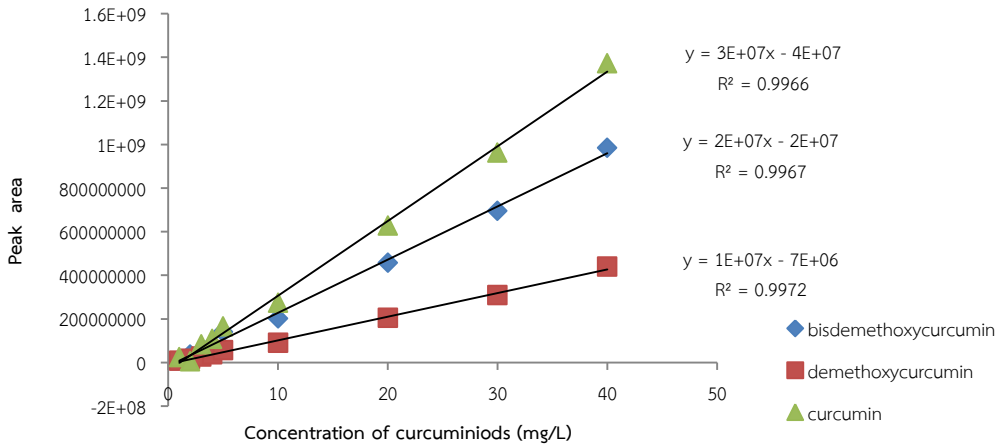


Fig. 1. Calibration curves of curcuminoids standards solution

3.2 Detection limit and quantification limit

The detection limit and quantification limit of the method were investigated by injecting standard solution of curcuminoids into the HPLC analytical column. The detection limit values (LOD) were found to be 5, 20 and 10 ng mL^{-1} of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin respectively. It is calculated as three times of the standard deviation. The quantification limit (LOQ) values were found to be 16, 66 and 33 ng mL^{-1} of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin respectively. This value was calculated directly from the calibration graph. It is defined as the lowest concentration in the standard curve that can be measured with acceptable accuracy and precision, LOD and LOQ may be expressed as: LOD = 3SD/S and LOQ = 10SD/S where S is the slope of calibration graph and SD is standard deviation.

3.3 Precision and accuracy

The precision of the method was determined by measuring the repeatability (intraday precision) and the intermediate precision (interday precision), both expressed as relative standard deviation (RSD). The precision was evaluated by assaying six replicate injections of 5, 10 and 15 mg L^{-1} of curcuminoids. The repeatability was evaluated each sample on the same day under the same experimental conditions, 2.4%, 2.0% and 1.8% respectively. The intermediate precision was evaluated by assaying each sample on three different days, 2.0%, 2.8% and 1.0% respectively.

The recoveries were determined by using standard addition method. Curcuminoids standard concentration (1, 5, 10 and 15 mg L^{-1}) were added and mixed with known aliquots of sample solutions. The sample was extracted and analyzed using the proposed method. The percentage recoveries of the spiked curcuminoids in real sample solution were found to be 101.22-118.45%. Results are presented in

Table 1.

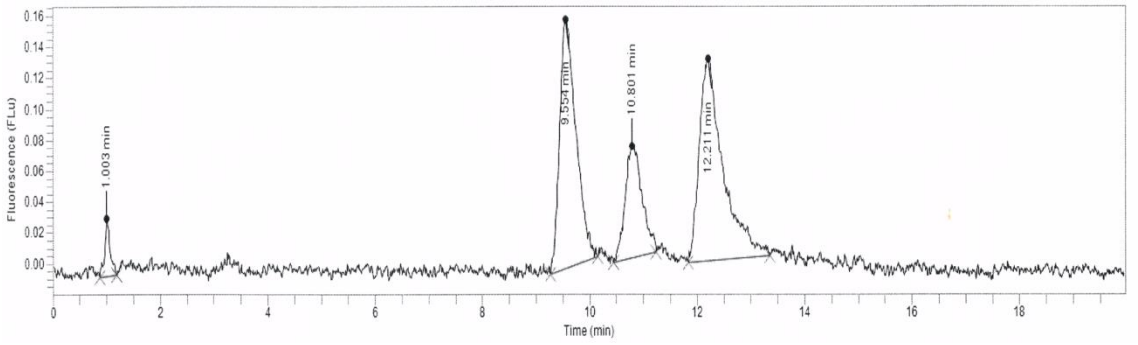


Fig. 2. Chromatograms of the curcuminoids standard

Table 1 Recovery of the MIP-HPLC-FLD method for CUR, BDMC and DMC analysis in various samples

Sample	Concentration in sample (μg mL^{-1})			% Recovery*		
	Spiked	Found				
		CUR	BDMC	DMC	CUR	BDMC	DMC
Capsule						
	1	1.01	0.98	0.97	101.00	98.00	97.00
	5	4.90	4.44	4.51	98.01	88.82	90.29
	10	9.38	9.44	9.16	93.80	94.45	91.66
	15	13.36	13.69	13.02	89.09	91.27	86.81
Herbal extract							
	1	0.98	0.98	0.95	98.00	98.00	95.00
	5	4.94	4.38	4.37	98.95	87.60	87.57
	10	9.46	9.07	8.78	94.66	90.72	87.88
	15	12.90	13.20	12.57	86.00	88.05	83.81

* Mean of five determinations

Table 2 Application of C-MIP separation and the developed HPLC method for the determination of curcuminiods

Sample Type	Sample code	Purchas from	Curcuminoids content (mg g^{-1})		
			CUR	BDMC	DMC
Turmeric Herbal	turmeric (1)	Watyai market	1.17	0.46	0.65
	turmeric (2)	Watyai market	2.12	0.35	0.63
	turmeric (3)	Kokmatoom market	10.97	0.85	1.09
Capsule	capsules (1)	Phitsanulok market	19.81	0.74	3.15
	capsules (2)	Phitsanulok market	35.48	0.65	3.82
	capsules (3)	Phitsanulok market	21.98	0.84	3.64

3.4 The contents of curcuminoids in medicinal samples

The proposed reversed-phase high-performance liquid chromatography-fluorescence detection was applied to the determination of curcuminoids in turmeric extract and pharmaceutical products collected from Phitsanulok province, Thailand. The sample was prepared according to the sample preparation as described in experimental section. The content of curcuminoids in each sample solution was determined using the optimum conditions. The samples gave well-defined peaks. There is no interference peak present in either sample (**Fig. 2**). The average contents of curcuminoids of all samples were showed in **Table 2**.

Conclusion

A mixture of curcuminoids was the best choice for the generation of binding cavities with the right shape and functionality to achieve the efficient recognition of the target curcuminoids in various samples. The SPE cartridge gave high efficiency which confirms the good reproducibility of the optimized methodology and its applicability for the analysis of herbal extracts and pharmaceutical products. The cartridges have been used more than 20 times without losing their recognition properties.

Acknowledgments

Thanks for the faculty of science and technology. Pibulsongkram Rajabhat University.

References

Ahsan H., Parveen N., Khan N.U., Hadi S.M. (1999). Pro-oxidant, anti-oxidant and cleavage activities on DNA of curcumin and its derivatives demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. **Chem. Biol. Interact**. 121, 161-175.

Govindarajan V.S. (1980). Turmeric-Chemistry, Technology and Quality. Crit. Rev. **Food Sci. Nutr**. 12, 199-301.

Gupta A.P., Gupta M.M., Sushil K. (1999). Simultaneous determination of curcuminoids in Curcuma samples using high performance thin layer chromatography. J. Liq. **Chromatogr. Relat. Technol**. 22, 1561-1569.

Hiserodt R., Hartman T.G., Ho C.T., Rosen R.T. (1996). Characterization of powdered turmeric by liquid chromatography–mass spectrometry and gas chromatography–mass spectrometry. J. Liq. **Chromatogr**. 740, 51–63.

Inoue K., Yoshimura Y., Nakazawa H. (2001). Evaluation of the turmeric (*Curcuma longa* L.) based on the flow-injection analysis with ultraviolet and fluorometric detections, **Anal. Lett**. 34, 1711-1718.

Karasz A.B., DeCocca F., Bokus L. (1973). Detection of turmeric in foods by rapid fluorimetric method and by improvedspot test, J. Assoc. Off. **Anal. Chem**. 56, 626-628.

Khurana A., Ho C.T. (1988). High-performance liquid chromatographic analysis of curcuminoids and their photo-oxidative decomposition compounds in *Curcuma longa* L, J. Liq. **Chromatogr**. 11, 2295-2304.

Kim D.S.H.L., Kim J.Y. (2001). Total synthesis of calebin-a, preparation of its analogues, and their neuronal cell protectivity against b-amyloid insult. Bioorg. Med. **Chem. Lett**. 11, 2541–2543.

Pothitirat W., Gritsanapan W. (2005). Quantitative analysis of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin in the crude curcuminoid extract from *curcuma longa* in Thailand by TLC-densitometry. **Mahidol University Journal of Pharmaceutical Sciences**. 32, 23–30.

Ramussen H.B., Christensen S.B., Kvist L.P., Karazmi A. (2000). A simple and efficient separation of the curcumins, the antiprotozoal constituents of *Curcuma longa*. **Planta Med**. 66, 396-398.

Reddy A.C.P., Lokesh B.R. (1992). Studies on spice principles as antioxidants in the inhibition of lipid peroxidation of rat liver microsomes. Mol. Cell. **Biochem**. 111, 117–124.

Shankaracharaya N.B., Natarajan C.P. (1974). Turmeric, chemistry, technology and use, Indian Spices. 10, 7–11.

Srimal R.C. (1997). Turmeric: a brief review of medicinal properties. **Fitoterapia**. 68, 483-493.

Simon A., Allais D.P., Duroux J.L., Basly J.P., Durand-Fontanier S., Delage C. (1998). Inhibitory effect of curcuminoids on MCF-7 cell proliferation and structure-activity relationships. **Cancer Lett**. 129, 111–116.

Taylor S.J., McDowell I.J. (1992). Determination of the curcuminoid pigments in turmeric (*Curcuma domestica* Val) by reversed-phase high-performance liquid chromatography, **Chromatographia**. 34, 73-77.

Thongchai W., Liawruangrath B., Liawruangrath S. (2009). Flow injection analysis of total curcuminoids in turmeric and total antioxidant capacity using 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl assay, **Food Chem**. 112, 494–499.

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่
DESIGN AND FABRICATION OF GUMMY JELLY MOLD

ธวัลรัตน์ สัมฤทธิ์[1*] กนกวรรณ พรมจีน[1] พัชราภรณ์ อินริราย[1] สุรินทราพร ชั่งไชย[1] และ ธนากร จันทรศรีชา[2]
[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
[2]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
[*]corresponding author e-mail: thawanrat1212@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่ต้นแบบและเพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างกัมมี่เยลลี่ที่ผลิตด้วยวิธีการเดิมและการผลิตด้วยการใช้แม่พิมพ์ แม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ชุดโครงสร้างเครื่องและแท่นกดแม่พิมพ์ซึ่งใช้หลักการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ แม่พิมพ์ลักษณะวงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร สามารถพิมพ์กัมมี่เยลลี่ได้ 96 ชิ้นต่อครั้งต่อถาด ผลการทดลองพบว่าการใช้แม่พิมพ์สามารถผลิตกัมมี่เยลลี่ได้รวดเร็วกว่าวิธีการเดิมโดยมีประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 91.80 หรือลดเวลามาตรฐานเฉลี่ยจาก 273.19 วินาที เหลือ 22.40 วินาที คุณสมบัติทางกายภาพของกัมมี่เยลลี่ที่ผลิตจากแม่พิมพ์ดีกว่ากัมมี่เยลลี่ที่ผลิตจากกระบวนการเดิม ขนาดและรูปร่างของกัมมี่เยลลี่ที่ได้จากการใช้แม่พิมพ์มีลักษณะเป็นวงกลมสม่ำเสมอกันซึ่งแตกต่างจากวิธีการเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามความหนาของกัมมี่เยลลี่จากการผลิตทั้ง 2 วิธีนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

คำสำคัญ : กัมมี่เยลลี่ แม่พิมพ์ การสร้าง

Abstract

This research aims to design and construct the gummy jelly mold prototype. The physical properties of the gummy jelly were investigated and compared between the original process and the mold prototype process. The gummy jelly mold prototype consists of two parts: the machine structure and pressed mold which can work semi-autometic. The circular diameter of pressed mold was 15 mm and could produce the gummy jelly up to 96 pieces per pressed time. The results showed that the use of mold prototype could produce gummy jelly faster than the original process.The working efficiency increased to 91.8 percents and the average working time reduced from 273.19 sec to 22.40 sec. In addition, the physical properties of gummy jelly from the mold prototype were better than the original process. The size and shape of gummy jelly from the prototype were uniform in circular shape and significantly difference from the original process ($p<0.05$). Nevertheless, the thickness of gummy jelly from the two production methods was not significantly diffenrence ($p\geq0.05$).

keywords : gummy jelly mold design and fabrication

บทนำ

กัมมี่เยลลี่ (Gummy Jelly) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในกลุ่มเด็กและวัยรุ่น รูปร่างสวยงาม มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว เป็นเนื้อเจลใส เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นส่วนประกอบทำหน้าที่ในการยึดจับน้ำส่วนหนึ่งไว้ ที่นำมาใช้มีหลายชนิด เช่น แป้ง เจลาติน วุ้น เพกติน กัมอารบิก หรือบางครั้งก็ใช้ผสมกัน แต่ละชนิดมีสมบัติในการเกิดเจลโดยเฉพาะ ผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นมักจะมีเนื้อใส แน่น เป็นมันวาว เรียบเนียน ส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ น้ำตาล กลูโคสไซรัป สารรักษาความชื้น เช่น กลีเซอรอล สี กรด ซิตริก และกลิ่นรสต่างๆ (สุวรรณา, 2543) นอกจากนี้กัมมี่เยลลี่ยังเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่ครองตลาดมาช้านาน และมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

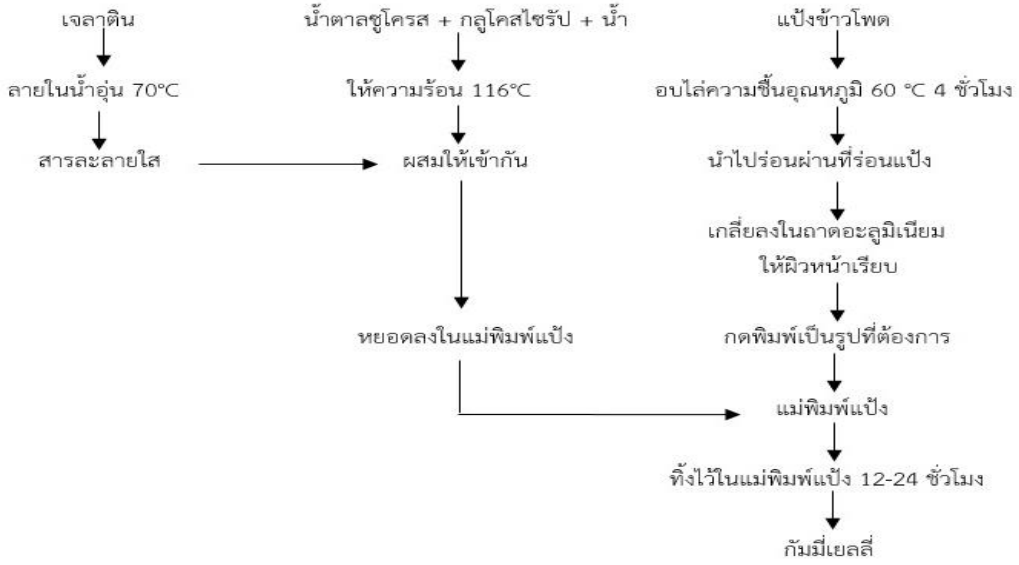
ขั้นตอนการทำกัมมี่เยลลี่ เริ่มจากการนำแป้งข้าวโพดมาเกลี่ยลงถาดอะลูมิเนียม แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 3-4 ชั่วโมง กดพิมพ์เป็นรูปที่ต้องการลงไปในแป้งข้าวโพด จึงได้แม่พิมพ์แป้ง จากนั้นหยอดส่วนผสมของกัมมี่เยลลี่ ได้แก่ สารก่อเจล น้ำตาลหรือส่วนผสมที่ให้ความหวาน รวมถึงสีและกลิ่นรสที่ผสมเข้ากันแล้วลงไปในแม่พิมพ์แป้ง พักให้เย็นประมาณ 12-24 ชั่วโมง จึงได้กัมมี่เยลลี่ (Lee และ Jackson, 1973) ซึ่งขั้นตอนการทำแม่พิมพ์แป้งมีความยุ่งยาก เนื่องจากแม่พิมพ์ที่ใช้ต้องผ่านขั้นตอนการอบไล่ความชื้น และต้องนำมากดพิมพ์เป็นหลุมเพื่อหยอดส่วนผสม ซึ่งในการกดพิมพ์เป็นหลุมนั้น ต้องกดทีละรูปไม่สามารถควบคุมขนาดและความหนาแบบสม่ำเสมอ กัมมี่เยลลี่ที่ได้มีขนาดไม่เป็นตามที่ต้องการ จึงทำให้ขั้นตอนการเตรียมแม่พิมพ์และการทำกัมมี่เยลลี่ใช้เวลานาน ซึ่งทำให้ขั้นตอนอื่นต้องเกิดการรอคอยงานอีกด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อออกแบบสร้างแม่พิมพ์สำหรับทำกัมมี่เยลลี่ที่เหมาะสมและศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพระหว่างกัมมี่เยลลี่ที่ผลิตด้วยวิธีการเดิมและการผลิตด้วยการใช้แม่พิมพ์ เพื่อทดแทนวิธีการเตรียมพิมพ์แบบเดิม ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาและลดเวลารอคอยงานเพื่อทำให้ขั้นตอนการผลิตกัมมี่เยลลี่เสร็จเร็วขึ้น ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีรูปร่างเป็นไปตามที่ต้องการ และเพิ่มกำลังการผลิตได้อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาขั้นตอนการทำกัมมี่เยลลี่

ขั้นตอนการทำกัมมี่เยลลี่ อ้างอิงและดัดแปลงกรรมวิธีการผลิตจาก Lee and Jackson (1973) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตกัมมี่เยลลี่

ที่มา: ดัดแปลงกรรมวิธีการผลิตจาก Lee and Jackson (1973)

2. การออกแบบแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่

จากการศึกษาขั้นตอนการทำกัมมี่เยลลี่แบบเดิม ด้วยวิธีการใช้แป้งข้าวโพดเกลี่ยลงในถาดอะลูมิเนียมให้ผิวหน้าเรียบเป็นแม่พิมพ์สำหรับหยอดส่วนผสมกัมมี่เยลลี่ และกดพิมพ์เป็นรูปที่ต้องการในถาดแป้งข้าวโพดขนาด 475 x 345 x สูง 50 มิลลิเมตร แม่พิมพ์ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 2 ซึ่งในการกดพิมพ์เป็นรูป ต้องกดพิมพ์ทีละรูป ไม่สามารถควบคุมให้ได้ขนาดและความลึกสม่ำเสมอตามที่ต้องการได้ ทำให้ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะไม่เท่ากัน โดย 1 ถาดมาตรฐาน สามารถกดหลุมแม่พิมพ์ได้ประมาณ 77 หลุม ใช้เวลาในการกดพิมพ์ทั้งหมด 391.92 วินาที ซึ่งใช้เวลานานและยุ่งยาก เนื่องจากผู้กดพิมพ์ต้องคอยควบคุมระยะห่างระหว่างหลุมแม่พิมพ์ นอกจากนั้นต้องคอยออกแรงกดด้วยมือให้มีความสม่ำเสมอเท่ากันทุกพิมพ์ พบว่าแป้งเกิดการเสียรูปขณะกด คือแตกออกจากกัน จะส่งผลให้เนื้อสัมผัสกัมมี่เยลลี่ที่ได้ในขั้นตอนสุดท้ายไม่เรียบเนียน จากนั้นผู้วิจัยได้ทดสอบระยะห่างระหว่างหลุมแม่พิมพ์สำหรับหยอดส่วนผสมกัมมี่เยลลี่ที่เหมาะสม โดยการสุ่มกดระยะห่างของหลุมในแม่พิมพ์แป้งข้าวโพดด้วยวิธีการทำงานแบบเดิม ทั้งหมด 3 ครั้ง ได้แก่ 20, 30 และ 40 มิลลิเมตร (ณัฐชิต และคณะ, 2553) นำผลการทดสอบต่างๆ มาออกแบบและสร้างแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่ต่อไป



ภาพที่ 2 แม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่แบบเดิม

3. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกัมมี่เยลลี่

นำผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สุดท้ายที่ได้จากการเตรียมพิมพ์ด้วยวิธีการแบบเดิมโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ และจากแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่ที่สร้างขึ้นมาใหม่ทั้งหมดอย่างละ 30 ตัวอย่าง ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ จากนั้นวัดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของชิ้นกัมมี่เยลลี่ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

4. การทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน

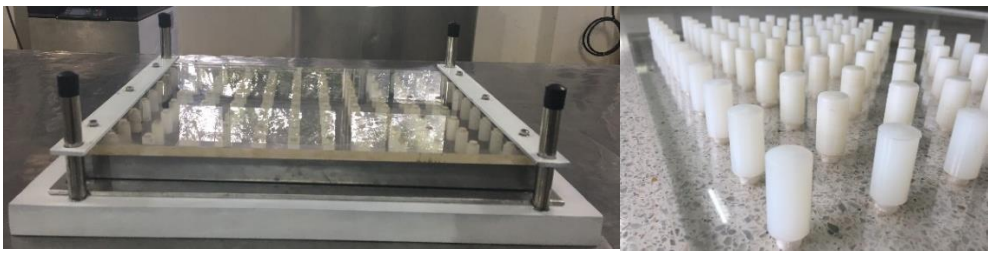
การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของการเตรียมพิมพ์แป้งข้าวโพดสำหรับทำกัมมี่เยลลี่ทั้ง 2 วิธี ประกอบด้วย วิธีการทำงานแบบเดิม (ใช้ผู้เชียวชาญกดหลุมพิมพ์) และจากการใช้แม่พิมพ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาใหม่ โดยการศึกษาเวลามาตรฐานในการทำงาน ด้วยการจับเวลาการทำงานจริงของทั้ง 2 วิธี แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกัน โดยที่แม่พิมพ์แบบใหม่นั้นต้องลดเวลาและลดขั้นตอนในการเตรียมพิมพ์กัมมี่เยลลี่ได้ดีกว่าวิธีการแบบเดิม

ผลการวิจัย

1. ผลการออกแบบแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่

จากการศึกษาขั้นตอนการกดพิมพ์แม่พิมพ์แป้งข้าวโพดวิธีการแบบเดิม ใช้แรงงานคนโดยผู้เชี่ยวชาญ และ การทดลองหาระยะห่างระหว่างหลุมของแม่พิมพ์ในแม่พิมพ์แป้ง เลือกใช้ที่ขนาด 30 มิลลิเมตร เนื่องจากมีความเหมาะสม ระยะไม่ห่างกันเกินไป แป้งไม่เกิดการเสียรูป และสามารถทำให้กดพิมพ์หลายชิ้นงานอีกด้วย จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่แบบใหม่ขึ้นมา โดยมีแนวคิดออกแบบให้เป็นแบบกึ่งอัตโนมัติและพิจารณาด้านที่ใช้สัมผัสกับอาหารเป็นพิเศษ โดยเลือกใช้ เหล็กสแตนเลสไร้สนิม เพราะเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร และต้องทำความสะอาดแม่พิมพ์ได้

อย่างทั่วถึง ให้เป็นไปตามมาตรฐานคุณลักษณะของอาหารปลอดภัย (H.L.M *et al*, 2003) ซึ่งแม่พิมพ์แบบใหม่แบ่งส่วนประกอบย่อยได้ทั้งหมด 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ชุดโครงเครื่องและแท่นกดแม่พิมพ์ดังภาพที่ 3 ซึ่งชุดโครงเครื่องทำมาจากสแตนเลส 304 (Stainless Steel) ขนาด 680 × 450 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร ตัดมุม 45 องศา เจาะรูทั้งหมด 4 รู สำหรับเชื่อมติดกับแป๊ปสแตนเลสทรงกลม 304 (Round Ornamental Tube) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นแท่นยึดรองรับแม่พิมพ์หัวกดหลุมสำหรับทำกัมมี่เยลลี่ โดยตัวเครื่องแม่พิมพ์แบบใหม่จะรองรับถาดมาตรฐาน ขนาด 475 x 345 x สูง 50 มิลลิเมตร และส่วนของแท่นกดแม่พิมพ์ทำจากแผ่นอะคริลิคใสชนิดใช้กับอาหารได้ ขนาด 675 x 390 มิลลิเมตร เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ทั้งหมด 96 รู เพื่อประกอบกับหัวกดอะคริลิคพิมพ์ทรงกลมด้วยกาวซิลิโคน ชนิดใช้กับอาหารได้สามารถกดหลุมแม่พิมพ์ด้วยหัวกดรูปวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ความหนาของแป้งข้าวโพดในถาดมาตรฐานสามารถกดลึกได้ 10 มิลลิเมตร (ความหนาของกัมมี่เยลลี่ตามความต้องการ) ซึ่งแม่พิมพ์แบบใหม่สามารถกดพิมพ์ได้ 96 ชิ้นต่อครั้ง สำหรับการผลิต 1 ถาดมาตรฐานต่อครั้ง



ภาพที่ 3 ต้นแบบแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกัมมี่เยลลี่

จากการทดลองทำกัมมี่เยลลี่ที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมพิมพ์กัมมี่เยลลี่ด้วยวิธีการแบบเดิมโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญกดหลุมพิมพ์โดยใช้แม่พิมพ์ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร และจากแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตรที่สร้างขึ้นมาใหม่ชนิดละอย่างละ 30 ตัวอย่าง ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ จากนั้นทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของกัมมี่เยลลี่ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากกระบวนการผลิตแบบเดิมและแบบใหม่กับค่ามาตรฐาน (n=50)

รายละเอียด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)		ความหนา (มิลลิเมตร)	
	แบบใหม่	แบบเดิม	แบบใหม่	แบบเดิม
ค่าเฉลี่ย	15.04	17.23	10.24	11.28
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.52	0.90	0.98	0.84
ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร)	15	15	10	10
t	0.49	17.56	1.72	10.77
Sig.	0.63	0.00	0.09	0.00

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ระหว่างกระบวนการผลิตแบบเดิมและแบบใหม่ (n=50)

รายละเอียด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)		ความหนา (มิลลิเมตร)	
	แบบใหม่	แบบเดิม	แบบใหม่	แบบเดิม
ค่าเฉลี่ย	15.04	17.23	10.24	11.28
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.52	0.90	0.98	0.84
t	-14.97		-5.71	
Sig.	0.00		0.51	



ภาพที่ 4 กัมมี่เยลลี่ที่ได้จากแม่พิมพ์ต้นแบบ (แบบใหม่)

จากตารางที่ 1 พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของกัมมี่เยลลี่ที่ผลิตโดยกระบวนการแบบใหม่มีค่าไม่แตกต่างจากค่ามาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ขณะเดียวกันเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของกัมมี่เยลลี่ที่ผลิตโดยกระบวนการแบบเดิมมีค่าแตกแตกต่างจากค่ามาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นั่นคือผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ผลิตโดยกระบวนการแบบใหม่มีขนาดเท่ากันและมีความสม่ำเสมอมากกว่าผลิตภัณฑ์จากกระบวนการผลิตแบบเดิม

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการทดสอบด้านขนาดรูปร่างของกัมมี่เยลลี่ มีค่า t-test = -14.97 Sig = 0.00 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 คือ ขนาดและรูปร่างที่ได้จากการใช้แม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่ที่สร้างขึ้นมาใหม่และจากวิธีการทำงานแบบเดิมมีความแตกต่างกัน แม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นสามารถทำกัมมี่เยลลี่ได้ขนาดเท่าๆ กัน ดังภาพที่ 4 แตกต่างกับขนาดกัมมี่เยลลี่ได้จากวิธีการทำแบบเดิม ใช้แรงงานคนโดยใช้แม่พิมพ์ทรงกระบอกกดหลุมลงไปในแป้งข้าวโพดจะมีขนาดไม่ค่อยสม่ำเสมอกัน เฉลี่ยที่ 17.23 มิลลิเมตร ในขณะที่ความหนาของการทดลองทั้ง 2 วิธี พบว่า มีค่า t-test = -5.71 ค่า Sig = 0.51 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 เป็นการยอมสมมติฐานหลัก H_0 คือ ความหนาของกัมมี่เยลลี่ทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากการกดพิมพ์แม่พิมพ์แบบใหม่มีการกำหนดระยะการกดให้ความหนาลึกลงไป 10 มิลลิเมตร ส่วนการใช้ผู้เชี่ยวชาญสามารถควบคุมการกดความหนาให้ลึกได้จากความชำนาญของคนจึงทำให้ความหนาของกัมมี่เยลลี่ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

3. ผลทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน

ประสิทธิภาพการทำงานของขั้นตอนการเตรียมพิมพ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 2 วิธี โดยการทดลองจับเวลาการทำงานทั้งหมด 10 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 3 ผลการทดลองพบว่า เวลามาตรฐานในการกดหลุมพิมพ์กัมมี่เยลลี่ในแป้งข้าวโพดทั้ง 2 วิธี มีค่า t-test = -12.65 และ Sig = 0.00 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 กล่าวคือ เวลามาตรฐานในการกดพิมพ์ที่ได้จากการใช้แม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่ที่สร้างขึ้นมาใหม่และจากวิธีการทำงานแบบเดิมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่วิธีการกดพิมพ์แบบใหม่สามารถลดเวลาในการทำงานจากวิธีการแบบเดิมเฉลี่ย 273.19 วินาที เหลือเพียง 22.40 วินาที คิดเป็นประสิทธิภาพการทำงานที่เพิ่มร้อยละ 91.80 นอกจากนี้กำลังในการผลิตกัมมี่เยลลี่ยังเพิ่มขึ้นจากวิธีการเดิมผลิตได้ 71 ชิ้น เพิ่มเป็น 96 ชิ้น โดยวิธีการแบบใหม่

ตารางที่ 3 เวลามาตรฐานการกดหลุมพิมพ์จากการทดลองทั้ง 2 วิธี

ครั้งที่	การทดลองด้วยแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่	การทดลองด้วยวีธีแบบเดิม (ใช้คน)
	เวลามาตรฐาน (วินาที)	เวลามาตรฐาน (วินาที)
1	25.63	210.60
2	26.04	372.61
3	20.79	282.66
4	19.76	341.32
5	22.65	221.41
6	20.47	199.54
7	18.87	203.18
8	21.22	324.62
9	24.89	269.14
10	23.65	306.81
เฉลี่ย	22.40	273.19
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.55	62.65
t	-12.65	
Sig	0.00	

อภิปรายผล

กัมมี่เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเหนียว รูปร่างของกัมมี่เยลลี่ที่ได้จะเป็นไปตามขั้นตอนการเตรียมพิมพ์แป้งข้าวโพดสำหรับหยอดส่วนผสมกัมมี่เยลลี่ ซึ่งขั้นตอนการเตรียมพิมพ์ใช้เวลานาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับขั้นตอนนี้เป็นอย่างยิ่ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่ เพื่อลดขั้นตอนการเตรียมหลุมพิมพ์แป้งข้าวโพดสำหรับการทำกัมมี่เยลลี่ ให้ได้ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีรูปร่างสม่ำเสมอ ไม่เปลี่ยนรูป และเพิ่มกำลังการผลิต โดยยึดตามหลักการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ให้เป็นไปตามสุขลักษณะอาหารปลอดภัยของ H.L.M. *et al* (2003) ซึ่งลดความเสี่ยงอันตรายของอาหาร 3 ประเภท ได้แก่ ด้านจุลินทรีย์ ด้านเคมี และด้านกายภาพ ต้องสามารถทำความสะอาด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนไม่ให้สะสมในร่องของอุปกรณ์ และคำนึงถึงการเลือกวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ในส่วนที่สัมผัสกับอาหาร ต้องทำจากวัสดุที่ไม่เกิดสนิม และทำความสะอาดง่าย ซึ่งวัสดุที่เลือกใช้ ได้แก่ สแตนเลส 304 และอะคริลิคใสชนิดที่ใช้กับอาหารได้เพื่อสอดคล้องกับหลักการออกแบบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ของวริทธิ์ และ ชาญ (2541) ซึ่งจากการทดลองใช้แม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นมาใหม่ พบว่า การกดพิมพ์กัมมมี่เยลลี่ด้วยแม่พิมพ์แบบใหม่และแบบเดิมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยแม่พิมพ์แบบใหม่ช่วยลดเวลาในการทำงาน โดยทำให้ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 91.80 คือลดเวลาในการทำงานได้จากเดิม 273.19 วินาที เหลือ 22.40 วินาที เนื่องจากเป็นการทำงานโดยอุปกรณ์กึ่งอัตโนมัติ สามารถกดพิมพ์กัมมี่เยลลี่ได้ 96 ชิ้น พร้อมกัน อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงขนาดรูปร่างและความหนาของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สุดท้ายจากการเตรียมพิมพ์ทั้ง 2 วิธี พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ผลิตโดยกระบวนการแบบใหม่มีขนาดเท่ากันและมีความสม่ำเสมอมากกว่าผลิตภัณฑ์จากกระบวนการผลิตแบบเดิมเนื่องจากการกดพิมพ์แม่พิมพ์แบบใหม่สามารถควบคุมระยะการกดพิมพ์ได้เท่ากันในแต่ละหลุมพิมพ์

สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบสร้างแม่พิมพ์สำหรับผลิตกัมมี่เยลลี่ที่เหมาะสม พบว่า แม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่ที่สร้างขึ้นมาใหม่สามารถลดเวลาและลดขั้นตอนการเตรียมพิมพ์สำหรับทำกัมมี่เยลลี่ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานขึ้นร้อยละ 91.80 ช่วยเพิ่มกำลังการผลิตจากเดิม 71 ชิ้นเป็น 96 ชิ้น อีกทั้งขนาดรูปร่างของกัมมี่เยลลี่ที่ได้มีลักษณะวงกลมสม่ำเสมอ ขนาดเท่ากัน และมีผิวเรียบเนียน ได้รูปร่างผลิตภัณฑ์ออกมาดีกว่าวิธีการเตรียมพิมพ์แบบเดิมแต่ความหนาไม่แตกต่างจากวิธีเดิม นอกจากนั้นงานวิจัยนี้

สามารถนำแม่พิมพ์กัมมี่เยลลี่ และองค์ความรู้ของงานวิจัยไปใช้กับการเรียนการสอน การสาธิตบทปฏิบัติการขั้นตอนและวิธีการทำกัมมี่เยลลี่แก่นักเรียนนักศึกษาหรือผู้ที่สนใจต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอขอบพระคุณ กองทุนพัฒนาการวิจัยและบริหารจัดการงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สำหรับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัย และคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงผ่านไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ณัฐชิต ชัยพิวงค์, ทวีวัฒน์ แดงนา, ธนภัทร ตราชื่นต้อง และ ธนากร ลักษณะแย้ม (2553). **เครื่องหยอดน้ำข้าวแต๋นต้นแบบ**. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาวิทยาเขตภาคพายัพ.

ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว. (2557). การสร้างเครื่องย่อยต้นสาคู. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์**. 6(1) : 94-102.

เวียง อากรชี, วิบูลย์ เทเพนทร์ และ ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์ (2551). **ออกแบบพัฒนาเครื่องบดแห้งทุเรียน**. รายงานการวิจัย วิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

วัชรินทร์ สิทธิเจริญ. (2547). **การศึกษางาน (work study)**. กรุงเทพมหานคร: โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. (2541). **การออกแบบเครื่องจักรกล**. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สำนักงานอาหาร. (2558). **พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 พร้อมกฎกระทรวงและประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับปรับปรุง ปี 2558)**. เข้าถึงได้จาก http://food.fda.moph.go.th/data/Admin/food_law.pdf. 19 กันยายน 2560.

สุวรรณา สุภิมารถ. (2543). **เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Garcia, T. (2000). Analysis of Gelatin-Based Confections. **The Manufacturing Confectioner**. 80(6) : 93-101.

H.L.M. Lelieveld., M.A. Mostert., J. Holah and B. White. (2003). **Hygiene in Food Processing**. United Kingdom : Woodhead Publishing.

Lees, R. and E.B. Jackson. (1973). **Sugar Confectionery and Chocolate Manufacture**. New York : Leonard Hill Books.

ชาสมุนไพรอินทรีย์
ORGANIC HERBAL TEA

ณัฐชยา จันทร์แก้ว รุ่งรัตน์ พันธุ์ สุธิตา ทองอยู่ โสรัจวรชุม อินเกต กุลชญา สิ่วหงวน และ ผกาวดี ภู่จันทร์*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชาภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : pakawadee@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและอัตราส่วนของหญ้าหวานที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางจุลินทรีย์ จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์ 4 สูตร การทดลอง ได้แก่ สูตรที่ 1 ชาว่านรางจืด สูตรที่ 2 ชาว่านรางจืดและใบเตยหอม สูตรที่ 3 ชาว่านรางจืดและมะตูม สูตรที่ 4 ชาว่านรางจืดและตะไคร้ พบว่า ชาสมุนไพร สูตรที่ 2 ชาว่านรางจืดและใบเตยหอม ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด($p\leq0.05$) จากนั้นทำการเติมหญ้าหวาน 6 ระดับ คือ 0.1 กรัม, 0.2 กรัม, 0.3 กรัม, 0.4 กรัม, 0.5 กรัม และ 0.6 กรัม ต่อ น้ำชาสมุนไพรอินทรีย์ 150 มิลลิลิตร ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 100 คน ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พิจารณาทางด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับ ผลิตภัณฑ์ชาว่านรางจืดและใบเตยหอม หญ้าหวาน 0.6 กรัม มากที่สุด($p\leq0.05$) จากนั้นทำการศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น พบว่า ผลิตภัณฑ์ชาว่านรางจืดและใบเตยหอม มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นเท่ากับ 3668.49 ไมโครโมลโทรล็อก(Trolox) และมีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำสำคัญ : ชา สมุนไพร ผลิตภัณฑ์

Abstract

The objectives of this study were to determine the types and ratios of stevia accepted by consumers and to study antioxidant activity, physical quality and microbial quality from developing four formulas of organic herbal tea namely 1. Blue Trumpet Vine tea, 2. Blue Trumpet Vine and Pandan tea, 3. Blue Trumpet Vine and Bagel tea and 4. Blue Trumpet Vine and Lemongrass tea. The results showed that the 2nd formula (Blue Trumpet Vine and Pandan tea) gained the highest preference score ($p\leq0.05$). Then 6 different levels of stevia content were added into tea, namely 0.1 g, 0.2 g, 0.3 g, 0.4 g, 0.5 g and0.6 g / 150 ml. of organic herbal tea. Consumer acceptance was studied by 100 tasters. Sensory evaluation was also conducted to consider appearance, color, flavor, taste and overall liking. The results indicated that the formula gained the highest acceptance was Blue Trumpet Vine and Pandan tea with addition of 0.6 g stevia ($p\leq0.05$). In addition, by studying antioxidant activity, the results showed that Blue Trumpet Vine and Pandan tea's antioxidant activity was 3668.49 Micromole Trolox and its microbial quality met community product standard.

Keyword : tea, herbal, product

บทนำ

ปัจจุบันกระแสการดูแลรักษาสุขภาพในทิศทางของการใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวันของคนมีแนวโน้มสูงขึ้น ความต้องการบริโภคสมุนไพรทั้งที่เป็นสมุนไพรสด และทั้งที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปัจจุบันการบริโภคอาหารที่ไม่ปลอดภัย อันเกิดจากการปนเปื้อนของสารเคมี และยาปราบศัตรูพืชจะส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อร่างกาย ทำให้เกิดการเจ็บป่วย หรือสะสมในร่างกายก่อให้เกิดโรคต่างๆ สมุนไพรพื้นบ้านที่ปลูกแบบธรรมชาติมีคุณสมบัติในการบำบัดอาการของโรค รักษาโรค และการป้องกันโรคต่างๆ เป็นการส่งเสริมให้ประชาชนมีการปลูกสมุนไพรในครัวเรือนเพื่อการ

บริโภคมีมากขึ้น แต่การนำสมุนไพรไปใช้ประโยชน์ยังมีจำกัด การแปรรูปสมุนไพรให้มีอายุการเก็บรักษาไว้ให้ได้นานมากขึ้น หรือการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารให้มีความหลากหลายมากขึ้นจึงมีความจำเป็น เพื่อเป็นการขยายตลาดและโอกาสในการจำหน่ายสมุนไพรในรูปแบบของผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม การใช้สมุนไพรพื้นบ้านที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นนำมาใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากสมุนไพรต่างๆ เช่น ชาสมุนไพร เนื่องจากสามารถทำได้ง่ายและต้นทุนต่ำ รางจืด (*Thunbergia laurifolia Lindl.*) เป็นว่านสมุนไพรชนิดหนึ่งที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย รางจืดมีสรรพคุณใช้เป็นยาลดไข้ ยาถอนพิษจากยาฆ่าแมลง แอลกอฮอล์และโลหะหนัก มีคุณสมบัติในการต้านการอักเสบ (Boonyarikpunchai et al., 2014) ต้านเบาหวาน (Aritajat et al. 2004) ต้านกิจกรรมของมะเร็ง (Jetawattanaet al., 2015) การกำจัดสารพิษตกค้าง (Chattaviriya et al., 2010; Palipoch et al., 2011) ช่วยป้องกันโรคเกี่ยวกับตับ (Wonkchalee et at., 2012) และโรคเกี่ยวกับระบบประสาท (Thongsaard and Marsden, 2013) นอกจากนี้รางจืดยังมีสรรพคุณ เช่น ถอนพิษยาเบื่อเมา รักษาอาการร้อนในกระหายน้ำ แก้อาการท้องร่วง อาการแพ้ ผื่นคัน เนื่องจากอาหารเป็นพิษ (กนกวรรณ และ คณะ, 2547) นอกจากรางจืดแล้ว สมุนไพรพื้นบ้านที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น ใบเตยหอม (*Pandanus amaryllifolius Roxb.*) ซึ่งมีสรรพคุณทางยา โดยใบเตยหอมทำให้ร่างกายสดชื่น ลดไข้ บรรเทาอาการอาหารไม่ย่อยและท้องอืด น้ำมันจากใบเตยสามารถใช้แก้อาการเกร็ง อาการปวดศีรษะ โรคไขข้อ โรคลมชัก และรักษาอาการเจ็บคอ (Nor et al., 2008) ตะไคร้ (*Cymbopogon citratus Stapf.*) สารเคมีในน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ ช่วยขับลม จึงลดอาการแน่นจุกเสียด และมี Menthol, Camphor และ Linalool ช่วยขับลม นอกจากนี้ตะไคร้ยัง มีสาร Borneol, Fenchone และ Cineole ช่วยในการขับน้ำดีออกมาย่อยอาหาร (สุชาดา, 2558) หญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana Bertoni M.*) เป็นพืชที่ให้รสหวานที่มาจากธรรมชาติ มีรสหวานปนขมเล็กน้อย ไม่ให้พลังงานและไขมัน ไม่เกิดการสะสมในร่างกายผู้บริโภค รวมทั้งไม่เกิดการดูดซึมในระบบการย่อย ทำให้มีผลดีต่อผู้บริโภคที่เป็นโรคเบาหวานประเภท 2 สามารถรับประทานได้โดยไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพ (สมบูรณ์, 2558) จากประโยชน์ของสมุนไพรดังกล่าว ผู้วิจัยจึงคิดนำสมุนไพรมาพัฒนาเป็นชาสมุนไพร เพื่อให้ได้ชาสมุนไพรที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วิธีการดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการทดลองการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์โดยการศึกษาอัตราส่วนของว่านรางจืดต่อใบเตยหอม ตะไคร้ มะตูม และหญ้าหวาน ค้นคว้าและทดลองให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค โดยกำหนดวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

1. การเตรียมสมุนไพรอินทรีย์

ทำการเตรียมสมุนไพรอินทรีย์ ได้แก่ ว่านรางจืด ใบเตยหอม ตะไคร้ มะตูม และหญ้าหวาน คัดเลือกสมุนไพรที่ปลูกโดยไม่ใช้สารเคมี นำสมุนไพรอินทรีย์ดังกล่าวมาล้างทำความสะอาด พักทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำเข้าตู้อบลมร้อนไฟฟ้า อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมง จนได้สมุนไพรที่แห้งสนิท และนำมาบดให้ละเอียด จะได้ผงสมุนไพรอินทรีย์ เก็บไว้ในถุงพลาสติกชนิดโพลิเอทิลิน (Polyethyene : PE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส

2. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์

ทำการคัดเลือกชาสมุนไพรอินทรีย์ ทั้งหมด 4 สูตรการทดลอง ดังนี้ สูตรที่ 1 ว่านรางจืด สูตรที่ 2 ว่านรางจืดและใบเตยหอม สูตรที่ 3 ว่านรางจืดและตะไคร้ สูตรที่ 4 ว่านรางจืดและมะตูม ในอัตราส่วน 1:1 จากนั้นทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบ 9-Hedonic Scale Test พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) (Chamber iv & wolf,1996) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์ที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

3. การศึกษาปริมาณหญ้าหวานที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์

ทำการผลิตชาสมุนไพรอินทรีย์ ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด (จากข้อ 2) โดยเติมความหวานด้วยหญ้าหวานในอัตราส่วนต่างๆ 6 ระดับ คือ 0.1 กรัม, 0.2 กรัม, 0.3 กรัม, 0.4 กรัม, 0.5 กรัม และ 0.6 กรัม ต่อ น้ำชาสมุนไพรอินทรีย์ 150 มิลลิลิตร จากนั้นทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบ 9- Hedonic Scale Test พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากค่า 1- 9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) (Chamber iv and wolf,1996) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพร ที่มีความหวานในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

3.1 การตรวจฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น

นำชาสมุนไพรที่ได้รับการยอมรับสูงสุด ทำการตรวจวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นโดยใช้วิธีDPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ตามวิธีการของ Perez et al. (2007)

3.2 คุณภาพทางกายภาพด้านค่าสี L* a* b*

การตรวจวัดค่าสีL* a* b* วัดค่าด้วยเครื่องวัดสี (Coclr reader CR-10, Japan) รายงานเป็นค่าความสว่าง L* ค่าความเป็นสีแดง-เขียว a* และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน b*

3.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ สมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป มผช. เลขที่1441/2556 ได้แก่

3.3.1 total viable count ต้องไม่เกิน 1 × 104 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

3.3.2 Salmonella ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

3.3.3 Staphylococcus aureus ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.3.4 Bacillus cereus ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.3.5 Clostridium perfringens ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.3.6 Coliform โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

3.3.7 Escherichia coli ต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

3.3.8 Yeast and mold ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized complete block design,(CED) สำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และวางแผนการทดสอบ Complete randomized design (CRN) สำหรับการวิเคราะห์การตรวจองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพทางกายภาพนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference test (LSD) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการทดลอง

1. ผลการเตรียมชาสมุนไพร

จากการเตรียมสมุนไพรอินทรีย์ ได้แก่ ว่านรางจืด ใบเตยหอม มะตูม ตะไคร้ นำสมุนไพร ดังกล่าวได้ผงสมุนไพรอินทรีย์ ดังนี้ ว่านรางจืดสด 1 กิโลกรัม ได้ผงว่านรางจืด 739 กรัม, ใบเตยหอมสด 1 กิโลกรัม ได้ผงใบเตยหอม 640 กรัม, ตะไคร้สด 1 กิโลกรัม ได้ผงตะไคร้ 438 กรัม, มะตูมแห้ง 1 กิโลกรัม ได้ผงมะตูม 368 กรัม, หญ้าหวานแห้ง 1กิโลกรัม ได้ผงหญ้าหวาน 500 กรัม เก็บไว้ในถุงพลาสติกชนิดโพลิเอทิลิน (Polyethyene : PE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

2. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์

จากการคัดเลือกชาสมุนไพรอินทรีย์ ทั้งหมด 4 สูตร ทดสอบความชอบของผู้บริโภคจำนวน 100 คนพิจารณาในเรื่องของลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม พบว่า ชาสมุนไพรอินทรีย์ สูตรที่ 2 (ชาว่านรางจืดและใบเตยหอม) ได้คะแนนความชอบทุกคุณลักษณะมากที่สุด อาจเป็นผลมาจากชาสมุนไพรอินทรีย์สูตรที่ 2 มีใบเตย

หอมเป็นส่วนผสมหลักคือ ใบเตยหอมมีกลิ่นหอม เนื่องจากมีสาร ACPY ซึ่งเป็นสารหลัก ทำให้กลิ่นหอม (น้องนุช, 2543) ทำให้ชาสมุนไพรอินทรีย์ว่านรางจืดและใบเตยหอม เป็นที่ยอมรับผู้บริโภคมากที่สุด (แสดงดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงคะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์

คุณลักษณะ	ตัวอย่างชาสมุนไพรอินทรีย์			
	สูตรที่ 1 ว่านรางจืด	สูตรที่ 2 ว่านรางจืดใบเตยหอม	สูตรที่ 3 ว่านรางจืดมะตูม	สูตรที่ 4 ว่านรางจืดตะไคร้
ลักษณะที่ปรากฏ	6.56±0.11^{c}	7.63±0.09^{a}	7.11±0.09^{b}	7.16±0.10^{b}
สี	6.42±0.11^{c}	7.44±0.11^{a}	6.95±0.10^{b}	6.96±0.10^{b}
กลิ่น	6.29±0.10^{c}	7.36±0.11^{a}	6.73±0.10^{b}	6.99±0.10^{b}
รสชาติ	6.13±0.11^{c}	7.49±0.12^{a}	6.81±0.12^{b}	7.03±0.11^{b}
ความชอบโดยรวม	6.13±0.11^{c}	7.88±0.11^{a}	7.14±0.11^{b}	7.49±0.11^{b}

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 100 ซ้ำ

**ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3. ผลการศึกษาปริมาณหญ้าหวานที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์และการยอมรับของผู้บริโภค

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุดจากข้อ 2 ชาว่านร่างจืดและใบเตย จากนั้นทำการเติมหญ้าหวานในอัตราส่วน คือ 0.1 กรัม, 0.2 กรัม, 0.3 กรัม, 0.4 กรัม, 0.5 กรัม และ 0.6 กรัม ต่อ น้ำชาสมุนไพรอินทรีย์ 150 มิลลิลิตร จำนวน 6 ตัวอย่าง จากนั้นทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบ 9-Hedonic Scale Test พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน พบว่า การเติมหญ้าหวานในอัตราส่วน 0.6 กรัม ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบมากที่สุด (แสดงดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์

คุณลักษณะ	ปริมาณของหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพร					
	สูตรที่ 1 0.1 g.	สูตรที่ 2 0.2 g.	สูตรที่ 3 0.3 g.	สูตรที่ 4 0.4 g.	สูตรที่ 5 0.5 g.	สูตรที่ 6 0.6 g.
ลักษณะที่ปรากฏ	6.34±0.11^{c}	6.49±0.11^{c}	6.38±0.11^{c}	6.27±0.11^{c}	6.89±0.12^{b}	7.88±0.10^{a}
สี	6.39±0.11^{c}	6.72±0.13^{cb}	6.48±0.11^{c}	6.42±0.11^{c}	7.01±0.11^{b}	7.77±0.12^{a}
กลิ่น	6.30±0.12^{c}	6.36±0.13^{cb}	6.39±0.12^{cb}	6.58±0.13^{cb}	6.71±0.12^{b}	7.80±0.12^{a}
รสชาติ	6.29±0.11^{c}	6.45±0.13^{c}	6.48±0.11^{c}	6.56±0.12^{c}	6.85±0.10^{b}	7.93±0.10^{a}
ความชอบโดยรวม	6.12±0.12^{c}	6.33±0.12^{cb}	6.37±0.13^{cb}	6.39±0.13^{cb}	6.65±0.12^{b}	8.64±0.06^{a}

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 100 ซ้ำ

**ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

3.1 ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น

จากการตรวจวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์ พบว่า ชาว่านรางจืดและใบเตยหอมมี ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเท่ากับ 3668.49 ไมโครโมล โทรล็อก(Trolox)

3.2 คุณภาพทางกายภาพค่าสี L* a* b*

จากการศึกษาคุณภาพทางด้าน ค่าสี L* a* b* พบว่า ผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์ทั้ง 4 ตัวอย่าง คือ สูตรที่ 1ชาว่านรางจืด สูตรที่ 2 ชาว่านรางจืดและใบเตยหอม สูตรที่ 3 ชาว่านรางจืดและมะตูม และสูตรที่ 4 ชาว่านรางจืด

และตะไคร้ ในอัตราส่วน 1:1 กรัม พบว่า ผลิตภัณฑ์ชาว่านรางจืดมีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง-เขียว a* และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน b* สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชาสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 (แสดงดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงผลค่าสี L* a* b*ของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์

ชนิดของสมุนไพร	ค่าความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง (a*)	ค่าสีเหลือง (b*)
ชารางจืด	62.21±0.06	18.16±0.05	24.93±0.06
ชารางจืดและใบเตย	50.46±0.09	11.49±0.04	20.56±0.04
ชารางจืดและมะตูม	47.70±0.07	8.06±0.02	22.53±0.02
ชารางจืดและตะไคร้	50.80±0.06	9.79±0.03	17.80±0.07

3.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์สมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป มผช.เลขที่ 1441/2556

จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรว่านรางจืดและใบเตยหอมมีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
(แสดงดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์สมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป มผช. เลขที่ 1441/2556

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ
total viable count	$1.1x10^2$ cfu/g.
Salmonella	Not Detected
Staphylococcus aureus	<10 est. cfu/g.
Bacillus cereus	<10 cfu/g.
Clostridium perfringens	<10 cfu/g.
Coliform	<2 MPN/g.
Escherichia coli	Not Detectd
Yeast and mold	<10 est. cfu/g.

อภิปรายผลการทดลอง

จากการคัดเลือกสูตรต้นแบบของผลิตภัณฑ์จำนวน 4 สูตรสูตรที่ 1 (ชาว่านรางจืด) สูตรที่ 2 (ชาว่านรางจืดและใบเตยหอม) สูตรที่ 3 (ชาว่านรางจืดและมะตูม) สูตรที่ 4 (ชาว่านรางจืดและตะไคร้) พบว่าชาสมุนไพรอินทรีย์สูตรที่ 2 (ชาว่านรางจืดและใบเตยหอม) มีผลการยอมรับทุกคุณลักษณะสูงสุด อาจเป็นผลมาจากชาสมุนไพรอินทรีย์สูตรที่ 2 (ชาว่านรางจืดและใบเตยหอม) มีใบเตยหอมเป็นส่วนผสม ใบเตยหอมให้กลิ่นหอม เนื่องจากมีสาร ACPY ซึ่งเป็นสารทำให้เกิดกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ (น้องนุช, 2543) จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์ โดยเติมความหวานด้วยหญ้าหวาน ลงในอัตราส่วนต่างๆ 6 ระดับ คือ 0.1 กรัม, 0.2 กรัม, 0.3 กรัม, 0.4 กรัม, 0.5 กรัม และ 0.6 กรัม ต่อ น้ำชาสมุนไพรอินทรีย์ 150 มิลลิลิตร ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์ในอัตราส่วน 0.6 กรัม มากที่สุด และจากการศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น พบว่า ชาว่านรางจืดและใบเตยหอมมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นสูง เท่ากับ 3668.49 ไมโครโมล โทรล็อก(Trolox) สอดคล้องกับ ธีรพงษ์ และเสาวภา (2555) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของว่านรางจืด จากการศึกษาพบว่าว่านรางจืดมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชั่นในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า รางจืดมีสรรพคุณใช้เป็นยาลดไข้ ยาถอนพิษจากยาฆ่าแมลง แอลกอฮอล์และโลหะหนัก มีคุณสมบัติในการต้านการอักเสบ (Boonyarikpunchai et al., 2014) ต้านเบาหวาน (Aritajat et al. 2004) ต้านกิจกรรมของมะเร็ง (Jetawattanaet al., 2015) การกำจัดสารพิษตกค้าง (Chattaviriya et al., 2010; Palipoch et al., 2011) ช่วยป้องกัน โรคเกี่ยวกับตับ (Wonkchalee et at., 2012) และโรคเกี่ยวกับระบบประสาท (Thongsaard and Marsden, 2013)

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์ โดยการเสริมใบเตยหอม มะตูม ตะไคร้ ในอัตรา 1:1 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ชาว่านรางจืดและใบเตย มากที่สุด จากนั้นทำการเติมหญ้าหวานในอัตราส่วนต่างๆ คือ 0.1 กรัม, 0.2 กรัม, 0.3 กรัม, 0.4 กรัม, 0.5 กรัม และ 0.6 กรัม ต่อ น้ำชาสมุนไพรอินทรีย์ 150 มิลลิลิตร ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับชาว่านรางจืดและใบเตยหอมที่เติมหญ้าหวาน 0.6 กรัม มากที่สุด จากการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น พบว่า ผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรอินทรีย์มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นเท่ากับ 3668.49 ไมโครโมล โทรล็อกซ์(trolox) และชาสมุนไพรมีคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์สมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป มผช. เลขที่ 1441/2556

กิตติกรรมประกาศ

การทดลองครั้งนี้ได้รับความกรุณาจาก หลักสูตรสาขาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ สุขมาก, นงนุช คุ้มทอง, สมยศ เหลืองศรีสกุล, อภันตรี โอชะกุล, และ เตือนใจ ทองสุข,(2547). **การศึกษาประสิทธิผลของสมุนไพรรางจืดในการป้องกันการสะสมของสารเคมีกำจัดแมลงในกระแสโลหิตของเกษตรกร ตำบลไผ่ท่าโพ อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร**, สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร,พิษณุโลก

ธีรวรรณ สุวรรณ์, (2560, มกราคม – เมษายน). การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ใบรางจืด,**วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, ปีที่ 22 (ฉบับที่ 1) : 190-191.

น้องนุช เจริญกูล, (2543, เมษายน – มิถุนายน). การผลิตเจลปรับอากาศโดยใช้สารหอมที่สกัดได้จากเตยหอม, **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ** , ปีที่ 25 (ฉบับที่ 2) : 188.

พิมลพรรณ อนันต์กิจไพศาล. (2559). **101 สุดยอดสมุนไพรต้านโรค ใช้เป็น สุขภาพดี.** ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: เกท ไอเดีย.

สมบูรณ์ แก้วปิ่นทอง. (2558). หญ้าหวาน : พืชเศรษฐกิจทางเลือก, **วารสารรามคำแหง**,ปีที่ 29 (ฉบับพิเศษ).

สุชาดา สมรัตน์. (2554). **การพัฒนาสารสกัดตะไคร้เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง**, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

A.O.A.C. (2016). **OfficialMathods of Analysis**. (17th ed.), Gaithersburg, Maryland:Association officialAnalytical Chemists. Washington D.C.

Aritajat, S., Wutteerapol, S., &Saenphet, K. (2004). Anti-diabetic effect of Thunbergia laurifolia Linn. Aqueous extract. **The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health**, 35, 53-58.

Boonyarikpunchai, W., Sukrong, S., &Towiwat, P. (2014). Antinociceptive and anti-inflammatory effects of rosmarinis acid isolated from Thunbergia laurifolia Lindl. **Pharmacology Biochemistry and Behavior**, 124, 67-73.

Chamber IV, E, and Wolf, M.B. (1996). **Sensory testing methods.** 2nd ed. Philadelphia: USA American Society for testing and Materials. USA

Chattaviriya, P., Morkmek, N., Lertprasertsuke, N.,&Ruangyuttikarn, W. (2010). Drinking Thunberfia laurifolia Lindl. leaf extracthelps prevent renal toxicity induced by cadmium in rats. **Thai Journal of Toxicology**, 25, 124-132.

Nor, F.M., Mohamed, S., Idiris, N.A. and Ismail, R. (2008). Antioxidative properties of Pandanus amaryllifolius leaf extracts in accelerated oxidation and deep frying studies. **Food Chemistry**, 110, 319–327.

Palipoch, S.,Jiraungkoorskul, W., Tansatit, T.,Preyavichyapugdee, N., Jaikua, W., &Kosai, P. (2011).

Effect of Thunbergialaurifolia(Linn) leaf extract dietary supplement against lead toxicity in Nile tilapia (Oreochromisniloticus). **World Journal of Fish and Marine Sciences**, 3, 1-9.

Perez M.B., Calderon N.L. & Croci C.A. (2007). Rediation-induced enhancement of antioxidant activity in Extracts of rosemary (Rosmarinus officinalis L.). **Food Chemistry.** 104: 585-542

Rocejanasaroj, A., Tencomnao, T., &Sangkitikomol, W. (2014). Thunbergia laurifolia extract minimizes the adverse effects oftoxicants by regulating P-glycoprotein activity, CYP450, and lipid metabolismgene expression in HepG2 cells. **Genetics and Molecular Research**, 13, 205-219.

Thongsaard, W., &Marsden, C. (2013). Effect of Thunbergia laurifolia extract on extracellular dopamine level in rat nucleus accumbens. **Journal of the Medical Association of Thailand**, 96, S85-9.

Wonkchalee, O., Boonmars, T., Aromdee, C., Laummaunwai, P.,Khunkitti, W., Vaeteewoottacharn, K., Sriraj, P., Aukkanimart, R., Loilome,W., Chamgramol, Y., Pairojkul, C., Wu, Z., Juasook, A., &Sudsarn, P. (2012). Antiinflammatory,antioxidant and hepatoprotective effects of Thunbergia laurifolia Linn. on experimental opisthorchiasis. **Parasitology Research**, 111, 353-359.

สมบัติเชิงหน้าที่ของผงมิวซิเลจจากเมล็ดแมงลักและการใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมวานิลา
FUNCTIONAL PROPERTIES OF BASIL SEED (*OCIMUM CANUM* SIMS) MUCILAGE POWDER AND UTILIZATION AS A STABILIZER IN VANILLA ICE CREAM

ประเสริฐ จริยะเลอพงษ์ และ ธัชชพร ไชยเจริญ*
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ภูเก็ต
*corresponding author e-mail : tatcha.c@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการสกัดมิวซิเลจจากเมล็ดแมงลัก สมบัติเชิงหน้าที่ และการใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมวานิลลา โดยศึกษาอัตราส่วนเมล็ดแมงลักต่อน้ำในการสกัดที่ 3 ระดับ คือ 1:10 1:20 และ 1:30 ที่อุณหภูมิ 45 และ 60°C พบว่า การสกัดด้วยอัตราส่วน 1:30 อุณหภูมิ 60°C ให้ปริมาณผลผลิตมิวซิเลจสูงสุด ร้อยละ 15.25 มีปริมาณเส้นใยสูงถึงร้อยละ 82.08 สมบัติเชิงหน้าที่พบว่ามีค่าความสว่าง (L*) ต่ำกว่ากัวร์กัม ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ 71.03 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ค่าการดูดซับน้ำมัน 4.35 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ซึ่งมากกว่ากัวร์กัม และเมื่อใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมวานิลลา พบว่า เมื่อปริมาณของมิวซิเลจผงเพิ่มขึ้นไอศกรีมจะมีความหนืดสูงขึ้น อัตราการขึ้นฟู (%overrun) และการละลายลดลง และมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ด้านประสาทสัมผัส พบว่า มิวซิเลจมีผลให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสดีขึ้น มีคะแนนความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณมิวซิเลจผงที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 0.15

คำสำคัญ : มิวซิเลจ เมล็ดแมงลัก สารให้ความคงตัว ไอศกรีม

Abstract

The objective of this research was to study the extraction conditions of mucilage from hairy basil seeds, functional properties and utilization as a stabilizer in vanilla ice cream. Study of extraction conditions were comprised of 2 factor ; the 3 ratio of hairy basil seeds : water (1:10, 1:20 and 1:30) and 2 extraction temperature (45°C and 60°C). The optimum condition obtained from this study was hairy basil seeds : water ratio of 1:30 at 60°C extraction temperature. This condition provided the highest mucilage yield, 15.25% of dry weight, with 82.08% of crude fiber. The mucilage powder had lower lightness value (L*) than guar gum. Water holding capacity (71.03 g water/g dry sample) and oil absorption (4.35 g oil/g dry sample) of mucilage powder were higher than guar gum. The findings of mucilage, used as a stabilizer in vanilla ice cream, are that increasing in mucilage power amount resulted in increasing of viscosity and fiber content, but decreasing in %overrun and melting time of ice cream. The sensory evaluation indicated that mucilage favored in better feature of all aspects of ice cream and increased overall liking score. The appropriate content of mucilage powder was 0.15 %.

keywords : mucilage, hairy basil seeds (*Ocimum canum* Sims), stabilizer, ice cream

บทนำ

แมงลัก (*Ocimum canum* Sims) อยู่ในวงศ์ Lamiaceae เป็นพืชที่ขึ้นในเขตร้อน และปลูกทั่วไปในประเทศไทย ใบของแมงลักใช้ในการปรุงอาหารเพื่อเพิ่มกลิ่นรส เมล็ดแมงลักสามารถพองตัวในน้ำได้ถึง 45 เท่า นิยมใส่ในขนมหวาน และเป็นแหล่งของใยอาหารซึ่งสามารถก่อตัวเป็นเจล เมื่อรับประทานเข้าไปจะทำให้เพิ่มความหนืดของในทางเดินอาหาร ทำให้อัตราการย่อย การดูดซึม และ การส่งผ่านในทางเดินอาหารช้าลง เพิ่มปริมาณอุจจาระ และเพิ่มอัตราการส่งผ่านในลำไส้ใหญ่ โดยปกติเมล็ดแมงลักที่พองน้ำแล้วสามารถใช้เป็นอาหารสำหรับคนป่วยเป็นโรคเบาหวานหรือผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก ซึ่ง

คุณสมบัติดังกล่าวเกิดจากสารเมือกหรือมิวซิเลจ ซึ่งเป็นสารในกลุ่มใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ (soluble dietary fiber) จัดเป็นสารประเภทเดียวกับกัม (gum) ซึ่งมีการนำมาใช้ประโยชน์โดยใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืดและทำให้อิมัลชันคงตัวได้ดี ปัจจุบันใยอาหารเข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากมีความสำคัญต่อสุขภาพในการป้องกันและบรรเทาอาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ควบคุมน้ำตาลกลูโคสและโคเลสเตอรอลในเลือด รวมทั้งมีค่าพลังงานต่ำ (Agnieszka and Monika, 2005) และมีการแสดงสมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความหนืด การให้เนื้อสัมผัส และความสามารถในการดูดซับน้ำมัน ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และการเกิดเจล (Medina-Torres *et al*., 2000; Garcia *et al*., 2002) ทั้งนี้สภาวะในการสกัดมิวซิเลจมีผลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้และคุณสมบัติของมิวซิเลจ โดย Saenz และคณะ (2004) รายงานว่า ตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดมิวซิเลจ คือ การสกัดด้วยน้ำ และทำให้บริสุทธิ์ด้วยการตกตะกอนด้วยเอทานอล ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดมิวซิเลจจากเมล็ดแมงลักที่จะให้ปริมาณมิวซิเลจสูง รวมถึงใช้ประโยชน์มิวซิเลจจากเมล็ดแมงลักเพื่อเพิ่มคุณลักษณะที่ดีและเพิ่มเส้นใยอาหารให้แก่ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าแก่แมงลักอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสกัดมิวซิเลจจากเมล็ดแมงลัก

นำเมล็ดแมงลักมาสกัดมิวซิเลจด้วยน้ำในอัตราส่วนเมล็ดแมงลักต่อน้ำ 1:10 1:20 และ 1:30 ที่อุณหภูมิ 45 และ 60°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เลือกสภาวะที่ได้ร้อยละของผลผลิต (% yield) มิวซิเลจที่มากที่สุด แล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ร่อนผ่านตะแกรง

2. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของมิวซิเลจผง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมิวซิเลจผง ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยดิบ ตามวิธีการของ AOAC (2005) และวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ของมิวซิเลจผงเปรียบเทียบกับกัวร์กัมโดยวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ Hunter Lab ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) (Raghavendra *et al*., 2004) ค่าการดูดซับน้ำมัน (oil absorption) (Raghavendra *et al*., 2007) และ ความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsion capacity) (Obatolu *et al*., 2006)

3. ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของมิวซิเลจผงในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมวานิลลา

ผลิตไอศกรีมวานิลลาตามวิธีของ รติพร ปิตุลยา (2548) โดยใช้มิวซิเลจผงจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวแทนกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ ดังนี้ ร้อยละ 0 (ใช้กัวร์กัม ร้อยละ 0.10) 0.05 0.10 และ 0.15 ของส่วนผสมทั้งหมด วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ความหนืดของไอศกรีมด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) วิเคราะห์อัตราการขึ้นฟู (%overrun) (วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ, 2531) และระยะเวลาการละลาย (Geilman and Schmidt, 1992) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยหยาบ (AOAC, 2005) และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ยกเว้นการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบบลอคสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลการวิจัย

1. การสกัดมิวซิเลจจากเมล็ดแมงลัก

ผลการสกัดมิวซิเลจจากเมล็ดแมงลักที่อัตราส่วนน้ำและอุณหภูมิที่แตกต่างกันแสดงดังตารางที่ 1 พบว่า การใช้สภาวะการสกัดที่อัตราส่วนเมล็ดแมงลักต่อน้ำ 1 : 30 อุณหภูมิ 60°C ให้ปริมาณมิวซิเลจสูงที่สุด คือ ร้อยละ 15.25 ของน้ำหนักแห้ง โดยมีค่าแตกต่างจากการสกัดที่สภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มิวซิเลจผงที่ได้มีสีขาวนวล เป็นเกล็ดแผ่นบาง ๆ ฟุ้งกระจายง่าย ดูดความชื้นได้เร็ว คัดเลือกมิวซิเลจผงจากสภาวะที่ให้ร้อยละผลผลิตสูงสุดไปทำการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 1 ร้อยละของผลผลิต (% yield) มิวซิเลจที่สภาวะการสกัดที่แตกต่างกัน

อัตราส่วนเมล็ดแมงลัก : น้ำ	อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	% yield (น้ำหนักแห้ง)
1 : 10	45	12.81 ± 0.03^{c}
	60	12.75 ± 0.02^{c}
1 : 20	45	12.92 ± 0.01^{c}
	60	13.31 ± 0.01^{c}
1 : 30	45	14.47 ± 0.05^{b}
	60	15.25 ± 0.02^{a}

a, b, c ที่กำกับตัวเลขในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของมิวซิเลจผง

องค์ประกอบทางเคมีของมิวซิเลจผง แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า มิวซิเลจผงมีค่าความชื้นค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 11.25 แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ความชื้นของอาหารแห้ง คือ ต่ำกว่าร้อยละ 15 และค่อนข้างดูดความชื้นได้เร็ว ทั้งนี้อาจเนื่องมากจากมิวซิเลจมีคุณสมบัติในการพองตัวในน้ำได้ดี และพบว่ามิวซิเลจผงที่ได้มีปริมาณเส้นใยหยาบสูงถึงร้อยละ 82.08 ทั้งนี้สามารถใช้มิวซิเลจผงเป็นแหล่งเสริมเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารได้ ซึ่งเส้นใยอาหารมีประโยชน์ต่อการทำงานของระบบขับถ่าย องค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีปริมาณร้อยละ 0.61, 1.28, 5.26 และ 0.59 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของมิวซิเลจผงที่สกัดจากเมล็ดแมงลัก

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (%)
ความชื้น	11.25 ± 0.25
โปรตีน	0.61 ± 0.02
ไขมัน	1.28 ± 0.13
เถ้า	5.26 ± 0.05
คาร์โบไฮเดรต*	0.59 ± 0.02
เส้นใยหยาบ	82.08 ± 0.22

* ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากการคำนวณ

สมบัติเชิงหน้าที่ของมิวซิเลจผง แสดงผลดังตารางที่ 3 พบว่า มิวซิเลจผงมีค่าความสว่างน้อยกว่ากัวร์กัม ทั้งนี้เนื่องจากในการสกัดมิวซิเลจมีเศษของเปลือกหุ้มเมล็ดแมงลักติดมาด้วยบางส่วนทำให้มิวซิเลจมีสีเข้มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยนุสร์ น้อยด้วง และ วชิรพันธ์ จันทร์พงษ์ (2548) อีกทั้งมิวซิเลจมีความสามารถในการอุ้มน้ำและค่าการดูดซับน้ำมันสูงกว่ากัวร์กัม แต่มีความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชันน้อยกว่ากัวร์กัมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 สมบัติเชิงหน้าที่ของมิวซิเลจผง

ตัวอย่าง	ค่าสี			water holding capacity	Oil absorption	Emulsion capacity
	L*	a*	b*	(g water / g dry sample)	(g oil / g dry sample)	(%)
มิวซิเลจผง	79.77 ± 0.05	-1.03 ± 0.03	12.08 ± 0.03	71.03 ± 0.22	4.35 ± 0.15 [a]	50.10 ± 0.22 [b]
กัวร์กัม	85.15 ± 0.03	-0.77 ± 0.02	12.72 ± 0.03	-	0.66 ± 0.24 [b]	58.72 ± 0.37 [a]

a, b...ที่กำกับตัวเลขในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

L* คือ ค่าความสว่าง (100 = light, 0 = dark), a* คือ ค่าสีแดง (+ ค่าสีแดง, - ค่าสีเขียว), b* คือ ค่าสีเหลือง (+ ค่าสีเหลือง, - ค่าสีน้ำเงิน)

3. ผลศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของมิวซิเลจผงในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมวานิลลา

การผลิตไอศกรีมวานิลลาโดยใช้มิวซิเลจผงเป็นสารให้ความคงตัวแทนกัวร์กัมในปริมาณร้อยละ 0 0.05 0.10 และ 0.15 แสดงผลค่าความหนืดและอัตราการขึ้นฟู (%overrun) ดังตารางที่ 4 พบว่า อัตราการขึ้นฟูในแต่ละชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้มิวซิเลจมีผลให้อัตราการขึ้นฟู (%overrun) ลดลง เนื่องจากมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งความหนืดจะต้านการจับอากาศในขณะปั่นไอศกรีม และทำให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมเหนียวขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมิวซิเลจมีความสามารถในการอุ้มน้ำและดูดซับน้ำมันดีกว่ากัวร์กัม (ตารางที่ 3) ในด้านระยะเวลาการละลาย พบว่า การใช้มิวซิเลจผงมีผลให้ไอศกรีมละลายช้าลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้กัวร์กัม ทั้งนี้เมื่อปริมาณมิวซิเลจเพิ่มขึ้นอัตราการละลายของไอศกรีมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้มิวซิเลจผง ร้อยละ 0.15 มีอัตราการการละลายต่ำที่สุด นั่นคือใช้เวลา 15.63 นาที ในการละลายไอศกรีม 10 กรัมจนหมด ในขณะที่การใช้กัวร์กัมใช้เวลา 11.47 นาที ทั้งนี้อัตราการละลายมีความสัมพันธ์กับความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม หากมีความหนืดสูงจะส่งผลให้อัตราการละลายช้าลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ พวงชมพู หงษ์ชัย และ วรรณวิสา บุญชู (2558) เนื่องจากโมเลกุลของน้ำถูกตรึงไว้ภายในโครงสร้างตาข่ายในสภาพที่แน่นหนากว่า ดังนั้นน้ำจึงละลายออกมาได้ยากกว่า

ตารางที่ 4 สมบัติทางกายภาพ (ความหนืด อัตราการขึ้นฟู (%overrun) และ ระยะเวลาการละลาย) ของไอศกรีมวานิลลาที่ใช้มิวซิเลจผงจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในปริมาณแตกต่างกัน

ปริมาณมิวซิเลจผงในสูตรไอศกรีมวานิลลา (ร้อยละ)	ความหนืด (cP)	อัตราการขึ้นฟู (%overrun) (%)	เวลาในการละลายจนหมด (นาที)
0*	620 ± 0.12 [d]	30.45 ± 0.07 [d]	11.47 ± 0.22 [d]
0.05	960 ± 0.07 [c]	26.60 ± 0.28 [c]	12.24 ± 0.05 [c]
0.10	1,075 ± 0.10 [b]	25.50 ± 0.32 [b]	14.02 ± 0.37 [b]
0.15	1,225 ± 0.03 [a]	24.47 ± 0.33 [a]	15.63 ± 0.08 [a]

a, b, c...ที่กำกับตัวเลขในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

* ใช้กัวร์กัมเป็นสารให้ความคงตัว ร้อยละ 0.10

องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมวานิลลาที่ใช้มิวซิเลจผงจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวแทนกัวร์กัม แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเส้นใยหยาบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้พบว่า การใช้มิวซิเลจเป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมวานิลลามีผลให้มีค่าเส้นใยหยาบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรควบคุมที่ใช้กัวร์กัมเป็นสารให้ความคงตัว เนื่องจากมิวซิเลจผงจากเมล็ดแมงลักมีปริมาณของเส้นใยหยาบสูงถึงร้อยละ 82.08 จึงส่งผลให้ไอศกรีมมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมวานิลลาที่ใช้มิวซิเลจผงจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวเปรียบเทียบกับไอศกรีมวานิลลาที่ใช้กัวร์กัมเป็นสารให้ความคงตัว

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณมิวซิเลจผง (%)			
(%)	0*	0.05	0.10	0.15
ความชื้น	73.16 ± 0.53 ^{ns}	73.62 ± 0.52	72.17 ± 0.44	71.93 ± 0.48
โปรตีน	2.64 ± 0.01 ^{ns}	2.72 ± 0.59	2.76 ± 0.19	2.83 ± 0.04
ไขมัน	4.98 ± 0.10 ^{ns}	4.76 ± 0.08	4.88 ± 0.03	4.94 ± 0.02
เถ้า	0.70 ± 0.06 ^{ns}	0.69 ± 0.04	0.70 ± 0.03	0.73 ± 0.06
คาร์โบไฮเดรต**	18.52 ± 0.02 ^{a}	17.67 ± 0.03 ^{b}	18.21 ± 0.11 ^{a}	16.65 ± 0.07 ^{c}
เส้นใยหยาบ	nd	0.54 ± 0.03 ^{c}	1.28 ± 0.27 ^{b}	2.92 ± 0.06 ^{a}

a, b, c...ที่กำกับตัวเลขในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ใช้กัวร์กัมเป็นสารให้ความคงตัว ร้อยละ 0.10

* ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากการคำนวณ

nd = not detected

การประเมินคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมวานิลลาด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และ รสชาติ ของไอศกรีมทุกชุดการทดลองมีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงผลดังตารางที่ 6 ในขณะที่คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส การละลายในปาก ความหนืด และความชอบโดยรวม พบว่าไอศกรีมที่ใช้มิวซิเลจผงจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวที่ร้อยละ 0.15 มีคะแนนสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้านความหนืดและสมบัติการละลาย เนื่องจากสูตรที่ใช้มิวซิเลจร้อยละ 0.15 มีความหนืดสูงแต่มีอัตราการละลายช้ากว่าสูตรอื่นๆ และมีค่าอัตราการขึ้นฟู (%overrun) ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นจึงส่งผลทำให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมเหนียวนุ่มเนียนกว่าไอศกรีมชุดการทดลองอื่น

ตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมวานิลลาที่ใช้มิวซิเลจผงจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวเปรียบเทียบกับกัวร์กัม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale

คุณลักษณะ	ปริมาณมิวซิเลจผง (%)			
	0*	0.05	0.10	0.15
สี	7.33 ± 0.57 ^{ns}	7.60 ± 0.10	7.67 ± 0.15	7.07 ± 0.23
กลิ่น	7.27 ± 0.25 ^{ns}	7.47 ± 0.25	7.53 ± 0.25	7.77 ± 0.31
รสชาติ	7.30 ± 0.20 ^{ns}	7.50 ± 0.17	7.50 ± 0.46	7.60 ± 0.46
เนื้อสัมผัส	7.07 ± 0.23 ^{b}	7.20 ± 0.46 ^{b}	7.60 ± 0.46 ^{b}	8.10 ± 0.10 ^{a}
การละลายในปาก	6.67 ± 0.25 ^{b}	6.47 ± 0.15 ^{b}	7.40 ± 0.20 ^{a}	7.66 ± 0.15 ^{a}
ความหนืด	6.40 ± 0.26 ^{b}	6.40 ± 0.20 ^{b}	7.33 ± 0.15 ^{a}	7.77 ± 0.15 ^{a}
ความชอบโดยรวม	6.87 ± 0.13 ^{b}	7.10 ± 0.20 ^{b}	7.77 ± 0.05 ^{ab}	8.00 ± 0.20 ^{a}

a, b...ที่กำกับตัวเลขในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ใช้กัวร์กัมเป็นสารให้ความคงตัว ร้อยละ 0.10

อภิปรายผล

การสกัดมิวซิเลจจากเมล็ดแมงลักสภาวะที่ได้ปริมาณมิวซิเลจสูงที่สุดคือ อัตราส่วนเมล็ดแมงลักต่อน้ำ 1 : 30 อุณหภูมิ 60^{O}C ได้ปริมาณมิวซิเลจร้อยละ 15.25 ของน้ำหนักเมล็ดแห้ง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของ ศศิธร เรืองจักรเพ็ชร และ ปราณี อ่านเปรื่อง (2545) ซึ่งผลิตมิวซิเลจผงจากเมล็ดแมงลักได้ผลผลิตร้อยละ 16.04 ของน้ำหนักเมล็ดแห้ง มีปริมาณเส้นใยดิบสูงถึงร้อยละ 82.08 ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ ศศิธร เรืองจักรเพ็ชร และ ปราณี อ่านเปรื่อง (2545) และ ปิยนุสร์ น้อยด้วง และ วชิรพันธ์ จันทร์พงษ์ (2548) ทั้งนี้ทำให้สามารถใช้มิวซิเลจจากเมล็ดแมงลักเป็นแหล่งของใยอาหารในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและอาหารอื่นๆได้ ในด้านสมบัติเชิงหน้าที่ของมิวซิเลจผง พบว่า มีค่าความสว่างน้อยกว่ากัวร์กัม เนื่องจากมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน รวมทั้งในการสกัดมิวซิเลจมีเศษของเปลือกหุ้มเมล็ดแมงลักติดมาด้วยทำให้ มิวซิเลจมีสีเข้ม กัวร์กัมไม่สามารถวัดความสามารถในการอุ้มน้ำได้ เนื่องจากกัวร์กัมสามารถละลายน้ำได้ดี (true solution)

การใช้มิวซิเลจผงเป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมวานิลลาทำให้ส่วนผสมไอศกรีมมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าอัตราการขึ้นฟู หรือ %overrun มีค่าลดลง เนื่องจากความหนืดทำให้การจับอากาศในขณะปั่นไอศกรีมมีค่าลดลง แต่มีผลดีคือทำให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมเหนียวนุ่มและมีอัตราการละลายช้ากว่าการใช้กัวร์กัม อีกทั้งยังทำให้ปริมาณเส้นใยในไอศกรีมมีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลดีต่อระบบขับถ่ายของผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย

มิวซิเลจผงสกัดจากเมล็ดแมงลักมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ มีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมัน และสามารถทำให้เกิดอิมัลชั่นได้ เมื่อใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมทำให้เนื้อไอศกรีมมีความเหนียวนุ่มเพิ่มขึ้น แต่มีอัตราการขึ้นฟู (% overrun) และการละลายลดลง ดังนั้นมิวซิเลจจากเมล็ดแมงลักจึงสามารถใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้เช่นเดียวกับกัวร์กัมแต่มีราคาถูกกว่า และให้ปริมาณเส้นใยสูงกว่า จึงเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแก่ไอศกรีมได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

เอกสารอ้างอิง

ปิยนุสร์ น้อยด้วง และ วชิรพันธ์ จันทร์พงษ์. (2548). การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอม.**วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม**. 2(1).

พวงชมพู หงษ์ชัย และ วรรณวิสา บุญชู. (2558). ผลของสารให้ความคงตัวต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 46(3) (พิเศษ) : 405-408.

รติพร ปิตุลยา. (2548). **ไอศกรีมและเบเกอรี่**. กรุงเทพมหานคร: บ้านหนังสือ.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. (2531). **นมและผลิตภัณฑ์นม**. กรุงเทพมหานคร: โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์.

ศศิธร เรืองจักรเพ็ชร และ ปราณี อ่านเปรื่อง. (2545). การผลิตผงเมือกเมล็ดแมงลัก. **วารสารอาหาร**. 32(2) : 223-232.

Agnieszka, N. and Monika, K. (2005). Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. **Food Chemistry**. 91 : 221-225.

AOAC. (2005). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. Maryland: AOAC International.

Garcia, M. L., Dominguez, R., Galvez, M. D., Casas, C. and Selgas, M. D. (2002). Utilization of cereal and fruit fibers in low fat dry fermented sausages. **Meat Science**. 60 : 227-236.

Geilman, W. G. and Schmidt, D. E. (1992). Physical characteristics of frozen desserts made from ultrafiltered milk and various carbohydrates. **Journal of Dairy Science**. 75 : 2670-2675.

Medina-Torres, L., Fuente, E. B., Torrestiana-Sanchez, B. and Katthain, R. (2000). Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus indica*). **Food Hydrocolloids**. 14 : 417-424.

Obatolu, V. A., Fasoyiro, S. B. and Ogunsunmi, L. (2007). Processing and functional properties of yam beans (*Sphenostylis Stenocarpa*). **Journal of Food Processing and Preservation**. 31 : 240-249.

Raghavendra, S. N., Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S. and Tharanathan, R. N. (2004). Dietary fiber from coconut residue: effects of different treatments and particle size on the hydration properties. **European Food Research and Technology**. 218 : 563-567.

Raghavendra, S. N., Ramachandra, S. S. R., Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Sourav, K. And Tharanathan, R. N. (2007). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. **Journal of Food Engineering**. 72 : 281-286.

Saenz, C., Sepulveda, E. and Matsuhiro, B. (2004). *Opuntia spp* mucilage' s: functional component with industrial perspectives. **Journal of Arid Environments**. 57 : 275-290.

ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อคุณภาพของหมั่นโถว
EFFECT OF PARTIAL SUBSTITUTION OF WHEAT FLOUR WITH RICEBERRY FLOUR ON QUALITY OF MANTOU

สุพัตรา หวามาก วนิดา ช่วยเรือง และ ธัชชพร ไชยเจริญ*
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ภูเก็ต
*corresponding author e-mail : tatcha.c@gmail.com

บทคัดย่อ

ข้าวไรซ์เบอรี่เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับการพัฒนาให้มีคุณสมบัติเด่นทางด้านโภชนาการ คือ มีสารต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งเป็นแหล่งของเหล็ก แคลเซียม และวิตามินอี เมื่อนำมาใช้ทดแทนในการผลิตหมั่นโถวซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการน้อย โดยแปรปริมาณในการทดแทนที่ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 5 10 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง พบว่าหมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 15 ได้รับคะแนนประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุก ๆด้านสูงที่สุด ในด้านคุณภาพของหมั่นโถว พบว่า หมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 15 มีปริมาณเถ้าและเส้นใยสูงกว่าชุดควบคุม แต่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าชุดควบคุม ในด้านการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า หมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 15 มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 0.25 mg trolox equivalent/g เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH ซึ่งมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมที่มีค่า 0.026 mg trolox equivalent/g

คำสำคัญ : ข้าวไรซ์เบอรี่ หมั่นโถว การต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

Riceberry, a rice cultivar, developed for outstanding nutritional features, contains an antioxidant, sources of iron, calcium and vitamin E. Using riceberry flour to partially substitute wheat flour in ManTou, low nutritional value, was conducted. Wheat flour was replaced with riceberry flour in the following ratio ; 0% (control), 5%, 10%, 15% and 20% (by total weight of flour). The result showed that ManTou, produced with 15% of riceberry flour, provided the highest sensory evaluation score. In term of quality product, it found that Mantou made with 15% riceberry flour had greater ash and crude fiber contents than control, but lower protein, fat and carbohydrate contents than control. The DPPH radical scavenging activity of 15% riceberry flour Mantou (0.25 mg trolox equivalent/g) was higher than control (0.026 mg trolox equivalent/g).

Keywords : riceberry Mantou antioxidant

บทนำ

หมั่นโถว เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งสาลีปั้นเป็นก้อนกลมแล้วนำไปนึ่ง ลักษณะคล้ายแป้งซาลาเปาที่ไม่มีไส้ นิยมรับประทานกับขาหมู หรือรับประทานเป็นอาหารเช้ากับชากาแฟ และนิยมรับประทานในเทศกาลถือศีลกินเจ ด้วยส่วนประกอบในการทำหมั่นโถวมีเฉพาะแป้งสาลี เป็นเหตุให้หมั่นโถวมีคุณค่าทางโภชนาการน้อย ในปัจจุบันมีการพัฒนาสูตรหมั่นโถวด้วยการเสริมมันเทศหรือฟักทองลงไปเพื่อเพิ่มสี กลิ่น และรสชาติของหมั่นโถวให้มีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้น ข้าวไรซ์เบอรี่ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ข้าวไรซ์เบอรี่ (Riceberry) เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับการพัฒนาโดยการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวขาวดอกมะลิ 105 คุณสมบัติเด่นทางด้านโภชนาการของข้าวไรซ์เบอรี่ คือมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง (ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว, 2557) ทั้งยังเป็นแหล่งของแคลเซียม เหล็ก และวิตามินอี ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการ

นำข้าวไรซ์เบอรี่มาเป็นส่วนผสมของหมั่นโถวทดแทนแป้งสาลีบางส่วน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์หมั่นโถวโดยการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่ใช้ในการผลิตหมั่นโถว

เตรียมหมั่นโถว โดยผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง นำมาประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale และคัดเลือกชุดการทดลองที่ได้รับคะแนนประเมินที่ดีที่สุดใช้ในการทดลองในขั้นต่อไป

2. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของหมั่นโถวชุดการทดลองที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 1 กับชุดควบคุม โดยวิเคราะห์ค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และ เส้นใยดิบ (AOAC, 2005)

3. วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

เปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของหมั่นโถวชุดการทดลองที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 1 กับชุดควบคุม ด้วยวิธี DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity assay) (López-Mejía *et al*., 2014)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ยกเว้นการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบบลอคสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่ใช้ในการผลิตหมั่นโถว

ผลการประเมินคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส แสดงผลดังตารางที่ 1 พบว่า หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 15 ได้รับคะแนนการยอมรับในทุกๆด้านสูงที่สุด และแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงคัดเลือกชุดการทดลองนี้ใช้ในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของหมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ปริมาณร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง ด้วยวิธี 9-point hedonic scale

คุณลักษณะ	ปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วน (%)				
	0	5	10	15	20
ลักษณะปรากฏ	6.09 ± 1.24 ^{c}	6.67 ± 0.70 ^{b}	7.29 ± 0.67 ^{a}	7.49 ± 1.25 ^{a}	6.47 ± 1.30 ^{bc}
สี	6.22 ± 1.09 ^{c}	6.95 ± 0.83 ^{b}	7.18 ± 0.83 ^{ab}	7.60 ± 1.39 ^{a}	6.44 ± 1.53 ^{c}
เนื้อสัมผัส	6.29 ± 0.81 ^{c}	6.72 ± 0.89 ^{bc}	6.92 ± 0.97 ^{b}	7.55 ± 1.32 ^{a}	6.93 ± 1.32 ^{b}
กลิ่นรส	6.20 ± 0.89 ^{c}	6.58 ± 1.03 ^{bc}	6.93 ± 0.99 ^{ab}	7.31 ± 1.29 ^{a}	6.18 ± 1.50 ^{c}
รสชาติ	6.36 ± 0.93 ^{c}	6.91 ± 0.90 ^{b}	6.98 ± 0.76 ^{b}	7.49 ± 1.38 ^{a}	6.09 ± 1.54 ^{c}
ความชอบโดยรวม	6.44 ± 0.40 ^{c}	6.80 ± 0.90 ^{c}	7.02 ± 0.83 ^{b}	7.67 ± 1.22 ^{a}	6.40 ± 1.32 ^{c}

a, b, c...ที่กำกับตัวเลขในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหมั่นโถว

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 15 เปรียบเทียบกับชุดควบคุม แสดงผลดังตารางที่ 2 พบว่า หมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 15 มีปริมาณเถ้าและเส้นใยสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ แต่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าชุดควบคุม

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของหมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 15 เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วน (%)	
(%)	0	15
ความชื้น	67.40 ± 0.03 ^{ns}	67.17 ± 0.24
โปรตีน	0.72 ± 0.05 ^{a}	0.48 ± 0.11 ^{b}
ไขมัน	2.53 ± 1.02 ^{a}	1.70 ± 0.08 ^{b}
เถ้า	0.34 ± 0.06 ^{b}	2.87 ± 0.14 ^{a}
คาร์โบไฮเดรต*	28.75 ± 0.02 ^{a}	25.28 ± 0.01 ^{b}
เส้นใยหยาบ	0.26 ± 1.35 ^{b}	2.50 ± 0.03 ^{a}

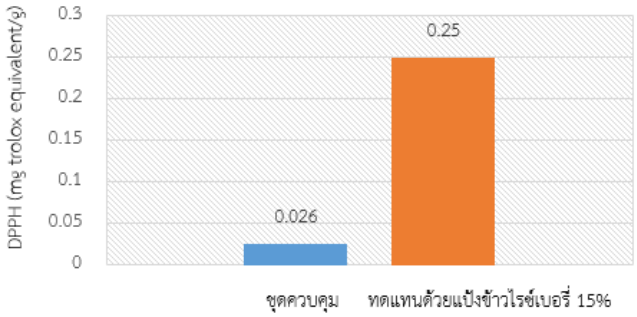
a,b...ที่กำกับตัวเลขในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากการคำนวณ

3. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของหมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 15 เปรียบเทียบกับชุดควบคุม แสดงผลดังภาพที่ 1 พบว่า หมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 15 มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 0.25 mg trolox equivalent/g ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมที่มีค่า 0.026 mg trolox equivalent/g



ภาพที่ 1 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของหมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ร้อยละ 15 เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

อภิปรายผล

การใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการผลิตหมั่นโถว พบว่า หมั่นโถวที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่จะมีสีม่วงเข้มขึ้นตามปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่เพิ่มขึ้น และการทดแทนที่ปริมาณร้อยละ 15 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยมีปริมาณเถ้าและเส้นใยสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า ทั้งนี้

เนื่องจากแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีปริมาณเถ้าและเส้นใยสูงกว่าแป้งสาลี ในขณะเดียวกันก็มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า แป้งสาลี (Sirichokworrakit *et al*., 2015) หมั่นโถวที่ผลิตโดยการทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่จึงให้เส้นใยอาหารแก่ผู้บริโภคมากกว่าหมั่นโถวชุดควบคุม ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำงานของระบบขับถ่าย ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า หมั่นโถวที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ร้อยละ 15 มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุม เนื่องจากข้าวไรซ์เบอรี่มีสีม่วงซึ่งเป็นผลมาจากมีรงควัตถุแอนโทไซยานิน(Anthocyanin) ในระดับความเข้มข้น 15.7 mg/100 g (Leardkamolkarn *et al*., 2011) ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และยังมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content : TPC) 53.345 mg GAE /g (วชิราภรณ์ ภักดี และ ถวนันท์ ศรีพิสุทธิ, 2558)

สรุปผลการวิจัย

หมั่นโถวที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ร้อยละ 15 ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุดในทุกๆด้าน และมีปริมาณเถ้า เส้นใย และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าหมั่นโถวที่ผลิตด้วยแป้งสาลี ดังนั้นการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนมีผลให้หมั่นโถวมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว. (2557). **ข้าวไรซ์เบอร์รี่**. เข้าถึงได้จาก:http://dna.kps.ku.ac.th. (เมื่อวันที่:1 พฤศจิกายน 2560).

วชิราภรณ์ ภักดี และ ถวนันท์ ศรีพิสุทธิ์. (2558). **การพัฒนาสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง) มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

AOAC. (2005). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. Maryland: AOAC International.

Leardkamolkarn ,V., Thongthep ,W., Suttiarporn, P., Kongkachuichai, R, Wongpornchai ,S. and Vanavichit, A. (2011). Chemopreventive properties of the bran extracted from a newly-developed Thai rice: The Riceberry. **Food Chemistry**. 125(3) : 978-985.

López-Mejía, O. A., López-Malo, A. and Palou, E. (2014). Antioxidant capacity of extracts from amaranth (Amaranthus hypochondriacus L.) seeds or leaves. **Industrial Crops and Products**. 53 : 55–59.

Sirichokworrakit, S., Phetkhut, J., Khommoon, A. (2015). Effect of partial substitution of wheat flour with riceberry flour on quality of noodles. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**. 197 : 1006-1012.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร
THE DEVELOPMENT OF HERB CHILI SAUCE PRODUCT

ภัทรานิษฐ์ จิตรำพึง สุรัมภา เทพทองดี วรวุฒิ นาคแก้ว กุลชญา สิ่วหงวน และ ผกาวดี ภู่จันทร์*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : Pakawadee@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริก ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี จุลินทรีย์ และคุณภาพทางกายภาพ ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกโดยการเสริมสมุนไพร 3 ชนิด คือ ดีปลี กระชายดำ ลูกใต้ใบ ในปริมาณ ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 (ของน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด) จากนั้นทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9 Point Hedonic Scale พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร เสริมดีปลี ร้อยละ 5 มากที่สุด ($p\leq0.05$) จากนั้นทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรเสริมดีปลี ร้อยละ 5 มีโปรตีน ร้อยละ 33.30 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 21.35 ไขมัน ร้อยละ 11.62 ความชื้น ร้อยละ 19.97 เถ้า ร้อยละ 13.76 พลังงาน ร้อยละ 323.18 ต่อ 100 กรัม และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 136.56 ไมโครโมล โทรล็อก(Trolox) ต่อ 100 กรัม จากการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ มีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คุณภาพทางด้านกายภาพ พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร มีค่าสี L* a* b* เท่ากับ 39.00, 11.73 และ 3.97 ตามลำดับ

คำสำคัญ : สมุนไพร น้ำพริก ผลิตภัณฑ์

Abstract

This development of herb chili sauce product aims to develop the chili sauce product, study the chemical composition, microorganism, and physical quality. Chili sauce product is developed by adding 3 herbs, Long pepper, Black Galingale, Phyllanthus niruri which the different proportion of 0%, 5%, 10%, and 15% (by mass). Then, test the sensory evaluation and consumer acceptance by using 9 Point Hedonic Scale. The considered criteria are appearance, color, smell, taste, texture, and overall liking. The samples are 100 customers. It is found that customers accept Long pepper chili sauce product at the highest which equal to 5% ($p\leq0.05$). Then, study the chemical composition and it is found that 5%- Long pepper chili sauce contains 33.30% of protein, 21.35% of carbohydrate, 11.62% of fat, 19.97% of moisture, 13.76% of ash, 323.18 Calorie per 100 grams, and equivalent antioxidant capacity 136.56 Trolox per 100 grams. From the study of microbiological quality, it is conformed to the standard of community product. For the physical quality, the color value of herb chili sauce product or L* a* b* equal to 39.00, 11.73 and 3.97 respectively.

Keywords : herb chili sauce product

บทนำ

น้ำพริกเป็นอาหารไทยประเภทเครื่องจิ้มชนิดหนึ่ง นิยมรับประทานคู่กับผัก คนสมัยก่อนรับประทานสัตว์น้ำเป็นส่วนมากจึงคิดค้นน้ำพริกขึ้นมาเพื่อเพิ่มรสชาติและดับกลิ่นคาว ซึ่งใช้วัตถุดิบที่มีรสชาติเผ็ดร้อน กลิ่นฉุนมาโขลกรวมกันให้ละเอียดแล้วปรุงรสให้มีรสชาติเค็มเป็นหลัก ใช้รับประทานเป็นกับข้าว และได้รับความนิยมบริโภคมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อีกทั้งยังมีการคิดค้นสูตรน้ำพริกขึ้นมาใหม่หลายรูปแบบ มีรสชาติแตกต่างกันเพื่อให้เหมาะกับการบริโภค และคุณค่าของสารอาหารเพิ่มมากขึ้น โดยการนำสมุนไพรต่างๆมาผสมผสานในน้ำพริก ปัจจุบันผลิตภัณฑ์น้ำพริกให้คุณค่าทางโภชนาการ

เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และพลังงาน แต่ด้านใยอาหารและสรรพคุณทางยาด้านอื่นๆยังมีน้อย เนื่องจากวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทำน้ำพริก มี พริก กระเทียม หอมแดง และเนื้อสัตว์บางชนิด จึงทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกยังมีคุณค่าทางโภชนาการน้อย ประกอบกับในท้องถิ่นมีสมุนไพรจำนวนมาก นิยมบริโภคในการต้านโรคต่างๆ รักษาโรคบางชนิด และช่วยบำรุงร่างกาย (จุไรรัตน์, 2552) พริก *(Capsicum flutescens)* มีสรรพคุณเป็นยาขับลมบำรุงธาตุและเจริญอาหาร สารที่ออกฤทธิ์ในผลพริกคือ capsaicin และสารจำพวกคริปโตแซนทิน (cyptoxanthin) แคปซารูบิน (capsamubin) และ คาโรทีน (carotene) ทำให้มีสีส้มแดง กระเทียม *(Allium sativum)* มีสรรพคุณช่วยลดความดันโลหิต ลดไขมันในหลอดเลือด ช่วยบำรุงไตและตับอ่อนให้แข็งแรง ช่วยเหนี่ยวนำให้วิตามินบี 1 ออกฤทธิ์บำรุงระบบประสาทช่วยยับยั้งหลอดเลือดแดงแข็งตัว ป้องกันการอุดตันในหลอดเลือด ช่วยให้ระบบโลหิตสูบฉีดไหลเวียนดี แก้ไข้หวัด ช่วยบำรุงต่อมลูกหมาก ยาบำรุงกำลัง หอมแดง *(Allium ascalonicun)* หอมแดงมีสารไบโอฟลาโวนอยด์ ชื่อ quercitin ซึ่งนิยมใช้รักษาโรคภูมิแพ้และอาการหอบหืด โดยตัวของสารในกลุ่มไบโอฟลาโวนอยด์นั้นมีฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระและช่วยลดการอักเสบ สมุนไพรที่มีรสชาติเผ็ดร้อน สรรพคุณแก้โรคลมจุกเสียด ขับลมให้เรอขึ้นบนหรือผายลงล่าง บำรุงธาตุไฟ ขับเหงื่อ ช่วยย่อยอาหาร (สันติสุข และวีรพงษ์, 2558) ดีปลี *(Piper retrofractum Vanl)* สรรพคุณลดความดันโลหิต เป็นยาธาตุ ขับลมในลำไส้ แก้จุกเสียด เจริญอาหาร ลูกใต้ใบ *(Phyllanthus niruri L.)* สรรพคุณ แก้ไข้ ตัวร้อน แก้อักเสบ กระชายดำ *(Kaempferia parviflora)* สรรพคุณ ช่วยบำรุงร่างกาย ช่วยขับฮอร์โมนเพศชาย บำรุงหัวใจ (ศุภยางค์, 2560) จากประโยชน์ของสมุนไพรดังกล่าวผู้วิจัยจึงเห็นประโยชน์และสรรพคุณทางยาของสมุนไพรพื้นบ้าน ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นผู้วิจัยจึงคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรโดยการนำสมุนไพร เช่น ดีปลี ลูกใต้ใบ กระชายดำ นำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์น้ำพริก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ และเป็นการเพิ่มทางเลือกแก่ผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการคัดเลือกชนิดและปริมาณการเสริมสมุนไพร โดยการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยกำหนดวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

1. การคัดเลือกผลิตภัณฑ์น้ำพริกสูตรต้นแบบ

คัดเลือกผลิตภัณฑ์น้ำพริกต้นแบบทั้ง 3 สูตรการทดลอง โดยมีวัตถุดิบและอัตราส่วนของสูตรที่แตกต่างกัน (แสดงดังตารางที่ 1) ทำตามสูตรต้นแบบน้ำพริกทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ สูตรที่ 1 น้ำพริกนรกปลาย่าง (ธนาวัฒน์, 2560) สูตรที่ 2 น้ำพริกตาแดง (ปรีดา, 2559) สูตรที่ 3 น้ำพริกกุ้งเสียบ (วิฑูรย์, 2552) ทำการทดสอบการยอมรับโดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบ 9 Point Hedonic Scale พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์น้ำพริกสูตรต้นแบบที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสูตรต้นแบบ

วัตถุดิบ	ผลิตภัณฑ์น้ำพริกสูตรต้นแบบ		
	สูตรที่ 1 น้ำพริกนรกปลาย่าง	สูตรที่ 2 น้ำพริกตาแดง	สูตรที่ 3 น้ำพริกกุ้งเสียบ
พริกใหญ่แห้ง (กรัม)	70	20	35
พริกขี้หนูแห้ง (กรัม)	100	-	-
ปลาย่างป่น (กรัม)	500	-	-
หอมแดงคั่ว (กรัม)	90	100	50
กระเทียมคั่ว (กรัม)	80	100	20
น้ำมะขามเปียก (กรัม)	220	50	30
เกลือป่น (กรัม)	25	20	0.8
น้ำตาลปี๊บ (กรัม)	100	40	60
น้ำตาลทราย (กรัม)	24	-	40
กุ้งแห้ง (กรัม)	-	300	80
น้ำปลา (กรัม)	-	30	-
กะปิ (กรัม)	-	50	-

ที่มา : สูตรที่ 1 ธนาวัฒน์ โพธิ์เผื่อนน้อย. (2560 พฤศจิกายน 20). **น้ำพริกนรก ร้านน้ำพริกรุ่งเจริญ.** https://www.youtube.com/watch?v=P2js2U0_kus.

สูตรที่ 2 จำลองลักษณ์ หุ้นชิ้น, รุ่งทิพย์ พรหมทรัพย์, และอภิสิทธิ์ ประสงค์สุข. (2559). **น้ำพริก น้ำจิ้ม น้ำยำ เมนูอร่อย.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แม่บ้าน. หน้า 16-17.

สูตรที่ 3 วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ. (2552). **น้ำพริก ๔ ภาค เพื่อสังคมไทยแข็งแรง.** (พิมพ์ครั้งที่ 3). นนทบุรี: กิจกรรมโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. หน้า 94-95.

วิธีการทำน้ำพริก

นำพริกแห้ง หอมแดง กระเทียม ที่ทำความสะอาดแล้วคั่วให้มีกลิ่นหอม จากนั้นโขลกให้ละเอียดผสมกับปลาย่างป่น กุ้งแห้งป่น ปรุงรสด้วยน้ำมะขามเปียก น้ำตาลปี๊บ น้ำตาลทราย น้ำปลา เกลือป่น นำไปคั่วไฟอ่อนจนน้ำพริกแห้ง รับประทานกับผักสดหรือผักลวก

2. การศึกษาชนิดและปริมาณของสมุนไพรที่เหมาะสมต่อการเสริมในผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร

ผลิตน้ำพริกสมุนไพรโดยพัฒนาจากสูตรต้นแบบที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด (จากข้อ 1) ทำการนำสมุนไพร 3 ชนิด คือ ลูกใต้ใบ ดีปลี และกระชายดำ เสริมลงในผลิตภัณฑ์น้ำพริกในปริมาณ ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 (ของน้ำหนักวัตถุดิบน้ำพริกทั้งหมด) เป็นจำนวน 9 ตัวอย่าง ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบ 9 Point Hedonic Scale พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์ดังนี้

2.1 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) และพลังงาน ตามวิธีของ AOAC (2016) และฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น โดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ตามวิธีการของ Perez et al. (2007)

2.2 คุณภาพทางกายภาพด้านค่าสี L* a* b*

วัดค่าสี L* a* b* วัดด้วยค่าเครื่องวัดสี (Color reader CR-10 Japan) รายงานเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็น สีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)

2.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร เลขที่ มผช.130/2556 ได้แก่

2.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.3.2 ซาลโมเนลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

2.3.3 สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.3.4 บาซิลลัส ซีเรียส ต้องไม่เกิน 1×10^{3} โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.3.5 คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.3.6 เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.3.7 ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ผลการวิจัย

1. ผลการคัดเลือกผลิตภัณฑ์น้ำพริกสูตรต้นแบบ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสูตรต้นแบบ 3 สูตรการทดลอง จากการทดสอบการยอมรับโดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 100 คน พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) พบว่าสูตรที่ 1 (ผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกปลาย่าง) ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุดเมื่อเทียบกับ สูตรที่ 2 (น้ำพริกกุ้งเสียบ) และสูตรที่ 3 (น้ำพริกตาแดง) ($p\leq0.05$) ตามลำดับ (แสดงดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำพริกสูตรต้นแบบ

คุณลักษณะ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำพริกต้นแบบ		
	สูตรที่ 1 น้ำพริกนรกปลาย่าง	สูตรที่ 2 น้ำพริกกุ้งเสียบ	สูตรที่ 3 น้ำพริกตาแดง
ลักษณะที่ปรากฏ	8.08±0.08^{a}	7.75±0.08^{b}	7.15±0.07^{c}
สี	7.82±0.08^{a}	7.76±0.07^{a}	7.16±0.08^{b}
กลิ่น	7.92±0.09^{a}	7.68±0.08^{b}	7.25±0.07^{c}
รสชาติ	8.32±0.08^{a}	7.67±0.08^{b}	7.21±0.07^{c}
ลักษณะเนื้อสัมผัส	8.13±0.08^{a}	7.66±0.07^{b}	7.13±0.07^{c}
ความชอบโดยรวม	8.48±0.08^{a}	7.87±0.07^{b}	7.23±0.07^{c}

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 100 ซ้ำ

**ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

2. ผลการศึกษาชนิดและปริมาณของสมุนไพรที่เหมาะสมต่อการเสริมในผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร

จากการผลิตน้ำพริกสมุนไพร โดยการนำสมุนไพร 3 ชนิด คือ ลูกใต้ใบ ดีปลี และกระชายดำ เสริมลงในผลิตภัณฑ์น้ำพริกในปริมาณ ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 (ของน้ำหนักวัตถุดิบน้ำพริกทั้งหมด) เป็นจำนวน 12 ตัวอย่าง ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับ น้ำพริกสมุนไพรเสริมดีปลี ร้อยละ 5 มากที่สุด (แสดงดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร

ตัวอย่างสมุนไพร		คุณลักษณะ					
		ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
สูตรที่ 1	ต้นแบบ	8.08±0.08 [a]	7.82±0.08[a]	7.92±0.09 [a]	8.32±0.08[a]	8.13±0.08[a]	8.48±0.08[a]
สูตรที่ 2 สมุนไพร (5%)	ลูกใต้ใบ	6.82±0.11[c]	6.86±0.09[c]	6.87±0.09[c]	6.74±0.1 [c]	6.91±0.10[c]	6.96±0.10 [c]
	ดีปลี	8.11±0.10 [a]	7.90±0.11[a]	7.89±0.11[a]	8.06±0.11[a]	7.95±0.10[a]	8.22±0.11[a]
	กระชายดำ	6.57±0.10[d]	6.66±0.09[d]	6.67±0.10[d]	6.66±0.09[d]	6.76±0.10[d]	6.69±0.08[d]
สูตรที่ 3 สมุนไพร (10%)	ลูกใต้ใบ	6.63±0.10[d]	6.53±0.09[d]	6.48±0.10[d]	6.52±0.09[d]	6.59±0.10[d]	6.66±0.10[e]
	ดีปลี	7.47±0.11[b]	7.37±0.11[b]	7.26±0.10[b]	7.51±0.11[b]	7.54±0.10[b]	7.88±0.09[b]
	กระชายดำ	6.40±0.11[e]	6.23±0.08[e]	6.52±0.10[e]	6.48±0.09[e]	6.47±0.09[e]	6.48±0.08[e]
สูตรที่ 4 สมุนไพร (15%)	ลูกใต้ใบ	6.27±0.09[f]	6.33±0.08[e]	6.45±0.09[e]	6.37±0.10[e]	6.35±0.05[e]	6.31±0.08[f]
	ดีปลี	7.00±0.11[c]	7.14±0.10[b]	6.95±0.11[c]	6.92±0.11[c]	6.85±0.10[c]	7.11±0.11[c]
	กระชายดำ	6.45±0.11[e]	6.31±0.11[e]	6.30±0.10[e]	6.24±0.10[e]	6.34±0.11[e]	6.18±0.11[f]

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 100 ซ้ำ

**ตัวอักษรในแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

2.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกน้ำพริกสมุนไพร

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต พลังงาน และฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรเสริมดีปลี ร้อยละ 5 มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นเท่ากับ 136.56 ไมโครโมลโทรล็อก (แสดงดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรเสริมดีปลี ร้อยละ 5 ใน 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
ความชื้น (ร้อยละ)	19.97 ± 0.02
เถ้า (ร้อยละ)	13.76 ± 0.03
โปรตีน (ร้อยละ)	33.30± 0.02
ไขมัน (ร้อยละ)	11.62 ± 0.05
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	21.35 ± 0.03
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	323.18 ± 0.01

2.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพค่าสี

จากการศึกษาคุณภาพด้าน ค่าสี L* a* b* ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร ในปริมาณ ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 พบว่า เมื่อทำการเสริมสมุนไพรลงในผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) ลดลง (แสดงดังตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงผลค่าสี L* a* b* ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสูตรต้นแบบและน้ำพริกสมุนไพร

น้ำพริกสมุนไพร	ค่าความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง (a*)	ค่าสีเหลือง (b*)
สูตรต้นแบบ	41.45±0.02	14.08±0.03	7.20±0.02
ปริมาณสมุนไพรดีปลี ร้อยละ 5	39.00±0.06	11.73±0.06	5.97±0.03
ปริมาณสมุนไพรดีปลี ร้อยละ 10	37.19±0.04	10.12±0.04	4.80±0.05
ปริมาณสมุนไพรดีปลี ร้อยละ 15	35.90±0.03	8.51±0.01	3.69±0.06

3. ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำพริกเลขที่ มผช.130/2556

จากการนำผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร มาทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำพริกเลขที่ มผช. 130/2556 พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรเสริมดีปลี ร้อยละ 5 มีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงคุณภาพทางจุลินทรีย์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรเสริมดีปลี ร้อยละ 5%

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ
Total Plate Count	1.2×10^2 Cfu/g.
Salmonella spp.	Not Detected
Staphylococcus aureus	<10 est. Cfu/g.
Bacillus cereus	1×10^2 Cfu/g.
Clostridium perfringens	<10 Cfu/g.
Escherichia coli	<2 MPN/g.
Yeast and Mold	Not Detected

อภิปรายผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร จากการคัดเลือกน้ำพริกสูตรพื้นฐาน 3 สูตรคือ สูตรที่ 1 (น้ำพริกนรกปลาย่าง) สูตรที่ 2 (น้ำพริกตาแดง) และสูตรที่ 3 (น้ำพริกกุ้งเสียบ) พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกสูตรที่ 1 (น้ำพริกนรกปลาย่าง) ได้รับคะแนนการยอมรับทุกคุณลักษณะมากที่สุด อาจเป็นผลมาจาก ผลิตภัณฑ์น้ำพริกนรกปลาย่าง มีปลาย่างป่นเป็นส่วนผสมหลัก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร โดยการเสริมสมุนไพร ได้แก่ ดีปลี ลูกใต้ใบ และกระชายดำ ที่ร้อยละ 0, 5, 10, และ 15 (ของปริมาณน้ำพริกทั้งหมด) ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับ ผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรเสริมดีปลี ร้อยละ 5 มากที่สุด อาจเป็นผลมาจาก ดีปลีแห้งมีสีน้ำตาลแดง ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีสวยงาม จึงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2546) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกเสริมดีปลียังมีกลิ่นหอม เนื่องจากในดีปลีมีน้ำมันหอมระเหย (Majecd and Prakash, 2000) และจากการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำพริกเสริมสมุนไพรดีปลีในปริมาณร้อยละ 5 ใน 100 กรัม มีความชื้น ร้อยละ 19.97 เถ้า ร้อยละ 13.76 โปรตีน ร้อยละ 33.30 ไขมัน ร้อยละ 11.62 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 21.35 พลังงาน 323.18 Kcal/100g และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 136.56 ไมโครโมล โทรล็อก(Trolox) ต่อ 100 กรัม สอดคล้องกับ วรางคณา และคณะ(2559) กล่าวว่า ดีปลีมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ (anti-inflam-matory) และ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant) จากการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า มีคุณภาพเป็นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และไม่พบ *Salmonella* spp. *Yeast* และ *Mold* สอดคล้องกับ ศุภยงค์ และสุกัลญา (2560) ที่กล่าวว่า ผลของดีปลีมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร โดยทำการคัดเลือกชนิดของสูตรน้ำพริกต้นแบบทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ สูตรที่ 1 (น้ำพริกนรกปลาย่าง) สูตรที่ 2 (น้ำพริกตาแดง) สูตรที่ 3 (น้ำพริกกุ้งเสียบ) ทำการทดสอบการยอมรับโดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่เป็นการฝึกฝนจำนวน 100 คน พบว่า สูตรที่ 1 น้ำพริกนรกปลาย่าง ได้รับการยอมรับมากที่สุด และเมื่อนำสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด คือ ลูกใต้ใบ ดีปลี และกระชายดำ มาเสริมลงในผลิตภัณฑ์น้ำพริกในปริมาณ ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 (ของปริมาณน้ำพริกทั้งหมด) จากการศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์น้ำพริกเสริมดีปลีในปริมาณ ร้อยละ 5 มากที่สุด และจากการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรเสริมดีปลี ร้อยละ 5 ใน 100 กรัม มีความชื้น ร้อยละ 19.97 เถ้า ร้อยละ 13.76 โปรตีน ร้อยละ 33.30 ไขมัน ร้อยละ 11.62 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 21.35 พลังงาน 323.18 kcal/100g และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 136.56 ไมโครโมล โทรล็อก (Trolox) ต่อ 100 กรัม และมีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ผู้วิจัยได้รับความกรุณาจากอาจารย์สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ ได้เป็นที่ปรึกษางานวิจัยครั้งนี้ และเสียสละเวลาในการช่วยเหลือให้คำแนะนำ ตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทุกขั้นตอนของการทำวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาภาควิชาคหกรรมศาสตร์ ที่คอยให้ความห่วงใย ให้การช่วยเหลือและตอบแบบสอบถามเพื่อให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้กำลังใจมาโดยตลอดและช่วยกระตุ้นให้ผู้วิจัยมีความมุ่งมั่น เกิดความขยันหมั่นเพียรให้สำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

ธนาวัฒน์ โพธิ์เผื่อนน้อย. **น้ำพริกนรก ร้านน้ำพริกรุ่งเจริญ.**
เข้าถึงได้จาก:https://www.youtube.com/watch?v=P2js2U0_kus. (เมื่อวันที่:2560 พฤศจิกายน 20).

จิราภรณ์ สุวรรณะ. (2548). **ผลของสารไพเพอรีนต่อหนูขาวสายพันธุ์วิสตาร์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตพยาธิชีววิทยามหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ. 99 หน้า.

จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. (2552). **สมุนไพรลดความดันโลหิตสูง 121 ชนิด.** กรุงเทพฯ : เซเว่น พริ้นติ้ง.

จำลองลักษณ์ หุ้นชิ้น, รุ่งทิพย์ พรหมทรัพย์, และอภิสิทธิ์ ประสงค์สุข. (2559). **น้ำพริก น้ำจิ้ม น้ำยำ เมนูอร่อย.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: แม่บ้าน. หน้า 16-17.

นารีลักษณ์ ศิริวรรณ. (2557). ศาสตร์การรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็ง. **ว.งานวิจัยและพัฒนา.** 13(141): 29-30.

ปิยะมาศ โสมภีร์ และ วิรุฬห์ คำวงศ์. (2558). ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของดีปลีเพื่อให้ได้ผลผลิตตามมาตรฐานตำรายาสมุนไพรไทย. **วารสารวิชาการเกษตร.** 33(2).

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำพริก. (2554).
เข้าถึงได้จาก:file:///C:/Users/USER/Downloads/Documents/tcps107_54.pdf (สืบค้นเมื่อ: 20 ธันวาคม 2560).

วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ. (2552). **น้ำพริก ๔ ภาค เพื่อสังคมไทยแข็งแรง.** (พิมพ์ครั้งที่ 3). นนทบุรี: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. หน้า 94-95.

ศุภยางค์ วรวุฒิคุณชัย. (2560). **สมุนไพรไทยต้านจุลินทรีย์.** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 141-197.

A.O.A.C. (2016). **Official Mathods of Analysis of AOAC International**. (20th ed). Maryland: Association of Official Analytical Chemists

Chamber IV, E., and Wolf, M.B. (1996). **Sensory testing methods**. 2nd ed. Philadelphia: USA. American Society for Testing and Materials. USA

Perez M.B., Calderon N.L. & Croci C.A. (2007). Rediation-induced enhancement of antioxidant activity in Extracts of rosemary (Rosmarinus officinalis L.). **Food Chemistry.** 104: 585-542

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบน้อยหน่า และใบสาบเสือในการควบคุมหนอนใยผัก

THE EFFICIENCY OF CRUDE EXTRACTS FROM Leaves of *ANNONA SQUAMOSA* L. AND *CHROMOLAENA ODORATA* (L.) R.M. KING & H. ROB.) FOR CONTROL OF *PLUTELLA XYLOSTELLA* L.

พัชราวรินทร์ เรือนโต* สุชาดา แก้วตา และ เสาวลักษณ์ ชาญเชี่ยว
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เชียงราย
*corresponding author e-mail : p.ruanto@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัด จากใบน้อยหน่าและใบสาบเสือต่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก ในรูปของสารฆ่าและหยุดการเจริญเติบโต โดยการเตรียมสารสกัดหยาบด้วยแอลกอฮอล์ 95% แล้วจึงนำมาทดสอบประสิทธิภาพกับหนอนวัยที่ 2 และ 3 โดยวิธีการจุ่มใบพืชในสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 0%, 1%, 5%, และ10% w/v พบว่า ภายใน 24 ชั่วโมง สารสกัดจากใบน้อยหน่ามีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผักสูงกว่าสารสกัดจากใบสาบเสือ ที่ความเข้มข้น 10, 5 และ 1% w/v โดยทำให้หนอนใยผักมีอัตราการการตาย เท่ากับ 100.0, 66.7 และ 23.1% ตามลำดับ และสารสกัดจากใบน้อยหน่ามีประสิทธิภาพในการหยุดการเข้าดักแด้และเข้าสู่ตัวเต็มวัยมากกว่าสารสกัดจากใบสาบเสือ ที่ความเข้มข้น 10 และ 5% w/v มีประสิทธิภาพหยุดการเจริญเติบโตมากที่สุด โดยหนอนใยผักมีอัตราการรอดชีวิตเข้าสู่ดักแด้และเข้าสู่ตัวเต็มวัยคือ 0%

คำสำคัญ : หนอนใยผัก น้อยหน่า สาบเสือ

Abstract

This research aimed to study the effect of crude extracts from leaves of sugar apple (*Annona squamosa* L.) and Siam weed (*Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & H. Rob.) against diamondback moth larvae (*Plutella xylostella* L.) in the forms of killing and growth inhibition substances. The crude ethanolic extracts of plant leaves were prepared then tested with the diamondback moth at 2^{nd} and 3^{rd} instar lavae by dipping leaf method at different extract concentrations of 0,, 5 and 10% W/V. It was found that within 24 hours, the extracts from sugar apple were more effective in killing moth larvae. At concentrations of 10, 5 and 1, the mortality rates were 100.0, 66.7 and 23.1%, respectively. It was also more effective in inhibition of entering the pupa and adult stages. At concentrations of 10 and 5%, the survival rate to enter into pupa and adult stage was 0%.

Keywords : diamondback moth sugar apple Siam weed

บทนำ

หนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของพืชตระกูลกะหล่ำ เช่น กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก คะน้า ผักกาดขาว ผักกาดเขียวปลี ผักกาดกวางตุ้ง หนอนใยผักจะแทะกินผิวใบด้านล่างเป็นวงกว้างและมักจะทิ้งผิวใบที่มีลักษณะโปร่งแสงไว้ด้านบน หากมีการระบาดอย่างรุนแรงหนอนจะกัดกินใบจนเป็นรูพรุนเหลือแต่ก้านใบ จึงก่อให้เกิดความเสียหายเป็นอย่างมาก การป้องกันแมลงชนิดนี้ทำได้ยากและยังเป็นปัญหาใหญ่ของเกษตรกร เนื่องจากหนอนใยผักนั้นมีวงจรชีวิตที่สั้น มีการแพร่พันธุ์และขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว วางไข่ได้ตลอดทั้งปี ประกอบกับสภาพอากาศที่เหมาะสม มีพืชอาหารกินตลอดทั้งปีและมีความสามารถรอดพ้นจากการสัมผัสกับสารเคมีกำจัดแมลงโดยที่หนอนจะสร้างใยเพื่อทิ้งตัวหนีลงสู่ผิวดิน

(จรงค์ศักดิ์ และ มณทินี, 2555) ในประเทศไทยพบมีการระบาดอย่างต่อเนื่องตลอดในเกือบทุกพื้นที่ที่ทำการเพราะปลูกพืชตระกูลกะหล่ำ (กัมปนาท และคณะ, 2554) ทำให้เกษตรกรประสบกับปัญหาการระบาดของหนอนใยผัก การควบคุมโดยใช้สารเคมีกำจัดแมลงพบว่ามีประสิทธิภาพลดลง จนเกษตรกรต้องใช้ปริมาณอัตราความเข้มข้นสูง ใช้ฉีดพ่นบ่อยครั้งขึ้น อย่างต่อเนื่องทำให้หนอนใยผักสามารถพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงนั้นได้ และการใช้สารเคมียังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากมีการตกค้างของพิษของสารเคมีในพืชผัก ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์ และมนุษย์อีกด้วย การใช้สารสกัดจากพืชในท้องถิ่นเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชจึงเป็นทางเลือกทางหนึ่งในการกำจัดหนอนใยผัก ทั้งนี้เพื่อช่วยชะลอความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลง ช่วยลดต้นทุนของเกษตรกร และยังมีความปลอดภัย ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปพบว่าสารเคมีธรรมชาติที่ได้จากพืชนั้นสลายตัวเร็ว ไม่ส่งผลให้เกิดสารตกค้างในพืชผลและสภาพแวดล้อม (สุภาณี, 2532) ผู้วิจัยจึงสนใจนำใบน้อยหน่าและใบสาบเสือซึ่งเป็นพืชกำจัดแมลง มาทำสารสกัดเพื่อใช้แทนสารเคมี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากใบน้อยหน่าและใบสาบเสือ ต่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในรูปของสารฆ่า และยับยั้งการเจริญเติบโตของตัวหนอนเข้าสู่ดักแด้และตัวเต็มวัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมหนอนใยผัก

เก็บตัวอย่างหนอนใยผักมาเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณ โดยเลี้ยงในกล่องพลาสติกที่มีช่องระบายอากาศ ใช้ใบผักกาดขาวเป็นพืชอาหาร แยกหนอนที่เข้าดักแด้ไปใส่ในกล่องใหม่ จนกระทั่งเป็นผีเสื้อ เลี้ยงด้วยน้ำผึ้งแล้วล่อให้ผีเสื้อวางไข่บนใบผักกาดขาวที่วางไว้ด้านบนของกล่องที่หุ้มด้วยผ้าขาวบาง เปลี่ยนใบผักกาดขาววันละ 2 ครั้ง และเก็บไข่ของผีเสื้อทุก 2 วัน เมื่อไข่ฟักเป็นตัวหนอน จนกระทั่งเข้าสู่หนอนวัยที่ 2 และวัยที่ 3 จึงนำมาใช้ทดลอง

การเตรียมสารสกัด

1. นำใบน้อยหน่าและใบสาบเสือ ปริมาณ 1,000 g ล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นจนละเอียด แล้วนำไปสกัดโดยแช่ในตัวทำละลาย คือ เอทิลแอลกอฮอล์95% ในอัตราส่วน พืช: แอลกอฮอล์ เท่ากับ 1:3 เป็นเวลา 3 วัน นำมากรองผ่านผ้าขาวบางและกระดาษกรอง
2. นำสารสกัดที่ได้มาระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนเหวี่ยง เก็บสารสกัดที่ได้ไว้ในขวดแก้วสีชา ปิดฝาให้สนิท นำไปแช่เย็นอุณหภูมิ 4 °C
3. ปรับความเข้มข้นของสารสกัด โดยนำสารสกัดใบน้อยหน่าและใบสาบเสือมาผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วนสารสกัด 1, 5 และ 10 g ต่อน้ำกลั่น 100 ml เพื่อให้ได้สารสกัดที่ความเข้มข้น 1, 5 และ 10% w/v ตามลำดับ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทำการทดสอบด้วยวิธีจุ่มใบพืช (leaf dipping method) โดยจุ่มใบผักกาดขาวลงในสารสกัดใบน้อยหน่าและใบสาบเสือความเข้มข้น 0 (น้ำกลั่น), 1, 5 และ 10% w/v เป็นเวลา 1 นาที ผึ่งใบผักกาดขาวให้แห้ง จากนั้นนำใบผักกาดขาวใส่ลงไปในกล่องพลาสติก การทดลองตอนที่ 1 ทำการเขี่ยหนอนใยผักวัยที่ 2 และวัยที่ 3 ลงไปบนใบผักกาดขาว จำนวน 10 ตัว ทำการทดลอง3 ซ้ำ ต่อ 1 ชุดการทดลอง ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าโดยการกิน ทดสอบโดยวางใบผักกาดขาวที่จุ่มสารสกัดจากในกล่อง ปล่อยหนอนใยผักลงไป 10 ตัว ปิดกล่องด้วยผ้าขาวบางเพื่อระบายอากาศ บันทึกอัตราการตายของหนอนใยผักหลังจากทำการทดลอง 24 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) หาค่า F-test Value ของข้อมูลแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลองโดยใช้วิธี Duncan จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเข้าสู่วัยดักแด้และตัวเต็มวัย โดยหลังจากการทดลองตอนที่ 1 ได้บันทึกติดตามผลจำนวนหนอนในชุดการทดลองที่รอดชีวิตเข้าสู่ ระยะดักแด้ และสามารถเจริญเป็นตัวเต็มวัยได้

ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพของสารสกัดในรูปของสารฆ่าโดยการกิน

ผลการทดลองดังตารางที่ 1 พบว่า สารสกัดจากใบน้อยหน่ามีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผักได้ดีกว่าสารสกัดจากใบสาบเสือ ที่ความเข้มข้น 10, 5, 1% (w/v) โดยมีเปอร์เซ็นต์การตาย 100, 66.7 และ 23.06% ตามลำดับ ค่า LC_{50} = 4.26 (%w/v) ส่วนสารสกัดจากใบสาบเสือ มีเปอร์เซ็นต์การตาย 26.7, 20.0 และ 6.7% ตามลำดับ ค่า LC_{50} = 18.19 (%w/v)

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การตาย ($\bar{x} \pm$ SD) ที่ 24 ชั่วโมง ของหนอนใยผักจากฤทธิ์ของสารสกัดใบน้อยหน่าและ ใบสาบเสือ ความเข้มข้นต่างๆ โดยทดสอบด้วยวิธีจุ่มใบพืช

ความเข้มข้น (%w/v)	%อัตราการตาย (±SD)	
	น้อยหน่า	สาบเสือ
0	0.0 a	0.0 a
1	23.3±0.6 b	6.7±1.2 ab
5	66.7±0.6 c	20.0±1.0 bc
10	100±0.0 d	26.7±0.6 c
F-test	*	*

หมายเหตุ * หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตัวเลขตามด้วยตัวอักษรต่างกันภายในคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

ประสิทธิภาพของสารสกัดในการยับยั้งการเข้าสู่วัยดักแด้และตัวเต็มวัย

ผลของสารสกัดที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การรอดเข้าสู่วัยดักแด้ และตัวเต็มวัย หลังจากเลี้ยงหนอนด้วยผักการขาวที่จุ่มสารสกัดความเข้มข้นต่างๆเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม แสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 2 พบว่าสารสกัดใบน้อยหน่าความเข้มข้น 10% (w/v) มีประสิทธิภาพหยุดการเข้าดักแด้ และการเข้าตัวเต็มวัยมากที่สุด ประสิทธิภาพรองลงมาคือความเข้มข้น 5% (w/v) โดยทั้งสองความเข้มข้นทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดเข้าสู่ดักแด้และตัวเต็มวัยเท่ากับ 0% ที่ความเข้มข้น 1% (w/v) มีหนอนมีเปอร์เซ็นตก์ารรอดเข้าสู่ดักแด้ 56.7% และเข้าสู่ตัวเต็มวัย 16.7% และที่ความเขม้ขน้ 0% (w/v) ไม่มีประสิทธิภาพ หยุดการเข้าดักแด้ และการเข้าสู่ตัวเต็มวัย

ตารางที่ 2 ฤทธิ์ของสารสกัดหยาบใบน้อยหน่าความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการรอดเข้าสู่ดักแด้ และเจริญไปเป็นตัวเต็มวัย

ครั้งที่	การรอดชีวิต											
	หนอน				ดักแด้				ตัวเต็มวัย			
	0%	1%	5%	10%	0%	1%	5%	10%	0%	1%	5%	10%
1	10	7	3	0	10	5	0	0	10	1	0	0
2	10	8	4	0	10	7	0	0	10	1	0	0
3	10	8	3	0	10	5	0	0	10	3	0	0
ร้อยละ	100	76. 7	33.3	0	100	56. 7	0	0	100	16. 7	0	0
SD	0	0.57	0.58	0	0	1.15	0	0	0	1.15	0	0

สารสกัดใบสาบเสือความเข้มข้น 10% (w/v) มีประสิทธิภาพยับยั้งการเข้าดักแด้ และการเข้าสู่ตัวเต็มมากที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การรอดเข้าสู่ดักแด้ 63.3 % และเข้าสู่เต็มวัย 10% ประสิทธิภาพรองลงมาที่ความเข้มข้น 5% (w/v) โดยมีเปอร์เซ็นต์การรอดเข้าสู่ดักแด้ 70% และเข้าสู่ตัวเต็มวัย 40% ที่ความเข้มข้น 1% (w/v) มีเปอร์เซ็นต์การรอดเข้าสู่ดักแด้ 83.3% และเข้าสู่ตัวเต็มวัย 66.6% ส่วนความเข้มข้น 0% (w/v) ไม่สามารถหยุดการเข้าดักแด้ และการเข้าสู่ตัวเต็มวัยได้ โดยเปอร์เซ็นตก์ารรอดชีวิตเท่ากับ 100% ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ฤทธิ์ของสารสกัดหยาบใบสาบเสือความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการรอดเข้าสู่ดักแด้ และเจริญไปเป็นตัวเต็มวัย

ครั้งที่	การรอดชีวิต											
	หนอน				ดักแด้				ตัวเต็มวัย			
	0%	1%	5%	10%	0%	1%	5%	10%	0%	1%	5%	10%
1	10	10	8	7	10	9	8	7	10	7	5	0
2	10	10	9	8	10	9	6	6	10	8	4	2
3	10	8	7	7	10	7	7	6	10	5	3	1
ร้อยละ	100	93.3	80	73.3	100	83.3	70	63.3	100	66.7	40	10
SD	0	1.15	1	0.58	0	1.15	1	0.57	0	1.53	1	1

อภิปรายผล

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากใบน้อยหน่าและใบสาบเสือความเข้มข้นต่างๆต่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในรูปของสารฆ่าและยับยั้งการเจริญเติบโต พบว่า สารสกัดจากใบน้อยหน่าและใบสาบเสือมีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่า และยับยั้งการเจริญเติบโตได้ โดยสารสกัดจากใบน้อยหน่ามีประสิทธิภาพดีกว่าสารสกัดจากใบสาบเสือ และสารสกัดความเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพดีที่สุด อันเป็นผลมาจากฤทธิ์ที่อยู่ในสารสกัด ในใบน้อยหน่าสดมีสารสำคัญคือ แอนโนเนอีน (Anonaine) ซึ่งเป็นสารอัลคาลอยด์ที่มีประสิทธิภาพมากในการป้องกันและกำจัดหนอน หรือแมลงในผัก สามารถ ใช้ฆ่าเพลี้ยจักจั่น ด้วงปีกแข็ง เพลี้ยอ่อน แมลงวัน มวนปีกแข็ง ไรทะเลและเพลี้ยอ่อนถั่วได้ (อรนุช, 2523) สอดคล้องกับงานวิจัยของพัชราภรณ์ และยืนยง (2557) ที่รายงานว่าการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผงใบน้อยหน่าความเข้มข้น 3% มีฤทธิ์การฆ่าด้วงงวงข้าวได้ 100% เนื่องจากสารที่เป็นองค์ประกอบในใบพืช ได้แก่ สารในกลุ่มอัลคาลอยด์เป็นสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็คตรอนในระบบหายใจของแมลง ส่วนสารสกัดจากใบสาบเสือมีสารสำคัญ คือ Limonene มีความระคายต่อผิวหนัง (Harbone, 1995) นอกจากนี้ยังมี Pinene และ Naphthoauinone ซึ่งละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ มีความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากกับหนู สารเหล่านี้ออกฤทธิ์ฆ่าแมลง และ สอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศฟินแลนด์ที่พบว่าสารสกัดจากใบสาบเสือมีฤทธิ์ในการกำจัดด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* L.) และสารสกัดใบสาบเสือความเข้มข้น 10% มีฤทธิ์ในการฆ่าด้วงงวงข้าวสูงถึง 78.6% (Niber, 1994)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพในการฆ่าโดยการกินของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรใบน้อยหน่าและใบสาบเสือ ความเข้มข้น 0 (น้ำกลั่น), 1, 5 และ10% w/v เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากใบน้อยหน่าและใบสาบเสือที่ความเข้มข้น 1, 5 และ 10 w/v มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผัก โดยสารสกัดจากใบน้อยหน่า และใบสาบเสือที่ความเข้มข้น 10, 5, 1% ทำให้มีเปอร์เซ็นตก์ารตาย 100, 66.7, 23.06 และ 26.7, 20.0 และ 6.7% ตามลำดับ สารสกัดจากใบน้อยหน่าความเข้มข้น 10%

และ 5% สามารถยับยั้งการเข้าดักแด้ และตัวเต็มวัยของหนอนใยผักได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเข้าสู่ดักแด้และตัวเต็มวัย 0%

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกฝ่ายที่มีส่วนช่วยอนุเคราะห์ นอกจากนี้ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่ได้กรุณาสนับสนุนช่วยเหลือมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

กัมปนาท รื่นรมย์ ศิริพรรณ ตันตาคม และ ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. (2554). ประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนใยผักของสารสกัดจากบอระเพ็ดที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ. **วารสารรายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** ครั้งที่ 49 ม. เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 93-98.

จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และ มณทินี ธีรารักษ์. (2555). ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดาวเรือง (*Tagetes erecta L.*) ในการควบคุมหนอนใยผัก (Plutella xylostella L.). **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** *30(2)*, 1-7.

พัชราภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์ และ ยืนยง วาณิชย์ปกรณ์. (2557). **ฤทธิ์ชีวภาพของผงใบน้อยหน่า ใบน้อยโหน่ง และใบทุเรียนเทศต่อการควบคุมด้วงงวงข้าว**. รายงานการวิจัย, สาขาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ. (2536). **การศึกษาทางนิเวศวิทยาของหนอนใยผักและศัตรูธรรมชาติในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุภาณี ศรีวิสาร. (2532). การใช้ประโยชน์ของสารเคมีธรรมชาติจากพืชในการป้องกันกำจัดแมลง. **วารสารกีฏและสัตววิทยา. 11(2),** 187-191.

อรนุช พัวพัฒกูล. (2523). การศึกษาวิจัยการใช้เมล็ดและใบน้อยหน่ารักษาโรคเหา. **วารสารเภสัชกรรมสมาคมแห่งประเทศไทย.** 34(2-3), 91-105.

Harborne, J. B. (1995). **Phytochemical Dictionary, A Handbook of Bioactive Compounds from Plants**. London, England: Taylor&Francis Ltd.,

Niber, B.T. (1994). The ability of powers and slurries from ten plants species grain from attact by *Prostephanus truncates* Horn (*Coleopetera bostrichidae*) and *Sitophilus oryzael* (*Coleopter curculionidae*). *J.* **Stobed Pbod**. *Res. 30(4),* 297-301.

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร : กรณีศึกษากองกลางสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

EVALUATION OF CARBON FOOTPRINT FOR ORGANIZATION : A CASE STUDY OF CENTRAL AFFAIRS DIVISION, PRESIDENT OFFICE, PIBULSONGKRAM RAJABHAT UNIVERSITY.

เบญจรัตน์ หอมสมบัติ* และ อรชร ฉิมจารย์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : benjarat.h@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหน่วยงานกองกลางสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยทำการเก็บข้อมูลกิจกรรมย้อนหลังตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 จากหน่วยงานกองกลาง ซึ่งมีทั้งหมด 6 หน่วยงาน (งานบริหารทั่วไป งานเลขานุการผู้บริหาร งานอาคารสถานที่ งานสภามหาวิทยาลัย งานประชาสัมพันธ์ และงานสวัสดิการ) และบุคลากรจำนวน35 คน ผลการศึกษาพบว่าหน่วยงานของกองกลางมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 451.75 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปีโดยมาจากการกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าสูงที่สุด คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 252.63 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี รองลงมาได้แก่ กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ 157.40ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี กิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักกับสำนักงานเท่ากับ 28.96 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปีและกิจกรรมอื่นๆที่เหลือคิดเป็น 12.76 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปีตามลำดับ

คำสำคัญ : การปล่อยก๊าซเรือนกระจก คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Abstract

This study aims to evaluated carbon footprint of Central Affairs Division, President Office, Pibulsongkram Rajabhat University. The activity data were collected from 6 divisions (General Administration Work, Executive Secretary Work, Buildings Section, University Council Work and Public Relations Work) and 35 staffs in Central Affairs Division on the basis of calendar year in October 2015 to September 2016. The results showed that the carbon footprint of Central Affairs Division has equal greenhouse gas emissions 451.75 tCO_2e/yr. The electricity consumption was the major source of greenhouse gas emission, (252.63 tCO_2eq/yr), followed by fuel consumption (157.40 tCO_2eq/yr), staff daily commuting (28.96 tCO_2eq/yr) and other activities (12.76 tCO_2eq/yr), respectively.

keywords : greenhouse gas emission carbon footprint for organization Pibulsongkram Rajabhat University

บทนำ

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas: GHG_s)เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ ทั้งในภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง เกษตรกรรม รวมไปถึงภาคครัวเรือน และเกิดจากไฟป่าตามธรรมชาติ ก๊าซไนตรัสออกไซด์เกิดจากการใช้ปุ๋ย หรือก๊าซมีเทนที่เกิดจากกระบวนการหมักสารอินทรีย์โดยไม่ใช้อากาศ เป็นต้น เมื่อก๊าซเหล่านั้นถูกปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศในปริมาณมากจะส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเป็นสภาพอากาศที่แปรปรวน อุณหภูมิสูงขึ้น เกิดการละลายของน้ำแข็งทั่วโลก(สุพรรษา, 2556) เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกมีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนได้ดี(องค์การ

บริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน,2557) จะเห็นได้ว่าการพัฒนาประเทศเพื่อให้เกิดความการเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีมากขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความสะดวกสบายในการใช้ชีวิตของมนุษย์ ส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ประเทศต่างๆ ทั่วโลกตระหนักถึงความร่วมมือในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ฟุตพริ้นท์ หรือรอยเท้า นั้นเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นว่าในทุกขณะที่มนุษย์ก้าวเดินเพื่อทำกิจกรรมใด ๆ นั้นล้วนทิ้งร่องรอยเอาไว้ ซึ่งมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (วาริท, 2556) ในประเทศไทยได้เริ่มมีการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เมื่อปี พ.ศ. 2554 ขณะนั้นองค์กรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้และไม่ทราบเทคนิคและวิธีคำนวณ (จิตลดา และคณะ, 2560) การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization หรือ Corporate Carbon Footprint: CCF) เป็นวิธีการประเภทหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินงานขององค์กรอันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน), 2558)หากทุกองค์กรไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานราชการหรือหน่วยงานเอกชนมีการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในองค์กร จะทำให้แต่ละองค์กรได้ทราบถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรม ทุกคนในองค์กร จะได้ตระหนักและหาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรตนเองได้ ผู้วิจัย จึงมีความสนใจในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของหน่วยงานกองกลาง สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ซึ่งเป็นหน่วยงานนำร่องในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัย เพื่อให้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และหาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมขององค์กรและนำไปสู่การมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในครั้งนี้ได้ดำเนินการตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน, 2558) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. การกำหนดขอบเขตขององค์กร

การกำหนดขอบเขตขององค์กรที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เป็นแบบการควบคุมการดำเนินการ เพื่อให้เหมาะสมกับองค์กรที่ทำการศึกษา คือ กองกลาง สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมีทั้งหมด 6 หน่วยงาน ได้แก่ งานบริหารทั่วไป งานเลขานุการผู้บริหาร งานอาคารสถานที่ งานสภามหาวิทยาลัย งานประชาสัมพันธ์ งานสวัสดิการ และครอบคลุมบุคลากรทั้งหมดจำนวน35คน โดยทำการศึกษาข้อมูลกิจกรรมย้อนหลังของปีงบประมาณ พ.ศ. 2559(เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 – เดือนกันยายน พ.ศ. 2559)

2. การกำหนดขอบเขตของการศึกษา

ในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นการสำรวจกิจกรรมในองค์กร พร้อมทั้งวิเคราะห์แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในองค์กรโดยแบ่งกิจกรรมเป็น 3 ประเภท (ตารางที่ 1) ได้แก่

ประเภทที่ 1.การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct emission)ได้แก่ กิจกรรมการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และการเดินทางเพื่อกิจกรรมขององค์กรโดยยานพาหนะขององค์กร และการเช่าเหมายานพาหนะโดยองค์กร

ประเภทที่ 2. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานที่ซื้อมาจากภายนอกองค์กร (Energy indirect emission) ได้แก่ กิจกรรมการใช้ไฟฟ้า

ประเภทที่ 3.การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมนอกเหนือจากขอบเขตที่ 1 และ 2 (Indirect emission) ได้แก่ การใช้กระดาษ การใช้น้ำประปา การจัดการขยะมูลฝอย การเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักโดยยานพาหนะส่วนตัว การเดินทางเพื่อกิจกรรมขององค์กรโดยรถไฟ รถรับจ้าง และเครื่องบิน

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์และแหล่งข้อมูลของกิจกรรมในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ประเภท	กิจกรรม	พารามิเตอร์ของข้อมูลกิจกรรม	แหล่งที่มา
ประเภทที่ 1	การเดินทางไปประชุมโดยยานพาหนะขององค์กร	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	บันทึกการประชุมของหน่วยงาน
	การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ประเภทน้ำมันเชื้อเพลิง	บันทึกการเบิกจ่ายวัสดุขององค์กร
ประเภทที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	มิเตอร์ไฟฟ้า เวลาการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า (ชั่วโมง) สมรรถภาพในการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า(วัตต์)	หน่วยการใช้ไฟฟ้า ฉลากผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ไฟฟ้า
ประเภทที่ 3	การใช้กระดาษ	จำนวนการใช้กระดาษต่อปี(กิโลกรัม)	บันทึกการเบิกจ่ายวัสดุขององค์กร
	การใช้น้ำประปา	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน) จำนวนคน	การประมาณค่าจากงานวิจัย (อรชร, 2557)
	การจัดการขยะมูลฝอย	ปริมาณขยะ	บันทึกของแม่บ้าน
	การเดินทางไปกลับระหว่างองค์กรและที่พักโดยยานพาหนะส่วนตัว	ระยะทาง(กิโลเมตร) ประเภทของยาพาหนะ จำนวนวันต่อสัปดาห์ที่มีการเดินทาง ประเภทของเชื้อเพลิง	แบบสอบถาม
	การเดินทางไปประชุมโดยรถไฟ รถรับจ้าง และเครื่องบิน	ระยะทาง(กิโลเมตร) ประเภทของยานพาหนะ ประเภทของเชื้อเพลิง	ข้อมูลการเดินไปประชุมขององค์กร

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ภายในขอบเขตการดำเนินงาน แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ (ตารางที่ 1)ดังนี้

1) แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ ปริมาณการใช้ทรัพยากรจากการบันทึกข้อมูล ใบเสร็จรับเงิน แบบสอบถาม และข้อมูลบนฉลากผลิตภัณฑ์

2) แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลจากเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณการใช้น้ำประปา ได้จากการคำนวณจากจำนวนคนขององค์กร คูณ อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน) ซึ่งได้จากรายงานวิจัยโครงการศึกษาความเหมาะสมของระบบผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว) (อรชร, 2557)

4. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

โดยจะใช้ข้อมูลของกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในองค์กรคูณค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก แสดงผลให้อยู่ในรูปของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2eq) ดังสมการที่ 1

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก.....(1)

5. การประเมินความไม่แน่นอน

การประเมินความไม่แน่นอนที่เกิดจากการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกเพื่อแสดงให้เห็นถึงระดับคุณภาพของข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เก็บรวบรวมได้โดยจะพิจารณาจากผลคูณระหว่างคะแนนระดับคุณภาพของลักษณะการเก็บข้อมูลกับคะแนนระดับคุณภาพของค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เลือกใช้จากแหล่งอ้างอิง (องค์การบริหาร จัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2558) ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าการคำนวณระดับคุณภาพของข้อมูล

รายการ	ระดับคุณภาพของข้อมูล			
ลักษณะการเก็บข้อมูล	X= 6 คะแนน	Y = 3 คะแนน		Z = 1 คะแนน
	เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องด้วยการติดระบบอัตโนมัติ	เก็บข้อมูลจากมิเตอร์และใบเสร็จ		เก็บข้อมูลจากการประมาณค่า
ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	A = 4 คะแนน	B = 3 คะแนน	C = 2 คะแนน	D = 1 คะแนน
	จากการวัดค่าที่มีคุณภาพ	จากผู้ผลิต	ระดับประเทศ	ระดับสากล

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน),2558

ตารางที่ 3 ระดับความไม่แน่นอนและคุณภาพของข้อมูล

ระดับ	ระดับคะแนนโดยรวมของข้อมูล	คำอธิบาย
1	1-6	มีความไม่แน่นอนสูง คุณภาพของข้อมูลไม่ดี
2	7-12	มีความไม่แน่นอนเล็กน้อย คุณภาพของข้อมูลปานกลาง
3	13-18	มีความไม่แน่นอนต่ำ คุณภาพของข้อมูลดี
4	19-24	มีความไม่แน่นอนต่ำ คุณภาพของข้อมูลดีเยี่ยม

ที่มา: องค์การบริหารจัดการกาซเรือนกระจก(องค์การมหาชน),2558

ผลการวิจัย

การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้จาการดำเนินงานของหน่วยงานกองกลาง สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยศึกษาข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึง เดือนกันยายนพ.ศ.2559 เป็นระยะเวลา 1 ปีโดยผลรวมกิจกรรมทั้ง 3 ประเภทมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 451.75 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (tCO_2eq/yr) โดยเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1เท่ากับ157.40 tCO_2eq/yr ประเภทที่ 2 เท่ากับ 252.63tCO_2eq/yr และประเภทที่ 3 เท่ากับ 41.72tCO_2eq/yr(ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทุกกิจกรรมของหน่วยงานกองกลางสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

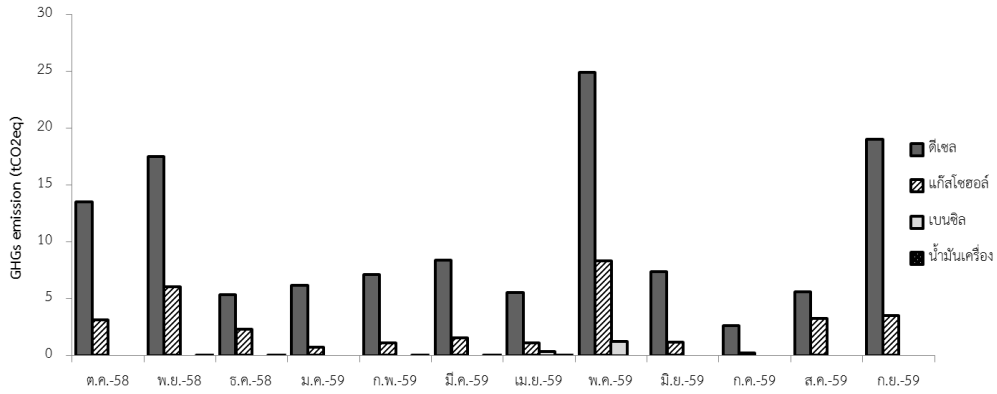
ประเภท	ข้อมูลกิจกรรม	ปริมาณทั้งหมด	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์ ($kgCO_2eq$ /หน่วย)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2eq)	ร้อยละ	แหล่งอ้างอิง*
ประเภทที่ 1	การใช้เชื้อเพลิง (ดีเซล)	45,588.92	L	2.708	123.46	27.33	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	การใช้เชื้อเพลิง(แก๊สโซฮอล์)	14,700.77	L	2.1896	32.19	7.12	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	การใช้เชื้อเพลิง (เบนซิน)	747.72	L	2.18156	1.63	0.36	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	การใช้น้ำมันเครื่อง	202.50	L	0.6157	0.12	0.03	Lubricating oil(due to mineral oil, animal and plant purchased)

ประเภท	ข้อมูลกิจกรรม	ปริมาณทั้งหมด	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์ ($kgCO_2eq$ /หน่วย)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2eq)	ร้อยละ	แหล่งอ้างอิง*
ประเภทที่ 2	การใช้ไฟฟ้า	433,989.78	kwh	0.5821	252.63	55.92	Thailand GridMix Electricity LCIDatabase2557(2014)
ประเภทที่ 3	การใช้กระดาษ	12,905.59	kg	0.2966	3.83	0.85	Thai National LCI Database/MTEC
	การใช้น้ำประปา	940.70	m^3	0.7043	0.66	0.15	Thai National LCI Database/MTEC
	การจัดการขยะมูลฝอย	1,859.41	kg	2.32	4.31	0.95	IPCC (2006), Chapter 6: Waste WaterTreatment and Discharge
	การเดินทางไป-กลับโดยใช้เชื้อเพลิง (แก๊สโซฮอล์)	7,721.50	L	2.1896	16.91	3.74	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	การเดินทางไป-กลับโดยใช้เชื้อเพลิง(ดีเซล)	2,213.46	L	2.7446	6.08	1.35	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	การเดินทางไป-กลับโดยใช้เชื้อเพลิง(เบนซิน)	2,735.56	L	2.18156	5.97	1.32	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
	การเดินทางโดยรถรับจ้าง	203.61	L	1.7226	0.35	0.08	IPCC
	การเดินทางโดยรถไฟ	2,830.00	Ton-km	0.1111	0.31	0.07	Train I, IDEMAT
	การเดินทางโดยเครื่องบิน	19,050.30	p-km	0.1733	3.30	0.73	Dafra
	รวม				**451.75**	**100**	

***** ที่มา :องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน),2560

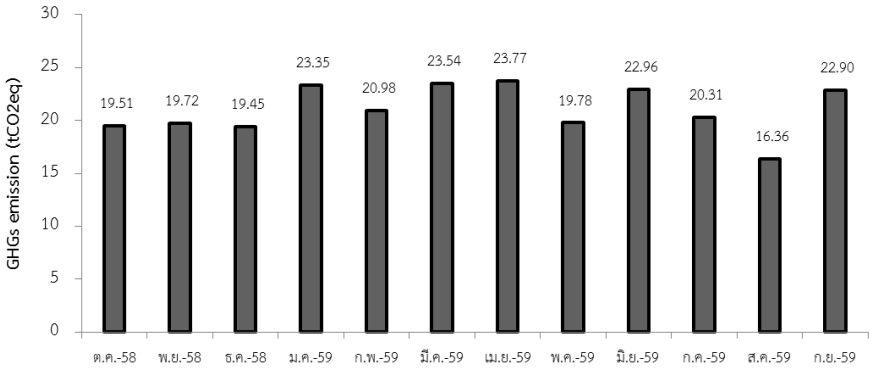
จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงานกองกลางสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สามารถแยกปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภทได้ดังนี้

ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร จากกิจกรรมต่างๆ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 157.40 tCO_2eq/yrซึ่งเกิดจากกิจกรรมการเดินทางเพื่อกิจกรรมขององค์กรโดยยานพาหนะขององค์กรหรือการเช่าเหมายานพาหนะโดยองค์กรออกค่าใช้จ่าย และกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงภายในองค์กร ซึ่งจะแยกเป็นประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดังนี้ การใช้น้ำมันดีเซล มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 123.46tCO_2eq/yrการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 32.19tCO_2eq/yr การใช้น้ำมันเบนซิน มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ1.63 tCO_2eq/yr และการใช้น้ำมันเครื่อง มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 0.12 tCO_2eq/yr (ตารางที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบภาพรวมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละเดือนจะพบว่าเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมาได้แก่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 และ เดือนกันยายน พ.ศ. 2559 ตามลำดับ ในขณะที่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด (ภาพที่ 1.)



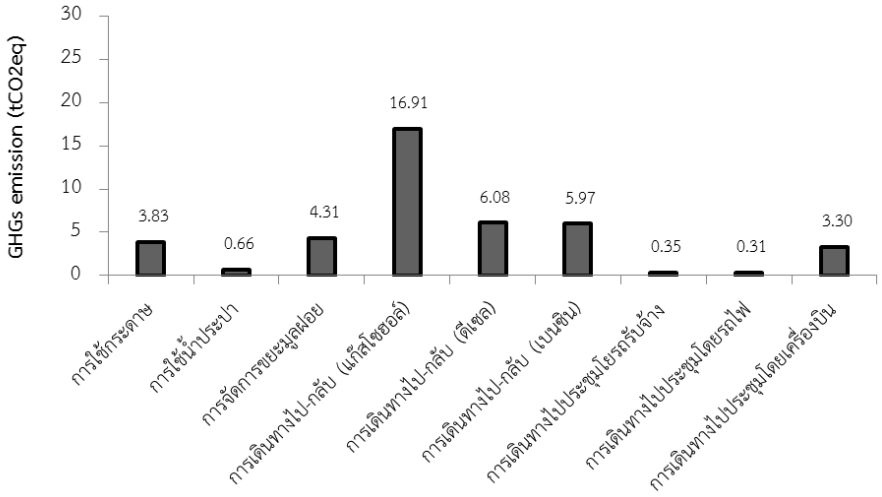
ภาพที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร

ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้ไฟฟ้ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 252.63 tCO_2eq/yr เนื่องจากกองกลางตั้งอยู่ในอาคารสำนักงานอธิการบดี ดังนั้นในการคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกองกลาง ทำการปันส่วนจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของตึกสำนักงานอธิการบดี เมื่อแสดงรายละเอียดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นรายเดือน พบว่าในเดือนเมษายนมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 23.77 tCO_2eq/yr ซึ่งมีปริมาณการปล่อยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ เดือนมีนาคมมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 23.54 tCO_2eq/yr และเดือนสิงหาคม มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 16.36 tCO_2eq/yr ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด (ภาพที่ 2.)



ภาพที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานที่ซื้อมาจากภายนอกองค์กร

ประเภทที่ 3. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่นอกเหนือจากประเภทที่ 1 และ 2 มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 41.72 tCO_2eq/yrโดยพบว่าเกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักกับองค์กร มีปริมาณมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 28.96tCO_2eq/yr โดยเกิดจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 16.91 tCO_2eq/yr การใช้น้ำมันดีเซล 6.08 tCO_2eq/yr การใช้น้ำมันเบนซิน 5.97 tCO_2eq/yr รองลงมา ได้แก่การจัดการขยะมูลฝอย4.31tCO_2eq/yrกิจกรรมการใช้กระดาษ 3.83tCO_2eq/yr การเดินทางเพื่อกิจกรรมขององค์กรโดยเครื่องบิน 3.30 tCO_2eq/yrการใช้น้ำประปา 0.66 tCO_2eq/yrการเดินทางเพื่อกิจกรรมขององค์กรโดยรถรับจ้าง 0.35 tCO_2eq/yrและการเดินทางเพื่อกิจกรรมขององค์กรโดยรถไฟ 0.31 tCO_2eq/yrตามลำดับ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมนอกเหนือจากขอบเขตที่ 1 และ 2

ตารางที่ 5 การประเมินความไม่แน่นอน

ประเภท	รายการ	คะแนนการเก็บข้อมูล (A)	คะแนนค่า EF (B)	ผลการประเมิน (A*B)	ระดับคุณภาพ
1	การใช้เชื้อเพลิง (แบ่งเป็นชนิดของเชื้อเพลิง)	3	1	3	1
2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	1	2	2	1
3	การใช้กระดาษ	3	2	6	1
	การใช้น้ำประปา	1	2	2	1
	การจัดการขยะมูลฝอย	1	1	1	1
	การเดินทางไป-กลับระหว่างองค์กรและที่พักโดยยานพาหนะส่วนตัว	1	1	1	1
	การเดินทางไปประชุมโดยรถไฟ	3	1	3	1
	การเดินทางไปประชุมโดยรถรับจ้าง	3	1	3	1
	การเดินทางไปประชุมโดยเครื่องบิน	3	1	3	1

จากการของประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลพบว่า ระดับคุณภาพของค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในระดับ 1 แสดงว่า มีค่าความไม่แน่นอนข้อมูลสูงและคุณภาพข้อมูลไม่ดี (ตารางที่ 5.) โดยคะแนนของการเก็บข้อมูลจะพบว่ามีค่าคะแนนในระดับ 1 และ 3 ซึ่งในระดับ 3 เป็นการเก็บข้อมูลจากมิเตอร์ ใบเสร็จ หรือบันทึกการใช้วัสดุขององค์กร ซึ่งถือว่าคุณภาพข้อมูลอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง การใช้กระดาษ การเดินทางไปประชุมของบุคลากรในองค์กร สำหรับคะแนนในระดับ 1 เป็นการเก็บข้อมูลจากจากการประมาณค่าการใช้ทรัพยากร ซึ่งถือว่าคุณภาพข้อมูลอยู่ในระดับต่ำ ได้แก่ ข้อมูลการใช้น้ำประปา การจัดการขยะมูลฝอย การเดินทางไป-กลับระหว่างองค์กรและที่พักของบุคลากร และการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งสำหรับการใช้ไฟฟ้านั้นจะเป็นการปันส่วนข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของอาคารทีปวิชญ์ (ที่ตั้งของสำนักงานอธิการบดี) จึงทำให้คุณภาพข้อมูลอยู่ในระดับต่ำ ในส่วนของค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor) นั้นจะมีคะแนนอยู่ในระดับ 1 และ 2 ซึ่งโดยส่วนใหญ่ค่าแฟกเตอร์ที่ใช้จะเป็นค่าในระดับสากลจึงทำให้ผลของระดับคุณภาพข้อมูลมีระดับต่ำ

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงานกองกลางสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามในภาพรวมพบว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีงบประมาณ 2559 รวมทั้งสิ้น 451.75 tCO_2eq/yr(ตารางที่ 4.) โดยกิจกรรมประเภทที่ 2 คือการใช้ไฟฟ้ามีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 252.63 tCO_2eq/yrคิดเป็นร้อยละ 55.92 เนื่องจากการดำเนินงานของหน่วยงานในการขับเคลื่อนกิจกรรมต่างๆ ต้องมีการใช้ไฟฟ้าเข้ามาเกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์สำนักงาน รวมถึงการใช้เครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินไฟมาก ดังนั้นจึงพบว่าในเดือนเมษายนมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ เดือนมีนาคม เพราะเป็นช่วงที่อากาศร้อนจัด การทำงานของเครื่องปรับอากาศก็จะมากขึ้น สำหรับเดือนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดได้แก่ เดือนสิงหาคม ซึ่งอาจเกิดจากในเดือนดังกล่าวบุคลากรบางกลุ่มออกไปทำกิจกรรมภายนอกสถานที่ประมาณ 2 วันต่อสัปดาห์ และในช่วงต้นเดือนซึ่งอยู่ในระหว่างการปิดเทอม นักศึกษาไม่ได้เข้ามาทำกิจกรรมต่างๆ ในส่วนของกองกลางมากนัก จึงทำให้การใช้ไฟฟ้าน้อยลงไปด้วย (ภาพที่ 2) รองลงมาได้แก่ กิจกรรมประเภทที่ 1 มีค่าเท่ากับ 157.40 tCO_2eq/yrคิดเป็นร้อยละ 34.84พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 เป็นการใช้เชื้อเพลิงต่างๆ ได้แก่ แก๊สโซฮอล์ ดีเซล เบนซิน และน้ำมันเครื่อง ซึ่งมีปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำมันดีเซลมากที่สุด (ภาพที่ 1) เนื่องจากรถยนต์หรือเครื่องยนต์ของมหาวิทยาลัยฯ นั้นจะใช้น้ำมันดีเซลเป็นส่วนใหญ่ สำหรับข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงของกองกลางนั้นเป็นข้อมูลของทั้งมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม เช่น การใช้เชื้อเพลิงในกิจกรรมของงานอาคารสถานที่ งานดูแลทำความสะอาดพื้นที่โดยรอบมหาวิทยาลัยทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนวังจันทน์ ส่วนทะเลแก้ว และส่วนสนามบิน และกิจกรรมต่างๆ ที่ทางมหาวิทยาลัยต้องอำนวยความสะดวกต่อองค์กรต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัย ดังนั้นจึงส่งผลให้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเภทมีปริมาณสูงสำหรับกิจกรรมประเภทที่ 3 มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 41.72tCO_2eq/yr คิดเป็นร้อยละ 9.24 ตามลำดับซึ่งพบว่าเกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักกับองค์กรมีปริมาณมากที่สุด 28.96 tCO_2eq/yr เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่มีการใช้เชื้อเพลิงของบุคลากรทั้ง 35 คน และเกิดขึ้นในทุกวันดังนั้นจึงทำให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้มีปริมาณมากที่สุดการจัดการขยะหน่วยงานมีการคัดแยกขยะในแต่ละประเภทจึงคิดเฉพาะขยะทั่วไปและขยะอินทรีย์ ส่วนขยะรีไซเคิลมีการจัดการโดยการนำไปขายเมื่อนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับหน่วยงานอื่นๆ กล่าวคืออาคารสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (สิริมา, 2556) กรมควบคุมมลพิษ (สุพรรษา,2555) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (บุญจิราและคณะ, 2555) และ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ธนัท และคณะ, 2554) พบว่าทุกองค์กรมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานหรือการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด ซึ่งมีค่ามากกว่าร้อยละ 50 ของการปล่อยก๊าซทั้งหมดสำหรับทุกองค์กร แต่สำหรับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับรองลงมานั้นในแต่ละองค์กรพบว่ามีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของแต่ละองค์กร ดังนั้นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับหน่วยงานกองกลาง สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามจึงควรนำมาตรการในการประหยัดไฟฟ้ามาดำเนินการอย่างจริงจัง เช่น การปิดไฟในช่วงพักกลางวัน การพักหน้าจอคอมพิวเตอร์ การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 25 องศา และการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจากหลอด T8 ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นหลอด T5 หรือ หลอด LED ก็จะสามารถช่วยประหยัดพลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ และในส่วนของความไม่แน่นอนของข้อมูลนั้นจะพบว่าระดับความไม่แน่นอนของข้อมูลขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลและค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้มีค่าความไม่แน่นอนข้อมูลสูงและคุณภาพข้อมูลไม่ดี (ตารางที่ 5.) เนื่องมาจากค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor) ที่ใช้โดยส่วนใหญ่เป็นข้อมูลทุติยภูมิซึ่งเป็นข้อมูลในระดับประเทศหรือระดับสากล ดังนั้นหากมีการพัฒนาค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการตรวจวัดหรือจากผู้ผลิต จะทำให้ค่าที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น สำหรับคุณภาพของข้อมูลนั้นพบว่าการเก็บข้อมูลได้มาจากใบเสร็จ แบบสอบถาม และการประมาณค่า จึงทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่แน่นอน และทำให้คุณภาพของข้อมูลอยู่ในระดับที่ไม่ดี ดังนั้นหากต้องการที่จะให้คะแนนระดับข้อมูลที่ดีมหาวิทยาลัยจะต้องมีระบบการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องด้วยการติดตั้งระบบแบบอัตโนมัติซึ่งจะทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูง (ธนัท และคณะ, 2554) แต่จะทำให้ได้คุณภาพของข้อมูลที่ดีขึ้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงานกองกลาง สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ในปีงบประมาณ 2559 พบว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมด 451.75 tCO_2eq/yrโดยเกิดจากกิจกรรมประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร 157.40tCO_2eq/yr (ร้อยละ 34.84) กิจกรรมประเภทที่ 2การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอกองค์กร 252.63tCO_2eq/yr (ร้อยละ 55.92) และกิจกรรมประเภทที่3การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทางอ้อมอื่นๆ 41.72 tCO_2eq/yr (ร้อยละ 9.24) โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่ามากที่สุดในกิจกรรมประเภทที่ 2 ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งเกิดจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องปรับอากาศ การใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร เป็นต้น ดังนั้น องค์กรควรมีมาตรการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในด้านต่างๆ อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม เพื่อให้เป็นระเบียนปฏิบัติขององค์กร เช่น

1. ฝึกอบรมให้ความรู้ สร้างความเข้าใจ และความตระหนักเกี่ยวกับกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำงาน และผลกระทบที่เกิดขึ้น
2. กำหนดให้ทุกหน่วยงานบันทึกข้อมูลมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำประปา ปริมาณการเกิดขยะ การใช้น้ำมัน และการใช้ทรัพยากรต่างๆ เป็นต้น เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมขององค์กร ในทุกๆ เดือน เพื่อจะได้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และใช้เป็นค่าเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรรม
3. จัดทำโปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรม เพื่อทำให้ผู้ปฏิบัติงานทราบถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ และจะทำให้เปรียบเทียบค่าต่างๆ เหล่านั้นได้สะดวกขึ้น
4. จัดทำโครงการหรือกิจกรรมในการประหยัดพลังงานและลดการใช้ทรัพยากรในองค์กร เช่น กำหนดการเปิด/ปิดเครื่องปรับอากาศ ทำป้ายรณรงค์ให้ถอดปลั๊กอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ใช้แล้ว นำกระบวนการ 3R (ลดการใช้ ใช้ซ้ำ และนำกลับมาใช้ใหม่) มาใช้ในองค์กร เช่น การใช้กระดาษ 2 หน้า การคัดแยกขยะ ยกเลิกการใช้โฟม การใช้ถุงผ้า การนำแก้วน้ำส่วนตัวมาใช้เอง เพื่อลดการใช้ทรัพยากรต่างๆ เป็นต้น
5. จัดประกวดหน่วยงาน “คาร์บอนต่ำ” เพื่อเป็นการกระตุ้นให้แต่ละหน่วยงานเกิดการแข่งขันในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมขององค์กร

หากองค์กรสามารถปฏิบัติได้ตามแนวทางหรือมาตรการต่างๆ เหล่านี้ได้ จะส่งผลให้องค์กรสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างยั่งยืนจากการดำเนินกิจกรรมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานกองกลางสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ในการติดต่อประสานงานและให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จิตลดา หมายมั่น, อติก เสรีพัฒนานนท์, บัณฑิต รัตน์ไตร และสมบัติ ทีฆทรัพย์. (2560). คาร์บอนฟุตพริ้นท์.**วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอิสเทิร์นเอเชีย,**11(1), 57-66.

ธนัทพูลประทิน,มนตรี สว่างพฤกษ์ และ ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. (2554). **การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**การประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21.มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

บุญจิรา จนางคะกาญจน์, อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และ เปรมฤดี กาญจนปิยะ.(2555).รอยพิมพ์คาร์บอนขององค์กรการศึกษา: กรณีศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.**Applied Environmental Research,** 34, 22-35.

วาริท เจาะจิตต์. (2556). ก้าวสู่การพัฒนาอุตสาหกรรมยางธรรมชาติของประเทศไทยอย่างยั่งยืนด้วยคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์. **วารสารร่มพฤกษ์,**31(1), 50-68.

สิริมา จิ๋วสม. 2555. **การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นขององค์กรและแนวทางเชิงวิศวกรรมในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรมควบคุมมลพิษ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

สุพรรษา ฟุ้งโลห์. (2556). **คาร์บอนฟุตพริ้นองค์กร กรณีศึกษาอาคารสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.วิทยานิพนธ์**ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน). (2557).**ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก**. สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2560. จาก www.tgo.or.th

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน). (2558).**แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นขององค์กร.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน). (2560). Emission Factor. เข้าถึงได้จาก: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/organization_emission/organization_emission.pnc. (สืบค้นเมื่อ: 25 กรกฎาคม 2560).

อรชร ฉิมจารย์. (2557).**รายงานโครงการศึกษาความเหมาะสมของระบบผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว).**คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ
DEVELOPING CRISPY HERBAL SNACK PRODUCTS

ณัฏฐณิชา รัตนจันทร์ ศิริลักษณ์ บุญแก้ว ไพศาล คงสวัสดิ์ โสรัจวรชุม อินเกต และ ผกาวดี ภู่จันทร์*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : Pakawadee@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและอัตราส่วนของแป้งสาลีที่เป็นตัวประสานในการขึ้นรูป ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางจุลินทรีย์ จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ โดยการนำผักและสมุนไพรพื้นบ้าน 6 ชนิด ได้แก่ ใบกะเพรา ใบโหระพา ใบคะน้า ใบตำลึง ใบแมงลัก และ ใบผักแพว นำมาปรุงรส ทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบมากที่สุด จากการศึกษาปริมาณของแป้งสาลี ร้อยละ 20 25 และ 30 (ของน้ำหนักสมุนไพรทั้งหมด) ทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบ ผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบที่เสริมแป้งสาลีในปริมาณ ร้อยละ 25 มากที่สุด($p\leq0.05$) จากการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบใน 100 กรัม มีความชื้น ร้อยละ 3.74 เถ้า ร้อยละ 3.83 โปรตีน ร้อยละ 13.84 ไขมัน ร้อยละ 6.58 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 72.01 ใยอาหาร 8.22 กรัม พลังงาน 402.62 กิโลแคลอรี่ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น 421.88 ไมโครโมล โทรล็อก (trolox) คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบ มีค่า L* a* b* เท่ากับ 42.48, 15.01 และ 2.16 ตามลำดับ และมีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำสำคัญ : ผักแผ่น สมุนไพร ผลิตภัณฑ์

Abstract

The objectives of this study were to investigate types and ratios of wheat flour as a binder in forming and to study chemical composition, physical quality and microbial quality from developing crispy herbal snack products. In this study, six types of herbs were used including holy basil leaves, basil leaves, Chinese kale leaves, ivy gourd leaves, lemon basil leaves, and Vietnamese Coriander leaves. The product acceptance was tested by 100 consumers. The results showed that holy basil crispy snack had the highest preference. By studying the content of wheat flour at different level: 20%, 25%, and 30% (of total herb weight), it was found that holy basil crispy snack with 25% wheat flour had the highest preference score ($p\leq0.05$). By testing chemical composition, it was found that 100 gram of holy basil crispy snack contained 3.74% moisture, 3.83% ash, 13.84 % protein, 6.58 % fat, 72.01 % carbohydrate, 8.22 grams fiber, 402.62 kilocalories energy, and 421.88 Micromole Trolox antioxidant activity. In terms of physical quality, L * a * b * of holy basil crispy snack were 42.48, 15.01 and 2.16 , respectively. Besides, microbial quality met the community product criteria.

Keywords : crispy vegetable herb products

บทนำ

สมุนไพร เป็นพืชที่อยู่คู่กับคนไทยมานาน เห็นได้ว่าคนไทยในสมัยโบราณมีการนำสมุนไพรมาใช้เป็นยารักษาโรค จนเกิดเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต พืชสมุนไพรที่นำมาใช้ในการทำยานั้นสามารถใช้ได้ทุกส่วน แต่ละส่วนก็จะมีลักษณะและสรรพคุณที่แตกต่างกัน (สิริรัตน์, 2557) สมุนไพรมีสรรพคุณมากมาย เช่น นำมาใช้เป็นยาในการรักษาโรค และบรรเทาอาการเจ็บป่วย ปัจจุบันได้มีการอนุรักษ์และสนับสนุนให้คนไทยเห็นถึงความสำคัญของพืชสมุนไพรมากยิ่งขึ้น

(พิมลพรรณ, 2559) การส่งเสริมให้ประชากรปลูกพืชสมุนไพรในครัวเรือนเพื่อการบริโภค และยังสามารถนำมาจำหน่ายเพื่อเป็นการสร้างรายได้ให้กับครัวเรือน สมุนไพรได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจากประชากรทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากสมุนไพรมีสรรพคุณที่ใช้รักษาโรค ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และยังมีต้นทุนต่ำ จึงทำให้มีการนำเอาสมุนไพรมาใช้ในการรักษาโรคร่วมกับยาแผนปัจจุบัน เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ปัจจุบันมีการนำสมุนไพรมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อประโยชน์ในการใช้งานที่หลากหลาย (สุธาทิพ, 2551) นอกจากจะนำสมุนไพรมาใช้ทำเป็นยารักษาโรค ยังสามารถนำมาทำเครื่องดื่ม และอาหารเสริมต่างๆได้อีกด้วย (รัตติพร, 2558) สมุนไพรพื้นบ้านมีสรรพคุณมากมาย เช่น ใบตำลึง*(Coccinia grandis (L.) voigt)* นิยมใช้ใบอ่อนกินผักสด หรือประกอบอาหาร สรรพคุณ เป็นตัวยาช่วยย่อย แก้คัน แก้สัตว์มีพิษกัด หรือแมลงต่อย (พิมลพรรณ, 2559) ใบโหระพา*(Ocimum basilicum)* นิยมใช้ในการปรุงอาหารไทยหลายชนิด มีสรรพคุณช่วยในการแก้เป็นลมวิงเวียน ขับลมในลำไส้ แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แก้ปวดหัว แก้ไอ และแก้ท้องเสีย (ประภัสสร, 2556) ใบผักแพว *(Persicaria odorata)* มีฤทธิ์ต่อต้านหรือป้องกันโรคได้หลายประเภท เช่น มีฤทธิ์ในการป้องกันการอักเสบ ป้องกันแบคทีเรียและไวรัส ป้องกันอาการแพ้ ป้องกันมะเร็ง ชะลอความชรา โรคทางระบบประสาทที่เกิดจากความเสื่อม (นันทิยา, 2557) ใบแมงลัก*(Ocimum basilicum L.f. var. citratum Back.)* ใบแมงลักมีกลิ่นหอม ใช้แต่งกลิ่นอาหาร และเป็นส่วนประกอบของอาหารหลากหลายชนิด เช่น แกงเลียง ขนมจีนน้ำยา เป็นต้น มีสรรพคุณ แก้วิงเวียงศีรษะ ขับลมในลำไส้ แก้ธาตุพิการ แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ (วนารี, 2558) ใบคะน้า*(Brassica alboglabra)* ใบคะน้ามีวิตามินหลายชนิด ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ มะเร็งปอด และมะเร็งกระเพาะปัสสาวะ และยังมีวิตามินซีช่วยเสริมสร้างเนื้อเยื่อให้ชุ่มชื่น และทำให้ระบบภูมิคุ้มกันโรคมีความแข็งแรงสมบูรณ์ (ประสิทธิ์, 2557) ใบกะเพรา*(Ocimum sanctum)* ใบกะเพรามีกลิ่นหอมฉุนและรสเผ็ดร้อน คนในท้องถิ่นจึงไม่นิยมกินกะเพราโดยตรงเหมือนผักชนิดอื่นๆ แต่นิยมนำไปเป็นเครื่องปรุงรสชาติและกลิ่นในการประกอบอาหารต่างๆ มีสรรพคุณ เป็นยาขับลมแก้ปวด แก้ท้องเสีย แก้ปวดฟัน แก้ไข้เรื้องรัง แก้จุกเสียดในท้อง และคลื่นไส้อาเจียน (ดวงรัตน์, 2558) จากประโยชน์ของสมุนไพรดังกล่าว ประกอบกับปัจจุบันกระแสการดูแลรักษาสุขภาพในทิศทางของการใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวันของคนมีแนวโน้มสูงขึ้น ความต้องการบริโภคสมุนไพรทั้งที่เป็นสมุนไพรสด และทั้งที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มีเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากปัจจุบันการบริโภคอาหารที่ไม่ปลอดภัย อันเกิดจากการปนเปื้อนของสารเคมีและยาปราบศัตรูพืชจะส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อร่างกาย ทำให้เกิดการเจ็บป่วย หรือสะสมในร่างกายก่อให้เกิดโรคต่างๆ สมุนไพรพื้นบ้านที่ปลูกแบบธรรมชาติมีคุณสมบัติในการบำบัดอาการของโรค รักษาโรค การป้องกันโรค (พรหมมินทร์, 2554) การส่งเสริมให้ประชาชนมีการปลูกสมุนไพรในครัวเรือนเพื่อการบริโภคมากขึ้น แต่การนำสมุนไพรไปใช้ประโยชน์ยังมีจำกัด การแปรรูปสมุนไพรให้มีอายุการเก็บรักษาไว้ให้ได้นานมากขึ้น หรือการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารให้มีความหลากหลายมากขึ้น จึงมีความจำเป็น เพื่อเป็นการขยายตลาดและโอกาสในการจำหน่ายสมุนไพรในรูปแบบของผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม ด้วยเหตุผลดังกล่าวทางผู้วิจัยจึงคิดนำสมุนไพรมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ เพื่อเป็นอาหารว่างหรืออาหารรับประทานเล่นที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรในท้องถิ่น และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยจึงนำสมุนไพรมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาชนิดของสมุนไพร และปริมาณของแป้งสาลีที่เป็นตัวประสานในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบที่ผู้บริโภคยอมรับ วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสมุนไพรแผ่นอบกรอบ โดยกำหนดวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

1. การศึกษาชนิดของสมุนไพรที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรอบกรอบ

ทำการผลิตสมุนไพรแผ่นอบกรอบ โดยใช้สมุนไพรพื้นบ้าน ทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ ใบกะเพรา ใบโหระพา ใบคะน้า ใบแมงลัก ใบตำลึง ใบผักแพว นำมาปรุงรส จากนั้นทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 100 คน ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบ 9-Point Hedonic Test พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) แสดงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอบกรอบ (แสดงดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ

วัตถุดิบ	ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบสูตรต้นแบบ					
	สูตรที่ 1 ใบคะน้า	สูตรที่ 2 ใบกะเพรา	สูตรที่ 3 ใบโหระพา	สูตรที่ 4 ใบแมงลัก	สูตรที่ 5 ใบตำลึง	สูตรที่ 6 ใบผักแพว
ใบคะน้า (กรัม)	100	-	-	-	-	-
ใบกะเพรา (กรัม)	-	100	-	-	-	-
ใบโหระพา (กรัม)	-	-	100	-	-	-
ใบแมงลัก (กรัม)	-	-	-	100	-	-
ใบตำลึง (กรัม)	-	-	-	-	100	-
ใบผักแพว (กรัม)	-	-	-	-	-	100
แป้งสาลี (กรัม)	25	25	25	25	25	25
น้ำตาลทราย (กรัม)	5	5	5	5	5	5
พริกไทยป่น (กรัม)	1	1	1	1	1	1
น้ำมันงา (กรัม)	1	1	1	1	1	1
ซีอิ๊วขาว (กรัม)	4	4	4	4	4	4
น้ำเปล่า (มิลลิลิตร)	100	100	100	100	100	100

ที่มา : วันเพ็ญ แสงทองพินิจ, ศิริญา ทาคำ, พรทิพย์ เทพทับทิม, และปรีดา เฟื่องฟู. (2558, มีนาคม). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นเพื่อสุขภาพจากกระเจี๊ยบเขียวและผักบุ้งจีน. (ครั้งที่ 7). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

วิธีการทำผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ

นำผักและสมุนไพรพื้นบ้าน ได้แก่ ใบคะน้า ใบกะเพรา ใบโหระพา ใบใบแมงลัก ใบตำลึง ใบผักแพว ล้างทำความสะอาด จากนั้นนำไปลวกในน้ำเดือด อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น พักให้สะเด็ดน้ำ นำมาปั่นให้ละเอียด จากนั้นนำสมุนไพรพื้นบ้านที่ได้ 100 กรัมผสมกับเครื่องปรุง ซึ่งประกอบด้วย ซีอิ๊วขาว 4 กรัม น้ำตาลทราย 5 กรัม พริกไทยป่น 1 กรัม น้ำมันงา 1 กรัม เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เทใส่ถาดที่รองด้วยพลาสติก เกลี่ยให้เรียบเท่ากันหนา 5 มิลลิเมตร นำเข้าอบ ที่ตู้อบลมร้อน ด้วยอุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบ 4 ชั่วโมง เมื่อแห้งสนิท นำมาตัดเป็นชิ้น ขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว จากนั้นนำไปอบที่เตาอบไฟฟ้า อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส นาน 15 นาทีหรือทอดในน้ำมันร้อนจนสุก

2. การศึกษาปริมาณของแป้งสาลีที่เป็นตัวประสานในการขึ้นรูปที่เหมาะสมต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ

2.1 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

ทำการผลิตสมุนไพรแผ่นอบกรอบสูตรที่ได้การยอมรับสูงสุด (ข้อ1) ทำการผลิตโดยเสริมแป้งสาลีในอัตราส่วนต่างๆ คือ ร้อยละ 20 25 และ 30 (ของสมุนไพรทั้งหมด) และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบ 9-Point Hedonic Test พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) **(**Chamberiv & wolf**,** 1996**)** เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบที่ผู้บริโภคยอมรับสูงสุด

2.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์สมุนไพรอบกรอบ ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) พลังงาน และสารต้านออกซิเดชั่น ตามวิธีของ AOAC (2016) โดยใช้วิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ตามวิธีการของ Perez et al. (2007)

2.3 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ (ค่าสี L* a* b*)

ทำการวัดค่าสี L* a* b* วัดด้วยค่าเครื่องวัดสี (Color reader CR-10 Japan) รายงานเป็นค่าความสว่าง L* ค่าสีแดง-เขียว a* และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน b*

2.4 การศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์

นำผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค มาทำการตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เลขที่ 1038/2554 ดังนี้

2.4.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.4.2 ซาลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

2.4.3 สตาฟิโลค็อกคัส ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.4.4 บาซิลลัส ซีเรียส ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.4.5 คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.4.6 เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.4.7 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาชนิดของสมุนไพรที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค โดยนำสมุนไพรแผ่นอบกรอบทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ ใบกะเพรา ใบโหระพา ใบคะน้า ใบแมงลัก ใบตำลึง ใบผักแพว มาปรุงรสและทดสอบการยอมรับโดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 100 คน มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบ 9-Point Hedonic Test พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์กะเพราแผ่นอบกรอบได้คะแนนความชอบทุกคุณลักษณะมากที่สุด (แสดงดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ

คุณลักษณะ	**ตัวอย่างสมุนไพรแผ่นอบกรอบ**					
	สูตรที่ 1 ใบคะน้า	สูตรที่ 2 ใบกะเพรา	สูตรที่ 3 ใบโหรพา	สูตรที่ 4 ใบแมงลัก	สูตรที่ 5 ใบตำลึง	สูตรที่ 6 ใบผักแพว
ลักษณะที่ปรากฏ	6.97 ± 0.10^{b}	7.59 ± 0.11^{a}	6.86 ± 0.10^{bc}	6.51 ± 0.11^{d}	6.58 ± 0.13^{cd}	5.99 ± 0.13^{e}
สี	7.06 ± 0.12^{b}	7.49 ± 0.11^{a}	6.68 ± 0.11^{c}	6.42 ± 0.12^{c}	6.59 ± 0.12^{c}	5.93 ± 0.12^{d}
กลิ่น	7.00 ± 0.12^{a}	7.29 ± 0.11^{a}	6.42 ± 0.13^{b}	6.39 ± 0.11^{b}	6.34 ± 0.18^{b}	5.58 ± 0.14^{c}
รสชาติ	7.00 ± 0.12^{b}	7.29 ± 0.13^{a}	6.32 ± 0.12^{c}	6.28 ± 0.10^{c}	6.26 ± 0.12^{c}	5.40 ± 0.14^{d}
ลักษณะเนื้อสัมผัส	6.99 ± 0.12^{a}	7.32 ± 0.13^{a}	6.63 ± 0.13^{b}	6.16 ± 0.11^{c}	6.46 ± 0.12^{bc}	5.79 ± 0.13^{d}
ความชอบโดยรวม	7.31 ± 0.12^{b}	7.96 ± 0.12^{a}	6.48 ± 0.12^{c}	6.18 ± 0.13^{c}	6.26 ± 0.13^{c}	5.29 ± 0.14^{d}

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 100 ซ้ำ

**ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

2. ผลการศึกษาปริมาณแป้งสาลีที่เป็นตัวประสานในการขึ้นรูปที่เหมาะสมการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ

จากการศึกษาปริมาณแป้งสาลีที่เป็นตัวประสานในการขึ้นรูปที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ โดยทำการเสริมแป้งสาลีในอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้ ร้อยละ 20 25 และ 30 (ของน้ำหนักสมุนไพรทั้งหมด) จากนั้นทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบ 9-Point Hedonic Test พิจารณาทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ สูตรที่2 (ใบกะเพราแผ่นอบกรอบ : แป้งสาลี ร้อยละ 25) ได้รับคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะมากที่สุด (แสดงดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบ

คุณลักษณะ	ตัวอย่างใบกะเพราแผ่นอบกรอบ		
	สูตรที่ 1 แป้งสาลี ร้อยละ 20	สูตรที่ 2 แป้งสาลี ร้อยละ 25	สูตรที่ 3 แป้งสาลี ร้อยละ 30
ลักษณะที่ปรากฏ	6.98 ± 0.10^{b}	7.60 ± 0.10^{a}	6.94 ± 0.10^{b}
สี	7.04 ± 0.11^{b}	7.46 ± 0.10^{a}	6.83 ± 0.10^{b}
กลิ่น	7.01 ± 0.11^{b}	7.73 ± 0.08^{a}	6.81 ± 0.11^{b}
รสชาติ	6.98 ± 0.09^{b}	7.66 ± 0.10^{a}	6.69 ± 0.12^{b}
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.04 ± 0.10^{b}	7.70 ± 0.11^{a}	6.81 ± 0.10^{b}
ความชอบโดยรวม	7.24 ± 0.09^{b}	7.93 ± 0.10^{a}	6.67 ± 0.11^{c}

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบ 100 ซ้ำ

**ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) พลังงาน และฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น ของผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบ พบว่า ผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบมีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นสูง (แสดงดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบ

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
ความชื้น (กรัม)	3.74 ± 0.02
เถ้า (กรัม)	3.83 ± 0.01
โปรตีน (กรัม)	13.84 ± 0.03
ไขมัน (กรัม)	6.58 ± 0.02
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	72.01 ± 0.04
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (กรัม)	8.22 ± 0.03
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	402.62 ± 0.01
ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น (ไมโครโมลโทรล็อก (trolox))	421.88 ± 0.02

4. ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพค่าสี L* a* b*

จากการศึกษาคุณภาพด้าน ค่าสี L* a* b* ของผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบ ในปริมาณ ร้อยละ 20 25 และ30 พบว่า เมื่อเสริมแป้งสาลีในปริมาณมากขึ้น พบว่า ค่าความสว่าง L* มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นสีแดง a* มีค่าลดลง และค่า b* เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (แสดงดังตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงค่าสี L*a*b* ของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ

ปริมาณแป้งในผักแผ่นอบกรอบ	ค่าความสว่าง(L*)	ค่าสีแดง(a*)	ค่าสีเหลือง(b*)
สูตรต้นแบบ 1 ใบคะน้า	54.86 ± 0.06	13.61 ± 0.06	9.25 ± 0.07
สูตรต้นแบบ 2 ใบกะเพรา	45.23 ± 0.11	15.18 ± 0.05	3.36 ± 0.06
สูตรต้นแบบ 3 ใบโหระพา	45.59 ± 0.09	10.32 ± 0.05	4.20 ± 0.05
สูตรต้นแบบ 4 ใบแมงลัก	55.84 ± 0.06	10.71 ± 0.11	5.58 ± 0.04
สูตรต้นแบบ 5 ใบตำลึง	57.05 ± 0.09	12.80 ± 0.09	7.03 ± 0.07
สูตรต้นแบบ 6 ใบผักแพว	50.42 ± 0.10	12.41 ± 0.06	7.23 ± 0.11
ใบกะเพราแผ่นอบกรอบ:แป้งสาลีร้อยละ 20	40.98 ± 0.11	28.24 ± 0.05	1.46 ± 0.10
ใบกะเพราแผ่นอบกรอบ:แป้งสาลีร้อยละ 25	42.48 ± 0.07	15.01 ± 0.04	2.16 ± 0.11
ใบกะเพราแผ่นอบกรอบ:แป้งสาลีร้อยละ 30	43.06 ± 0.12	14.98 ± 0.10	2.42 ± 0.12

5. ผลการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

จากการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ทอดกรอบแผ่นเลขที่ 1038/2554 พบว่าผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (แสดงดังตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 แสดงคุณภาพจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

รายงานทดสอบ	ผลการทดสอบ
Total Plate Count	1.1×10^3 Cfu/g.
Salmonella spp.	Not Detected
Staphylococcus Aureus	<10 est. Cfu/g.
Bacillus Cereus	1.2×10^2 Cfu/g.
Clostridium Perfringens	<10 Cfu/g.
Escherichia Coli	<2 MPN/g.
Yeast and Mold	<10 Cfu/g.

อภิปรายผล

จากการคัดเลือกสูตรต้นแบบของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบทั้ง 6 สูตร ได้แก่ สูตรที่1(ใบคะน้า) สูตรที่2(ใบกะเพรา) สูตรที่3(ใบโหระพา) สูตรที่4(ใบแมงลัก) สูตรที่5(ใบตำลึง) สูตรที่6(ใบผักแพว) พบว่า ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบสูตรที่ 2 (ใบกะเพรา) มีผลการยอมรับสูงสุดในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม อาจเป็นผลมาจาก ใบกะเพรามีกลิ่นที่หอมเฉพาะตัวและเป็นสมุนไพรที่ผู้บริโภคคุ้นเคย (ดวงรัตน์, 2558) สูตรที่2 จึงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ โดยการเสริมแป้งสาลีร้อยละ 20 25 และ 30 (ของน้ำหนักสมุนไพรทั้งหมด) ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบที่เสริมด้วยแป้งสาลี ร้อยละ 25 มากที่สุด เป็นผลมากจาก แป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการช่วยให้เกิดโครงสร้างและทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปอยู่ได้เมื่ออบเสร็จ (จิตธนา และอรอนงค์, 2556) และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ มีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 421.88 ไมโคลโมล โทล็อก สอดคล้องกับของ สุกัญญา (2555) ได้ทำการศึกษา เรื่องกะเพรากับการต้านอนุมูลอิสระ จากการศึกษาพบว่า การบริโภคกะเพราเป็นประจำมีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย สามารถต้านอนุมูลอิสระและป้องกันการเกิดโรคร้ายต่างๆได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ใบกะเพรายังเป็นพืชที่ช่วยบรรเทาอาการหวัด ปวดศีรษะ อาการต่างๆ ของกระเพาะอาหาร อาการอักเสบ โรคหัวใจและหลอดเลือด ปรับสมดุลระบบภูมิต้านทาน และขับสารพิษต่างๆ (สุธาทิพ, 2551) ใบกะเพรา มีสรรพคุณทางยา ช่วยขับเหงื่อ แก้ไข้ ขับเสมหะ คลื่นไส้อาเจียน และสาร eugenol ที่อยู่ในใบกะเพรา มีฤทธิ์ขับน้ำดี ช่วยย่อยไขมัน ลดการจุกเสียด (อนงค์, 2554)

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแผ่นอบกรอบ ได้ทำการศึกษาหาชนิดของสมุนไพรพื้นบ้านทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ ใบคะน้า ใบกะเพรา ใบโหระพา ใบแมงลัก ใบตำลึง ใบผักแพว ทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ใบกะเพราอบกรอบมากที่สุด จากนั้นทำการศึกษาปริมาณแป้งสาลีที่เป็นตัวประสานในการขึ้นรูปโดยการเสริมแป้งสาลี ร้อยละ 20 25 และ 30 (ของน้ำหนักสมุนไพรทั้งหมด) ทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบที่เสริมด้วยแป้งสาลี ร้อยละ 25 (ใบกะเพราแผ่นอบกรอบ:แป้งสาลี ร้อยละ 25) มากที่สุด และจากการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบเสริมแป้งสาลี ร้อยละ 25 มีความชื้น ร้อยละ 3.74 เถ้า ร้อยละ 3.83 โปรตีน ร้อยละ 13.84 ไขมัน ร้อยละ 6.58 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 72.01 ใยอาหาร 8.22 กรัมต่อ 100 กรัม พลังงาน 402.22 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม และ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น 421.88 ไมโคลโมล โทล็อก (trolox) คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบ ค่า L* a* b* เท่ากับ 42.48, 15.01 และ 2.16 ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ใบกะเพราแผ่นอบกรอบมีคุณภาพทางจุลินทรีย์ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เลขที่ 1038/2554

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หลักสูตรสาขาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำงานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ, อรอนงค์ นัยวิกุล. (2556). **เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น.** ครั้งที่2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดวงรัตน์ คงดี. (2558). **กะเพราขาว.** สุราษฎร์ธานี:คณะสำรวจและจัดทำฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลคลองชะอุ่น.

นันทิยา สมภาร, จริญญาพร เนาวบุตร, ศุภเกต แสนทวีสุข และอัจฉราพร แถวหมอ. (2557). **การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดผักแพวในหลอดทดลองและในร่างกายของหนูแรท**. ธรรมศาสตร์เวชสาร. 15(1):61.

ประภัสสร มุ่นเชย. (2555). **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากใบและดอกโหระพา.** สัญญาอนุญาติ:ครีเอทีฟคอมมอนส์.

ประสิทธิ์ กาบจันทร์. (2557). **การปลูกคะน้าอินทรีย์**. สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ปรัชญพงศ์ ยาศรี. (2541). โรงเรียนร้อยเอ็ดวิยาลัย. **ฤทธิ์การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารสกัดจากใบกะเพรา**

พรหมมินทร์ สายนาคำ. (2554). **การแปรรูปสมุนไพรเพื่อเศรษฐกิจชุมชนบทพื้นฐานเศรษฐกิจพอเพียง**. คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาลำปาง.

พิมลพรรณ อนันต์กิจไพศาล. (2559). **1001 สุดยอดสมุนไพรต้านโรค ใช้เป็น สุขภาพดี.** ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: เกท ไอเดีย

รัตติพร กายเพชร, ธนิยา หมวดเชียงคะ และไพรินทร์ ต้นพุฒ. **ฤทธิ์การต้านเชื้อสเตร็ปโตคอคคัสมิวแทนส์ของน้ำมันหอมระเหยกะเพรา.** วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์มหิดล. 2558;35(3):311-319.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้ทอดกรอบ. (2554). เข้าถึงได้จาก:file:///C:/Users/USER/Downloads/Documents/tcps. 1038_54.pdf. (สืบค้นเมื่อ: 2 ธันวาคม 2560).

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ, ศิริญา ทาคำ, พรทิพย์ เทพทับทิม และปรีดา เฟื่องฟู. (2558). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นเพื่อสุขภาพจากกระเจี๊ยบเขียวและผักบุ้งจีน**. (ครั้งที่ 7). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

วินาลี สุทธิรักษ์. (2558). **ใบแมงลัก.** สุราษฎร์ธานี:คณะสำรวจและจัดทำฐานทรัพยากรท้องถิ่น ตำบลคลองชะอุ่น.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), สำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, กรมชลประทาน, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.), กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, **วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี** (EN)

สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ. (2557). **ใบกะเพรา สมุนไพรใกล้ตัว.** มุมสุขภาพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

สุกัญญา เขียวสะอาด. (2555). กะเพรากับการต้านอนุมูลอิสระ. **วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง.** 21(2):61-62.

สุธาทิพ ภมรประวัติ. (2551). **กะเพราจัดเป็นราชินีสมุนไพรใช้ทั้งด้านร่างกายและจิตวิญญาณกะเพรา**. นิตยสารหมอชาวบ้าน. ฉบับที่355.

อนงค์ ทองทับ. (2554). การใช้ใบกะเพราดึงดูดแมลงวันทองแทนฟีโรโมน. **วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี**. 8(1):67

A.O.A.C. (2016). **Official Mathods of Analysis**. (17th ed.), Gaithersburg, Maryland: Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.

Chamber IV, E., and Wolf, M.B. (1996). **Sensory testing methods.** 2nd ed. Philadelphia: USA, American

Perez M.B., Calderon N.L. & Croci C.A. (2007). Rediation-induced enhancement of antioxidant activity in Extracts of rosemary (Rosmarinus officinalis L.). **Food Chemistry**. 104: 585-542

Society for Testing and Materials. USA.

ผลของการเสริมแป้งใยอาหารสูงต่อสมบัติของเส้นขนมจีนอบแห้ง
EFFECTS OF THE ADDITION OF HIGH FIBER FLOURS ON THE PROPERTIES OF DRIED "KANOM JEEN"

พรทิพย์ เหล่าทองสาร* คงศักดิ์ ศรีแก้ว และ ชุติมา เลิศลักษมี
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : pornthip.l@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมแป้งใยอาหารสูง 3 ชนิด โดยเป็นแป้งจากธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ แป้งกล้วยดิบและแป้งหัวพุทธรักษา เปรียบเทียบกับแป้งใยอาหารสูงทางการค้า 1 ชนิด ได้แก่ Hi-maize® 260 โดยทำการเติมลงไปในแป้งผสมสำหรับทำขนมจีน ที่ระดับร้อยละ 0 (Control), 5, 10 และ 20 ของน้ำหนักก้อนแป้ง จากนั้นตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติการหุงต้ม องค์ประกอบของสตาร์ช อัตราการย่อยสตาร์ช และสมบัติทางประสาทสัมผัส ผลพบว่าการเสริมแป้งใยอาหารสูงทั้ง 3 ชนิด มีผลกระทบต่อสมบัติของเส้นขนมจีนที่ได้ โดยจะทำให้เส้นขนมจีนมีสีเปลี่ยนไป ค่า aw ไม่เปลี่ยนแปลง การเติมแป้งใยอาหารสูงทุกชนิดช่วยปรับปรุงสมบัติการหุงต้ม ทำให้ค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้จากการต้มเพิ่มมากขึ้น มีปริมาณสตาร์ชต้านทานการย่อยเพิ่มขึ้นและลดอัตราการย่อยสตาร์ช ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในภาพรวมพบว่าผู้บริโภคชื่นชอบเส้นขนมจีนที่มีการเสริม Hi-maize® 260 มากกว่า แป้งหัวพุทธรักษา และแป้งกล้วยตามลำดับ ระดับการเติม Hi-maize® 260 ที่เหมาะสมคือร้อยละ 20

คำสำคัญ : ขนมจีนอบแห้ง ใยอาหาร แป้งดัดแปร

Abstract

This research aimed to study the effects of the addition of high fiber flours including those from natural sources (raw banana and canna flours) and a commercial modified starch (Hi-maize® 260) on the properties of dried "Kanom Jeen". Each high fiber source was added to the based mixtures for "Kanom Jeen" at 0 (control), 5, 10, 20 % wet basis, respectively. Physical and cooking properties, starch composition, starch digestion rate and sensory evaluation of the products were examined. It was found that the addition of all high fiber ingredients affected the properties of "Kanom Jeen". They induced the color changes, improved cooking properties by enhancing the cooking yields. In addition, the addition of high fiber ingredients increased resistant starch content and retard starch digestion rate. Sensory evaluation suggested that consumers preferred the products added with Hi-maize® 260, more than canna and raw banana flours, respectively. The suitable level of Hi-maize® 260 was found to be 20%.

Keywords : dried "Kanom Jeen" fiber modified starch

บทนำ

ขนมจีน เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่แปรรูปจากข้าวเจ้า และเป็นอาหารที่คนไทยนิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม ขนมจีนโดยทั่วไปมักจะเป็นขนมจีนเส้นสด การบริโภคขนมจีนจะต้องทำการปรุงและรับประทานภายใน 1-2 วัน เนื่องจากขนมจีนมีปัญหาในเรื่องของอายุการเก็บรักษาที่สั้น เพราะมีปริมาณความชื้นสูง ทำให้มีการพัฒนาผลิตเส้นขนมจีนจากเส้นสดให้เป็นเส้นขนมจีนอบแห้ง เพื่อเป็นการถนอมอาหาร และเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ในการผลิตมักพบปัญหาเรื่องคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะสมบัติการหุงต้ม เช่นความสามารถในการคืนรูปของเส้น

ขนมจีน (สิริชัย ส่งเสริมพงษ์, 2546) รวมถึงคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากเส้นขนมจีนมักผลิตจากข้าวท่อน หรือข้าวหักขัดขาวซึ่งจะมีปริมาณใยอาหารน้อยมาก (อรอนงค์ นัยวิกุล และคณะ, 2535)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงสมบัติของเส้นขนมจีนอบแห้ง โดยการเติมแป้งใยอาหารสูง 3 ชนิด เป็นแป้งจากธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ แป้งกล้วยดิบและแป้งหัวพุทธรักษา เปรียบเทียบกับแป้งใยอาหารสูงทางการค้า 1 ชนิด ได้แก่ Hi-maize® 260 และศึกษาผลกระทบของการเติมแป้งใยอาหารสูงดังกล่าว ต่อสมบัติของขนมจีนอบแห้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

ข้าวสำหรับใช้ผลิตเส้นขนมจีนอบแห้งเป็นข้าวพันธุ์หนวดปลาดุก ในส่วนของแป้งใยอาหารสูง ได้แก่แป้งกล้วยดิบได้จากการนำกล้วยน้ำว้าแก่จัดมาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ อบให้แห้งและบดเป็นแป้ง ส่วนแป้งหัวพุทธรักษา จัดซื้อจากผู้จำหน่ายในประเทศเวียดนาม (ThanhLoc JSV., Vietnam) และแป้งดัดแปร Hi-maize® 260 จัดซื้อจากบริษัท National Starch & Chemical (Thailand) Co., Ltd.

สารเคมีและเอนไซม์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ จัดซื้อจากบริษัท Sigma Aldrich (Thailand) Co., Ltd. โดยสารเคมีที่ใช้เป็นเกรดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

กระบวนการผลิตขนมจีนแป้งหมัก

การผลิตเส้นขนมจีนทำได้โดยการนำข้าวสารมาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำไปแช่น้ำนาน 30 นาที เพื่อให้เมล็ดข้าวสารอ่อนตัวแล้วนำข้าวใส่ในภาชนะสำหรับหมัก ล้างน้ำให้สะอาดอีกครั้ง ปิดด้วยถุงพลาสติกวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยทำการล้างวันละ 2 รอบ เช้าและเย็น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดราและป้องกันไม่ให้เมล็ดข้าวมีสีคล้ำมากเกินไป โดยสังเกตว่าข้าวจะมีสีคล้ำจากเดิม และเมล็ดข้าวเปื่อยยุ่ย มีกลิ่นหมัก จากนั้นนำข้าวที่ได้จากการหมักแล้ว มาผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:2 นำมาทำการยีด้วยมือให้ละเอียด จะได้น้ำแป้งข้นสีขาวทำการกรองน้ำแป้งใสในผ้าขาวบางเพื่อกำจัดกากและสิ่งปนเปื้อนออก ทำการกรอกน้ำแป้งในถุงผ้าดิบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำออกจากแป้ง จะได้ก้อนแป้งที่มีสีขาวขุ่น มีกลิ่นหมัก เนื้อแป้งเกาะกันแน่น ในส่วนของการนึ่งแป้งและนวดแป้ง ทำได้โดยการนำก้อนแป้งไปนึ่งให้สุกเล็กน้อยประมาณ 10 นาที โดยสังเกตว่าแป้งจะสุกเข้าไปประมาณ 1-3 เซนติเมตร แล้วนำมาทำการนวดแป้งด้วยเครื่องนวดแป้งเพื่อให้ส่วนของแป้งดิบและแป้งสุกผสมเข้ากันด้วยกัน และในระหว่างการนวดให้เติมน้ำร้อนใส่ลงไปทีละน้อยเพื่อให้แป้งมีความชื้นประมาณร้อยละ 47-50 เพื่อช่วยในการนวด นำแป้งที่ผ่านการนวดแล้วมาใส่ในที่กดเส้น ค่อยๆ บีบให้เส้นตกลงไปในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95-98 องศาเซลเซียส รอจนกระทั่งเส้นขนมจีนสุกจึงรีบตักออก ใส่ลงไปในน้ำเย็นและทำการจับเส้น และนำเส้นขนมจีนที่ได้ไปอบแห้ง อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง

การเติมแป้งใยอาหารสูง

เติมแป้งใยอาหารสูง 3 ชนิด โดยทำการเติมลงไปทีละชนิด ร้อยละ 0 (Control), 5, 10, 20 ของน้ำหนักก้อนแป้ง (น้ำหนักเปียก) ในขั้นตอนหลังจากการนึ่ง ก่อนจะนำไปนวด

การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ

การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนที่ผ่านการให้ความร้อน ได้แก่ สี ร้อยละน้ำหนักที่ได้จากการต้ม (Cooking yield) และ ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในการต้ม (Cooking Loss) โดยวัดค่าสี L* a* b* ตรวจสอบโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta ค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้จากการต้ม และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในการต้ม ตามวิธีของ AACC, (2000) ทำได้โดยเตรียมตัวอย่างจำนวน 10 กรัม ต้มในน้ำเดือด จำนวน 200 มิลลิลิตร นาน 5 นาที เทใส่ตระแกรงพักไว้ 5 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณตามสมการที่ (1) และนำน้ำส่วนที่เหลือใส่ในบีกเกอร์จากนั้นอบด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสข้ามคืน จนเหลือเป็นตะกอนใส และเก็บไว้โถดูดความชื้น รอจนน้ำหนักคงที่ จากนั้นคำนวณตามสมการที่ (2)

$$\text{Cooking yield (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นหลังต้ม} - \text{น้ำหนักเส้นก่อนต้ม}}{\text{น้ำหนักเส้นก่อนต้ม}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำที่ใช้หลังต้ม}}{\text{น้ำหนักเส้นที่ใช้ต้ม}} \times 100 \quad (2)$$

วิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water Activity: a_w) โดยใช้เครื่องวัด Water Activity

วิเคราะห์องค์ประกอบของสตาร์ชทั้งหมด ได้แก่ RS, Non-RS และ ปริมาณสตาร์ชทั้งหมด (Total starch) โดยใช้ชุดทดสอบจาก Megazyme International (Ireland) ตามวิธีการของ AOAC (2000)

อัตราการย่อยสตาร์ช (*in vitro* starch digestibility)

อัตราการย่อยสตาร์ช (*in vitro* starch digestibility) ตามวิธีการ Sopade and Gidley (2009) โดยนำตัวอย่างบดให้ละเอียดมีขนาด 1.0 มิลลิเมตร ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัมใส่ในหลอดทดลองขนาด 50 ml ผสมกับน้ำกลั่น (1:1.5 w/w) ต้มในน้ำเดือดนาน 20 นาที เติม α-amylase (250 U) ที่เตรียมด้วย carbonate buffer (pH7) 1 มิลลิลิตร ภายในเวลา 15-20 นาที เติมเอนไซม์ pepsin ใน HCl 0.02M (pH2) จำนวน 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีโดยทำการเขย่า 85 ครั้งต่อนาที ทำการปรับตัวอย่างให้เป็นกลางโดยการเติม NaOH 0.02M จำนวน 5 มิลลิลิตร เติม 0.02M Sodium acetate buffer (pH 6) จำนวน 25 มิลลิลิตร และเอนไซม์ pancreatin/amuloglucosidase ใน acetate buffer จำนวน 5 มิลลิลิตร นำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มีการเขย่า 85 ครั้งต่อนาที นาน 4 ชั่วโมง โดยระหว่างการบ่มทำการตรวจวัดปริมาณกลูโคสโดยใช้เครื่องวัดน้ำตาลที่เวลาต่าง ๆ (0, 10, 20, 30 ,45, 60, 90 ,120, 150,180, 210 และ 240) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาสตาร์ชที่อยู่ย่อยต่อ 100 กรัม จากสมการ

$$Ds = \frac{0.9 \times G_G \times 180 \times v}{W \times S[100 - M]} \quad (3)$$

GG= glucometer reading (mM/L), V = ปริมาตรที่ได้จากการย่อย, 180 = มวลโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส,
W= น้ำหนักตัวอย่างกรัม (กรัม), S = ปริมาณสตาร์ชทั้งหมดที่อยู่ในตัวอย่าง, 0.9= ค่าคงตัวที่ได้จากกลูโคส

วิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยการทดสอบ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน จากภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบรวมแบบ 9-point hedonic scale ให้คะแนนในช่วง 1-9 โดยคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงไม่ชอบมาก ทำการทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้าน สี กลิ่นรส ความเหนียว ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2551)

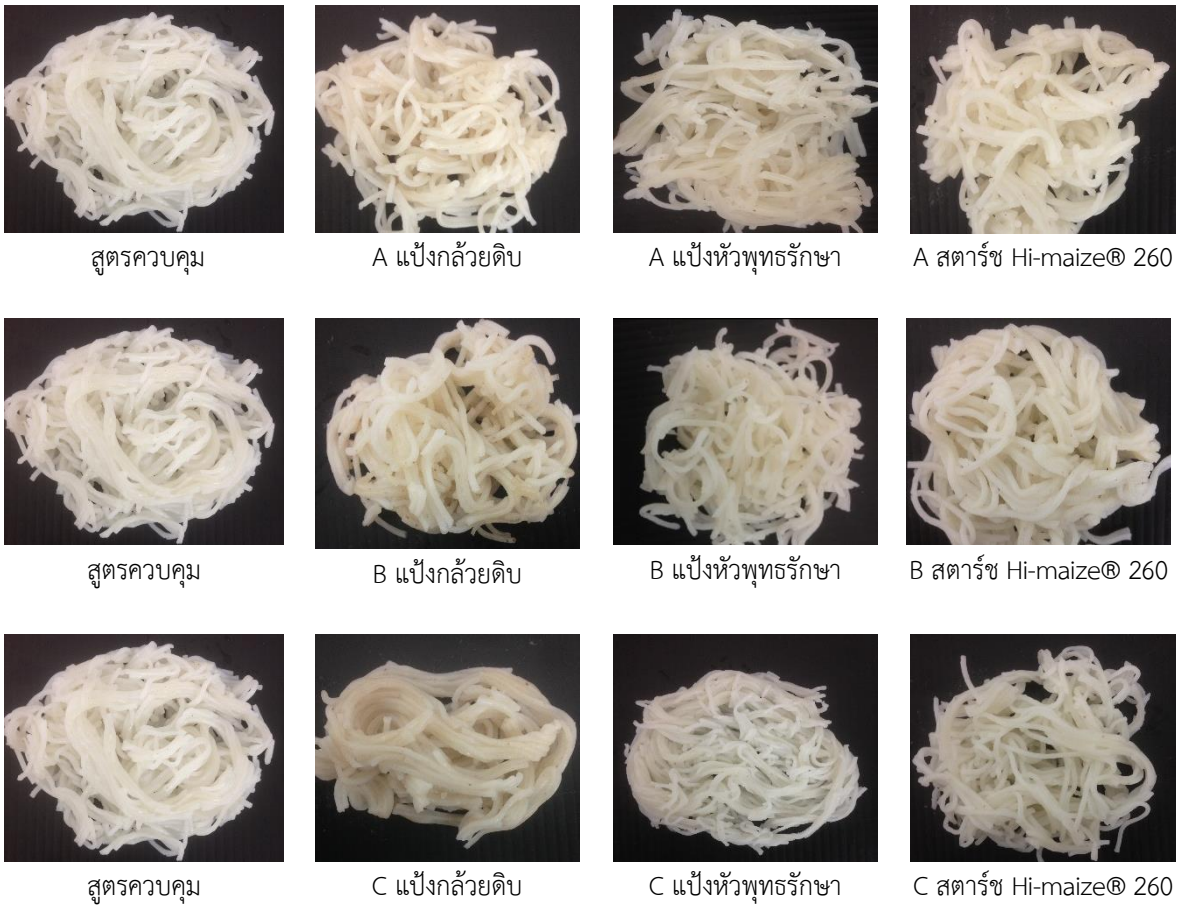
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี วางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan's New Multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองและได้การยอมรับสูงสุด โดยใช้โปรแกรม SPSS statistic base 17.0 for window

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนที่เติมแป้งใยอาหารสูงทั้ง 3 ชนิดที่ร้อยละ 0 (control), 5, 10 และ 20 (โดยน้ำหนักก้อนแป้ง) และพิจารณาลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ได้ แสดงดังรูปที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของเส้นขนมจีนที่เติมแป้งใยอาหารสูงทั้ง 3 ชนิด หลังคืนรูป

สูตรควบคุม, A แป้งที่เติมสตาร์ชใยอาหารสูง ร้อยละ 5, B แป้งที่เติมสตาร์ชใยอาหารสูง ร้อยละ 10, C แป้งที่เติมสตาร์ชใยอาหารสูง ร้อยละ 20

ผลการทดลองการเติมแป้งใยอาหารสูง ในผลิตภัณฑ์ขนมจีนอบแห้ง โดยมีแป้งใยอาหารทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ แป้งกล้วยดิบ, แป้งหัวพุทธรักษา และสตาร์ช Hi-maize® 260 นำมาตรวจสอบสมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ผลดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 การวิเคราะห์ค่าสีของเส้นจนมจีนอบแห้งหลังคืนรูปด้วยเครื่อง Hunter Lab ในระบบ CIE ทั้ง 4 สูตร พบว่า เส้นขนมจีนทุกสิ่งทดลองมีค่า L* (ค่าความสว่างของสี) อยู่ในช่วง 63.57 ถึง 77.80 ค่าสีแดง a* (ค่าความเป็นสีเขียวเมื่อมีค่าติดลบ) อยู่ในช่วง -1.00 ถึง -0.33 แต่ยกเว้นแป้งกล้วยที่มีค่าเป็นบวกของสีแดง ในช่วง 0.60 ถึง 1.43 เนื่องจากสีน้ำตาลอ่อนของแป้งกล้วยเมื่อผ่านการทำสุก อาจเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากการกระทำของเอนไซม์ (enzymatic browning) รวมถึงปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ในกระบวนการเตรียมแป้ง และค่าสีเหลือง b* (ค่าความเป็นสีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวก) อยู่ในช่วง 1.63 ถึง 6.00 โดยค่าสีมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งใยอาหารมากขึ้นในผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนทำให้ค่าสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรควบคุมซึ่งไม่มีการเติมแป้งใยอาหารสูง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity a_w) ผลดังตารางที่ 1 คือค่าที่แสดงถึงความสามารถของน้ำในการเกิดปฏิกิริยาเคมีในอาหารและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สามารถใช้ประเมินคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

อาหารได้ พบว่าค่า a_w ของผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนอบแห้งทั้ง 4 สูตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่ามีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.36 ถึง 0.53 และพบว่าค่าที่ได้ต่ำกว่าค่า a_w ของแป้งสาลี ซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 0.72 (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

ตารางที่ 1 ผลของการเสริมแป้งใยอาหารสูงต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นขนมจีนอบแห้งหลังการคืนรูป

Parameter	สูตรควบคุม	แป้งกล้วยดิบ	แป้งหัวพุทธรักษา	สตาร์ช Hi-maize® 260
สูตรที่เติม ร้อยละ 5				
สี L*	73.23±1.70a	63.57±1.56c	67.20±1.01b	65.80±0.44b
สี a*	-1.00±0.10c	0.60±0.17a	-0.53±0.06b	-0.33±0.06b
สี b*	1.63±0.15d	4.07±0.06a	2.87±0.06c	3.13±0.15b
ปริมาณน้ำอิสระ a_w	0.43±0.01d	0.45±0.01c	0.47±0.01b	0.53±0.01a
สูตรที่เติม ร้อยละ 10				
สี L*	73.23±1.70a	66.37±0.40d	68.03±0.93c	70.80±0.44b
สี a*	-1.00±0.10c	1.20±0.17a	-0.57±0.08b	-0.57±0.15b
สี b*	1.63±0.15c	5.03±0.25a	3.40±0.17b	3.60±0.17b
ปริมาณน้ำอิสระ a_w	0.46±0.06c	0.46±0.01c	0.49±0.01b	0.52±0.01a
สูตรที่เติม ร้อยละ 20				
สี L*	73.23±1.70b	67.67±0.45c	74.30±0.26b	77.80±0.82a
สี a*	-1.00±0.10d	1.43±0.06a	-0.33±0.06b	-0.60±0.10c
สี b*	1.63±0.15c	6.00±0.17a	4.07±0.06b	4.03±0.25b
ปริมาณน้ำอิสระ a_w	0.53±0.09a	0.36±0.01b	0.38±0.01b	0.52±0.01a

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์สมบัติการหุงต้ม

ค่าร้อยละน้ำหนักที่ได้จากการต้มและร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในการต้ม

นำผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนอบแห้งที่เติมปริมาณแป้งใยอาหารสูงทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับร้อยละ 0 (control), 5, 10 และ 20 ของน้ำหนักก้อนแป้ง (น้ำหนักเปียก) มาวิเคราะห์ปริมาณร้อยละน้ำหนักที่ได้จากการต้มและร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในการต้ม ผลการทดลอง แสดงในตารางที่ 2

ร้อยละน้ำหนักที่ได้จากการต้ม พบว่าเส้นขนมจีนอบแห้งที่เสริมแป้งใยอาหารสูง Hi-maize®260 ที่ร้อยละ 20 มีค่า 281.97 , 265.39 และ 270.62 สูงที่สุดตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ นภาลัย และคณะ (2554) ที่ทำการศึกษาผลของการเติมใบมะรุมผงในบะหมี่ พบว่ามีค่า Cooking yield อยู่ระหว่างร้อยละ 241.54 ถึง 271.97 และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในการต้มของแป้งใยอาหารสูง Hi-maize® 260 อยู่ในช่วง 1.57, 1.61 และ 1.67 มีค่าน้อยกว่าตัวอย่าง (สูตรควบคุม) ตามลำดับ พบว่าร้อยละน้ำหนักที่ได้จะแปรผกผันกับร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในการต้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการเติมปริมาณของแป้งใยอาหารที่ระดับเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลต่อค่า (Cooking loss) มีความเป็นไปได้ในการนำมาปรับปรุงคุณภาพของเส้นขนมจีน

ตารางที่ 2 ผลของสตาร์ชใยอาหารสูงต่อ Cooking yield , Cooking loss ของเส้นขนมจีนอบแห้งหลังการคืนรูป

Parameter	สูตรควบคุม	แป้งกล้วยดิบ	แป้งหัวพุทธรักษา	สตาร์ช Hi-maize® 260
สูตรที่เติม ร้อยละ 5				
Cooking yield (g/100g wet basis)	196.39±1.53d	218.11±0.42c	246.95±3.49b	281.97±2.32a
Cooking loss (g/100g wet basis)	1.81±0.27b	1.73±0.02c	3.04±0.06a	1.57±0.30d
สูตรที่เติม ร้อยละ 10				
Cooking yield (g/100g wet basis)	196.39±1.53d	209.02±5.17c	233.64±1.60b	265.39±4.22a
Cooking loss (g/100g wet basis)	1.81±0.27c	1.92±1.23b	2.51±0.04a	1.61±0.12d
สูตรที่เติม ร้อยละ 20				
Cooking yield (g/100g wet basis)	196.39±1.53d	231.38±2.24c	238.56±2.78b	270.62±2.12a
Cooking loss (g/100g wet basis)	1.81±0.27ab	2.07±0.22a	1.98±0.07ab	1.67±0.05c

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

องค์ประกอบของสตาร์ชและอัตราการย่อยสตาร์ช

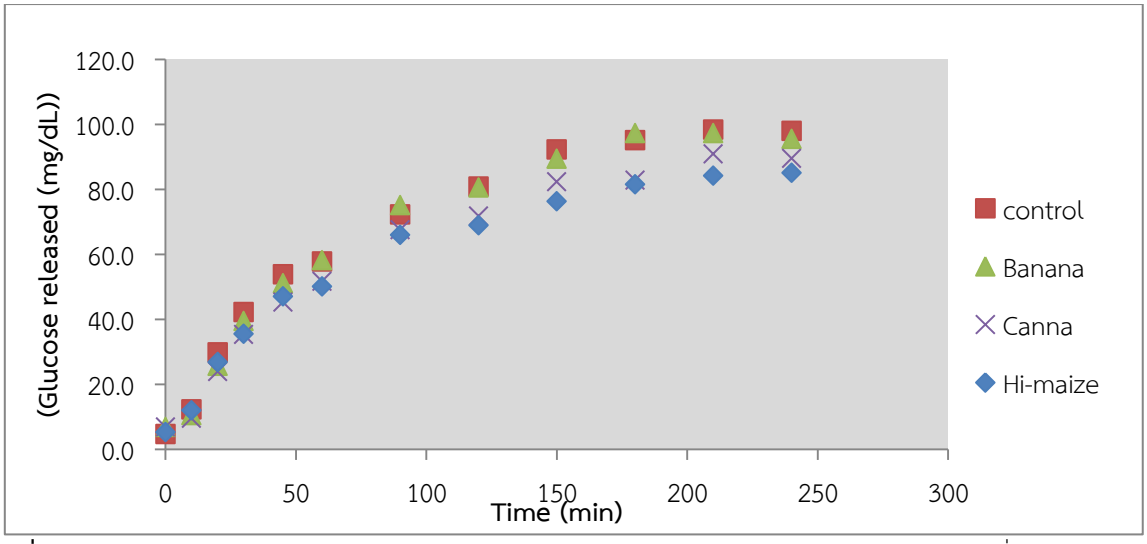
ปริมาณสตาร์ชทั้งหมดและชนิดองค์ประกอบของสตาร์ช แบ่งเป็น RS และ Non-RS ของเส้นขนมจีนทั้ง 4 สูตร ที่ระดับร้อยละ 20 ของน้ำหนักก้อนแป้ง (น้ำหนักเปียก) แสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของสตาร์ชในผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนอบแห้ง (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

ตัวอย่าง	RS (g/100 g dry basis.)	Non-RS (g/100 g dry basis.)^{ns}	Total starch (g/100 g dry basis.)
เส้นขนมจีนสูตรควบคุม	1.02±0.12d	70.00±6.47	71.02±6.35b
เส้นขนมจีนสูตรเติมแป้งกล้วยดิบ	2.68±0.09c	72.6±1.20	75.32±1.29ab
เส้นขนมจีนสูตรเติมแป้งหัวพุทธรักษา	4.09±0.09b	71.63±2.26	75.72±2.36ab
เส้นขนมจีนสูตรเติมสตาร์ช Hi-maize® 260	8.98±0.22a	72.06±1.11	81.04±0.88a

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของสตาร์ชและอัตราการสตาร์ชในผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนอบแห้งทั้ง 4 สูตร พบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากผลที่ปรากฏดังตารางที่ 3 โดยพิจารณาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ 2 ชนิดได้แก่ แป้งกล้วยดิบ และแป้งหัวพุทธรักษา ส่วนกลุ่มที่สองได้จากสตาร์ชที่ผ่านการดัดแปรได้แก่ Hi-maize® 260 จากผลที่ได้พบว่าเส้นขนมจีนอบแห้งที่ผลิตได้จากการเติมแป้ง 2 กลุ่ม มีปริมาณสตาร์ชต้านทานการย่อยสูงกว่าเส้นขนมจีนอบแห้งสูตรควบคุม และลดอัตราการย่อย อย่างไรก็ตามแป้งจากธรรมชาติคือ แป้งกล้วยดิบ แป้งหัวพุทธรักษาเป็นแป้งที่มีศักยภาพในการใช้เป็นแหล่งของ RS



ภาพที่ 2 ตัวอย่างกราฟอัตราการย่อยของสตาร์ช ในผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนอบแห้งเสริมใยอาหารแต่ละชนิดที่ระดับร้อยละ20

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

การศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ขนมจีนอบแห้งทั้ง 4 สูตร โดยวิธีการให้คะแนนแบบ 9 point hedonic scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด, 5= เฉยๆ, 9= ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนอบแห้ง

Parameter	สูตรควบคุม	แป้งกล้วยดิบ	แป้งหัวพุทธรักษา	สตาร์ช Hi-maize® 260
สูตรที่เติม ร้อยละ 5				
สี	6.73±0.46ab	5.27±1.03c	6.20±0.86b	6.93±0.96a
กลิ่น	4.53±0.99b	5.60±1.18a	5.93±1.28a	5.30±1.18a
ความเหนียว^{ns}	4.53±0.64	4.93±1.53	5.00±1.00	4.80±0.68
ลักษณะเนื้อสัมผัส	5.40±0.83a	4.53±0.83c	4.93±0.52ab	5.47±0.52a
ความชอบรวม	5.40±0.83a	4.53±0.83c	4.93±0.59ab	5.47±0.52a
สูตรที่เติม ร้อยละ 10				
สี	6.73±0.46ab	5.33±0.49c	6.40±0.74b	6.93±0.59a
กลิ่น	4.800.86c	5.33±0.72bc	6.20±1.01a	5.87±0.74ab
ความเหนียว	5.47±0.99b	5.37±0.83b	5.38±0.72b	6.33±0.72a
ลักษณะเนื้อสัมผัส	5.40±0.83b	4.67±0.72c	5.07±0.70bc	6.33±0.72a
ความชอบรวม	5.60±0.74b	4.67±0.72c	5.60±0.63b	6.40±0.74a
สูตรที่เติม ร้อยละ 20				
สี	6.67 ± 0.82a	5.67 ± 1.91b	6.80 ± 1.08a	7.20 ± 0.77a
กลิ่น	5.33 ± 1.23b	5.80 ± 1.15ab	6.27 ± 1.22a	6.33 ± 1.11a
ความเหนียว	6.27 ± 1.22b	6.67 ± 0.82ab	6.07 ± 1.79b	7.53 ± 1.06a
ลักษณะเนื้อสัมผัส	6.93 ± 0.70b	5.93 ± 0.88c	6.67 ± 1.45bc	7.73 ± 1.03a
ความชอบรวม	6.67 ± 0.72b	6.20 ± 1.15b	6.40 ± 1.40b	7.87 ± 0.99a

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนอบห้งที่มีการเติมแป้งชนิดต่างๆ ลงในสูตรเส้นขนมจีนอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส ความเหนียว ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเส้นขนมจีนอบแห้งที่การเติมปริมาณสตาร์ช Hi-maize® 260 ที่ร้อยละ 20 ของน้ำหนักก้อนแป้ง (น้ำหนักเปียก) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในช่วง 6.33 ถึง 7.87 โดยลักษณะของเส้นขนมจีนจะมีลักษณะเส้นที่เหนียว เส้นไม่ขาด และลักษณะเนื้อสัมผัสดีกว่าสูตรที่เติมร้อยละ 5 และ 10 กับสูตรควบคุม

อภิปรายผล

ในการทดสอบผลของการเสริมใยอาหารสูงทั้ง 3 ชนิด ได้แก่แป้งกล้วยดิบ แป้งหัวพุทธรักษา และสตาร์ช Hi-maize® 260 ต่อคุณสมบัติของเส้นขนมจีนอบแห้งพบว่า สตาร์ช Hi-maize® 260 มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อคุณสมบัติของเส้นขนมจีนอบแห้ง มีคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยข้างต้น แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพซึ่งจะช่วยให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการรับประทานอาหารที่มีค่า RS สูงซึ่งอาจจะช่วยให้ค่า Glycemic index ของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นลดลงกว่าสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติม

สรุปผลการวิจัย

ผลการเสริมแป้งใยอาหารสูง ทั้ง 3 ชนิดได้แก่ แป้งกล้วยดิบ แป้งหัวพุทธรักษา และสตาร์ช Hi-maize® 260 โดยทำการเติมลงไปในแป้งผสมสำหรับทำขนมจีนทีละชนิด ที่ระดับร้อยละ 0 (control), 5, 10 และ 20 ของน้ำหนักก้อนแป้ง (น้ำหนักเปียก) ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติการหุงต้ม องค์ประกอบของสตาร์ช อัตราการย่อยสตาร์ช และการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสพบว่า การเติมสตาร์ช Hi-maize® 260 ที่ระดับร้อยละ 20 เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ปริมาณสตาร์ชต้านทานการย่อยเพิ่มขึ้นและลดอัตราการย่อยสตาร์ชให้ช้าลง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นรส ความเหนียว ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาแป้งหัวพุทธรักษา และแป้งกล้วยดิบตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (ทุนโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม ระดับปริญญาโท) สัญญาเลขที่ MSD59I0085 และขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนศูนย์ส่งเสริมและผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชน ตำบลเนินเพิ่ม

เอกสารอ้างอิง

นภาลัย ประสิทธิ์เขตร์กิจ, อโนชา สุขสมบูรณ์ และกัลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. (2554). ผลของการเติมใบมะรุมผงต่อคุณภาพหลังการต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่แห้ง. **ในการประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาศิลปากรระดับชาติ ครั้งที่ 1: การศึกษาเชิงสร้างสรรค์ วันที่ 10 – 11 พฤษภาคม พ.ศ. 2554 ณ มหาวิทยาลัยศิลปากร.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2545). **เคมีอาหาร.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ปราณี อ่านเปรือง. (2551). **หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2546). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน** ขนมจีนแห้ง. มผช.140 - 2546.

สิริชัย ส่งเสริมพงษ์ (2546). อนุสิทธิบัตร กรรมวิธีการผลิตเส้นขนมจีนแห้งกึ่งสำเร็จรูปคืนรูปเร็ว (เลขที่คำขอ 0303000617 วันที่ยื่นค้าขอ 27 มิถุนายน 2546).

อรอนงค์ นัยวิกุล, จิตธนา แจ่มเมฆ, สินีนาถ จริยโชติเลิศ, กนกพรรณ เกรียงไกรกฤษฎา และวีระ วงศ์ทรัพย์คณา. (2553,มีนาคม). ผลิตภัณฑ์ขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป. **วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทยาศาสตร์).** 26(1) : 39 - 42.

AACC. (2000). **Method of Analysis**. 11th ed. AACC international.

AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists International.

Sopade, P.A. & Gidley, M.J. (2009). A rapid in-vitro digestibility assay based on glucometry for invertigating kinetics of starch digestion. **Starch/Starke.** 61(2) : 245 - 255.

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและแร่ธาตุของข้าวก่ำถ่านและข้าวหอมดอย: ข้าวพื้นเมืองในจังหวัดเชียงราย

ANALYSIS OF NUTRITION COMPOSITION AND MINERALS OF KHUM THAN RICE AND HOM DOI RICE : LOCAL RICE IN CHIANG RAI PROVINCE

ณัตฐิยา ชัยชนะ
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เชียงราย
*corresponding author e-mail : natthiya.cha@crru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและแร่ธาตุของข้าวก่ำถ่านและข้าวหอมดอย ข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์เป็นข้าวพื้นเมืองที่พบในอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย โดยได้ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ (โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารและเถ้า) และแร่ธาตุ (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน และกำมะถัน) ผลการศึกษาพบว่า ข้าวก่ำถ่านและข้าวหอมดอย พบปริมาณโปรตีน (9.09 และ 9.00 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ไขมัน (2.91 และ 6.69 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) แคลเซียม (0.27 และ 0.26 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) และฟอสฟอรัส (0.41 และ 0.47 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ที่สูงกว่าที่พบในข้าวสายพันธุ์อื่นๆ

คำสำคัญ : ข้าวก่ำถ่าน ข้าวหอมดอย คุณค่าโภชนาการ แร่ธาตุ

Abstract

This research was purpose to study the nutrition composition and minerals of Khum Than rice and Hom Doi rice. Both of rice was found in Chiang Saen district, Chiang Rai province. The research was to investigate the nutrition composition (protein, lipid, carbohydrate, fiber and ash) and minerals (nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, calcium, magnesium, iron, manganese, copper, zinc, boron and sulfur). The result revealed that Khum Than rice and Hom Doi rice provided the higher amount of protein (9.09 and 9.00 g/ 100g dry weight), lipid (2.91 and 6.69 g/ 100g dry weight), calcium (0.27 and 0.26 g/ 100g dry weight) and phosphorus (0.41 and 0.47 g/ 100g dry weight) when compared with the other species.

keywords : Khum Than rice Hom Doi rice nutrition composition minerals

บทนำ

การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในท้องถิ่นนั้น ต้องมีการวางแผนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างชาญฉลาด ต้องเชื่อมโยงกับการพัฒนา สังคม เศรษฐกิจ การเมือง และคุณภาพชีวิตอย่างกลมกลืน ตลอดจนรักษาไว้ซึ่งความสมดุลของระบบนิเวศควบคู่กันไป ซึ่งต้องเกิดจากความร่วมมือกันทุกฝ่าย ทั้งประชาชนในเมือง ในชนบท และผู้บริหาร ข้าวพื้นเมืองเป็นทรัพยากรธรรมชาติอย่างหนึ่ง ที่ควรมีการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ ซึ่งในแต่ละพื้นที่ของประเทศจะมีลักษณะข้าวพื้นเมืองเฉพาะถิ่นที่แตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะในเขตที่มีชนเผ่าต่างๆ จะมีความหลากหลายที่เกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตของชนเผ่านั้นๆ อีกด้วย เนื่องจากการทำนาที่เปลี่ยนไปทำให้ชาวนาหันมาปลูกข้าวสายพันธุ์ใหม่ๆ ที่ให้ผลผลิตสูงตามความต้องการของตลาด ทำให้ลดการปลูกพันธุ์ข้าวพื้นเมืองดั้งเดิมและสูญหายไปในที่สุด ดังนั้นจึงควรมีการอนุรักษ์พันธุ์ข้าวพื้นเมืองในพื้นที่และพื้นฟูการปลูกข้าวพื้นเมืองเฉพาะถิ่น ดังเช่นงานวิจัยที่ผ่านมา ได้ทำการเก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวพื้นเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งพันธุ์ข้าวจ้าวและข้าวเหนียว เพื่ออนุรักษ์พันธุกรรมข้าวในท้องถิ่นและไร่นาของเกษตรกร รวมไปถึงป้องกันหรือลดการสูญหายทางพันธุกรรม โดยได้ทำการสำรวจ รวบรวมเชื้อพันธุกรรมข้าว คัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์ การเปรียบเทียบผลผลิต การกระจายพันธุ์ข้าวสู่ชุมชน หาวิธีเพื่อเพิ่มมูลค่าและใช้ประโยชน์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นในเชิงพาณิชย์ ซึ่งจากการสำรวจ พบพันธุ์

ข้าว มากกว่า 500 ตัวอย่าง และทำการคัดเลือกสายพันธุ์เด่น ในเชิงการต้านทานโรค หรือใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ ยังนำพันธุกรรมข้าวพื้นเมืองที่รวบรวมได้เหล่านั้น คืนสู่ชุมชนเพื่อให้เกษตรกรซึ่งเป็นเจ้าของดั้งเดิมได้ใช้ประโยชน์ต่อไป (วีรศักดิ์ และรณชัย, 2556) ข้าวหลายชนิดถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณค่าทางโภชนาการและสรรพคุณที่เป็นประโยชน์ในการรักษาหรือบรรเทาอาการของโรค อาทิเช่น การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์ จากจังหวัดอุบลราชธานี คือ ข้าวเหนียวดำ ข้าวหอมกัญญา ข้าวหอมนิล ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวเล้าแตก ข้าวสินเหล็ก และข้าวหอมอุบล จากผลการวิจัยพบว่า ข้าวเหนียวดำมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด ข้าวหอมกัญญามีปริมาณ วิตามินอี และไขมันสูงที่สุด ข้าวหอมนิลมีปริมาณใยอาหาร ซีลีเนียม และไนอะซินสูงที่สุด ข้าวสังข์หยดมีปริมาณสังกะสีสูงที่สุด ข้าวสินเหล็กมีปริมาณวิตามินบี 1 สูงที่สุด และข้าวหอมอุบลมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และธาตุเหล็กสูงที่สุด เป็นต้น (Rujirapisit *et al.,* 2012)

ในพื้นที่อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย นอกจากจะมีพรมแดนเป็นเขตติดต่อทางเศรษฐกิจแล้ว ยัง มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์มาตั้งแต่อดีต มีความหลากหลายของพันธุ์ข้าวไร่ ข้าวนา ในท้องถิ่นที่แตกต่างในในแต่ละชนเผ่า ซึ่งข้าวบางชนิด มีคุณประโยชน์ที่สามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ เช่น ทนแล้ง แตกกอดี เยื่อหุ้มเมล็ดข้าวมีสีที่สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ในอนาคต และจากการสำรวจข้าวในอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย พบข้าวพื้นเมืองทั้งหมด 78 สายพันธุ์ งานวิจัยนี้ ได้ทำการคัดเลือกข้าวจำนวน 2 สายพันธุ์คือ ข้าวก่ำถ่าน และข้าวหอมดอย ซึ่งข้าวทั้งสอง มีลักษณะเด่นดังนี้

1. ข้าวก่ำถ่าน สำรวจพบในพื้นที่ บ้านห้วยน้ำเย็น หมู่ที่ 12 ตำบลบ้านแซว อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย แต่เดิมเป็นข้าวของกลุ่มชาวลาหู่ในพื้นที่อำเภอแม่จัน มีการปลูกในพื้นที่ไร่ เพื่อนำมาทำขนม เนื่องจากมีสีดำสนิท บางครั้งพบว่ามีการนำมานึ่งกับข้าวเหนียวในอัตรา ข้าวก่ำถ่าน 1 ส่วน ข้าวเหนียวทั่วไป 5 ส่วน เมื่อนึ่งเสร็จจะได้ข้าวที่มีสีดำหรือสีม่วงเข้ม สำหรับรับประทานได้ ข้าวก่ำเมล็ดดำถ่าน เป็นข้าวพันธุ์หนัก มีอายุนับตั้งแต่การหว่านเมล็ดจนถึงการเก็บเกี่ยวอยู่ที่ 150 – 160 วัน หรือระยะเวลาถึง 5 เดือน ได้ผลผลิตปานกลาง ปัจจุบันพบว่าไม่มีการปลูกข้าวก่ำเมล็ดดำถ่านในพื้นที่แล้ว เนื่องจากเป็นข้าวที่กว่าจะได้เก็บเกี่ยวต้องใช้เวลายาวนานทำให้ไม่เป็นที่นิยม โดยทางทีมวิจัยได้นำเมล็ดพันธุ์มาปลูกรักษาไว้ที่ศูนย์เรียนรู้ตามแนวพระราชดำริเพื่อเชื่อมโยงสู่ประชาคมอาเซียนในพื้นที่อนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขงของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ในอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ข้าวก่ำถ่านมีเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีดำซึ่งอาจจะสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต จึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษา



ภาพที่ 1 ข้าวก่ำถ่าน

2. ข้าวหอมดอย เป็นพันธุ์ข้าวเจ้าของชาวม้ง สำรวจพบ ที่บ้านธารทอง หมู่ที่ 11 ตำบลแม่เงิน อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย การใช้ประโยชน์จากข้าวหอมดอย นอกจากจะนำมารับประทานเป็นอาหารปกติในครัวเรือนแล้ว ยังนิยมนำมาทำข้าวใหม่ม้งเพื่อรับประทานในวันปีใหม่ของชาวม้งในทุกปีอีกด้วย วิธีการจะมีการเกี่ยวข้าวหอมดอยในระยะน้ำนมหรือระยะที่ข้าวมีเมล็ดเต็มรวงแต่ยังไม่แก่ดี นั่นก็คือรวงข้าวเริ่มมีสีเหลืองแต่ก้านยังมีสีเหลืองปนเขียวอยู่ หรือต้นข้าวที่ใกล้จะเก็บเกี่ยวอีก 1 -2 อาทิตย์ จากนั้นเกี่ยวข้าวมาตีเอาข้าวออกแล้วนำมาคั่วในกระทะด้วยไฟอ่อนๆ นำไม้หรือด้ามพายมาคนบ่อยๆ ไม่ให้ข้าวไหม้แต่ให้ความชื้นในเมล็ดข้าวค่อยๆ ระเหยออกไป จนเมล็ดข้าวเริ่มส่งกลิ่นหอมอ่อนๆ และเมล็ดข้าวแห้งสนิท จากนั้นนำเมล็ดข้าวไปผึ่งลมให้แห้งอีก 1 คืนและนำไปเก็บไว้ในยุ้งฉาง เมื่อใกล้วันปีใหม่ม้ง ชาวม้งจะนำข้าวใหม่มาตำเป็นข้าวสารและนำมาหุงเพื่อรับประทานในวันรวมญาติและเฉลิมฉลองปีใหม่ มีลักษณะพิเศษคือ ข้าวตอนออกดอกมีกลิ่นหอมอ่อนๆ ออกมาด้วย เมล็ดข้าวเมื่อเก็บเกี่ยวตามปกติยังมีกลิ่นหอมจางๆ ติดอยู่ จึงเป็นที่น่าสนในในการศึกษา ถึงคุณประโยชน์ที่ซึ่งอาจจะสามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคตได้ โดยทางทีมวิจัยได้นำเมล็ดพันธุ์มาปลูกรักษา

ไว้ที่ศูนย์เรียนรู้ตามแนวพระราชดำริเพื่อเชื่อมโยงสู่ประชาคมอาเซียนในพื้นที่อนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขงของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ในอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย เช่นกัน



ภาพที่ 2 ข้าวหอมดอย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและแร่ธาตุของข้าวก่ำถ่านและข้าวหอมดอยซึ่งเป็นข้าวพื้นเมืองในอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย เพื่อเป็นฐานข้อมูลข้าวพื้นเมืองที่พบในอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างเมล็ดข้าวก่ำถ่านและข้าวหอมดอยมาจากชาวบ้านในชุมชนอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย นำเมล็ดข้าวมาอบแห้ง จากนั้นทำการแกะเปลือกเมล็ดข้าวเป็นข้าวกล้องดิบเพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการต่อไป

2. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

นำเมล็ดข้าวก่ำถ่านและข้าวหอมดอย ที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า ใยอาหารและพลังงาน โดยใช้วิธี AOAC (2005) ผลการศึกษารายงานเป็นคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

3. การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ (ศรีสม, 2547)

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุไนโตรเจน (Total Nitrogen, N) โดยวิธีการ Kjeldahl ผลการศึกษารายงานเป็นคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) โดยวิธีการ Vanadomolybdate ผลการศึกษารายงานเป็นคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุโพแทสเซียม (Potassium, K) และ โซเดียม (Sodium, Na) โดยวิธีการ Atomic emission spectroscopy (AES) ผลการศึกษาโพแทสเซียมรายงานเป็นคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนโซเดียมรายงานเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุแคลเซียม (Calcium, Ca), แมกนีเซียม (Magnesium, Mg), เหล็ก (Iron, Fe), แมงกานีส (Manganese, Mn), ทองแดง (Copper, Cu) และ สังกะสี (Zinc, Zn) โดยวิธีการ Atomic absorption spectrometry (AAS) ผลการศึกษารายงานเป็นคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ยกเว้นแมงกานีส เหล็กและสังกะสีรายงานเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2.5 การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุโบรอน (Boron, B) โดยวิธีการ Azomethine-H ผลการศึกษารายงานเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2.6 การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุกำมะถัน (Sulfur, S) โดยวิธีการ $BaCl_2$ Method ผลการศึกษารายงานเป็นคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัมน้ำหนัก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวพื้นเมืองทั้งสองสายพันธุ์ พบปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และเถ้า แสดงในตาราง 1 พบว่า จากผลการศึกษาข้าวทั้งสองสายพันธุ์พบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่ข้าวหอมดอยพบปริมาณไขมันมากกว่าข้าวก่ำถ่าน โดยข้าวหอมดอยพบไขมัน 6.69 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนข้าวก่ำถ่านพบไขมัน 2.9 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งปริมาณไขมันที่พบในข้าวหอมดอยค่อนข้างสูงเมื่อเทียบ

กับข้าวหรือธัญพืชชนิดอื่นๆ เช่น ข้าวเหนียวดิบ (0.6 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวบาเล่ย์ดิบ (0.7 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ข้าวเหนียวดำดิบ(3.0 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวมันปู (2.9 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวจ้าวหอมมะลิดิบ (2.4 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) รำข้าวสาลี (5.6 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) เป็นต้น (แสงโสม, 2544) และยังพบปริมาณไขมันมากกว่าข้าวพื้นเมืองในหมู่บ้านทิพุเย อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (ปิ่นธิดา และคณะ, 2560) และข้าวพันธุ์พื้นเมือง จากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง (เชาวนีพร และคณะ, 2560) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่พบในข้าวทั้งสองสายพันธุ์ใกล้เคียงกันที่พบในข้าวชนิดอื่นๆ โดยข้าวสายพันธุ์อื่น เช่น ข้าวจ้าวหอมมะลิดิบ ข้าวจ้าวชุมแสงดิบ ข้าวมันปูดิบ ข้าวเหนียวดำดิบ พบปริมาณคาร์โบไฮเดรต 80.4, 79.3, 77.0 และ 76.1 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณโปรตีนที่พบในข้าวทั้งสองสายพันธุ์ (9.00 - 9.09 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) มีสัดส่วนที่สูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่น ยกตัวอย่างเช่น ข้าวจ้าวชุมแสงดิบ (6.9 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวเจ้าเสาไห้ดิบ (6.6 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวเหนียวดิบ (6.3 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวเจ้าหอมมะลิดิบ (6.2 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) เป็นต้น (แสงโสม, 2544) นอกจากนี้ ข้าวพื้นเมืองทั้งสองสายพันธุ์ยังพบปริมาณโปรตีนมากกว่าข้าวพื้นเมืองในหมู่บ้านทิพุเย อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งพบปริมาณโปรตีน 0.68-7.86 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (ปิ่นธิดา และคณะ, 2560) และพบปริมาณโปรตีนมากกว่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ซึ่งพบปริมาณโปรตีน 7.6 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (เชาวนีพร และคณะ, 2560) จากการวิเคราะห์แร่ธาตุ ทั้ง 12 ชนิด พบปริมาณปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส กำมะถัน โบรอน โซเดียม เหล็ก สังกะสี และ ทองแดง ดังแสดงในตาราง 2 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแร่ธาตุกับข้าวสายพันธุ์อื่นๆ พบว่าแร่ธาตุบางชนิดมีปริมาณสูงกว่า ยกตัวอย่างเช่น แร่ธาตุแคลเซียมของข้าวก่ำถ่านและหอมดอย (0.27 และ 0.26 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) พบปริมาณมากกว่า ข้าวเจ้าหอมมะลิดิบ (0.003 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวมันปูดิบ (0.018 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวเหนียวดำดิบ (0.026กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวบาเลย์ดิบ (0.041 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) เป็นต้น นอกจากนี้ ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวก่ำถ่านและหอมดอย (0.41-0.47 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ยังพบปริมาณที่มากกว่า ข้าวเหนียวดิบ (0.063 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวเจ้าหอมมะลิดิบ (0.066 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวเจ้าชุมแสงดิบ (0.095 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวบาเลย์ดิบ (0.191 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวมันปูดิบ (0.277 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ข้าวฟ่างดิบ (0.316 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณธาตุเหล็กที่พบในข้าวก่ำถ่านและหอมดอย (10.66 และ 11.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พบน้อยกว่าข้าวบาเลย์ดิบ (14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ข้าวเหนียวดำดิบ (23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ข้าวเจ้าหอมมะลิดิบ (37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และข้าวมันปูดิบ (41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เป็นต้น (แสงโสม, 2544) จะเห็นได้ว่าข้าวก่ำถ่านและข้าวหอมดอยมีปริมาณโปรตีน ไขมัน ธาตุแคลเซียมและธาตุฟอสฟอรัสค่อนข้างสูงกว่าข้าวพื้นเมืองที่พบในภูมิภาคต่างๆ จึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาต่อยอดเพื่อพัฒนา ปรับปรุง และอนุรักษ์เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต โดยข้าวพื้นเมืองทั้งสองสายพันธุ์ได้ปลูกรักษาไว้ที่ศูนย์เรียนรู้ตามแนวพระราชดำริเพื่อเชื่อมโยงสู่ประชาคมอาเซียนในพื้นที่อนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขงของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ในอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวก่ำถ่านและข้าวหอมดอย

คุณค่าทางโภชนาการ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	**ข้าวก่ำถ่าน**	**ข้าวหอมดอย**
โปรตีน	9.09	9.00
ไขมัน	2.91	6.69
คาร์โบไฮเดรต	71.87	70.97
ใยอาหาร	2.03	1.94
เถ้า	2.10	1.51

ตารางที่ 2 ปริมาณแร่ธาตุของข้าวก่ำถ่านและข้าวหอมดอย

ปริมาณแร่ธาตุ	ข้าวก่ำถ่าน	ข้าวหอมดอย
ไนโตรเจน (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	1.42	1.52
ฟอสฟอรัส (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	0.41	0.47
โพแทสเซียม (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	0.38	0.39
แคลเซียม (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	0.27	0.26
แมกนีเซียม (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	0.09	0.09
แมงกานีส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	29.75	29.77
กำมะถัน (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	0.09	0.09
โบรอน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	2.77	2.65
โซเดียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	55.52	46.00
เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	10.66	11.87
สังกะสี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	47.74	44.92
ทองแดง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	2.62	4.88

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าข้าวก่ำถ่านและข้าวหอมดอยพบคุณค่าทางโภชนาการ (โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารและเถ้า) และแร่ธาตุทั้ง 12 ชนิด (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน และกำมะถัน) นอกจากนี้ยังพบปริมาณโปรตีน ไขมัน แคลเซียมและฟอสฟอรัส ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสายพันธุ์อื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และ สถาบันความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาท้องถิ่นและอาเซียน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

เอกสารอ้างอิง

เชาวนีพร ชีพประสพ, หาสันต์ สาเหล็ม และ ฤทัยทิพ อโนมุณี. (2560). องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณอะไมโลสในข้าวพันธุ์พื้นเมือง จากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. **Science and Technology RMUTT Journal**, *7(2),* 84-97.

ปิ่นธิดา ณ ไธสง, สุวิมล กะตากูล, จินดารัตน์ โตกมลธรรม และณัฐณิชา ทวีแสง. (2560). การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของ ข้าวพื้นเมืองในหมู่บ้านทิพุเย อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,** *25(5)*, 805-812.

วีระศักดิ์ หอมสมบัติ และ รณชัย ช่างศรี. 2556. **การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองในภาคตะวัน ออกเฉียงเหนือ.** การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 30, 5-7 มิ.ย. 2556. กรุงเทพมหานคร: กรมการข้าว สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว.

แสงโสม สีนะวัฒน์. (2544). **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย.** กรุงเทพมหานคร, กรมอนามัยกองโภชนาการ.

ศรีสม สุวรรณวงศ์. (2547). **การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช.** กรุงเทพมหานคร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2005). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. USA, Gaithersburg, MD.

Rujirapisit, P., Sangkaeo, W. & Ieowsakulrat, S. (2012). Nutritional value of 9 rice cultivars. **Agricultural Science Journal,** 43*(2),* 173-176.

การใช้น้ำกากส่าเป็นตัวประสานในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพด
USING VINASSE AS BINDER IN BIOCHAR BRIQUETTE PRODUCTION FROM CORN COB AND CORN HUSK

ชัชวินทร์ นวลศรี* วิลาวรรณ์ พัดเถื่อน และ จักรกฤช ศรีละออ
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : chatchawin.n@gmail.com

บทคัดย่อ

แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานที่นิยมใช้ในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร แต่อย่างไรก็ตาม การใช้พืชอาหารเพื่อนำมาผลิตพลังงานอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการขาดความสมดุลระหว่างความต้องการอาหารและพลังงาน ดังนั้น การผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยใช้วัสดุประสานชนิดอื่นทดแทนแป้งมันสำปะหลังจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยในการแก้ปัญหาได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพด โดยใช้น้ำกากส่าเป็นตัวประสานทดแทนแป้งมันสำปะหลัง มีการแปรผันอัตราส่วนของซังข้าวโพด เปลือกข้าวโพด และน้ำกากส่า เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547) ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนของซังข้าวโพด เปลือกข้าวโพด และน้ำกากส่า ที่เหมาะสมที่สุด คือ 3:7:10 ถ่านอัดแท่งที่ได้มีลักษณะทางกายภาพ ค่าความร้อน ความชื้น และลักษณะการติดไฟ เป็นไปตาม มผช. 238/2547 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ได้มีค่าเท่ากับ 6,415 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งสูงกว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน เนื่องจากน้ำกากส่ามีค่าความร้อนที่สูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง ดังนั้น น้ำกากส่าจึงเป็นตัวประสานอีกชนิดหนึ่งที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

คำสำคัญ : น้ำกากส่า ซังข้าวโพด เปลือกข้าวโพด ถ่านอัดแท่ง

Abstract

Cassava starch have been mostly used as binder in biochar briquettes production from agricultural residues. However, the uses of food crops for energy production may cause the lacks of balancing in food requirements and energy demand. Then the production of biochar briquettes from agricultural residues using the other binders instead of cassava starch could be the way to solve the problems. The objective of this study was to produce biochar briquettes from corn cobs and corn husks by using vinasse as a binder instead of cassava starch. The ratios of corn cob, corn husk, and vinasse were optimized in order to obtain a suitable ratio of biochar briquette according to Thai Community Product Standards (TCPS 238/2547). Results revealed that the optimum ratio of corn cob, corn husk, and vinasse was 3:7:10. The physical properties, heating value, moisture content, and flame characteristics of obtained biochar briquettes were accorded to TCPS 238/2547. Heating value of the obtained biochar briquettes was 6,415 cal/g which was higher than the biochar briquettes with cassava starch as a binder. This is because the heating value of vinasse was higher than cassava starch. Therefore, vinasse was another suitable binder for using in the biochar briquettes production from agricultural residues.

Keywords : vinasse corn cob corn husk biochar briquette

บทนำ

วิกฤติพลังงานเป็นปัญหาสำคัญเร่งด่วนในโลกยุคปัจจุบัน ดังจะเห็นได้จากความต้องการใช้พลังงานของประชากรโลกในช่วง 35 ปีที่ผ่านมานั้น ได้เพิ่มขึ้นถึง 2 เท่าตัว (BP, 2016) ในขณะที่เชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักของโลกกลับมีอยู่อย่างจำกัด ส่งผลให้ทั่วโลกเกิดการตื่นตัวในด้านการพัฒนาพลังงานทดแทนจากแหล่งต่างๆ ซึ่งพลังงานชีวมวลจัดเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานทดแทนที่มีบทบาทสำคัญในยุคปัจจุบัน และยังถูกนำมาประยุกต์ใช้มากที่สุดในโลก เนื่องจากชีวมวล

สามารถหาได้ทั่วไปในธรรมชาติ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลากหลายรูปแบบ สามารถสร้างขึ้นใหม่ทดแทนของเดิมได้ตลอดเวลา และการใช้ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานยังไม่จัดว่าเป็นการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับบรรยากาศอีกด้วย (Toklu, 2017) ดังนั้น ชีวมวลจึงเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูง และปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งถ่านไม้ได้จัดเป็นพลังงานชีวมวลรูปแบบหนึ่งที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเป็นเวลานานมาแล้ว ถ่านไม้ได้มาจากการนำแท่งฟืนไม้มาผ่านกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) โดยการให้ความร้อนแก่ชีวมวล ภายใต้สภาวะจำกัดออกซิเจน ทำให้ชีวมวลบางส่วนแปรสภาพเป็นสารระเหยออกไปจากกระบวนการ และของแข็งที่คงเหลืออยู่คือส่วนที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งก็คือถ่านไม้ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป แต่อย่างไรก็ตาม การผลิตถ่านไม้ในประเทศไทย ผู้ผลิตมักถูกมองว่าเป็นการตัดไม้ทำลายป่า และสร้างมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อม (ศิริชัย และคณะ, 2555) ดังนั้นในยุคต่อมาจึงมีการคิดค้นผลิตถ่านอัดแท่งขึ้นเพื่อทดแทนถ่านไม้แบบดั้งเดิม ถ่านอัดแท่งคือ ถ่านที่ได้จากการนำเศษชีวมวลหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเผาให้เป็นถ่าน บดให้ละเอียดเป็นผง ผสมกับตัวประสานก่อนที่จะนำเข้าเครื่องอัดออกมาเป็นแท่ง จากนั้นจะนำไปอบหรือตากแดดเพื่อลดความชื้น เพื่อให้ได้ถ่านอัดแท่งที่พร้อมใช้งาน วัตถุดิบที่สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งจึงไม่จำกัดอยู่เพียงแค่ท่อนฟืนไม้หรือเศษไม้ที่มีขนาดพอเหมาะเท่านั้น เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลากหลายชนิดที่พบในประเทศไทย เช่น ซังข้าวโพด แกลบ กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย เศษเหง้ามันสำปะหลัง ชานอ้อย ฟางข้าว เป็นต้น สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้เช่นกัน ทำให้การผลิตถ่านอัดแท่งไม่เป็นสาเหตุของการตัดไม้ทำลายป่า นอกจากนี้ ถ่านอัดแท่งยังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าถ่านไม้ธรรมดาหลายด้าน ได้แก่ มีควันน้อย จุดติดไฟง่าย ติดไฟได้นาน มีความสม่ำเสมอของเปลวไฟ ไม่มีการแตกปะทุ และมีความหนาแน่นสูง จึงทำให้ขนส่งได้สะดวก ไม่แตกหักง่าย ซึ่งการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งเป็นการช่วยลดปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและหมุนเวียนกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และยังเป็นการช่วยลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงานได้เป็นอย่างดี

แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งในประเทศไทย เนื่องจากมีคุณสมบัติในการยึดเกาะที่ดี และสามารถหาได้ง่ายในประเทศ แต่อย่างไรก็ตาม มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ส่งผลให้มีราคาที่ค่อนข้างผันแปรตามความต้องการของตลาด ต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานจึงค่อนข้างผันแปรตามราคาของแป้งมันสำปะหลัง นอกจากนี้ การผลิตพลังงานชีวมวลโดยใช้วัตถุดิบที่มาจากพืชอาหาร ยังส่งผลให้เกิดความกังวลในเรื่องของความมั่นคงทางด้านอาหารของประชากรโลก ทางออกที่ดีกว่าการผลิตพลังงานชีวมวลจากพืชอาหารจึงควรเป็นการใช้วัตถุดิบใดๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับอาหาร (Paschalidou et al., 2016) ดังนั้นการหาวัสดุประสานชนิดอื่นเพื่อทดแทนแป้งมันสำปะหลังจึงไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังสำหรับใช้ทำอาหาร และยังเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งลงได้มาก

น้ำกากส่า คือของเสียที่ได้จากกระบวนการกลั่นเอทานอล มีลักษณะทางกายภาพเป็นของเหลวข้น สีน้ำตาลเข้ม มีองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์จำพวกโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ที่สามารถเผาไหม้และให้ค่าความร้อนออกมาได้ จากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำกากส่าตามที่กล่าวมานั้น จึงคาดว่าจะสามารถนำน้ำกากส่ามาใช้เป็นวัสดุประสานในการทำถ่านอัดแท่งเพื่อทดแทนแป้งมันสำปะหลังได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ซังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพด เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมาก และมีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) น้ำกากส่าจากกระบวนการผลิตเอทานอลได้ถูกนำมาใช้เป็นตัวประสานในกระบวนการอัดแท่งเพื่อทดแทนการใช้แป้งมัน โดยการวิจัยนี้จะทำการศึกษาอัตราส่วนของน้ำกากส่าที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง เพื่อให้ถ่านอัดแท่งมีค่าความร้อนและคุณสมบัติต่างๆ ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547) ซึ่งนอกจากจะเป็นการหมุนเวียนเอาชีวมวลเหลือทิ้งในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านพลังงานงานทดแทนแล้ว ยังเป็นการช่วยลดของเสียที่เกิดขึ้นจากภาคการเกษตรได้อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

นำซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพด ไปตากแดดเพื่อลดความชื้น ก่อนจะนำมาอบที่อุณหภูมิ 60 ℃ เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในตู้อบลมร้อน จากนั้นนำวัตถุดิบแต่ละชนิดมาผ่านกระบวนการไพโรไลซิส โดยการเผาแบบจำกัดอากาศในเตาเผาถ่านแบบแนวตั้ง ขนาด 200 ลิตร จนได้เป็นถ่านออกมา แล้วจึงนำถ่านซังข้าวโพดและถ่านเปลือกข้าวโพด มาทำการบดให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร แยกเก็บรักษาในถุงซิปล็อคก่อนนำมาใช้งาน น้ำกากส่าที่ใช้เป็นตัวประสาน

เก็บรวบรวมมาจากโรงงานผลิตเอทานอลของบริษัท เอกรัฐพัฒนา จำกัด อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์ โดยน้ำกากส่าที่เก็บรวบรวมมาได้ จะถูกนำมาเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 ℃ เพื่อไม่ให้เสียสภาพก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

2. การวางแผนการทดลอง

การวิจัยนี้ได้ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการผลิตถ่านอัดแท่ง โดยการแปรผันอัตราส่วนโดยน้ำหนักของถ่านซังข้าวโพด ถ่านเปลือกข้าวโพด และน้ำกากส่าที่ใช้เป็นตัวประสาน ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งสิ่งทดลองควบคุมของการทดลองนี้จะใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน โดยใช้อัตราส่วนของถ่านซังข้าวโพด : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ เท่ากับ 500:100:400 กรัม และใช้ถ่านเปลือกข้าวโพด : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ เท่ากับ 500:100:400 กรัม

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลอง

สิ่งทดลอง	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)			อัตราส่วน	คิดเป็นอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อตัวประสาน
	ซังข้าวโพด	เปลือกข้าวโพด	น้ำกากส่า		
T1	450	50	300	9:1:6	
T2	350	150	300	7:3:6	
T3	250	250	300	5:5:6	1:0.6
T4	150	350	300	3:7:6	
T5	50	450	300	1:9:6	
T6	450	50	400	9:1:8	
T7	350	150	400	7:3:8	
T8	250	250	400	5:5:8	1:0.8
T9	150	350	400	3:7:8	
T10	50	450	400	1:9:8	
T11	450	50	500	9:1:10	
T12	350	150	500	7:3:10	
T13	250	250	500	5:5:10	1:1
T14	150	350	500	3:7:10	
T15	50	450	500	1:9:10	

3. การผลิตถ่านอัดแท่ง

นำถ่านซังข้าวโพด ถ่านเปลือกข้าวโพด และน้ำกากส่าผสมให้เข้ากันตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ในแผนการทดลอง แล้วอัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งถ่านแบบสกรู ตัดให้มีขนาดยาวแท่งละประมาณ 10 เซนติเมตร ก่อนนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 ℃ เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อไล่ความชื้น

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547) โดยถ่านอัดแท่งที่ได้มาตรฐาน ควรมีคุณลักษณะที่ต้องการดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะที่ต้องการของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คุณสมบัติ	คุณลักษณะที่ต้องการ	การทดสอบ
ลักษณะทั่วไป	ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง	ใช้วิธีตรวจพินิจ
การใช้งาน	เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น	ให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่ง แล้วตรวจพินิจ
ความชื้น	ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก	ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173
ค่าความร้อน	ต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม	ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865

ถ่านอัดแท่งที่ได้จากการวิจัยนี้ ได้ถูกนำมาประเมินคุณภาพเบื้องต้นโดยสังเกตจากลักษณะทางกายภาพของแท่งถ่านให้เป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการตาม มผช. 238/2547 เพื่อคัดเลือกถ่านอัดแท่งที่มีลักษณะทางกายภาพเหมาะสมที่สุด

แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 5865 (American Society for Testing and Material, 2002) วิเคราะห์ค่าความชื้นตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3173 และทดสอบการใช้งานเพื่อสังเกตกลิ่น ปริมาณควัน และสะเก็ดไฟที่กระเด็น

ผลการวิจัย

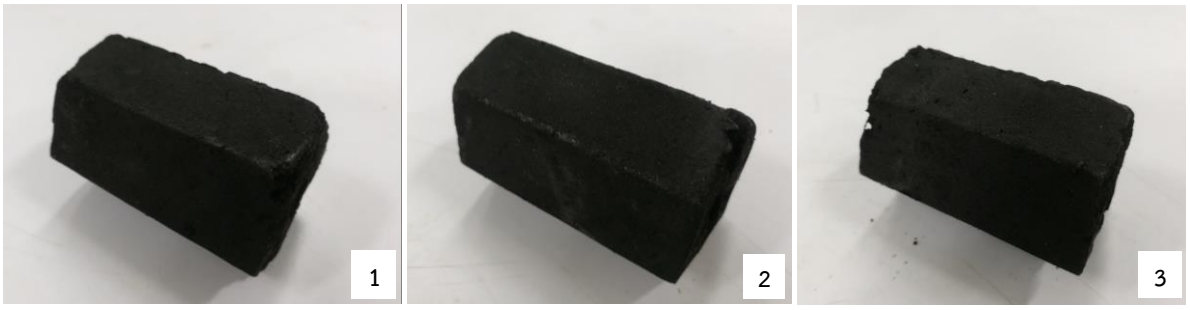
1. ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่ง

ผลการทดลองพบว่า สิ่งทดลองที่ใช้น้ำกากส่าเป็นตัวประสานปริมาณ 300 กรัม ไม่สามารถอัดแท่งถ่านออกมาให้เป็นรูปทรงตามต้องการได้ โดยพบว่าปริมาณน้ำกากส่าที่น้อยเกินไปจะส่งผลให้ถ่านซังข้าวโพดและถ่านเปลือกข้าวโพดมีความสามารถในการยึดเกาะที่ต่ำ ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำกากส่าขึ้นเป็น 400-500 กรัม จึงสามารถอัดถ่านออกมาเป็นแท่งได้ โดยที่ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจะแตกต่างกันออกไปตามอัตราส่วนที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งเมื่อใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบที่แตกต่างกัน

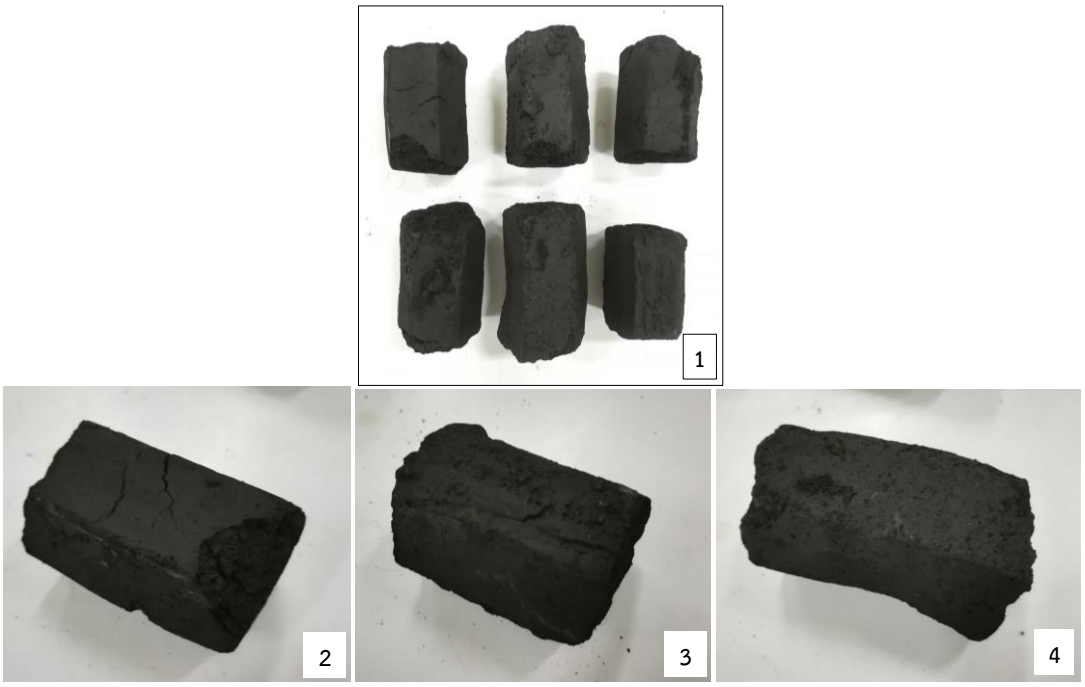
สิ่งทดลอง	ลักษณะทางกายภาพที่ต้องการ			หมายเหตุ
	สีดำสม่ำเสมอ	ผิวเรียบ	ไม่มีการแตกร้าว	
T1-T5	X	X	X	ไม่สามารถอัดเป็นแท่งได้
T6	✓	X	X	ไม่ผ่านเกณฑ์
T7	✓	X	X	ไม่ผ่านเกณฑ์
T8	✓	✓	X	ไม่ผ่านเกณฑ์
T9	✓	✓	X	ไม่ผ่านเกณฑ์
T10	✓	✓	✓	ผ่านเกณฑ์
T11	✓	X	X	ไม่ผ่านเกณฑ์
T12	✓	X	X	ไม่ผ่านเกณฑ์
T13	✓	✓	X	ไม่ผ่านเกณฑ์
T14	✓	✓	✓	ผ่านเกณฑ์
T15	✓	✓	✓	ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าถ่านอัดแท่งที่ได้จากสิ่งทดลองที่ 10 14 และ 15 มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมที่สุด โดยแท่งถ่านมีสีดำสม่ำเสมอ มีผิวเรียบ และไม่มีการแตกร้าว ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ถ่านอัดแท่งที่มีลักษณะทางกายภาพตรงตาม มผช. 238/2547
1) สิ่งทดลองที่ 10 (ซังข้าวโพด : เปลือกข้าวโพด : น้ำกากส่า เท่ากับ 1:9:8)
2) สิ่งทดลองที่ 14 (ซังข้าวโพด : เปลือกข้าวโพด : น้ำกากส่า เท่ากับ 3:7:10)
3) สิ่งทดลองที่ 15 (ซังข้าวโพด : เปลือกข้าวโพด : น้ำกากส่า เท่ากับ 1:9:10)

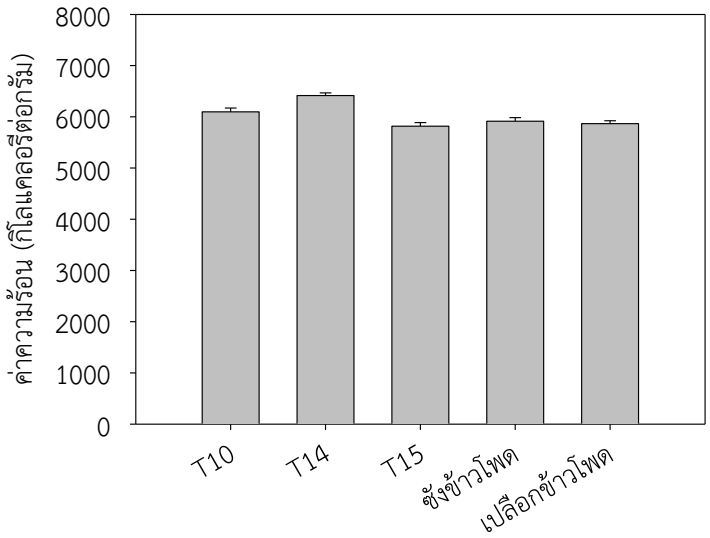
ในขณะที่สิ่งทดลองอื่นๆ มีลักษณะทางกายภาพที่ไม่เหมาะสมแตกต่างกันออกไป เช่น มีผิวขรุขระ รูปทรงไม่เป็นแท่ง สม่ำเสมอ มีการแตกร้าว ดังแสดงในภาพที่ 2 ดังนั้น สิ่งทดลองที่ 10 14 และ 15 จึงได้ถูกคัดเลือกมาวิเคราะห์ค่าความร้อน ค่าความชื้น และทดสอบการใช้งานต่อไป



ภาพที่ 2 ถ่านอัดแท่งที่มีลักษณะไม่เหมาะสมตาม มผช.238/2547
1) ถ่านอัดแท่งจากสิ่งทดลองต่างๆ ที่มีลักษณะไม่เหมาะสม
2) ถ่านอัดแท่งที่มีรอยแตกร้าว
3) ถ่านอัดแท่งที่มีผิวขรุขระ
4) ถ่านอัดแท่งที่มีรูปทรงไม่สมบูรณ์

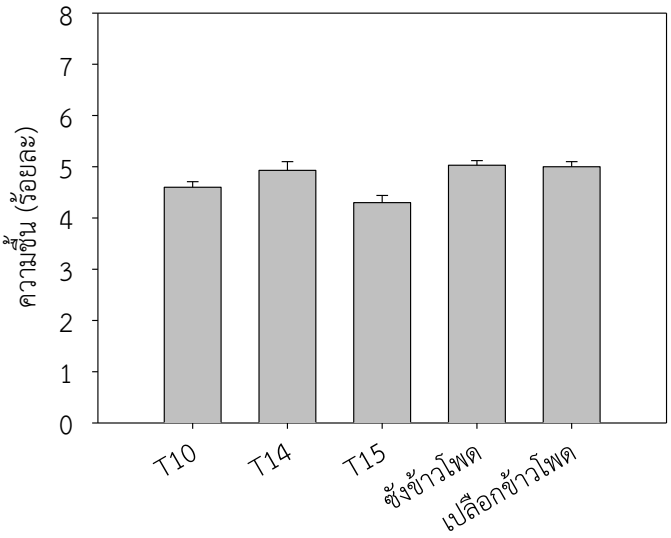
2. ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อน ค่าความชื้น และการทดสอบใช้งาน

ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งแสดงให้เห็นว่าทุกสิ่งทดลองมีค่าความร้อนสูงกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกรัม ตามที่กำหนดใน มผช. 238/2547 (ภาพที่ 3) โดยพบว่าสิ่งทดลองที่ 14 มีค่าความร้อนสูงที่สุดเท่ากับ 6,415 กิโลแคลอรีต่อกรัม ซึ่งสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุมที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน



ภาพที่ 3 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ได้จากการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งพบว่า ถ่านอัดแท่งจากทุกสิ่งทดลองมีค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 (ภาพที่ 4) ซึ่งเป็นไปตาม มผช. 238/2547 และจากการทดสอบการใช้งานของถ่านอัดแท่งโดยการจุดติดไฟและสังเกตลักษณะการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง ได้แก่ กลิ่น ปริมาณควัน และสะเก็ดไฟที่กระเด็น พบว่าเป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการ



ภาพที่ 4 ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของถ่านอัดแท่งที่ได้จากการทดลองกับคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งที่ต้องการตามมาตรฐาน มผช. 238/2547 ซึ่งจะเห็นได้ว่าทุกสิ่งทดลองมีคุณสมบัติทุกข้อตรงตามที่ต้องการ แต่สิ่งทดลองที่ 14 มีค่าความร้อนสูงที่สุด จึงเป็นสิ่งทดลองที่มีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพดโดยใช้น้ำกากส่าเป็นตัวประสาน

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับคุณสมบัติที่ต้องการตาม มผช. 238/2547

คุณสมบัติ	มาตรฐาน มผช. 238/2547	สิ่งทดลอง			สิ่งทดลองควบคุม	
		T10	T14	T15	ซังข้าวโพด	เปลือกข้าวโพด
ลักษณะทั่วไป	สีดำสม่ำเสมอ ผิวเรียบ และไม่มีรอยแตกร้าว	เป็นไปตามมาตรฐาน	เป็นไปตามมาตรฐาน	เป็นไปตามมาตรฐาน	เป็นไปตามมาตรฐาน	เป็นไปตามมาตรฐาน
การใช้งาน	เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น	เป็นไปตามมาตรฐาน	เป็นไปตามมาตรฐาน	เป็นไปตามมาตรฐาน	เป็นไปตามมาตรฐาน	เป็นไปตามมาตรฐาน
ความชื้น (ร้อยละ)	ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก	4.60	4.93	4.30	5.03	5.00
ค่าความร้อน (แคลอรีต่อกรัม)	ต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม	6,097	6,415	5,818	5,915	5,868

อภิปรายผล

อัตราส่วนของน้ำกากส่าที่ใช้เป็นตัวประสานในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งที่ได้ โดยสิ่งทดลองที่ใช้น้ำกากส่าในปริมาณน้อยเกินไปจะส่งผลให้ผงถ่านซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพดมีการยึดเกาะกันต่ำ จนไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งถ่านได้ ซึ่งอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบกับตัวประสานที่เหมาะสมที่สุดคือ การใช้น้ำกากส่าในปริมาณเท่ากับวัตถุดิบ (อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก) นอกจากนี้ อัตราส่วนระหว่างถ่านซังข้าวโพดและถ่านเปลือกข้าวโพด ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการยึดเกาะของแท่งถ่าน ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า สิ่งทดลองที่ใช้อัตราส่วนของถ่านซังข้าวโพดสูงกว่าถ่านเปลือกข้าวโพด จะมีการยึดเกาะของแท่งถ่านที่ไม่ดีเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองที่ใช้ถ่านเปลือกข้าวโพดในอัตราส่วนที่สูงกว่า เนื่องจากลักษณะของผงถ่านซังข้าวโพดจะมีความหยาบและ

ความแข็งที่มากกว่าถ่านเปลือกข้าวโพด ส่งผลให้แท่งถ่านเกิดการขยายตัวภายหลังจากอัดออกมาจากเครื่องอัดแท่งถ่าน เช่นเดียวกับงานวิจัยของศิริชัย และคณะ (2555) ที่ได้ทำการผลิตถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวและขี้เลื่อย โดยหลังจากเผากากมะพร้าวและขี้เลื่อยให้เป็นถ่านแล้ว ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่าเนื้อถ่านกากมะพร้าวจะมีความหยาบกว่าเนื้อถ่านขี้เลื่อย และเมื่อทดลองผลิตถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวร้อยละ 90 และถ่านขี้เลื่อยร้อยละ 10 พบว่าไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งถ่านได้ เนื่องจากถ่านที่ถูกอัดออกมาจากเครื่องอัดแท่งถ่านเกิดการขยายตัวในภายหลัง จนทำให้แท่งถ่านไม่จับตัวกัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่ใช้ถ่านกากมะพร้าวในอัตราส่วนที่ต่ำกว่าถ่านขี้เลื่อย พบว่าสามารถอัดแท่งถ่านออกมาได้ตามปกติ นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang et al. (2018) ซึ่งได้ศึกษาขนาดของวัตถุดิบที่มีผลต่อกระบวนการอัดแท่งชีวมวล โดยใช้ฟางข้าวที่มีขนาดแตกต่างกันเป็นวัตถุดิบ ตั้งแต่ 1.8 5.0 10.0 และ 15.0 มิลลิเมตร ผลการวิจัยพบว่าขนาดของฟางข้าวส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอัดแท่ง พลังงานที่ใช้ในการอัดแท่ง ค่าความแข็ง และค่าความหนาแน่นของแท่งชีวมวล อย่างมีนัยสำคัญ โดยฟางข้าวที่ถูกบดละเอียดจะใช้ระยะเวลาและพลังงานที่ใช้ในการอัดแท่งต่ำกว่าฟางข้าวที่มีขนาดใหญ่ โดยมีค่าความแข็งและความหนาแน่นของแท่งชีวมวลที่สูงกว่า นอกจากนี้ การผสมฟางข้าวบดละเอียดลงไปในฟางข้าวที่มีขนาดใหญ่ จะช่วยลดระยะเวลาและพลังงานที่ใช้ในการอัดแท่ง รวมถึงช่วยเพิ่มค่าความแข็งและความหนาแน่นของแท่งชีวมวลให้สูงขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตาม สิ่งทดลองควบคุมในงานวิจัยนี้ที่ใช้ถ่านซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบเพียงอย่างเดียวและใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน พบว่าสามารถอัดแท่งถ่านออกมาได้ตามปกติ แสดงให้เห็นว่าน้ำกากส่ามีข้อจำกัดในด้านความสามารถในการยึดเกาะกับวัตถุดิบที่มีความหยาบ การใช้น้ำกากส่าเป็นตัวประสานในการผลิตถ่านอัดแท่ง นอกจากจะต้องใช้ในสัดส่วนที่เหมาะสมแล้ว ความละเอียดของผงถ่านก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นเดียวกัน

จากผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจะเห็นได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่ใช้อัตราส่วนของถ่านซังข้าวโพด ถ่านเปลือกข้าวโพด และน้ำกากส่าเท่ากับ 3:7:10 (สิ่งทดลองที่ 14) ให้ค่าความร้อนสูงที่สุดเท่ากับ 6,415 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งเมื่อเทียบกับสิ่งทดลองที่ 10 และ 15 จะเห็นได้ว่า สิ่งทดลองที่ 14 มีส่วนผสมของถ่านซังข้าวโพดที่สูงกว่า โดยที่ค่าความร้อนเฉลี่ยของซังข้าวโพดจะอยู่ในช่วง 4,200 -4,300 แคลอรีต่อกรัม ส่วนค่าความร้อนเฉลี่ยของเปลือกข้าวโพดจะอยู่ในช่วง 4,100 - 4,200 แคลอรีต่อกรัม (Lizotte et al., 2015) จะเห็นได้ว่าซังข้าวโพดมีค่าความร้อนเฉลี่ยสูงกว่าเปลือกข้าวโพดเล็กน้อย จึงส่งผลให้ค่าความร้อนโดยรวมของถ่านอัดแท่งในสิ่งทดลองที่ 14 สูงกว่าสิ่งทดลองที่ 10 และ 15 นอกจากนี้ ถ่านอัดแท่งจากสิ่งทดลองที่ 14 ยังมีค่าความร้อนที่สูงกว่าสิ่งทดลองควบคุมที่ใช้ถ่านซังข้าวโพดกับแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้าของอดิศร และวราคม (2557) ที่ได้ผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน พบว่าถ่านอัดแท่งที่ได้มีค่าความร้อนเท่ากับ 6,142 แคลอรีต่อกรัม จะเห็นได้ว่าถ่านอัดแท่งที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่าความร้อนที่สูงกว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วน้ำกากส่ามีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,000 - 3,600 แคลอรีต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) (Cortez and Brossard-Pérez, 1997) ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังมีค่าความร้อนประมาณ 1,600 แคลอรีต่อกรัม (USDA, 2016) แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำกากส่าเป็นตัวประสานในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจะช่วยเพิ่มค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งให้สูงขึ้นได้

นอกจากนี้ ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งทุกสิ่งทดลอง รวมถึงสิ่งทดลองควบคุมที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานมีค่าใกล้เคียงกันและไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ร้อยละ 8 และถ่านอัดแท่งมีลักษณะการใช้งานตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำกากส่าเป็นตัวประสาน ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของถ่านอัดแท่งทั้งในด้านของค่าความชื้นและลักษณะการใช้งาน

สรุปผลการวิจัย

น้ำกากส่าสามารถใช้เป็นตัวประสานในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อทดแทนแป้งมันสำปะหลังได้เป็นอย่างดี โดยไม่ทำให้คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งทางด้านกายภาพ ค่าความร้อน ความชื้น และคุณสมบัติในการใช้งานลดลง ซึ่งจะต้องใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อน้ำกากส่าที่เหมาะสม คือ 1:1 โดยน้ำหนัก จึงจะทำให้ได้คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งตามที่ต้องการ แต่ทั้งนี้ ความละเอียดของผงถ่านที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการยึดเกาะของแท่งถ่านเมื่อต้องใช้ตัวประสานเป็นน้ำกากส่า โดยผงถ่านที่มีเนื้อละเอียดจะมีการยึดเกาะของแท่งถ่านที่ดีกว่าผงถ่านที่มีเนื้อหยาบ นอกจากนี้ น้ำกากส่ายังช่วยให้ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน เนื่องจากน้ำกากส่ามีค่าความร้อนที่สูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง ดังนั้น น้ำกากส่าจึงเป็นตัวประสานอีกทางเลือกหนึ่งของการผลิตถ่านอัดแท่ง เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต และยังเป็นการนำของเสียหมุนเวียนกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีไบโอดีเซลและพลังงานชีวมวลอันเนื่องมาจากพระราชดำริ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร ที่สนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบคุณโรงงานผลิตเอทานอลของบริษัท เอกรัฐพัฒนา จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำกากส่าสำหรับใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจวิเคราะห์ค่าความร้อนของตัวอย่างจากการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554). **คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 4 พลังงานชีวมวล.** กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

ศิริชัย ต่อสกุล กุณฑล ทองศรี และจงกล สุภารัตน์. (2555). **การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวเป็นพลังงานทดแทน (รายงานผลการวิจัย).** ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทถ่านอัดแท่ง.** สืบค้น 6 พฤศจิกายน 2560, จาก http://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx

อดิศร ถมยา และวราคม วงศ์ชัย. (2557). **การผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากซังข้าวโพดด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งมันและปูนขาวเป็นตัวประสาน.** *ใน การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1* (น. 258-261). นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชมงคลรัตนโกสินทร์.

American Society for Testing and Material. (2002). **Standard test method for gross calorific value of Coal and coke: Annual book of ASTM standards**, V.05.06, section 5, D 5865-02, Philadelphia, p. 505-515.

BP. (2016). **Statistical review of world energy - June 2016**. Retrieved November 6, 2016. from http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html

Cortez, L.A.B., & Brossard-Pérez, L.E. 1997. Experiences on vinasse disposal part III : Combustion of vinasse-# 6 fuel oil emulsions. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, *14*(1). Retrieved June 1, 2016, from http://dx.doi.org/10.1590/S0104-66321997000100002

Lizotte, P.L., Savoie, P., & Champlain, A.D. (2015). Ash Content and Calorific Energy of Corn Stover Components in Eastern Canada. **Energies, 8**, 4827-4838.

Paschalidou, A., Tsatiris, M., & Kitikidou, K. (2016). Energy crops for biofuel production or for food? - SWOT analysis (case study: Greece). **Renewable Energy, 93**, 636-647.

Toklu, E. (2017). Biomass energy potential and utilization in Turkey. *Renewable Energy, 107*, 235-244.

United States Department of Agriculture (USDA). (2016). **National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 : Basic Report : 11134, Cassava, raw**. Retrieved December 15, 2016. from https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/

Wang, Y., Wu, K., & Sun, Y. (2018). Effects of raw material particle size on the briquetting process of rice straw. **Journal of the Energy Institute**, 91, 153-162.

การบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรด้วยวิธีเกษตรปลอดภัย
WASTEWATER TREATMENT FROM SWINE FARMS WITH AGRICULTURAL SAFETY

อัษฎาวุธ สนั่นนาม* ณิฐิมา เฉลิมแสน คชรัตน์ ทองฟัก สมบัติ พนเจริญสวัสดิ์
สุรีย์รัตน์ บัวชื่น กาญจนา แก้วศรี และ สโรชา ตันหลี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : maiqcpsk@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันฟาร์มเลี้ยงสุกรที่ไม่มีบ่อก๊าซชีวภาพมักจะประสบปัญหาทางด้านการสุขาภิบาล ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม บริเวณรอบๆ ฟาร์มไม่ว่าจะเป็นน้ำเสีย มูลสุกร และกลิ่น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ คือ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล วิธีการศึกษา กลุ่มที่ 1 บำบัดน้ำเสียด้วยน้ำหมักชีวภาพ กลุ่มที่ 2 บำบัดน้ำเสียด้วยอีเอ็มบอล สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากฟาร์มสุกร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก จากบ่อน้ำทิ้งของฟาร์มทั้งหมด 5 จุด แล้วนำตัวอย่างน้ำเสียแต่ละจุดมาผสมกัน สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนการบำบัด (วันที่ 0) หลังจากบำบัด 7 และ 14 วัน หลังจากนั้นนำตัวอย่างน้ำเสียมาวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), วิเคราะห์บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand ; BOD) , ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand ; COD), สารแขวนลอย (Suspended solids ; SS) และไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen ; TKN) พบว่า หลังจากการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร โดยการเติมน้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลลงไป 14 วัน ในกลุ่มที่เติมน้ำหมักชีวภาพ ยังมีค่า COD และ SS เกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร แต่สิ่งที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ ค่า BOD, COD, SS และ TKN นั้นมีค่าลดลง จากค่าน้ำเสียฟาร์มสุกรก่อนการบำบัด ส่วนกลุ่มที่ใช้อีเอ็มบอลเติมลงไปเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียนั้น พบว่าทุกค่าดรรชนีที่วัดนั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด จึงสรุปได้ว่า การใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรได้ แต่จะต้องใช้อย่างต่อเนื่อง เพราะจะทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : น้ำหมักชีวภาพ อีเอ็มบอล

Abstract

Recently, swine farms without biogas wells often face with sanitation problems, which contribute to environmental toxicity around the farms such as wastewater, manure and smell. Therefore, the objective of this study was to study the efficiency of bio-fermented water and EM ball on swine's farm wastewater treatment. The experiment was divided into two groups by the first group was wastewater treated by bio-fermented water and the second group was wastewater treated by EM ball. Wastewater was

randomly sampled from swine farm at Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok for totally 5 points and then mixed each of the wastewater samples. Samples of wastewater were collected at 0, 7 and 14 days before treatment. Samples were taken to measure pH, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Suspended Solids (SS) and total nitrogen (Total Kjeldahl Nitrogen; TKN). The result showed that, at 14 days after treatment by bio-fermented water, the index values of COD and SS were still higher than standard of wastewater from swine farms. However, it was clearly seen that the index values of BOD, COD, SS and TKN were declined from the beginning before treatment. For EM ball treatment, all index values indicated that there were under standard of wastewater. Hence, bio-fermented water and EM ball can be used to treat the wastewater from swine farms effectively, but it needs to be used continuously.

Keywords : bio-fermented water EM ball

บทนำ

ในแต่ละปีมีความต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรที่สูง จึงทำให้มีฟาร์มสุกรเพิ่มขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของฟาร์มสุกรจึงส่งผลต่อปริมาณน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยตรง (Department of Livestock, 2016; Noophan, 2009). ซึ่งส่วนใหญ่ของน้ำเสียเกิดจากการทำความสะอาดคอก และสิ่งขับถ่ายของสุกรอัตราของการปล่อยน้ำเสียเป็นค่าเฉลี่ย 10-20 ลิตร / วัน (Tartrakoon, 2007) ฟาร์มสุกร ถือเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญ อีกแหล่งหนึ่งที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม อย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียซึ่งถือเป็นปัญหา มลพิษในอันดับต้นๆ หรืออาจจะเรียกได้ว่าเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอันดับแรกและมีการกล่าวถึงมากที่สุดในขณะนี้ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโลหะหนักจากฟาร์มสุกรเป็นแหล่งสำคัญของมลพิษทางน้ำ น้ำเสียที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่สุดของธาตุอาหารพืช แต่เป็นอันตรายเมื่อนำไปใช้ในที่ดินเพื่อการเกษตรในปริมาณที่มากเกินไป จึงนำไปสู่มลพิษของแหล่งน้ำผิวดิน (Kong, et al., 2014) ซึ่งปัจจุบันได้มีการประกาศให้การเลี้ยงสุกร เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสีย ลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ได้กำหนด ให้การเลี้ยงสุกรประเภท ก หรือฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ และการเลี้ยงสุกรประเภท ข หรือฟาร์มขนาดกลาง จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมนอกเขตที่ตั้ง ส่วนการเลี้ยงสุกรประเภท ค หรือ ฟาร์มขนาดเล็กนั้น ในปัจจุบันนี้ยังไม่ได้มีมาตรการบังคับใช้มาตรการดังกล่าว (สุเทียบ และคณะ, 2550)

ปัจจุบันฟาร์มเลี้ยงสุกรมักจะประสบปัญหาทางด้านการสุขาภิบาล ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม บริเวณรอบๆ ฟาร์มไม่ว่าจะเป็นน้ำเสีย มูลสุกร และกลิ่น ไม่เพียงแต่จะรบกวนชุมชนที่อยู่ใกล้ๆ แล้ว ยังเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคแมลงวันและยุง ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อทั้งสุกรเองและคนด้วย

น้ำเสียจากฟาร์มสุกรเมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำได้ ซึ่งการย่อยสลายจะเกิดโดยแบคทีเรียแบบใช้ออกซิเจน และจะได้ก๊าคาร์บอนไดออกไซด์

แอมโมเนีย น้ำ และเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ โดยแอมโมเนียสามารถถูกจุลินทรีย์เปลี่ยนรูป N_2O, NO, NO^-_2, NO^-_3 และ N_2 ตามลำดับ ด้วยกระบวนการ Nitrification และ Denitrification ซึ่งจะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (กรรณิการ์, 2544) ปริมาณและชนิดของมวลสารที่เจือปนอยู่ในน้ำที่ถูกปล่อยทิ้งจากฟาร์มสุกร เช่น สารอินทรีย์ เศษอาหาร เมื่อปล่อยลงสู่คลองน้ำทิ้งภายในฟาร์ม หรือแหล่งน้ำธรรมชาติ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงได้เกิดแนวคิดในการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยใช้จุลินทรีย์ช่วยบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

น้ำหมักชีวภาพใช้ฉีดพ่นตามพื้นดินในฟาร์มเพื่อลดกลิ่นเหม็นของมูลสัตว์ ซากพืช ซากสัตว์ในฟาร์มใช้เติมในน้ำเสีย เพื่อกำจัดน้ำเสียด้วยการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในการย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสียใช้ฉีดพ่นตามพื้นหรือตัวสัตว์เพื่อป้องกัน และลดจำนวนของจุลินทรีย์ก่อโทษ และเชื้อโรคต่างๆ ช่วยป้องกันแมลงวัน และการเจริญเติบโตของหนอนแมลงต่างๆ อีเอ็มบอล (EM Ball) ถือเป็นสิ่งมีชีวิตที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทั้งซากพืช ซากสัตว์ ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ประกอบไปด้วยก้อนจุลินทรีย์ธรรมชาติ 3 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลกติก ยีสต์ และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ซึ่งจะช่วยฟื้นฟูระบบนิเวศ ช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ชนิดดีในน้ำทำให้เกิดการย่อยสลายที่มากขึ้น และเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำทำให้สภาพของน้ำสมดุล (แม้นสรวง, 2560) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ คือ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยใช้น้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอล

กลุ่มที่ 1 บำบัดน้ำเสียด้วยน้ำหมักชีวภาพ กลุ่มที่ 2 บำบัดน้ำเสียด้วยอีเอ็มบอล สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากฟาร์มสุกร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก จากบ่อน้ำทิ้งของฟาร์มทั้งหมด 5 จุด แล้วนำตัวอย่างน้ำเสียแต่ละจุดมาผสมกัน สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนการบำบัด (วันที่ 0) หลังจากบำบัด 7 และ 14 วัน หลังจากนั้นนำตัวอย่างน้ำเสียมาวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), วิเคราะห์บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand ; BOD) , ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand ; COD), สารแขวนลอย (Suspended solids ; SS) และไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen ; TKN) ตามวิธีการของนิรนาม (2554) บันทึกข้อมูลการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการศึกษา ระยะเวลาที่ดำเนินการศึกษา มีนาคม – มิถุนายน 2560 ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก วิเคราะห์สถิติโดยใช้ SPSS v.15

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล พบว่า ก่อนการทดลองค่า BOD, COD, SS และ TKN เกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรประเภท ข และ ค (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) ทั้งในกลุ่มที่จะใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล ในการบำบัด มีแค่ค่าความเป็นกรด - ด่าง เท่านั้นที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Show results of wastewater quality analysis before treatment. (Day 0)

Water Quality Index	Benchmark (medium and small farm)	T1	T2	SEM	*P*-value
pH	5.5 - 9	7.19	7.27	0.48	0.29
BOD (mg/L)	≤ 100	330[a]	137[b]	0.67	0.04
COD (mg/L)	≤ 400	1586[a]	434[b]	0.35	0.01
SS (mg/L)	≤ 200	1260[a]	292[b]	1.04	0.02
TKN (mg/L)	≤ 200	288[a]	132[b]	0.77	0.02

T 1 : Wastewater treatment with Biological fermentation

T 2 : Wastewater treatment with EM ball

หลังจากการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร โดยการเติมน้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลลงไป 7 วัน พบว่า ในกลุ่มที่เติมน้ำหมักชีวภาพ ยังมีค่า BOD, COD, SS และ TKN เกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร แต่สิ่งที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ ค่า BOD, COD, SS และ TKN นั้นมีค่าลดลง จากค่าน้ำเสียฟาร์มสุกรก่อนการบำบัด ทั้งนี้ที่ค่า BOD, COD, SS และ TKN ยังเกินเกณฑ์มาตรฐาน ก็อาจเนื่องมาจากค่าน้ำเสียเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลองในกลุ่มที่บำบัดโดยน้ำหมักชีวภาพนั้น มีค่าเริ่มต้นที่สูงจึงยังทำให้ค่าเหล่านี้สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แต่ก็ยังมีค่ากรด – ด่าง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (Table 2) ซึ่งก็สอดคล้องกับ พืชเกษตรไทย (2560) ที่ได้กล่าวไว้ว่า น้ำหมักชีวภาพถ้าใช้เติมในน้ำเสีย จะช่วยกำจัดน้ำเสียด้วยการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในการย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น ส่วนกลุ่มที่ใช้อีเอ็มบอลเติมลงไปเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียนั้น พบว่า ทุกค่าดรรชนีที่วัดนั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ซึ่งก็สอดคล้องกับ แม้นสรวง (2560) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การทำงานของจุลินทรีย์ในส่วนประกอบของอีเอ็มบอล เช่น แบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก จะสร้างกรดอินทรีย์ เอ็นไซม์ สารต้านอนุมูลอิสระ และสารที่สามารถรวมตัวหรือจับกับธาตุอื่นหรือโลหะหนัก (metallic chelates) ซึ่งเมื่อมีการตกตะกอน จะทำให้น้ำสะอาดขึ้น เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ และในที่ที่ปราศจากหรือมีออกซิเจนต่ำ อีเอ็มที่ไม่ต้องการออกซิเจน ช่วยลดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์จากการสลายตัวของธาตุต่างๆ ช่วยลดกากตะกอน ทำให้ลดกลิ่นเน่าเสีย

Table 2 Show results of wastewater quality analysis after 7 days of treatment.

Water Quality Index	Benchmark (medium and small farm)	T1	T2	SEM	*P*-value
pH	5.5 - 9	7.16	7.29	0.15	0.92
BOD (mg/L)	≤ 100	142[a]	90.50[b]	1.02	0.04
COD (mg/L)	≤ 400	1054[a]	195[b]	1.57	0.01
SS (mg/L)	≤ 200	760[a]	185[b]	0.39	0.01
TKN (mg/L)	≤ 200	255[a]	123[b]	0.67	0.04

T 1 : Wastewater treatment with Biological fermentation

T 2 : Wastewater treatment with EM ball

หลังจากการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร โดยการเติมน้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอลลงไป 14 วัน (Table 3) พบว่า ในกลุ่มที่เติมน้ำหมักชีวภาพ ยังมีค่า COD และ SS เกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร แต่สิ่งที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ ค่า BOD, COD, SS และ TKN นั้นมีค่าลดลง จากค่าน้ำเสียฟาร์มสุกรก่อนการบำบัด ส่วนกลุ่มที่ใช้อีเอ็มบอลเติมลงไปเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียนั้น พบว่า ทุกค่าดรรชนีที่วัดนั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

Table 3 Show results of wastewater quality analysis after 14 days of treatment.

Water Quality Index	Benchmark (medium and small farm)	T1	T2	SEM	*P*-value
pH	5.5 - 9	6.82	7.16	0.50	0.88
BOD (mg/L)	≤ 100	85	75.9	0.61	0.36
COD (mg/L)	≤ 400	540[a]	312[b]	1.22	0.02
SS (mg/L)	≤ 200	340[a]	80[b]	1.68	0.04
TKN (mg/L)	≤ 200	190	185	0.39	0.90

T 1 : Wastewater treatment with Biological fermentation

T 2 : Wastewater treatment with EM ball

สรุปผลการวิจัย

การใช้น้ำหมักชีวภาพ และอีเอ็มบอล มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรได้ แต่จะต้องใช้อย่างต่อเนื่อง เพราะจะทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลอง และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้ทุนสนับสนุนทุนงานวิจัยจำนวน 15,000 บาท สำหรับอาจารย์นักวิจัยใหม่ (New Hands - on Researcher : N-HR) ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2545**). การจัดการสิ่งแวดล้อมในฟาร์มปศุสัตว์.** สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2560, จาก http://www.animals-farm.com.

กรรณิการ์ สิริสิงห์. (2544). **เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

นิรนาม. (2554). **คู่มือทดสอบตัวอย่างน้ำ**, สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 6. นนทบุรี : สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2560, จาก http://reo06.mnre.go.th/newweb/images/file/report2557/manual-water.pdf.

พืชเกษตรไทย. (2560). **น้ำหมักชีวภาพและวิธีทำน้ำหมักชีวภาพ.** สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2560 จาก http://puechkaset.com/น้ำหมักชีวภาพ.

แม้นสรวง วุฒิอุดมเลิศ. (2560). **บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน EM ball (อีเอ็มบอล).** สืบค้นเมื่อ 31สิงหาคม 2560, จาก http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/ knowledge/article/79/ EMBall.

สุเทียบ ศรีลาชัย, พนมพร วงษ์ปาน และวิวรรธน์ คูนาเอก. (2550). **การประยุกต์ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับฟาร์มสุกรขนาดเล็ก** ; รายงานผลงานวิจัยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมปี 2549-2550, 85-93.

Department of Livestock. (2016). **Piggery farm database in Thailand**. Retrieved July 9, 2016, from http://www.dld.go.th/ict/yearly/yearly49/stat /annex05.xls.

Kong X.,Lin W.,Wang B. and Luo F. (2014). **Study on Vetiver 's Purification for Wastewater from Pig Farm**. Guangzhou, china.

Noophan, P. (2009). **The piggery waste problem and sustainable approach management**. Thai Environmental Engineering Magazine 5 :19- 25**.**

Tartrakoon, W. (2007). **Pig and pig production**. Chiangmai, Nopburee Press Company Printing Design, 374p**.**

การพัฒนาระบบเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษาหมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร
DEVELOPMENT OF PROJECT WEBSITE SYSTEM AND NEWS RELEASE FOR PUBLIC RELATION: A CASE STUDY OF MOOBAN NONG KLOT, PHICHIT PROVINCE.

อมิตตา คล้ายทอง* และ นายธานินทร์ คุยศรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
*corresponding author email : amitta@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบพัฒนาเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร หมู่บ้านหนองกลด ผู้วิจัยได้ออกแบบเว็บไซต์ด้วยใช้ภาษา PHP และ มี MySQL เป็นระบบการจัดการฐานข้อมูล โดยระบบสามารถเพิ่ม ลบ ค้นหา แก้ไขและจัดเก็บ ข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลสถานที่สำคัญ ข้อมูลทำเนียบบุคลากร ข้อมูลสาระน่ารู้ ข้อมูลคำนำหน้า ข้อมูลโครงการ ข้อมูลรายการค่าใช้จ่าย ข้อมูลการร้องทุกข์ ข้อมูลแจ้งผลการจัดการข้อร้องทุกข์ ข้อมูลผู้ใช้ระบบ ซึ่งช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบและลดการสูญหายของข้อมูล สามารถเรียกดูรายงานผลการดำเนินโครงการประจำปีได้ โดยสถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย ร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ .พิจิตร พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ .พิจิตร ในระดับมากที่สุด เนื่องจากเว็บไซต์ฯจัดการข้อมูลต่างๆได้ถูกต้อง รวดเร็ว มีคำอธิบายและแบบอักษรที่ใช้ชัดเจน ง่ายและเหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลในโปรแกรมมีความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือและปลอดภัย

คำสำคัญ : โครงการ เว็บไซต์ การร้องทุกข์ ข่าวสาร ประชาสัมพันธ์

Abstract

The objective of this research is to develop a website for the project and news release of Mooban Nong Klot. The author designed the system using PHP and MySQL as a database management system. The designed system allows news information, landmark information, personnel directory information, knowledge information, prefix information, project information, expense item information, petition information, notice of complaint handling information, and system users' information to be added, deleted, modified, searched and stored. This helps keep data organized, reduce data loss and the user can browse the annual project report. The results of the user satisfaction evaluation of a Website is considered with the average, percentile and standard deviation of satisfaction for Project and News Release: A Case Study of Mooban Nong Klot, Phichit Province show that the users are satisfied with the system at the highest level. The website manages the information quickly and accurately. The description and font type used on the website are clear, easy and proper. The results of processing in the program are accurate, reliable and secure.

Keywords : project website complaints news public relations

บทนำ

การสื่อสารความคิดเห็น ข่าวสาร ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ไปสู่กลุ่มประชาชน เป็นการเสริมสร้างความสัมพันธ์และความเข้าใจอันดีระหว่างหน่วยงาน องค์การ สถาบันกับกลุ่ม ประชาชนเป้าหมายและประชาชนที่เกี่ยวข้อง เพื่อหวังผลในความร่วมมือ สนับสนุนจากประชาชน รวมทั้งมีส่วนช่วยเสริมสร้างภาพลักษณ์ ที่ดีให้แก่หน่วยงาน องค์การ สถาบันด้วย ทำให้ประชาชน เกิดความนิยม เลื่อมใส ศรัทธาต่อหน่วยงาน ตลอดจนค้นหาและกำจัดแหล่งเข้าใจผิด ช่วยลบล้างปัญหา เพื่อ

สร้างความสำเร็จในการดำเนินงานของหน่วยงาน การประชาสัมพันธ์เป็นเรื่องจำเป็น เนื่องจากต้องการให้หน่วยงานต่างๆและประชาชนรู้เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมและโครงการที่ทางหมู่บ้าน ได้จัดขึ้นจะต้องมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดเก็บเอกสารและเพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล และการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการติดต่อสื่อสารเพื่อเพิ่มช่องทางในการติดต่อสื่อสารได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

หมู่บ้านหนองกลด อ.สากเหล็ก จ.พิจิตร มีผู้ใหญ่บ้านและคณะกรรมการกลางของหมู่บ้านเป็นผู้บริหารงานพิจารณาวางนโยบาย แผน จัดการข้อร้องทุกข์ ประชาสัมพันธ์กิจกรรม ข่าวสารและดำเนินโครงการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหมู่บ้านตามความต้องการของราษฎรในหมู่บ้าน โดยโครงการต่างๆที่ได้รับการอนุมัติมานั้น ผู้ใหญ่จะดำเนินการเรียกประชุมประชาสัมพันธ์ให้กับลูกบ้านในหมู่บ้าน ผ่านเสียงตามสายตอนเช้า ซึ่งลูกบ้านบางคนไม่ได้เข้าร่วมเนื่องจากการประชาสัมพันธ์ผ่านเสียงตามสายไปไม่ถึง ส่วนการดำเนินงานในโครงการต่างๆที่ได้รับการจัดสรรงบประมาณมานั้นต้องมีการรายงานผลค่าใช้จ่ายและสรุปผลโครงการเมื่อโครงการเสร็จแก่หน่วยงานที่ให้งบประมาณ ซึ่งยังมีการเก็บข้อมูลดังกล่าวในรูปแบบเอกสาร จึงทำให้ยากในการค้นหาและเก็บข้อมูล เอกสารต่างๆมีการชำรุดหรือสูญหายได้ ผู้ทำการศึกษาจึงจัดทำการพัฒนาระบบเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ. พิจิตร โดยพัฒนาด้วยภาษา PHP และใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูล ขึ้น ระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหาและจัดเก็บข้อมูลประเภทข่าวสาร ข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลสถานที่สำคัญ ข้อมูลทำเนียบบุคลากร ข้อมูลสาระน่ารู้ข้อมูลการร้องทุกข์ ข้อมูลผลการดำเนินการร้องทุกข์ ข้อมูลโครงการ ข้อมูลการจัดการค่าใช้จ่ายโครงการสามารถดู ผลการดำเนินการร้องทุกข์ และข้อมูลผลการจัดการค่าใช้จ่ายโครงการ เพื่อลดการสูญหายของข้อมูล มีการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นอย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังเป็นการประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กิจกรรมต่างๆแก่ลูกบ้านเข้าถึงข่าวสารได้ง่ายและทั่วถึง

วิธีดำเนินการวิจัย

- ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร เว็บไซต์โดยมีเนื้อหาที่เกี่ยวกับโครงการและงานประชาสัมพันธ์ แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- นำผลจากการศึกษา มาประมวลแล้วกำหนดกรอบความคิดสำหรับวิจัย
- กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษา
- สร้างเครื่องมือ คือ แบบสัมภาษณ์ความต้องการและแบบสอบถามเกี่ยวกับรูปแบบเว็บไซต์การท่องเที่ยว อ.เนินมะปราง จ.พิษณุโลก
- ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทำการสุ่มตัวอย่างไว้
- วิเคราะห์แปลผลข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และแบบสอบถาม
- นำต้นร่างของแบบสอบถามเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 คน เพื่อตรวจสอบความตรงในด้านเนื้อหาโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (index of congruence) ด้านความตรงของเนื้อหา (Content Validity) คือการหาความสอดคล้องกันระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ (Index of Item - Objective Congruence หรือ IOC) สุรวาท (2550)

เกณฑ์การตัดสินค่า IOC ถ้ามีค่า 0.50 ขึ้นไป แสดงว่า ข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงจุดประสงค์นั้น แสดงว่า ข้อคำถามข้อนั้นใช้ได้ผลของการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ค่า IOC ไม่ต่ำกว่า 0.80 เกือบทุกข้อ มีบางข้อที่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไขโดยภาพรวมแบบสอบถามมีความสอดคล้อง ภาษาที่ใช้เหมาะสม เข้าใจง่าย ข้อคำถามตรงกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดี

- พิจารณาปรับปรุงข้อคำถามให้เหมาะสมอีกครั้ง จนได้เครื่องมือฉบับสมบูรณ์ แล้วนำออกไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด
- ออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลภาวะโภชนาการและการจัดอาหารของนักเรียนโรงเรียนบ้านใหม่ด้วยภาษา PHP และใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูล
- ทดสอบและแก้ไขปรับปรุงระบบ รวมทั้งใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ โดยเกณฑ์การแปลความหมายตามแนวคิดของบุญชม(2547) 5 ระดับ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและร้อยละ และจัดทำเอกสารรายงานการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ผู้ใหญ่บ้าน คณะกรรมการกลางในหมู่บ้าน สมาชิกและผู้ใช้เว็บไซต์ หมู่บ้านหนองกลด เลือกสุ่มตัวอย่างที่แบบเจาะจง(Purposive Sampling) จำนวน 33 คน

2. เครื่องมือในการวิจัย

- แบบสัมภาษณ์ความต้องการรูปแบบเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร เชิงลึก และนำผลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาสร้างแบบสอบถาม
- แบบสอบถามเกี่ยวกับรูปแบบเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร โดยกำหนดคำถามที่คณะผู้วิจัยต้องการทราบในเรื่องรูปแบบและเนื้อหาของเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร ตามวัตถุประสงค์
- แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้เว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามมาทำการแปลงคำตอบในแต่ละข้อลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสหรับวิเคราะห์ค่าทางสถิติ เพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและร้อยละ ซึ่งเกณฑ์การแปลความหมายตามแนวคิดของบุญชม(2547) มาใช้ในการแปลความหมายดังนี้

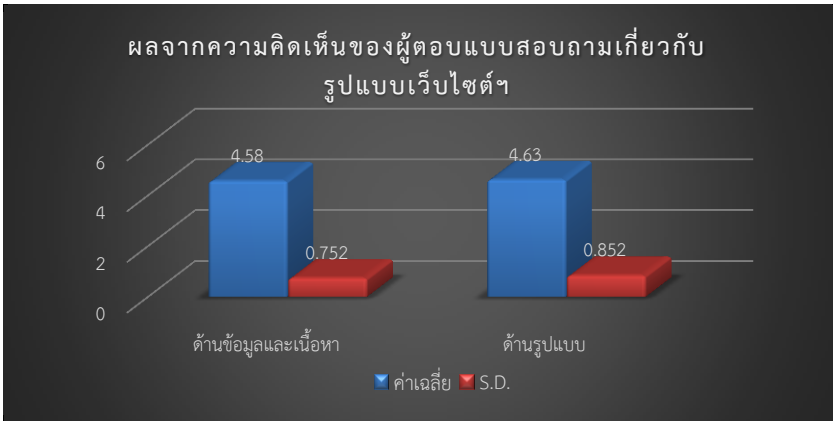
- ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับน้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ความต้องการรูปแบบเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตรเชิงลึก สามารถสรุปผลการสัมภาษณ์ได้ดังนี้

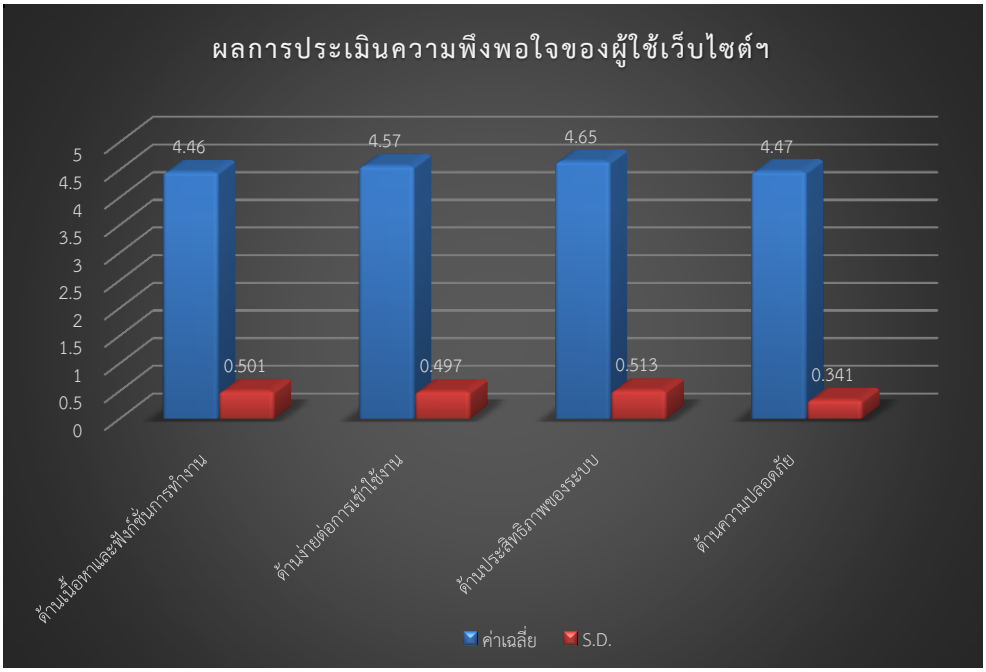
- ประเด็นที่ 1 ปัญหาที่พบในปัจจุบันของหมู่บ้านหนองกลดคือ เมื่อมีการประชุมผ่านเสียงตามสายทำให้ลูกบ้านบางคนไม่เข้าร่วม เนื่องจากการประชาสัมพันธ์ไม่ทั่วถึง รวมทั้งการดำเนินงานในโครงการต่างๆที่ได้รับการจัดสรรงบประมาณจากหน่วยงานภายนอก ต้องมีรายงานผลค่าใช้จ่ายและสรุปผลโครงการเมื่อโครงการเสร็จให้แก่หน่วยงานที่ให้งบประมาณซึ่งยังเก็บในรูปแบบเอกสารทำให้ยากในการค้นหาและจัดเก็บ อาจทำให้เอกสารชำรุดหรือเสียหายได้
- ประเด็นที่ 2 การบริหารจัดการข้อมูลส่วนการดำเนินงานในโครงการต่างๆที่ได้รับการจัดสรรงบประมาณมานั้นต้องมีการรายงานผลค่าใช้จ่ายและสรุปผลโครงการเมื่อโครงการเสร็จแก่หน่วยงานที่ให้งบประมาณ ซึ่งยังมีการเก็บข้อมูลดังกล่าวในรูปแบบเอกสาร จึงทำให้ยากในการค้นหาและเก็บข้อมูล
- ประเด็นที่ 3 ข้อมูลที่จำเป็นในดำเนินงานของหมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตรได้แก่ ข้อมูลประเภทข่าวสาร ข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลสถานที่สำคัญ ข้อมูลทำเนียบบุคลากร ข้อมูลสาระน่ารู้ ข้อมูลการร้องทุกข์ ข้อมูลผลการจัดการข้อร้องทุกข์ ข้อมูลโครงการ ข้อมูลรายงานค่าใช้จ่าย ข้อมูลผลการจัดการข้อร้องทุกข์
- ประเด็นที่ 4 รายงานที่จำเป็นในการดำเนินงานของหมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตรได้แก่ รายงานผลโครงการประจำปี

2. ผลจากความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับรูปแบบเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร เมื่อพิจารณาข้อมูลเชิงสรุปพบว่า ด้านข้อมูลและเนื้อหา ผู้ตอบแบบสอบถามมีความต้องการโดยภาพรวมในระดับมากที่สุด ส่วนด้านรูปแบบ ผู้ตอบแบบสอบถามมีความต้องการโดยภาพรวมในระดับมากที่สุด ดังภาพที่ 2



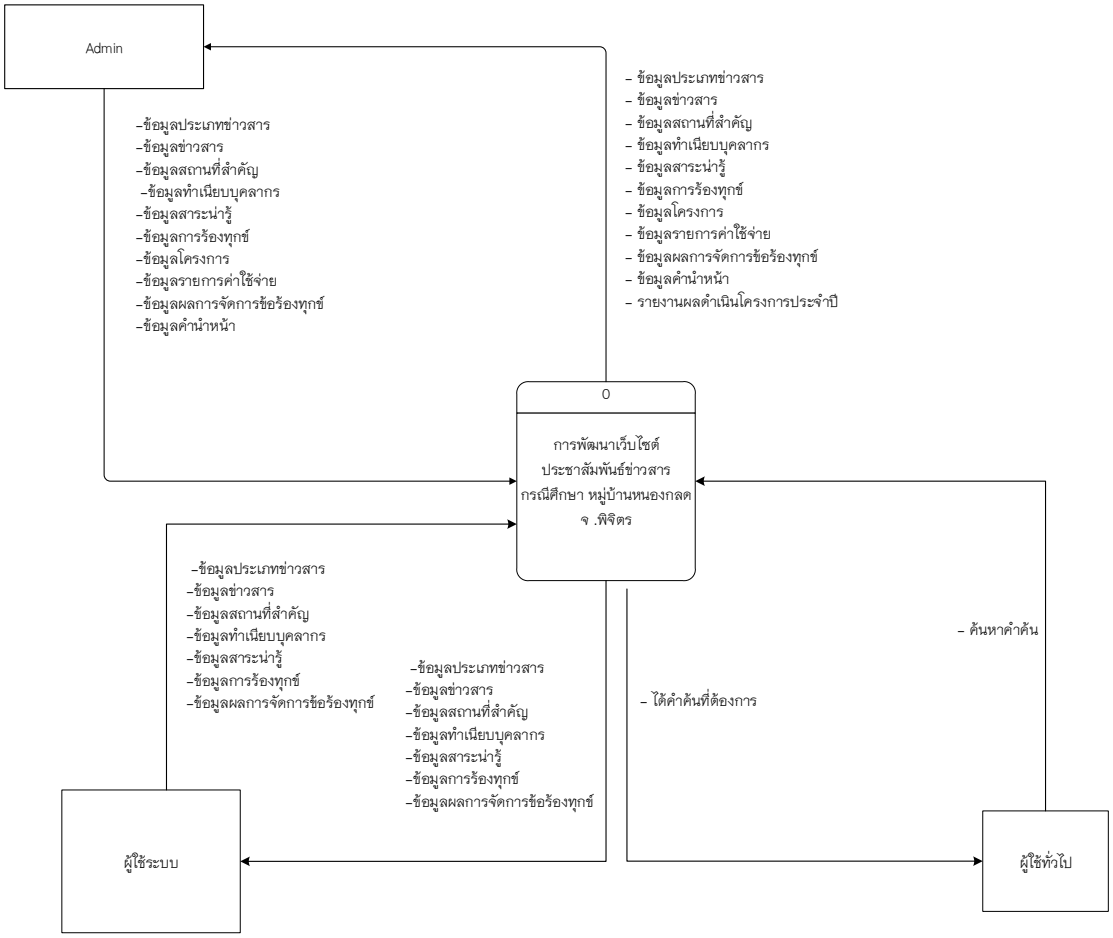
ภาพที่ 1 แสดงกราฟผลจากความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับรูปแบบเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร

4.1.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร พบว่า ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในภาพรวมทั้ง 4 ด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีระดับคะแนน 4.54

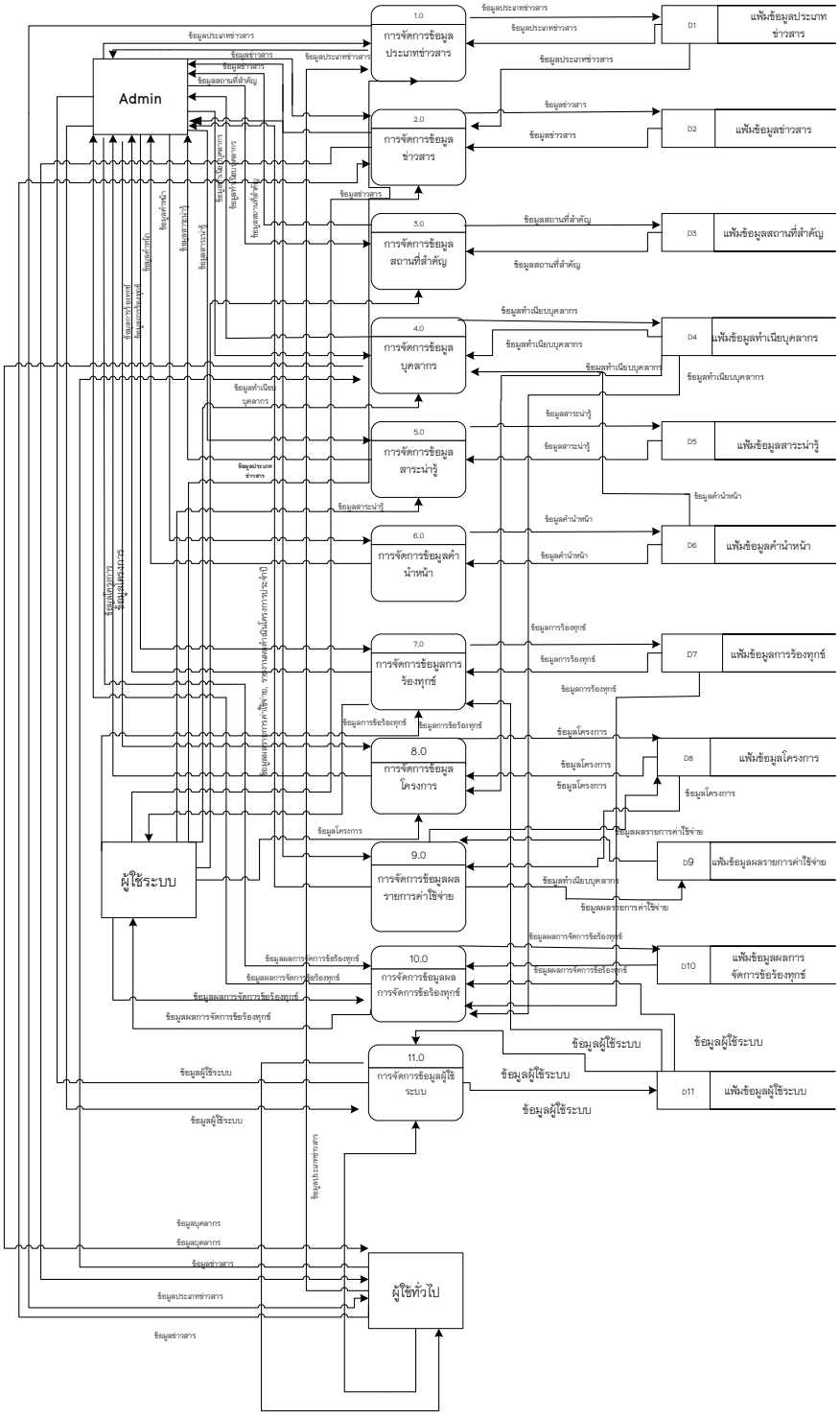


ภาพที่ 2 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร

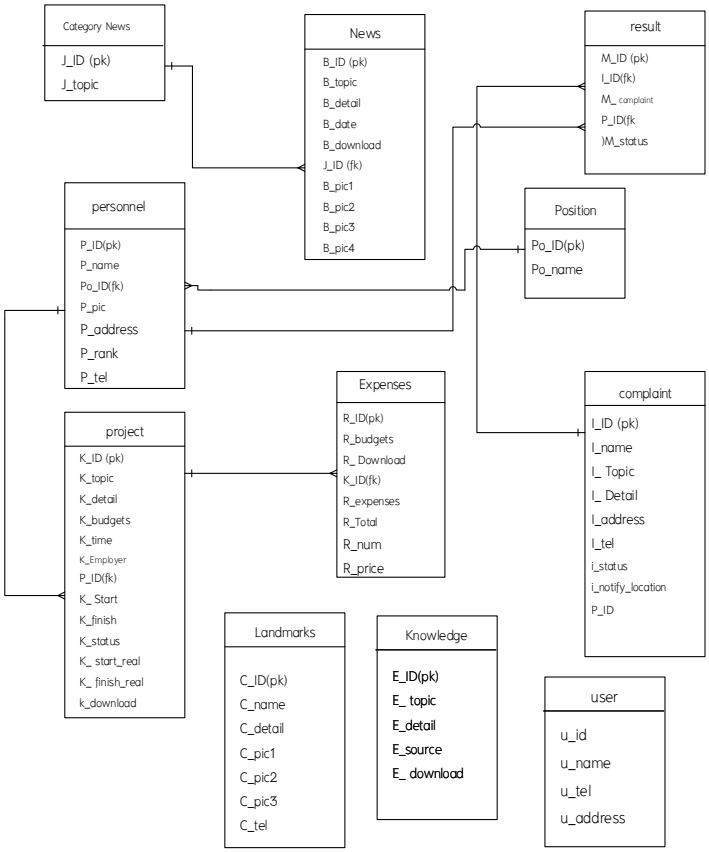
3.2 ผลการวิเคราะห์และออกแบบการพัฒนาเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร



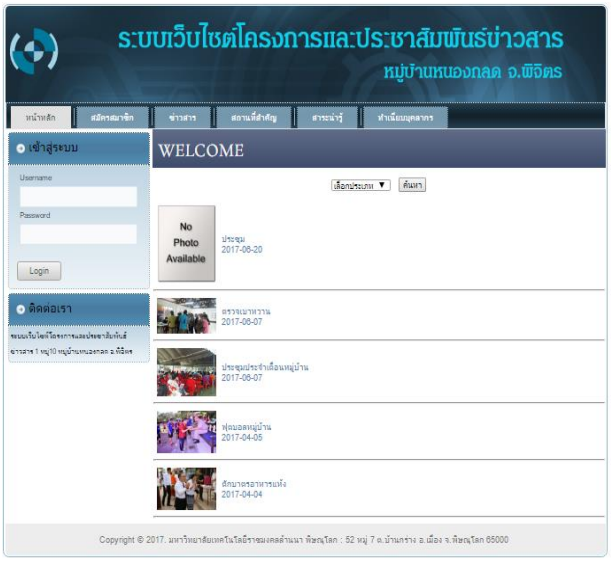
ภาพที่ 3 แสดงแผนภาพโครงสร้างบริบท (Context Diagram)



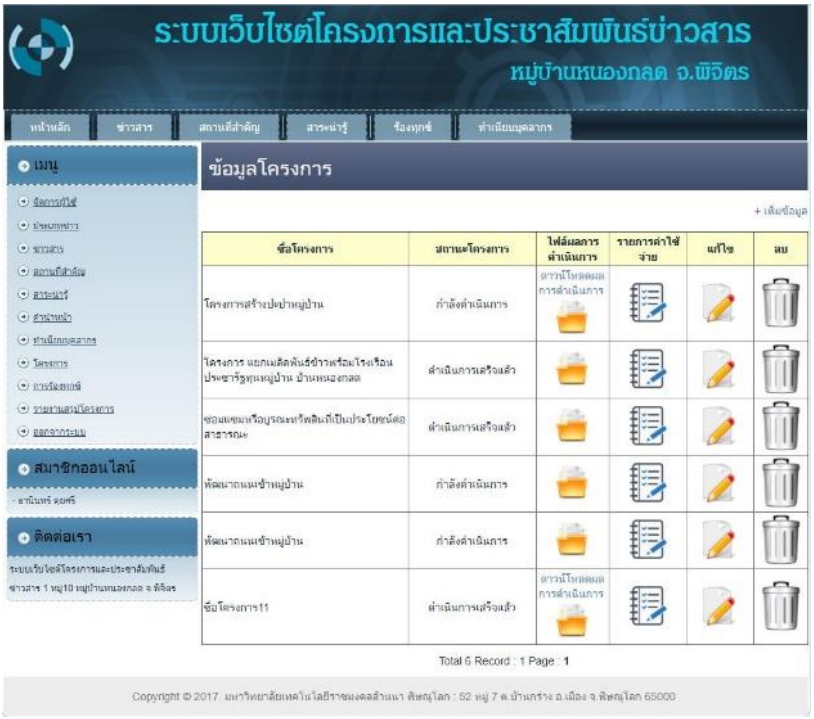
ภาพที่ 4 แสดงแผนภาพการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram)



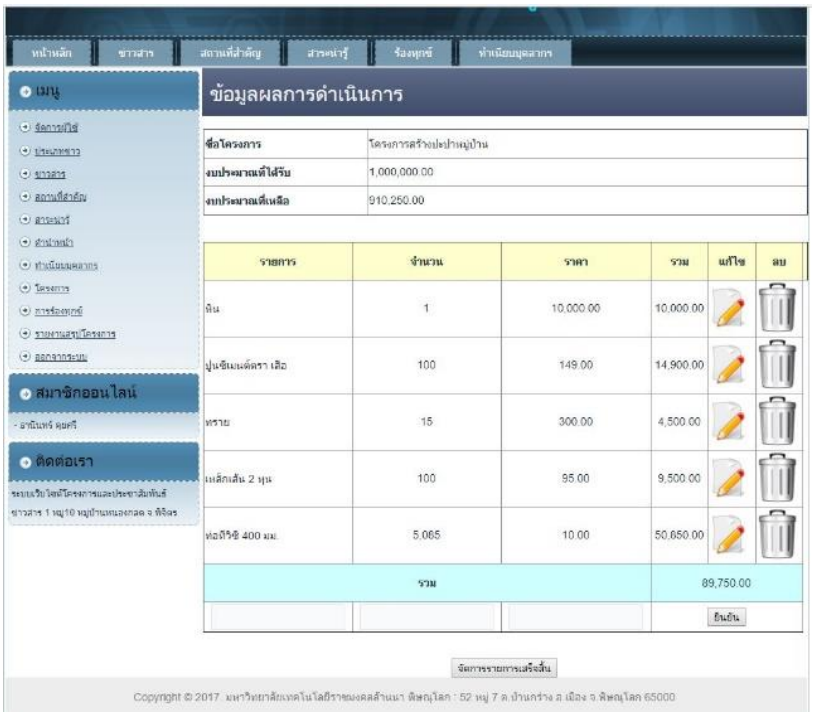
ภาพที่ 5 แสดง ER-Diagram



ภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างหน้าแรกของการพัฒนาเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร



ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างหน้าข้อมูลโครงการโดยผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขและค้นหาข้อมูลโครงการ สามารถแสดงรายละเอียดรายการค่าใช้ที่ใช้ในแต่ละโครงการ แสดงสถานะของโครงการที่ดำเนินการเสร็จ อัพโหลดไฟล์ขึ้นระบบและพิมพ์แต่ละโครงการได้



ภาพที่ 8 แสดงตัวอย่างหน้าค่าใช่จ่ายในแต่ละโครงการ สามารถแก้ไขและลบข้อมูลรายการค่าใช้จ่าย รวมทั้งแสดงสรุปยอดงบประมาณที่ใช้จ่ายไป งบประมาณที่ได้รับและสรุปยอดงบประมาณคงเหลือ



ภาพที่ 9 แสดงตัวอย่างหน้ารายงานสรุปค่าใช้จ่ายในโครงการ โดยเลือกช่วงวัน/เดือน/ปี ที่ต้องการแล้วกดปุ่ม ค้นหา จากนั้นระบบจะแสดงรายงานสรุปค่าใช้จ่ายในโครงการทั้งหมด แสดงค่าใช้จ่ายงบประมาณที่ได้รับจากโครงการ รวมงบประมาณที่ใช้จริงและผู้จัดทำโครงการ

อภิปรายผล

ผลจากการศึกษาและพัฒนารูปแบบเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร ในภาพรวมพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความต้องการด้านข้อมูลและเนื้อหา ซึ่งประกอบไปด้วย ข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลประเภทข่าวสาร ข้อมูลสถานที่สำคัญ ข้อมูลทำเนียบบุคลากร ข้อมูลสาระน่ารู้ ข้อมูลการร้องทุกข์ ข้อมูลผลการดำเนินการร้องทุกข์ ข้อมูลโครงการ ข้อมูลการจัดการค่าใช้จ่ายโครงการ ด้านรูปแบบเป็นการนำเสนอข้อมูล ได้แก่ สามารถสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลการร้องทุกข์และการดำเนินการจัดการข้อร้องทุกข์ รวมทั้งแสดงรายงานสรุปโครงการต่างๆของหมู่บ้านหนองกลด โดยเลือกตามช่วงเวลาได้

จากการศึกษาและพัฒนาเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตร สามารถอภิปรายผลการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ความต้องการของผู้ใหญ่บ้านและคณะกรรมการกลางในหมู่บ้าน รวมถึงจากการศึกษาเอกสารของหมู่บ้านหนองกลด งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อแก้ไขปัญหาความซ้ำซ้อนของการจัดเก็บข้อมูล ลดความสูญหายของข้อมูล ทำให้ข้อมูลมีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ โดยเว็บไซต์ฯที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหาและจัดเก็บข้อมูลประเภทข่าวสาร ข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลสถานที่สำคัญ ข้อมูลทำเนียบบุคลากร ข้อมูลสาระน่ารู้ข้อมูลการร้องทุกข์ ข้อมูลผลการดำเนินการร้องทุกข์ ข้อมูลโครงการ ข้อมูลการจัดการค่าใช้จ่ายโครงการ สามารถดูผลการดำเนินการร้องทุกข์ และข้อมูลผลการจัดการค่าใช้จ่ายโครงการ รวมทั้งสามารถบันทึกข้อมูลและร้องทุกข์ทางโทรศัทพ์มือถือได้ เนื่องจากระบบมีการออกแบบๆ Responsive Web Design เพื่อความสะดวก รวดเร็วสำหรับผู้ใช้งานระบบ สามารถใช้งานได้โดยผ่าน url ตัวเดียวกัน โดยไม่ต้องมีการกำหนดเวอร์ชั่นนี้สำหรับอุปกรณ์มือถือ รองรับการแสดงผลได้ทุกหน้าจอในรูปแบบที่แตกต่างกัน อีกทั้งระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ จัดเก็บข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ ลดความซ้ำซ้อนและการสูญหายของข้อมูล เป็นการประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กิจกรรมต่างๆแก่ลูกบ้านให้เข้าถึงข่าวสารได้ง่ายและทั่วถึง มีประสิทธิภาพ ปลอดภัย ง่ายต่อการใช้งานและช่วยทำให้การทำงานรวดเร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนนท์ (2551) การศึกษางานวิจัยเรื่อง ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารงบประมาณและติดตามโครงการ กรณีศึกษา โรงเรียนวันทีสถิตพิทยาคม พบว่า ระบบพัฒนาด้วยภาษา PHP และระบบฐานข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาคือ MySQL

ซึ่งระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหาและจัดเก็บข้อมูลโครงการ ผู้รับผิดชอบโครงการ รายละเอียดภายในโครงการ การใช้เงินงบประมาณโครงการ ข้อมูลการเบิกจ่ายงบประมาณในแต่ละแผนโครงการ ตัดยอดงบประมาณ เงินงบประมาณคงเหลือ แสดงผลการดำเนินการโครงการที่แล้วเสร็จและโครงการที่กำลังดำเนินการ แสดงผลรายละเอียดการเบิกจ่ายเงินงบประมาณในภาพรวม รายงานผลการเบิกจ่ายเงินงบประมาณ รายงานความก้าวหน้าของโครงการ รายงานสรุปผลการดำเนินการโครงการในภาพรวมประจำปี เพื่อเพิ่มความสะดวกต่อการใช้งาน ตรงกับวัตถุประสงค์และความต้องการของผู้ใช้ ระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง ช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล ข้อมูลมีความเป็นปัจจุบัน มีความถูกต้องน่าเชื่อถือ และมีความปลอดภัยของข้อมูล สอดคล้องกับงานวิจัยของมาโนชญ์(2552) พบว่า ระบบมีการจัดการข้อมูลการใช้งาน จัดการข้อมูลโครงการ จัดการข้อมูลการรายงานผลโครงการ จัดการข้อมูลงบประมาณ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ทำให้ระบบมีความสะดวกรวดเร็วต่อการใช้งาน ช่วยลดขั้นตอนในการทำงานลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรุจิราและสมชาย(2555)การศึกษางานวิจัยเรื่องระบบบริหารจัดการโครงการเพื่องานประกันคุณภาพการศึกษา พบว่า ระบบมีการจัดการข้อมูลโครงการ คณะที่รับผิดชอบ ผลผลิต และงบประมาณ แสดงการรายงานผลเกี่ยวกับโครงการที่แต่ละหน่วยงานรับผิดชอบ โดยระบบจะนำเข้าข้อมูลโครงการ ทำให้สามารถเรียกใช้งาน ออกรายงานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว สามารถจัดการโครงการ/กิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

สรุปผลการวิจัย

การทำงานของระบบงานเดิม พบว่า ยังเก็บข้อมูลอยู่ในรูปแบบของการจดบันทึกลงในเอกสาร ทำให้ข้อมูลเกิดความซ้ำซ้อน เอกสารสูญหาย อีกทั้งเกิดความล่าช้าในการดำเนินงาน ซึ่งเมื่อคณะผู้วิจัยพัฒนาเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ.พิจิตรขึ้น โดยระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหาและจัดเก็บข้อมูลประเภทข่าวสาร ข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลสถานที่สำคัญ ข้อมูลทำเนียบบุคลากร ข้อมูลสาระน่ารู้ข้อมูลการร้องทุกข์ ข้อมูลผลการดำเนินการร้องทุกข์ ข้อมูลโครงการ ข้อมูลการจัดการค่าใช้จ่ายโครงการสามารถดู ผลการดำเนินการร้องทุกข์ และข้อมูลผลการจัดการค่าใช้จ่ายโครงการ เพื่อลดการสูญหายของข้อมูล มีการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นอย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังเป็นการประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กิจกรรมต่างๆแก่ลูกบ้านเข้าถึงข่าวสารได้ง่ายและทั่วถึง ซึ่งระบบงานที่พัฒนาออกมานั้นมีการจัดการทำงานดังต่อไปนี้

1.1 ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหา จัดเก็บประเภทข่าวสาร ข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลสถานที่สำคัญ ข้อมูลทำเนียบบุคลากร ข้อมูลสาระน่ารู้ ข้อมูลการร้องทุกข์ ข้อมูลผลการดำเนินการร้องทุกข์ ข้อมูลโครงการ ข้อมูลการจัดการค่าใช้จ่ายโครงการ และดูผลการดำเนินการร้องทุกข์ และข้อมูลผลการจัดการค่าใช้จ่ายโครงการ เพื่อช่วยให้ลดความซ้ำซ้อนและสูญหายของข้อมูล มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ สะดวกและรวดเร็ว

1.2 ผู้ใช้ระบบสามารถเพิ่ม ข้อมูลการร้องทุกข์ ข้อมูลผลการดำเนินการร้องทุกข์ และดูผลการดำเนินการร้องทุกข์ และ ค้นหา ข้อมูลประเภทข่าวสาร ข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลสถานที่สำคัญ ข้อมูลทำเนียบบุคลากร ข้อมูลสาระน่ารู้

1.3 ผู้ใช้ระบบสามารถ ค้นหา ข้อมูลประเภทข่าวสาร ข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลสถานที่สำคัญ ข้อมูลทำเนียบบุคลากร ข้อมูลสาระน่ารู้

1.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบการพัฒนาระบบเว็บไซต์โครงการและประชาสัมพันธ์ข่าวสาร กรณีศึกษา หมู่บ้านหนองกลด จ. พิจิตร พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับคะแนน 4.54 อยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากเว็บไซต์ฯจัดการข้อมูลต่างๆได้ถูกต้อง รวดเร็ว มีคำอธิบายและแบบอักษรที่ใช้ชัดเจน ง่ายและเหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลในโปรแกรมมีความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือและปลอดภัย

- **ข้อเสนอแนะ**
    - ควรให้ระบบสามารถติดตามโครงการว่าถึงไหนแล้วมีการแจ้งเตือนสถานะต่างๆ
    - ควรเพิ่มเติมในส่วนของผลิตภัณฑ์หมู่บ้าน
    - ควรเพิ่มเติมในส่วนแผนที่ของหมู่บ้าน หรือ ระบบ GPS สถานที่สำคัญในหมู่บ้าน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลกที่ให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษางานวิจัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

นนท์ แสนประสิทธิ์. (2551). **การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารงบประมาณและติดตามโครงการ : กรณีศึกษาโรงเรียนวันทีสถิตพิทยาคม**. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

พัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นเพื่อการท่องเที่ยวประเทศไทย. **วารสารวิจัยสถาบัน มข. ขอนแก่น** 1(2), 137-144.

บุญชม ศรีสะอาด. (2547). **วิธีการทางสถิติสำหรับงานวิจัย**. สุวิริสาสน์, กรุงเทพมหานคร.

มาโนชญ์ ตนสิงห์. (2552). **การพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อการติดตามโครงการ/กิจกรรมตามแผนปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้**. การค้นคว้าแบบอิสระ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

รุจิรา จันทรสุวรรณ และสมชาย ปราการเจริญ. (2555). **ระบบบริหารจัดการโครงการเพื่องานประกันคุณภาพการศึกษา**. การค้นคว้าด้วยตนเอง ภาควิชาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร.

สุรวาท ทองบุ. (2550). **การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ**. ค้นเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม 2559, จาก http://www.rmu.ac.th/surawart/elearning/contentlesson8/801.html.

การสำรวจและศึกษาสัณฐานวิทยาของต้นจัน *(Diospyros decandra* Lour.) ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

SURVEY AND MORPHOLOGICAL STUDY OF *DIOSPYROS DECANDRA* LOUR. IN MUEANG DISTRICT, PHITSANULOK PROVINCE

เยาวพา กลิ่นกุหลาบ และ กาญจนา ธนนพคุณ*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : kanjanawongkuna@gmail.com

บทคัดย่อ

การสำรวจและศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นจันในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยดำเนินการตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2560 ดำเนินการเก็บตัวอย่าง ตรวจสอบเอกลักษณ์พรรณไม้เพื่อความถูกต้องของชนิด และวาดภาพลายเส้นแสดงโครงสร้างส่วนต่างๆ และจัดทำฐานข้อมูลพรรณไม้สำหรับอำเภอเมืองพิษณุโลกเก็บตัวอย่างทั้งหมด 93 ตัวอย่าง จาก 20 ตำบล โดยพบต้นจันในเขตตำบลวังน้ำคู่มากที่สุดจำนวน 10 ต้น รองลงมา คือ ตำบลในเมือง 9 ต้น วัดพริก 8 ต้น และน้อยที่สุด คือ ท่าโพธิ์และบึงพระโดยพบตำบลละ 1 ต้น พบว่า ต้นจันถึงร้อยละ 95.7 ที่มีลำต้นสูงเฉลี่ยมากกว่า 10 เมตร และมีเส้นรอบวงของลำต้นในระดับอกเฉลี่ย 2.22 เมตร ช่วงการติดดอกออกผลระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคม

คำสำคัญ : สัณฐานวิทยา จัน พิษณุโลก

Abstract

A field survey and morphological study on Golden apple (*Diospyros decandra* Lour.) in Mueang District, Phitsanulok Province was conducted from May to July, 2017. Specimens were collected, identified and illustrated and a database was created for future reference. Ninety-three specimens were collected from 20 sub-districts. The highest number of Golden apple tree was found in Wongnumku sub-district (10 trees), followed by Mueang (9 trees) and Wat Phrik sub-districts (8 trees). While Tha Pho and Bueng Phra sub-districts showed the lowest number of golden apple tree (one each). It was found that 95.7% of Golden apple trees were more than 10 meters in height and 2.22 meters in Circumference at Breast Height. The period between blossom and fruit harvest was May to July.

Keywords : morphology golden apple *Diospyros decandra* Phitsanulok

บทนำ

จัน มีชื่อสามัญว่า Gold apple และชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Diospyros decandra* Lour. ชื่อเรียกอื่นๆ ได้แก่ จัน จันขาว จันลูกหอม จันอิน จันโอ และ อิน (เต็ม, 2557) เป็นไม้ที่เจริญเติบโตช้า คนทั่วไปถือว่าเป็นต้นไม้โบราณที่สมัยนี้หาดูได้ค่อนข้างยาก ชื่อที่มักเรียกกันตามลักษณะผลซึ่งมี 2 แบบ คือ “ลูกอิน” ซึ่งเป็นผลลูกกลมป้อมขนาดใหญ่ ส่วนผลลูกแบนและแป้น ขนาดเล็กกว่า มักเรียกว่า “ลูกจัน” (กรณ์กาญจน์, 2552) จันจัดอยู่ในวงศ์ EBENACEAE หรือวงศ์มะพลับ พรรณไม้ในวงศ์นี้มีอยู่ 6 สกุล คือ *Diospyros*, *Euclea*, *Lissocarpa*, *Maba*, *Royena*, และ *Tetraclis* (The plant List, 2013) เป็นพืชในเขตร้อนหรือกึ่งเขตร้อนประเทศไทยพบว่ามีรายงานเพียงสกุล *Diospyros* เท่านั้นซึ่งมีสมาชิกอยู่ประมาณ 60 ชนิด (Phengklai, 1981) พืชในสกุล *Diospyros* ส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์จากเนื้อไม้และจากผล และพบขึ้นอยู่ทุกภาคของประเทศไทย บริเวณป่าเต็งรังป่าเบญจพรรณ และป่าดิบ นอกจากนี้ยังเป็นพืชปลูกตามบ้านเรือน วัดวาอาราม หรือตามที่สาธารณะเพื่อให้เกิดความร่มเย็นชุ่มชื้น (ก่องกานดาและวรดลต์, 2559) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์จันเป็นไม้ยืนต้น

สูงประมาณ 10-20 เมตร ใบรูปรีถึงขอบขนานยาวประมาณ 7-10 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2.5-3 เซนติเมตร โคนใบมน ปลายใบแหลม แผ่นใบเรียบบางเป็นมันลื่น ขอบใบเรียบก้านใบยาว 3-5 มิลลิเมตร ดอกมีสีขาวนวลหรือสีเหลืองอ่อน ดอกเพศผู้ออกดอกเป็นช่อ การดอกย่อย 2-4 มิลลิเมตร มีขนสีปกคลุม มีกลีบเลี้ยงรูประฆังคว่ำ 4-7 มิลลิเมตร มี 5 กลีบ และหยักเว้าเกือบถึงฐานกลีบ ส่วนกลีบดอกเป็นรูปเหยือกน้ำ 10-15 มิลลิเมตร มี 5 กลีบ และหยักเว้า 1 ในส่วนของความยาวกลีบ มีขนหรือเรียบทั้งสองด้าน เกสรเพศผู้ 14-18 อัน ผิวเรียบ รังไข่ไม่เจริญผิวเรียบ ส่วนดอกเพศเมียเป็นดอกเดี่ยว การดอกย่อย 3-5 มิลลิเมตร กลีบดอกและกลีบเลี้ยง มี 5 กลีบ ลักษณะเหมือนดอกเพศผู้แต่ใหญ่กว่า รังไข่รูปไข่ 5 ห้อง ก้านชูเกสรเพศเมีย 2 อัน เกสรเพศผู้ 9 อัน เรียบ ผลผิวเรียบ มีขนาดประมาณ 3-4 x 4-5 เซนติเมตร อวบน้ำ ไม่มีร่อง ที่ผลจะมีส่วนของกลีบเลี้ยงติดอยู่ที่จุก ก้านผลประมาณ 5 มิลลิเมตร เมล็ดเอนโดสเปิร์มเรียบ ผลสุกสีเหลือง เนื้อนุ่ม สามารถรับประทานได้ (Phengklai, 1981)

จากการศึกษาเบื้องต้นโดยผู้วิจัยพบว่า ในประเทศไทยมีการเก็บตัวอย่างจันเป็นตัวอย่างพรรณไม้แห้งไว้ที่หอพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 4 ตัวอย่าง โดยมีการเก็บตัวอย่างในช่วงปี พ.ศ.2550-2551 จากจังหวัดขอนแก่น นครราชสีมา และระยอง เท่านั้น และมีรายงานเก็บตัวอย่างต้นจันเพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมจากจังหวัดสงขลาและตราด จังหวัดละ 1 ตัวอย่าง (แพรวพรรณ, 2556) ซึ่งยังถือว่าตัวอย่างพืชอ้างอิงสำหรับพืชชนิดนี้มีน้อยมาก ส่วนข้อมูลการใช้ประโยชน์แม้ว่าจะมีข้อมูลจากการศึกษาวิจัยผลไม้ในไทย พบว่าน้ำผลไม้ไทยจากลูกจัน มีฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระและมีฤทธิ์ช่วยยับยั้งการแตกตัวของเม็ดเลือดแดงได้ (นิดดาและทวีทอง , 2550) และมีการนำแก่นจันมาทำยาหรือเครื่องหอม หรือวางไว้ตามมุมห้องเพื่อให้เกิดกลิ่นหอมในห้อง ผลสุกนำมารับประทาน และพบว่าชาวอีสานจะนำผลดิบมาทำส้มตำ ส่วนผลสุกนำมาทานเล่นเนื่องจากมีรสหวาน (กรณ์กาญจน์, 2552) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามยังถือว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นจันยังมีอยู่น้อยมากในประเทศไทย อาจเนื่องจากนักวิจัยหรือคนส่วนใหญ่ มักเข้าใจว่าเป็นไม้หวงห้าม หายากและใกล้สูญพันธุ์ แต่จากการตรวจสอบแล้วพบว่าต้นจันยังไม่ได้อยู่ในรายชื่อพืชใกล้สูญพันธุ์ของ IUCN Red List (The IUCN Red List of Threatened Species, 2017) แต่เป็นเพียงพืชที่กำลังจะถูกลืมเท่านั้น เนื่องจากวัฒนธรรมทางสังคมในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วคนรุ่นหลังไม่นิยมนำต้นจันมาใช้ประโยชน์ ทำให้ภูมิปัญญาต่างๆ เริ่มเลือนหายไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรมีการสำรวจต้นจันที่มีอยู่ในพื้นที่เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการอนุรักษ์ต้นจันเพื่อไม่ให้เกิดการสูญหายไป ทั้งยังเป็นการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชให้ใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆต่อไปและจากการออกพื้นที่ในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก ทำให้ทราบว่าองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ซึ่งได้ร่วมสนองโครงการการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราช (อพ.สธ.) มีความต้องการอนุรักษ์ต้นจันเนื่องจากต้นจันในพื้นที่เหลืออยู่เพียง 3 ต้นเท่านั้น และมีลักษณะทรุดโทรม ซึ่งหากไม่ดำเนินการปลูกเพิ่มหรืออนุรักษ์ไว้อาจจะสูญหายไปจากในพื้นที่ได้

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นในการสำรวจและศึกษาสัณฐานวิทยาของต้นจันทั้งในเขตตำบล วัดจันทร์ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มแนวคิดและตำบลอื่น ๆ ในอำเภอเมืองพิษณุโลก และเพื่อช่วยสนับสนุนงานวิชาการตามความต้องการของชุนชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการกระจายพันธุ์ ศึกษาสัณฐานวิทยาและชีพลักษณ์ของต้นจันที่พบในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นฐานข้อมูลทรัพยากรให้แก่คนในท้องถิ่นสู่การช่วยสร้างจิตสำนึกและความตระหนักในการอนุรักษ์ทรัพยากรท้องถิ่น นอกจากนี้ยังทำให้ทราบข้อมูลจำนวนต้น การกระจายพันธุ์ ลักษณะสัณฐานวิทยา และชีพลักษณ์บางลักษณะของต้นจันสำหรับการค้นคว้างานวิจัยต่อยอดได้อย่างถูกต้องอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างพรรณไม้

กำหนดพื้นที่สำรวจในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลกทั้งหมด 20 ตำบลของอำเภอเมืองพิษณุโลก ได้แก่ ตำบลงิ้วงาม จอมทอง ดอนทอง ท่าทอง ท่าโพธิ์ ในเมือง บ้านกร่าง บ้านคลอง บ้านป่า บึงพระ ปากโทก ไผ่ขอดอน วัดจันทร์ วัดพริก วังน้ำคู้ พลายชุมพล มะขามสูง สมอแข หัวรอ และอรัญญิก และสุ่มสำรวจหาต้นจันในแต่ละพื้นที่ด้วยการสอบถามจากผู้นำหมู่บ้าน คนในหมู่บ้านของชุมชนนั้นๆ ในแต่ละตำบลจากการสัมภาษณ์โดยตรง เก็บตัวอย่างพรรณไม้แห้งและตัวอย่างดองด้วยแอลกอฮอล์ 70% ตามวิธีของก่องกานดาและวรดลต์ (2559) รวมทั้งการบันทึกข้อมูลความสูง ขนาดใบ เส้นรอบวงของลำต้นในระดับอก ณ จุดที่สูงห่างจากระดับพื้นดินประมาณ 1.35 เมตร (Circumference at Breast Height: CBH) ขนาดผลและ

ดอก โดยใช้อุปกรณ์วัดความสูง ตลับเมตร และไม้บรรทัด ตามความเหมาะสมของการวัด และเก็บรักษาตัวอย่างพรรณไม้ไว้ ณ ห้องเก็บรวบรวมพรรณไม้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และหอพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่

2. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ศึกษาสัณฐานวิทยาประกอบด้วยเปลือก ลำต้น ใบ ดอก และผลของต้นจัน ในห้องปฏิบัติการภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอและตรวจสอบความถูกต้องของชนิดพันธุ์ ด้วยคู่มือจำแนกพรรณไม้ Flora of Thailand (Phengklai, 1981) และเทียบตัวอย่างพรรณไม้ที่ได้จากหอพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ เพื่อยืนยันความถูกต้องของชนิด พร้อมทั้งวาดภาพลายเส้นแสดงรายละเอียด บรรยายลักษณะต่างๆ ทางพฤกษศาสตร์

3. การจัดทำฐานข้อมูลพรรณไม้

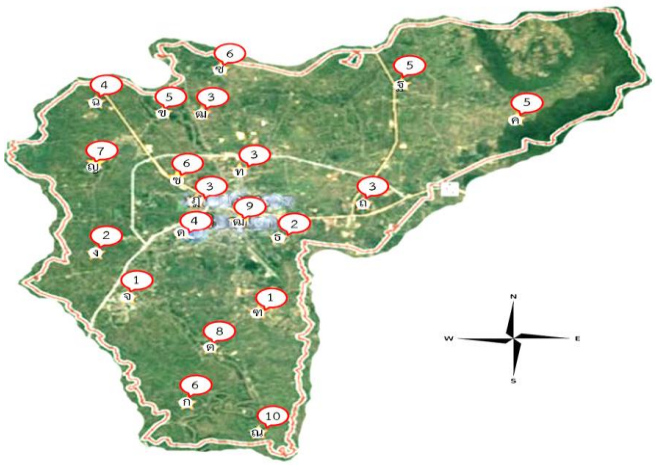
จัดทำฐานข้อมูลพรรณไม้ในจังหวัดโดยใช้รูปแบบโปรแกรมจากฐานข้อมูลพรรณไม้โครงการการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.)

ผลการวิจัย

จากการสำรวจการกระจายพันธุ์ของต้นจัน 20 ตำบล ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2560 พบจำนวนของต้นจันทั้งหมด 93 ต้น โดยพบต้นจันมากที่สุดคือ 10 ต้นที่ตำบลวังน้ำคู่ รองลงมาคือ 9 ต้น (ในเมือง) 8 ต้น (วัดพริก) 7 ต้น (บ้านกร่าง) 6 ต้น (งิ้วงาม พลายชุมพล และมะขามสูง) 5 ต้น (ดอนทอง และบ้านป่า) 4 ต้น (ไผ่ขอดอน และวัดจันทร์) 3 ต้น (จอมทอง บ้านคลอง สมอแข และหัวรอ) 2 ต้น (ท่าทอง และอรัญญิก) และพบน้อยที่สุดคือ ตำบลท่าโพธิ์และบึงพระ พบตำบลละ 1 ต้นเท่านั้น (ภาพที่ 1 และตารางที่ 1) เมื่อศึกษาสัณฐานวิทยา พบว่าความสูงของต้นจันช่วงตั้งแต่ 11-16 เมตร (เฉลี่ย 12.92±3.49) เส้นรอบวงของลำต้นในระดับอกเฉลี่ย 2.22 เมตร ความยาวของใบช่วงตั้งแต่ 7-10 เซนติเมตร (เฉลี่ย 8.83±0.54) ขนาดผลช่วงตั้งแต่ 2-5 เซนติเมตร (เฉลี่ย 3.5±2.12) และขนาดดอกเฉลี่ย 1 เซนติเมตร (ตารางที่ 1)

ลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นจันที่พบในเขตพื้นที่สำรวจมีรายละเอียด (ภาพที่ 2 และ 3) ดังนี้ **ลำต้น** เป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบความสูงในช่วง 11- 16 (เฉลี่ย 12.92±3.49) เมตร กิ่งอ่อนมีขน ไม่มีหนาม เปลือกต้นเรียบสีเทาอมน้ำตาลดำ แตกเป็นสะเก็ด เส้นรอบวงของลำต้นในระดับอกเฉลี่ย 2.22 เมตร เนื้อไม้มีสีขาว **ใบ** การเรียงตัวของใบแบบสลับ มีลักษณะขอบขนานยาว 7-10 (เฉลี่ย 8.83±0.54) เซนติเมตร กว้าง 2.5-3 เซนติเมตร ก้านใบยาวเฉลี่ย 5 มิลลิเมตร ใบบริเวณยอดอ่อนจะมีขนสีน้ำตาลปกคลุมจากนั้นจะกลายเป็นผิวเกลี้ยงไม่มีขนเมื่อใบแก่โคนฐานใบมนหรือแหลม ส่วนปลายใบเรียวแหลมโดยด้านข้างโค้งนูนเล็กน้อย **ดอก** เป็นดอกแยกเพศ ดอกเพศผู้ออกดอกแบบช่อกระจุก 5 กลีบก้านดอกย่อยยาว 2-4 มิลิเมตร มีขนสีน้ำตาลสั้นๆ ปกคลุม วงกลีบเลี้ยงรูประฆังยาว 4-7 มิลลิเมตร ยักลึกไปยังฐานมีขนทั้งสองด้าน วงกลีบรูปโถ ยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร เกสรเพศผู้มี 18-20 อัน ผิวเกลี้ยงไม่มีขน รังไข่ผิวเกลี้ยงไม่เจริญ ดอกเพศเมียออกดอกเดี่ยวเกิดขึ้นที่ปลายกิ่งหรือซอกใบมี 5 กลีบ ก้านดอกย่อยยาว 5 มิลลิเมตร มีขน วงกลีบเลี้ยงยาว 5 มิลลิเมตร กลีบดอกยาว 12 มิลลิเมตรรังไข่รูปทรงไข่มีขนคลุ่มด้วยขนยาวนุ่มทอดราบไปกับพื้นผิว รังไข่แบ่งเป็น 6 ช่อง มีขนยาวนุ่มแบะหนาราบกลับพื้นผิว เกสรเพศผู้เป็นหมัน 9-10 อันผิวเกลี้ยงดอกออกในช่วงต้นเดือนพฤษภาคม **ผล** มีขนาดช่วงตั้งแต่ 2-5 (เฉลี่ย 3.5±2.12) เซนติเมตร อวบน้ำ ผิวเกลี้ยงโค้งมนตลอดผล ผลจันผลอ่อนมีสีเขียว แต่เมื่อสุกแล้วจะเป็นสีเหลือง เนื้อนุ่มมีกลิ่นหอมและ มีรสหวาน สามารถรับประทานได้ ผลเริ่มติดในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมและมักแก่ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคมโดยผลอินจันจะมีอยู่สองแบบคือ ลักษณะของผลเป็นรูปกลมแป้นไม่มีเมล็ดหรือมีเมล็ดลีบ มีรอยบุ๋มตรงกลางจะเรียกว่า ลูกจัน ส่วนผลที่มีลักษณะของผลเป็นรูปกลมและมีเมล็ด ไม่มีรอยบุ๋มจะเรียกว่า ลูกอิน เมล็ดมีชั้นของเยื่อในเมล็ดเรียบสีขาวเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลเรียบ **นิเวศวิทยา** พบขึ้นในพื้นที่โล่งแจ้ง ในเขตบ้านเรือนซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย 38 ต้น วัด 15 ต้น ริมข้างทางถนนทางเดินหมู่บ้านหรือทางถนนรถผ่านใช้สัญจร 23 ต้น และพื้นที่เพาะปลูกทางการเกษตร 17 ต้น

ตำแหน่งตำบลกำหนดโดยอักษร
ก.งิ้วงาม ข.จอมทอง ค.ดอนทอง
ง.ท่าทอง จ.ท่าโพธิ์ ฉ.ไผ่ขอดอน
ช.พลายชุมพล ซ.มะขามสูง
ฌ.ในเมือง ญ.บ้านกร่าง ฎ.บ้านครอง
ฐ.บ้านป่า ฑ.บึงพระ ฒ.ปากโทก
ณ.วังน้ำคู้ ด.วัดจันทร์ ต.วัดพริก
ถ.สมอแข ท.หัวรอ และ ธ.อรัญญิก



ภาพที่ 1 แผนที่ตำแหน่ง 20 ตำบล ในอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก และจำนวนประชากรต้นจัน (ต้น) ในแต่ละตำบล (ที่มา: ดัดแปลงจากhttps://www.google.co.th/maps/place/อำเภอเมืองพิษณุโลก)

ตารางที่ 1 จำนวนต้นจันที่สำรวจพบในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก และขนาดของลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการของต้นจัน

ตำบล	จำนวน (ต้น)	ลักษณะทางสัณฐานบางประการ				
		ความสูง(m)	ขนาดใบ(cm)	เส้นรอบวง (m)	ขนาดผล (cm)	ขนาดดอก (cm)
งิ้วงาม	6	15-20 (14.33±6.90)	8-10 (9.00±1.41)	2.08	2-5	1
จอมทอง	3	15-20 (15.33±6.25)	7-10 (8.50±2.12)	2.84	2-5	-
ดอนทอง	5	20-25 (21.00±4.87)	8-10 (8.00±1.41)	3.04	2-5	-
ท่าทอง	2	5-7 (6.00±1.41)	7-10 (8.50±2.12)	1.60	2-5	-
ท่าโพธิ์	1	10	7-10 (8.50±2.12)	5.00	2-5	-
ไผ่ขอดอน	4	10-15 (11.75±0.87)	9-11 (10.00±1.41)	2.30	2-5	-
พลายชุมพล	6	3-5 (4.33±0.82)	8-11 (9.50±2.12)	0.55	2-5	1
มะขามสูง	6	10-15 (10.25±2.38)	8-11 (9.50±2.12)	0.99	2-5	-
ในเมือง	9	10-12 (9.36±5.24)	7-10 (8.50±2.12)	1.51	2-5	-
บ้านกร่าง	7	12-16 (14.06±3.39)	7-9 (8.00±1.41)	1.54	2-5	1
บ้านคลอง	3	12-15 (13.33±8.78)	8-11 (9.50±2.12)	4.11	2-5	-
บ้านป่า	5	20-25 (16.90±7.67)	7-10 (8.50±2.12)	1.87	2-5	-
บึงพระ	1	15	8-10 (9.00±1.41)	1.50	2-5	-
ปากโทก	3	15-20 (15.67±7.71)	8-10 (8.50±2.12)	2.61	2-5	-
วังน้ำคู้	10	10-15 (13.36±5.38)	7-10 (8.50±2.12)	1.38	2-5	-
วัดจันทร์	4	13-15 (15.63±6.25)	6-10 (8.00±2.83)	3.88	2-5	-
วัดพริก	8	11-15 (12.79±3.96)	6-11 (8.50±3.54)	2.63	2-5	-
สมอแข	3	7-12 (11.67±5.77)	7-10 (8.50±2.12)	1.14	2-5	-
หัวรอ	3	10-15 (14.17±2.89)	7-10 (8.50±2.12)	2.16	2-5	-
อรัญญิก	2	10-13 (13.50±2.12)	8-11 (9.50±2.12)	1.70	2-5	-
รวม	**93**	**$\bar{X}$= 11-16 (12.92±3.79)**	**$\bar{X}$=7-10 (8.83±0.54)**	**$\bar{X}$=2.22**	**$\bar{X}$=2-5 (3.5±2.12)**	**$\bar{X}$=1**

หมายเหตุ: - หมายถึงไม่มีดอก

อภิปรายผล

จากการสำรวจพบต้นจันกระจายพันธุ์อยู่ในพื้นที่ 20 ตำบล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 93 ต้น พบมากที่สุดในเขตตำบลวังน้ำคู้ คือ 10 ต้น โดยพบอยู่บริเวณริมทางตลอดเส้นทางริมฝั่งแม่น้ำน่าน น่าจะเนื่องมาจากเป็นบริเวณที่ไม่ใช่เขตการเพาะปลูกจึงไม่ถูกรบกวน แม้ว่าส่วนใหญ่พื้นที่ในตำบลนี้เหมาะการประกอบอาชีพเกษตรกรรม เพราะมีสภาพพื้นที่เป็นที่ราบลุ่ม มีแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น แม่น้ำน่าน บึงและลำคลอง เป็นต้น (องค์การบริหารส่วนตำบลวังน้ำคู้, 2558) และน่าจะเป็นพื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของต้นจันด้วยจึงยังคงมีต้นจันขนานใหญ่มากกว่าเขตตำบลที่เป็นชุมชนเมือง เช่น ตำบลจอมทอง บ้านคลอง สมอแข หัวรอ ท่าทอง และอรัญญิก เป็นต้น ส่วนตำบลที่พบต้นจันเพียงตำบลละ 1 ต้น (ท่าโพธิ์และบึงพระ) ซึ่งพบว่าต้นจันที่หลงเหลืออยู่นี้อยู่ในพื้นที่วัดและเขตบ้านเรือน ซึ่งน่าจะได้รับการรบกวนจากการตัดเพื่อปรับพื้นที่น้อยที่สุด ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการกระจายพันธุ์ของจันสามารถพบได้ในทุกตำบลแต่จะพบมากหรือน้อยแตกต่างกัน น่าจะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคนในชุนชน เช่น การใช้ประโยชน์ ความตระหนักถึงความสำคัญและคุณค่าในการใช้ประโยชน์จากจัน เป็นต้น ลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นจันในพื้นที่ศึกษาพบว่าต้นจันถึงร้อยละ 95.7 ที่มีลำต้นสูงเฉลี่ยมากกว่า 10 เมตร และเส้นรอบวงของลำต้นในระดับอกเฉลี่ย 2.22 เมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าต้นจันที่พบส่วนใหญ่น่าจะมีอายุที่มากและเกินกว่า 10 ปีขึ้นไป แต่ไม่พบต้นจันที่เป็นต้นใหม่ จากการสำรวจพบลูกไม้ของต้นจันเจริญใกล้ต้นแม่ แต่เมื่อสอบถามกลับชาวบ้านพบว่าลูกไม้ไม่สามารถเจริญขึ้นมาเป็นต้นไม้ใหญ่ได้ ซึ่งดูจากพื้นที่แล้วอาจเนื่องมาจากขอบเขตพื้นที่ไม่เพียงพอทำให้ลูกไม้เจริญต่อไม่ได้ดีนักจึงอาจเป็นผลให้จำนวนต้นจันที่พบมีจำนวนค่อยข้างน้อยเนื่องจากมีการเพิ่มประชากรได้ยากตามธรรมชาติ จำนวนตัวอย่างจันที่พบน้อยสอดคล้องกับงานวิจัยความหลากหลายทางพันธุ์กรรมของพืชสกุล *Diospyros* ในภาคใต้ โดยใช้เทคนิคอาร์เอพีดี ซึ่งสามารถหาตัวอย่างจันได้จากจังหวัดสงขลาและตราดเพียงจังหวัดละ 1 ตัวอย่างเท่านั้น (แพรวพรรณ, 2556) อาจเนื่องมาจากยังไม่มีฐานข้อมูลที่ทำให้ทราบการกระจายพันธุ์ของจันในพื้นที่ ซึ่งนี้ถือเป็นปัญหาหนึ่งที่ทำให้งานวิจัยต่อยอดของจันมีน้อย ทั้งที่มีการอ้างถึงในอินเทอร์เน็ตว่าเป็นพืชสมุนไพรมีสรรพคุณมากมายแต่กลับไม่เป็นที่นิยม เพราะนักวิจัยไม่ทราบว่าจะหาตัวอย่างจันได้จากแหล่งใดและมีจำนวนมากน้อยแค่ไหนเพียงพอต่อการทำวิจัยหรือไม่นั่นเอง ลักษณะสัณฐานของต้นจันที่พบในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลกมีลักษณะสอดคล้องคำบรรยายลักษณะชนิดใน Flora of Thailand (Phengklai, 1981) การวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงการสำรวจเบื้องต้นในเขตอำเภอเมืองเท่านั้น และยังขาดข้อมูลด้านอื่น เช่น การเจริญเติบโต ของเมล็ด การขยายพันธุ์ การออกดอกและผลครอบคลุมตลอดทั้งปี จึงควรมีการดำเนินการสำรวจในพื้นที่อื่น และข้อมูลอื่นๆ เพื่อทราบข้อมูลการกระจายพันธุ์และชีพลักษณ์ของต้นจันซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวิจัยและพัฒนาต่อยอดด้านอื่นๆ เช่น คุณสมบัติทางเคมี การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและอื่นๆ เป็นต้น

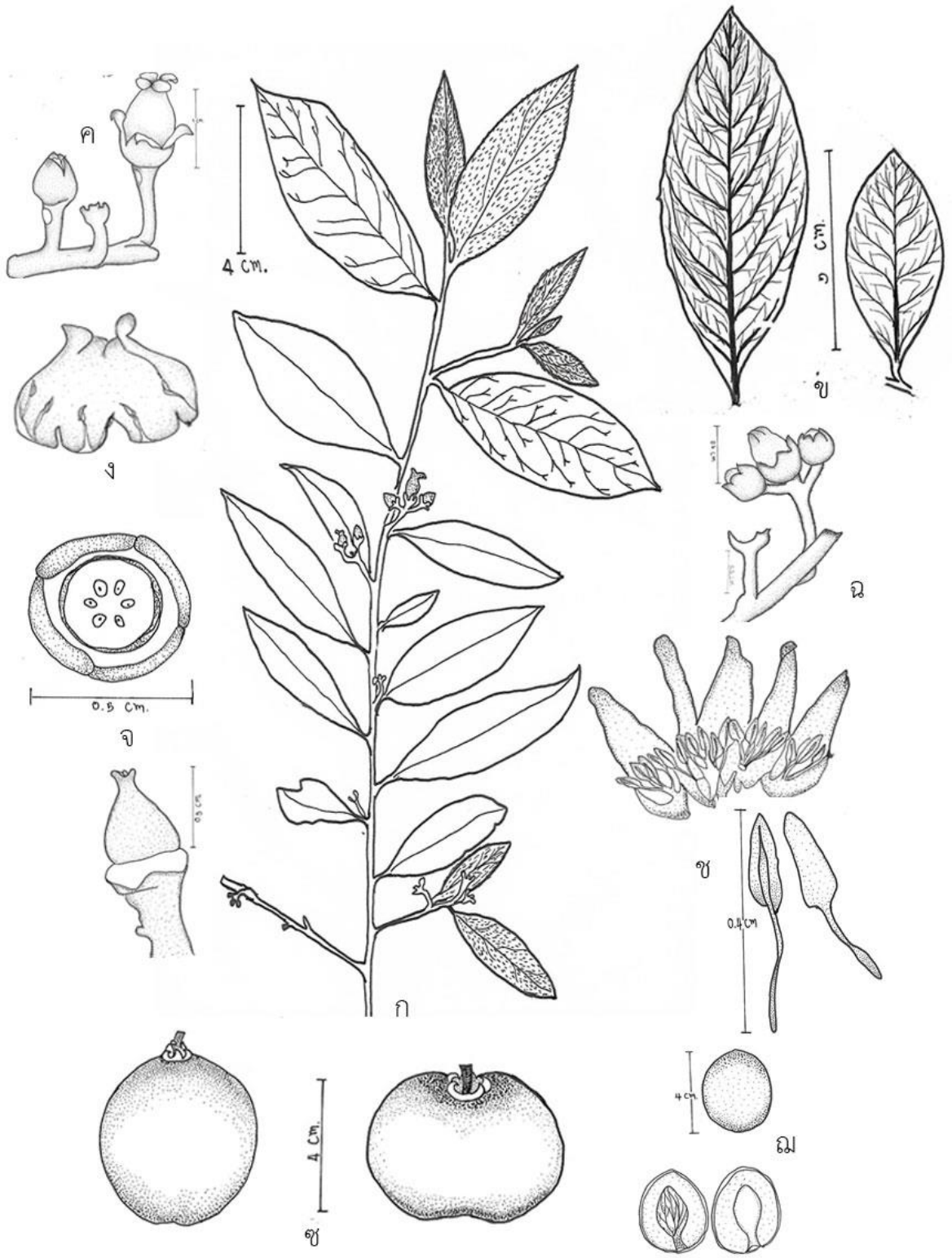
สรุปผลการวิจัย

จากการสำรวจต้นจันทั้ง 20 ตำบล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก พบต้นจันกระจายพันธุ์อยู่ในพื้นที่ศึกษา 93 ต้น พบมากที่สุดในเขตตำบลวังน้ำคู้ คือ 10 ต้น และพบน้อยที่สุดในตำบลท่าโพธิ์และบึงพระตำบลละ 1 ต้น ลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นจัน พบต้นจันถึงร้อยละ 95.7 ที่มีลำต้น สูงเฉลี่ยมากกว่า 10 เมตรและเส้นรอบวงของลำต้นในระดับอกเฉลี่ย 2.22 เมตร ความยาวของใบเฉลี่ย 7-10 (8.83±0.54) เซนติเมตร ขนาดผลเฉลี่ย 2-5 เซนติเมตร และขนาดดอกเฉลี่ย 1 เซนติเมตร ดอกเป็นดอกแยกเพศ ดอกเพศผู้ขนาด 10 มิลลิเมตร มีเกสรเพศผู้ 20 อันรังไข่ไม่เจริญ ดอกเพศเมียขนาด 12 มิลลิเมตร มีเกสรเพศผู้เป็นหมันมี 9 อัน ผลมี 2 แบบคือ ผลทรงกลมและผลแป้นช่วงการติดดอกออกผลระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคม



ภาพที่ 2 ภาพถ่ายจัน (*Diospyros decandra* Lour.)

ก. วิสัย (ไม้ยืนต้น) ข. เปลือก ค. เนื้อไม้ตัดตามขวาง ง. ใบ จ. ใบและดอกเพศเมีย ฉ. ใบและดอกเพศผู้ ช. กลีบดอกและเกสรเพศผู้ ซ. ผลสุก ณ. ผลดิบ และ ฎ. เมล็ดและเมล็ดผ่าตามยาว



ภาพที่ 3 ภาพวาดลายเส้นจัน (*Diospyros decandra* Lour.)

ก. ใบและการเรียงตัวของใบ ข. ใบและเส้นใบ ค. ดอกเพศเมีย ง. กลีบดอกเพศเมียและเกสรเพศผู้ที่เป็นหมัน จ. รังไข่ ฉ. ดอกเพศผู้ ช. กลีบดอกเพศผู้และเกสรเพศผู้ ซ. ผล และ ฌ. เมล็ด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการอนุรักษ์พืชสมุนไพร ภายใต้โครงการการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สาขาวิชาชีววิทยา และสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย รวมถึงผู้นำชุมชนและชาวบ้านจากตำบลต่างๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดีและขอบขอคุณหอพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อในการเทียบตัวอย่างพรรณไม้

เอกสารอ้างอิง

กรณ์กาญจน์ ภมรประวัติธนะ. (2552). **จันโอ-จันอินกลิ่นหอมจรุงใจ.** นิตยสารหมอชาวบ้าน*, 365*: 25.

ก่องกานดา ชยามฤต และวรดลต์ แจ่มจำรูญ. (2559). **คู่มือจำแนกพรรณไม้.** สวนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิจัย การอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ.

เต็ม สมิตินันท์. (2557). **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันท์ (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557)**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักงานหอพรรณไม้สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ.

นิดดา หงส์วิวัฒน์และทวีทอง หงส์วิวัฒน์. (2550). **ผลไม้ 111 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน.** แสงแดด. กรุงเทพฯ.

แพรวพรรณ เกษมุล. (2556). **การศึกษาความหลากหลายทางพันธุ์กรรมของพืชสกุล Diospyros ในภาคใต้โดยใช้เทคนิค อาร์ เอพีดี**. วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาพืชศาสตร์). วิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

องค์การบริหารส่วนตำบลวังน้ำคู้ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก. (2558). **สภาพภูมิประเทศ.** สืบค้นจาก http://www.wangnumku.go.th/condition2.php.

IUCN (2017). **The IUCN Red List of Threatened Species**. *Version 2017-3*. Retrieved from http://www.iucnredlist.org/about/citing.

Phengklai, C., (1981). **Flora of Thailand: EBENACEAE**. Royal Forest Department. Bangkok. Vol. 2(4), p.321-324.

The Plant List (2013). **Published on the Internet**. Version 1.1. Retrieved from http://www.theplantlist.org.

การศึกษาการจัดการและองค์ประกอบขยะมูลฝอยจากตลาดนัดในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์
STUDY ON MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT AND WASTE COMPOSITION FROM FLEA MARKET IN NAKHON SAWAN CITY MUNICILITY

ชำมะเลียง เชาว์ธรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์
corresponding author e-mail : c_dieo_11@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ศึกษาการจัดการและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยจากตลาดนัดในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างขยะมูลฝอยจากตลาดนัด 6 ตลาดนัด จำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เดือนพฤษภาคม และครั้งที่ 2 เดือนมิถุนายน พ.ศ.2559 ได้แก่ ตลาดนัดการเคหะ ตลาดนัดโค้งตาเพ็ง ตลาดนัดถนนคนเดิน ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เย็น) ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) และตลาดนัดศรีนคร จากการศึกษาพบว่าตลาดนัดที่มีปริมาณขยะมากที่สุดคือ ตลาดนัดการเคหะ ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เย็น) และตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) ตามละดับ และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบขยะมูลฝอยทั้ง 2 ครั้ง พบว่าส่วนใหญ่คือขยะเปียกที่มาจากการขายอาหารสดและอาหารสำเร็จรูปที่ขาดการจัดการที่ถูกวิธี มีเพียงตลาดนัดศรีนครและตลาดนัดถนนคนเดินที่เน้นการค้าขายในรูปแบบเสื้อผ้าและสินค้าแฟชั่นต่าง ๆ จึงทำให้ขยะที่พบเป็นประเภทขยะแห้งที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกหากมีการจัดการที่ดี

คำสำคัญ : ขยะมูลฝอย ตลาดนัด เขตเทศบาลนครนครสวรรค์

Abstract

This Study focused municipal solid waste management and waste composition from flea market in Nakhon Sawan city Municility, Amphoe Muang Nakhon Sawa, Nakhon Sawan province, By random sampling of solid waste from 6 flea market 2 time in May and June, include Kankaha flea market, Khwongtapang flea market, Walking street flea market, Jiraprawat flea market (evening), Jiraprawat flea market (morning) and Srinakhon flea market.According to studies, it has been found that Most of the food waste and diets lacking managed properly. There is Srinakhon flea market and Walking street flea market focused on trade in goods, clothing and various fashion so that waste is waste that can be recycled for another use if there is a good deal.

Keywords : solid waste flea market Nakhonsawan city Municility

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมนับเป็นปัญหาของโลก ไม่ว่าจะเป็นปัญหาภาวะโลกร้อน ปัญหาการลดลงของโอโซน ปัญหาการลดลงของป่าไม้ และปัญหาขยะมูลฝอยซึ่งเป็นต้นกำเนิดของปัญหาข้างต้นที่กล่าวมา ขยะมูลฝอยนับเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สุดที่ถูกมองข้ามในสังคมบริโภคนิยมปัจจุบัน ในประเทศไทยก็เช่นกันซึ่งกำลังประสบปัญหาขยะล้นเมืองจากการสำรวจของกรมควบคุมมลพิษในปี พ.ศ. 2556 พบว่าประเทศไทยมีขยะที่จะเพิ่มขึ้น 26.77 ล้านตัน/ปี ซึ่งเปรียบเทียบว่าหากนำขยะในปัจจุบันมาเทกองที่ขนาดเท่ากับตึกใบหยก ขยะจะสามารถเรียงตัวได้ถึง 140 ตึก (กรมควบคุมมลพิษ,2557) ในปี พ.ศ.2558 รัฐบาลไทยจึงกำหนดปัญหาขยะและน้ำเสียเป็นวาระแห่งชาติ และให้ท้องถิ่นเร่งให้ความสนใจและดำเนินการแก้ไขอย่างเร่งด่วนเนื่องจากความสามารถในการจัดเก็บขนและกำจัดจากแหล่งที่มา เช่น ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม อาคาร สิ่งก่อสร้าง ยานพาหนะ และสถานที่กิจการใด ๆ (เกษม, 2547) มีค่อนข้างจำกัด จึงทำให้ไม่สามารถจัดการปัญหาได้ทันการณ์เป็นเหตุให้เกิดปัญหาขยะตกค้างส่งกลิ่นเหม็นรบกวน ปัญหาใหญ่ของขยะมูลฝอยคือการจัดการที่ยังไม่มีประสิทธิภาพรวมถึงการไม่นำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีความตระหนักถึงปัญหาขยะมูลฝอยจากตลาดนัดในเขต

เทศบาลนครนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ เนื่องจากตลาดนัดในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์มีจำนวนผู้ค้าและผู้บริโภคจำนวนมาก ก่อให้เกิดขยะมูลฝอยจำนวนมาก ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของขยะมูลฝอยจากตลาดนัด เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลในการศึกษาขยะมูลฝอยในการจำแนกขยะมูลฝอยตามองค์ประกอบการทิ้งและคัดแยกขยะมูลฝอย เพื่อที่จะก่อให้เกิดตลาดนัดที่ได้มาตรฐานและลดค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะมูลฝอยในอนาคตและเป็นเมืองที่มีขยะมูลฝอยเป็นศูนย์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

กำหนดพื้นที่ทำการศึกษาคือ ตลาดนัดทั้ง 6 ตลาด ได้แก่ ตลาดนัดการเคหะ ตลาดนัดโค้งตาเพ็ง ตลาดนัดถนนคนเดิน ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เย็น) ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) และตลาดนัดศรีนคร

2. ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลตลาดนัดละ 2 ครั้ง คือ เดือนพฤษภาคมและมิถุนายน 2559

3. การศึกษาปริมาณขยะมูลฝอย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณขยะมูลฝอยต่อพื้นที่ 100 ตารางเมตรโดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลเริ่มจากแต่ละตลาดนัดที่ศึกษา จะทำการแบ่งพื้นที่สำรวจขยะมูลฝอยออกเป็น 6 พื้นที่ แล้วใส่หมายเลข 1-6 ทำการสุ่มโดยการจับฉลากเลือกพื้นที่เป็นตัวแทนขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยในตลาดนัดทั้งหมด โดยใช้เชือกขึงวัดระยะกว้าง 10 เมตร ยาว 10 เมตร จะพื้นที่ 100 ตารางเมตรและทำการเก็บขยะมูลฝอยทุกชิ้นที่อยู่ในขอบเขตมาศึกษาองค์ประกอบของขยะมูลฝอย โดยเทขยะมูลฝอยทั้งหมดลงบนแผ่นผ้ายางแล้วชั่งน้ำหนักและจดบันทึกพร้อมทั้งแยกหาองค์ประกอบของขยะมูลฝอยซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ ขยะเปียก ขยะแห้ง วัสดุก่อสร้าง และขยะอันตรายแล้วชั่งน้ำหนักแต่ละประเภทอีกครั้ง

การคำนวณองค์ประกอบมูลฝอย จะคำนวณโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ คือ

$$Ci = \frac{Wi \times 100}{W}$$

เมื่อ Ci = ร้อยละขององค์ประกอบของมูลฝอยแต่ละชนิด

Wi = น้ำหนักมูลฝอยแต่ละชนิดหรือแต่ละองค์ประกอบ

W = น้ำหนักตัวอย่างมูลฝอยทั้งหมด

i = 1,2,3,....,n หมายถึง องค์ประกอบแต่ละประเภท

4. สถิติที่ใช้

ใช้ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum) อธิบายปริมาณขยะและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย

ผลการวิจัย

ผลการสำรวจตลาดนัดในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์พบว่ามีตลาดนัดดังนี้ 1. ตลาดนัดการเคหะ ตั้งอยู่ ต.วัดไทร อ.เมือง จ.นครสวรรค์ เปิดขายวันจันทร์ วันอังคาร วันพุธ วันพฤหัสบดี และวันเสาร์ เวลา 12.00-19.00 น. มีจำนวนร้านค้าทั้งหมด 100 ร้าน 2. ตลาดนัดโค้งตาเพ็ง ตั้งอยู่ ต.วัดไทร อ.เมือง จ.นครสวรรค์ เปิดขายวันอังคาร วันศุกร์และวันอาทิตย์ เวลา 15.00-20.00 น. มีจำนวนร้านค้าทั้งหมด 264 ร้าน 3. ตลาดนัดถนนคนเดินต้นแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งอยู่ ต.ปากน้ำโพ อ.เมือง จ.นครสวรรค์ เปิดขายเย็นวันศุกร์และวันเสาร์ เวลา 17.00-22.00 น. มีจำนวนร้านค้าทั้งหมด 599 ร้าน 4. ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เย็น) ตั้งอยู่ ต.นครสวรรค์ออก อ.เมือง จ.นครสวรรค์ เปิดขายพุธและวันพฤหัสบดี 5. ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) ตั้งอยู่ที่เดียวกันเปิดขายวันเสาร์และวันอาทิตย์ เวลา 5.00 – 12.00 น. มีจำนวนร้านค้า 812 ร้าน

6. ตลาดนัดศรีนคร ตั้งอยู่ตำบลนครสวรรค์ตก อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ เปิดขายวันอังคาร วันพฤหัสบดี และวันอาทิตย์ เปิดขายเวลา 16.00 – 21.00 น. มีจำนวนร้านค้าทั้งสิ้น 187 ร้าน

จากการเก็บข้อมูลการสุ่มเก็บตัวอย่างขยะมูลฝอยของตลาดนัดในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ในพื้นที่ 100 ตารางเมตร ครั้งที่ 1 และ 2 พบว่ามีผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณขยะมูลฝอยของตลาดนัดในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

ประเภทของขยะมูลฝอย (กก)	การเคหะ		โค้งตาเพ็ง		ค่ายจิรประวัติ (เช้า)		ค่ายจิรประวัติ (เย็น)		ถนนคนเดิน		ศรีนคร	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
รวม	36.4	48.2	20.55	28.4	24.4	37.45	25.75	36.9	11.55	25.6	4.5	3.55
ค่าเฉลี่ย	42.3		24.46		30.39		31.33		18.56		4.03	

จากตารางอธิบายได้ว่าครั้งที่ 1 เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2559 พบว่าตลาดนัดที่พบขยะมากที่สุดคือ ตลาดนัดการเคหะ มีขยะทั้งสิ้น 36.4 กก. รองลงมาคือตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เย็น) มีขยะทั้งสิ้น 25.75 กก. ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) มีขยะทั้งสิ้น 24.4 กก. ตลาดนัดโค้งตาเพ็ง มีขยะทั้งสิ้น 20.55 ตลาดนัดถนนคนเดิน มีขยะทั้งสิ้น 11.55 กก. และตลาดนัดศรีนคร มีขยะทั้งสิ้น 4.5 กก. ตามลำดับ และครั้งที่ 2 เดือนมิถุนายน พ.ศ.2559 พบว่าตลาดนัดที่พบขยะมากที่สุดคือ ตลาดนัดการเคหะ มีขยะทั้งสิ้น 48.2 กก. รองลงมาคือตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) มีขยะทั้งสิ้น 37.45 กก. ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เย็น) มีขยะทั้งสิ้น 36.9 กก. ตลาดนัดโค้งตาเพ็ง มีขยะทั้งสิ้น 28.4 กก. ตลาดนัดถนนคนเดิน มีขยะทั้งสิ้น 25.6 กก. และตลาดนัดศรีนคร มีขยะทั้งสิ้น 3.55 กก. ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างขยะในพื้นที่ 100 ตารางเมตรของทุกตลาดทั้ง 2 ครั้ง พบว่าตลาดนัดที่ปริมาณขยะเฉลี่ยมากที่สุดคือตลาดนัดการเคหะมีค่าเฉลี่ย 42.3 กก. รองลงมาตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เย็น)มีค่าเฉลี่ย 31.33 กก. ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า)มีค่าเฉลี่ย 30.93 กก. ตลาดนัดโค้งตาเพ็งมีค่าเฉลี่ย 24.46 กก. ตลาดนัดถนนคนเดินมีค่าเฉลี่ย 18.56 กก. และตลาดนัดศรีนครมีค่าเฉลี่ย 4.03 ตามลำดับ

ผลการศึกษาองค์ประกอบของขยะมูลฝอยของตลาดนัดในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของขยะมูลฝอยของทุกตลาดนัดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

ประเภทของขยะมูลฝอย (ร้อยละ)	การเคหะ		โค้งตาเพ็ง		ค่ายจิรประวัติ (เช้า)		ค่ายจิรประวัติ (เย็น)		ถนนคนเดิน		ศรีนคร	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ขยะเปียก	67.80	62.22	58.89	57.22	80	42.14	33.33	40.23	56.56	69.19	0	0
ขยะแห้ง	32.20	36.93	40.39	42.43	19.42	40.52	58.01	55.86	42.62	27.64	100	94.37
วัสดุก่อสร้าง	0	0.41	0	0	0.58	0.81	0	0	0	3.20	0	0
ขยะอันตราย	0	0	0.72	0.35	0	16.53	8.66	3.91	0.82	0	0	5.63
รวม	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

จากตารางอธิบายได้ว่าครั้งที่ 1 พบว่าตลาดนัดที่มีองค์ประกอบขยะเปียกมากที่สุดคือ ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) ร้อยละ 80 รองลงมาคือตลาดนัดการเคหะ ร้อยละ 67.80 ตลาดนัดโค้งตาเพ็ง ร้อยละ 58.89 ตลาดนัดถนนคนเดิน ร้อยละ 56.56 ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เย็น) ร้อยละ 33.33 และไม่พบขยะเปียกที่ตลาดนัดศรีนครตามลำดับ ตลาดนัดที่มีองค์ประกอบขยะแห้งมากที่สุดคือ ตลาดนัดศรีนคร ร้อยละ 100 รองลงมาคือตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เย็น) ร้อยละ 58.01 ตลาดนัดถนนคนเดิน ร้อยละ 42.62 ตลาดนัดโค้งตาเพ็ง ร้อยละ40.39 ตลาดนัดการเคหะ ร้อยละ 32.20 และน้อยที่สุดคือตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) ร้อยละ 19.42 ตามลำดับ ตลาดนัดที่มีองค์ประกอบวัสดุก่อสร้างมากที่สุดคือคือ ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) ร้อยละ 0.58 นอกจากนั้นไม่พบวัสดุก่อสร้าง ตลาดนัดที่มีองค์ประกอบขยะอันตรายมากที่สุดคือ ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เย็น) ร้อยละ 8.66 รองลงมาคือ ตลาดนัดถนนคนเดิน ร้อยละ 0.82 และตลาดนัดโค้งตาเพ็ง ร้อยละ 0.72 และไม่พบขยะอันตรายนัดอื่น การเก็บครั้งที่ 2 พบว่าตลาดนัดที่มีองค์ประกอบขยะเปียกมากที่สุดคือ ตลาดนัดถนนคนเดิน ร้อยละ 69.19 รองลงมาคือตลาดนัดการเคหะ ร้อยละ 62.66 ตลาดนัดโค้งตาเพ็ง ร้อยละ 57.22 ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) ร้อยละ 42.14 ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เย็น) ร้อยละ 40.23 และไม่พบขยะเปียกที่ตลาดนัดศรีนคร ตลาดนัดที่มีองค์ประกอบขยะแห้งมากที่สุดคือ ตลาดนัดศรีนคร ร้อยละ 94.37 รองลงมาคือตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เย็น) ร้อยละ55.86 ตลาดนัดโค้งตาเพ็ง ร้อยละ 42.43 ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) ร้อยละ 40.52 ตลาดนัดการเคหะ ร้อยละ36.93 และตลาดนัดถนนคนเดิน ร้อยละ 27.64 ตามลำดับ ตลาดนัดที่มีองค์ประกอบของวัสดุก่อสร้างมากที่สุดคือ ถนนคนเดิน ร้อยละ 3.2 รองลงมาคือตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) ร้อยละ 0.81 ตลาดนัดการเคหะ ร้อยละ 0.41 และไม่พบวัสดุก่อสร้างในตลาดนัดอื่น ตลาดนัดที่มีองค์ประกอบขยะอันตรายมากที่สุดคือ ตลาดนัดค่ายจิรประวัติ(เช้า) ร้อยละ 16.53 รองลงมาคือ ตลาดนัดศรีนคร ร้อยละ 5.63 ตลาดนัด

ค่ายจิรประวัติ(เย็น) ร้อยละ3.91 ตลาดนัดโค้งตาเพ็ง ร้อยละ 0.35 ไม่พบขยะอันตรายในตลาดนัดการเคหะและตลาดนัดถนนคนเดิน

อภิปรายผล

จากการสำรวจตลาดนัดในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์พบว่ามี 6 ตลาดนัดทำการเปิดค้าหมุนเวียนกันไปภายใน 1 สัปดาห์ ตลาดนัดที่เปิดขายวันจันทร์ - พฤหัสบดี สินค้าส่วนใหญ่จะเป็นอาหารสดและอาหารสำเร็จรูปเนื่องจากผู้ซื้อจะแวะซื้อสินค้าเมื่อเลิกงานแล้วกลับเข้าที่พักอาศัยทำให้ขยะที่พบเป็นขยะเปียกเป็นจำนวนมาก เช่นเดียวกับการศึกษาการจัดการขยะมูลฝอย กรณีศึกษาตลาดน้ำระแหง (มณทิพย์, 2560) ส่วนตลาดนัดที่เปิดขายวันศุกร์ – วันอาทิตย์จะเป็นสินค้าประเภทเสื้อผ้า กระเป๋า และสินค้าแฟชั่นต่างๆ ขยะที่พบจึงเป็นขยะแห้งเป็นส่วนมาก เช่น ตลาดนัดถนนถนนคนเดินและตลาดนัดศรีนคร ผลการเปรียบเทียบปริมาณขยะทุกตลาดทั้ง 2 ครั้ง พบว่าตลาดนัดที่ปริมาณขยะเฉลี่ยมากที่สุดคือ ตลาดนัดการเคหะมีปริมาณขยะและค่าเฉลี่ยมากที่สุด เนื่องจากเป็นตลาดนัดที่ไม่มีการจัดการที่ดีพอ จากการลงพื้นที่สำรวจพบว่าเป็นพื้นที่ดินว่างเปล่าที่เปิดให้มาขายของ ไม่มีผู้จัดการตลาดมาประกาศให้ผู้ขายรวบรวมขยะให้เป็นที่เหมือนตลาดนัดโต้งตาเพ็ง หลังตลาดเลิกจึงพบกองขยะเป็นจำนวนมากซึ่งตลาดนัดอื่นจะมีหน่วยงานรับชอบในการเก็บขยะเมื่อตลาดเลิก เช่น ตลาดศรีนครเป็นของเอกชนดูแล ตลาดนัดถนนคนเดินเทศบาลนครนครสวรรค์ดูแล และตลาดนัดค่ายจิรประวัติอยู่ในความดูแลของหน่วยงานทหาร เป็นต้น ผลการศึกษาองค์ประกอบขยะมูลฝอยจากตลาดนัดทั้ง 2 ครั้งพบว่าตลาดนัดมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นขยะเปียก เนื่องจากร้านค้าส่วนใหญ่เป็นร้านขายของสด ผัก ผลไม้ และอาหาร จึงทำให้เกิดขยะเปียกจำพวก เศษอาหาร เศษผักและผลไม้มากกว่าขยะประเภทอื่นๆ ยกเว้น ตลาดนัดถนนคนเดินและตลาดนัดศรีนครที่พบขยะแห้งมากกว่าขยะเปียก เนื่องจากตลาดนัดมีร้านค้าส่วนใหญ่ขายเสื้อผ้า ขายของเบ็ดเตร็ด ทำให้เกิดขยะแห้งจำพวก ถุงพลาสติก กระดาษ โฟมมากกว่าขยะประเภทอื่น ๆ เมื่อนำข้อมูลองค์ประกอบขยะมูลฝอยในเบื้องต้นมาเปรียบเทียบพบขยะเปียกมากที่สุด รองลงมาคือขยะแห้ง วัสดุก่อสร้าง และพบขยะอันตรายน้อยที่สุด ซึ่งเป็นพวกผ้าอ้อมเด็ก และยังพบถ่านที่ยังติดไฟอยู่ซึ่งถือว่าเป็นอันตรายมากเมื่อนำมาทิ้งปะปนกับขยะทั่วไป อาจก่อให้เกิดไฟไหม้ได้

สรุปผลการวิจัย

ประเภทและการจัดการของตลาดนัดทำให้มีผลต่อปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยตลาดนัดในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์ ขยะเปียกยังคงเป็นปัญหาหลักของตลาดนัดทั่วไป เนื่องจากขาดการจัดการที่ดี ผู้จัดการตลาดนัดควรจัดเตรียมสถานที่การจัดการขยะ เช่น ถังคัดแยกขยะให้ชัดเจนแล้วดำเนินการต่ออย่างถูกต้อง และทำการประชาสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง ให้ผู้ขายและผู้ซื้อคิดว่าการจัดการขยะเป็นหน้าที่ของทุกคน และมีความเต็มใจที่จะมีส่วนร่วมในอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลดีต่อตลาดนัดและชุมชนต่อไปอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้เสร็จลุล่วงได้ด้วยเงินสนับสนุนการวิจัยปีงบประมาณ 2559 จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ และขอบคุณนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ชั้นปีที่ 4 ที่ได้ช่วยเหลือในการออกเก็บข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว. (2547). **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.** วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชิดชัย บุญพิทักษ์. (2557). **ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการขยะของบุคลากรองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในจังหวัดลพบุรี.** สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดลพบุรี.

มณทิพย์ จันทร์แก้วและคณะ. (2560). การศึกษาการจัดการขยะมูลฝอย กรณีศึกษา ตลาดน้ำระแหง. **วารสารแก่นเกษตร ฉบับพิเศษ 1**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรรณธณี กองจันทร์ดี. (2555). **การจัดการขยะของผู้ค้าในตลาดสด ศึกษากรณีตลาดสดบางกะปิและตลาดสดนครไทย เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร.** กรุงเทพมหานคร.

วิเชียร จุ่งรุ่งเรือง. (2557). **การประชุมสรุปสถานการณ์มลพิษในปี 2556 และแนวทางดำเนินงานปี 2557**. 19 มีนาคม 2557. ห้องประชุม 302 อาคารกรมควบคุมมลพิษ. กรุงเทพมหานคร.

การศึกษาวิธีการใช้ผักตบชวาในการขจัดคราบน้ำมัน
STUDY ON USING *EICHHORNIA CRASSIPES* TO ELIMINATE OIL SPILL

กาญจนา ภิญโญภาพ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี
corresponding author e-mail : tang3083@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับคราบน้ำมันโดยการเตรียมก้านผักตบชวาที่ตากแห้งหั่นเป็นชิ้นขนาด2.5ซม.บรรจุในถุงตาข่ายขนาด20×20ซม.และถุงขนาด40×5ซม.ตามลำดับจากนั้นนำไปใช้การขจัดคราบน้ำมันในสภาพน้ำนิ่งและน้ำมีการเคลื่อนไหวจากผลการศึกษาพบว่าสภาพน้ำที่มีการเคลื่อนไหวจะมีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันได้ดีกว่าสภาพน้ำนิ่งจากถุงตาข่ายทั้งสองขนาดคืออยู่ที่0.5และ0.19กรัม/นาที/หน่วยวัสดุตามลำดับ

คำสำคัญ : คราบน้ำมัน ผักตบชวา น้ำไหล

Abstract

This research was aimed to find the optimum method of using *Eichhornia crassipes* for adsorbing oil spill. All dried *E. crassipes* petiole were prepared and chopped into small pieces about 2.5 cm in size. Then, dried plant samples were contained into two type bags i.e. 20×20 cm and 40×5 cm, respectively. Afterwards, the materials were brought to eliminate the oil spill from stagnant water and running water.It was found thatusing both bag sizes in running water has higher effiecny for oil removal than in stagnant water at 0.5 and 0.19 gram/minute/material unit, respectively.

Keywords : oil spill *Eichhornia crassipes* moving water

บทนำ

ปัจจุบันและอดีตมีอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นหลายครั้งจากการรั่วไหลของน้ำมันก่อให้เกิดมลภาวะซึ่งมีผลต่อการท่องเที่ยวและการสูญเสียทรัพยากรทางธรรมชาติในทะเลวิธีการในการขจัดคราบน้ำมันที่มีการนำสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการกระจายคราบน้ำมันการใช้สารเคมีบางชนิดอาจมีผลข้างเคียงส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและการสูญเสียทางเศรษฐกิจจึงได้มีการนำวัสดุทางธรรมชาติมาใช้ในการดูดซับคราบน้ำมันจากผลการทดลองพบก้านผกตบชวามีความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันได้ดี (กาญจนา,2558)โดยธรรมชาติผักตบชวามีการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วโดยวิธีการแพร่กระจายของเมล็ดและการแตกหน่อก่อให้เกิดปัญหากีดขวางทางเดินน้ำได้มีการแก้ปัญหาโดยนำผักตบชวามาใช้สานตะกร้าทำปุ๋ยและเพาะเห็ดในด้านโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาภายในก้านของผักตบชวาต็มไปด้วยช่องว่างเป็นที่อยู่ของอากาศจึงเหมาะแก่การใช้ในการกักเก็บคราบน้ำมันการวิจัยในครั้งนี้เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการใช้ก้านผักตบชวาในการขจัดคราบน้ำมัน

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการใช้ก้านผักตบชวาดูดซับคราบน้ำมัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1.)ใช้ส่วนก้านของผักตบชวาที่เก็บจากคลองรังสิตประยูรศักดิ์มาหั่นเป็นท่อนความยาวท่อนละประมาน2.5ซม. หลังจากนั้นนำไปตากแดดเป็นเวลา 1 อาทิตย์

2.) เย็บถุงโดยใช้มุ้งตาข่ายขนาด 20×20ซม.บรรจุก้านผกตบที่ตากแห้งถุงละ 60 กรัมและถุงขนาด 40×5ซม. ทำการบรรจุถุงละ 40 กรัม

3.)ทดสอบความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันของถุงบรรจุก้านผักตบชวาทั้งสองขนาดในอ่างทดลองใส่น้ำ12ลิตร ใส่น้ำมันเครื่องที่ใช้แล้วจากร้านเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องโดยทดสอบในสภาพน้ำนิ่งและในสภาพน้ำที่มีการเคลื่อนไหวโดยอาศัยแรงลมจากพัดลมหนากว้าง400mm.220volt

4.) บันทึกผลน้ำมันที่ได้จากการดูดซับของก้านผักตบชวาและสรุปผลการวิจัย

ผลการทดลอง

ก้านผักตบชวาในถุง60กรัมดูดซับคราบน้ำมันได้250กรัมหรือ416%และในถุงขนาด40กรัมดูดซับน้ำมันได้200กรัมหรือ500%ในสภาพน้ำที่มีการเคลื่อนไหวและเมื่อเทียบกับระยะเวลาจากผลการทดลองพบว่าในสภาพที่น้ำมีการเคลื่อนไหว(คลื่นลม)ถุงขนาด20×20ซม.บรรจุก้านผักตบชวาตากแห้งได้60กรัมใช้เวลา35นาทีจะดูดซับน้ำมันได้250กรัมหรือ4.16กรัมต่อน้ำหนักหนึ่งหน่วยวัสดุส่วนถุงขนาด40×5ซม.บรรจุก้านผักตบชวาตากแห้งใช้เวลา10นาทีสามารถดูดซับน้ำมันได้200กรัมหรือ5กรัมต่อน้ำหนักหนึ่งหน่วย ในสภาพน้ำนิ่ง(ไม่มีคลื่นลม)ก้านผักตบชวาที่บรรจุในถุงทั้ง2ขนาดใช้เวลาที่นานกว่ามากในถุงขนาด40×40ซม.ในเวลา1ชั่วโมงดูดซับน้ำมันได้360กรัมหรือ6กรัมหรือต่อหนึ่งหน่วยวัสดุและถุงขนาด40×5ซม.ในเวลา1ชั่วโมงดูดซับน้ำมันได้270กรัมหรือ4.16กรัมหรือต่อหนึ่งหน่วยวัสดุเมื่อนำมาเทียบประสิทธิภาพจะพบว่าถุงขนาด40×5ซม.ในสภาพน้ำมีการเคลื่อนไหวจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันได้ดีที่สุดคือ0.5กรัม/หน่วยวัสดุ/เวลา(ดังตารางที่3)



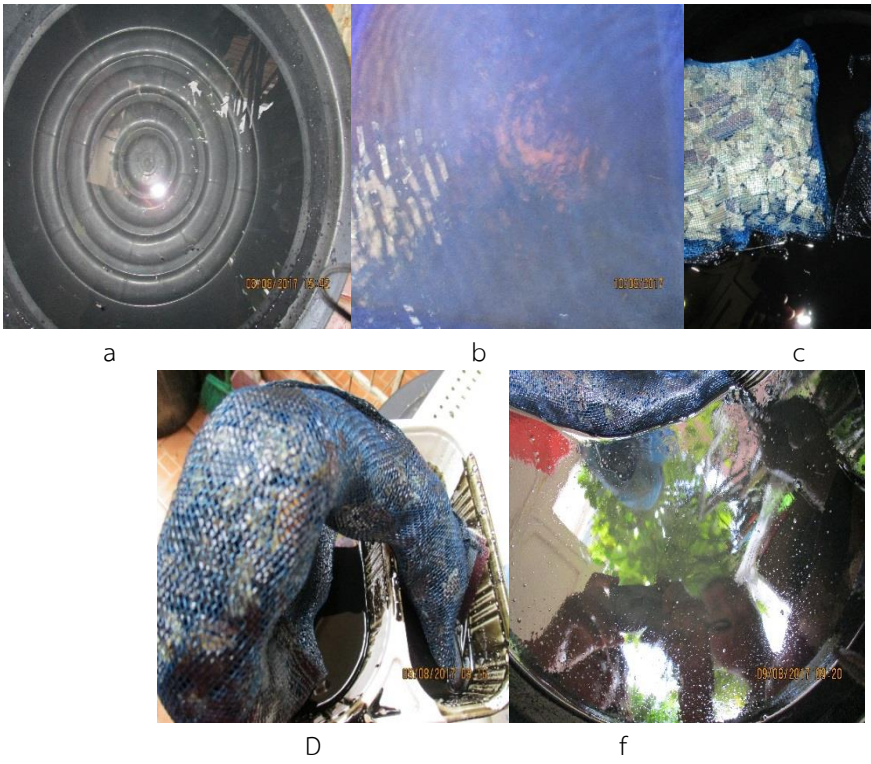
ภาพที่ 1 ถุงตาข่ายที่ใช้ในการบรรจุก้านผักตบชวา

ตารางที่ 1 ความสามารถในการเก็บคราบน้ำมันในขณะน้ำมีการเคลื่อนไหว

ถุง	นน.ก้านผักตบชวา(กรัม)	เวลา(นาที)	นน.น้ำมันที่ดูด/นน.วัสดุ
1.ขนาด20×20ซม.	60	35	4.16
2.ขนาด40×5ซม.	40	10	5

ตารางที่ 2 ความสามารถในการเก็บคราบน้ำมันในขณะน้ำนิ่ง

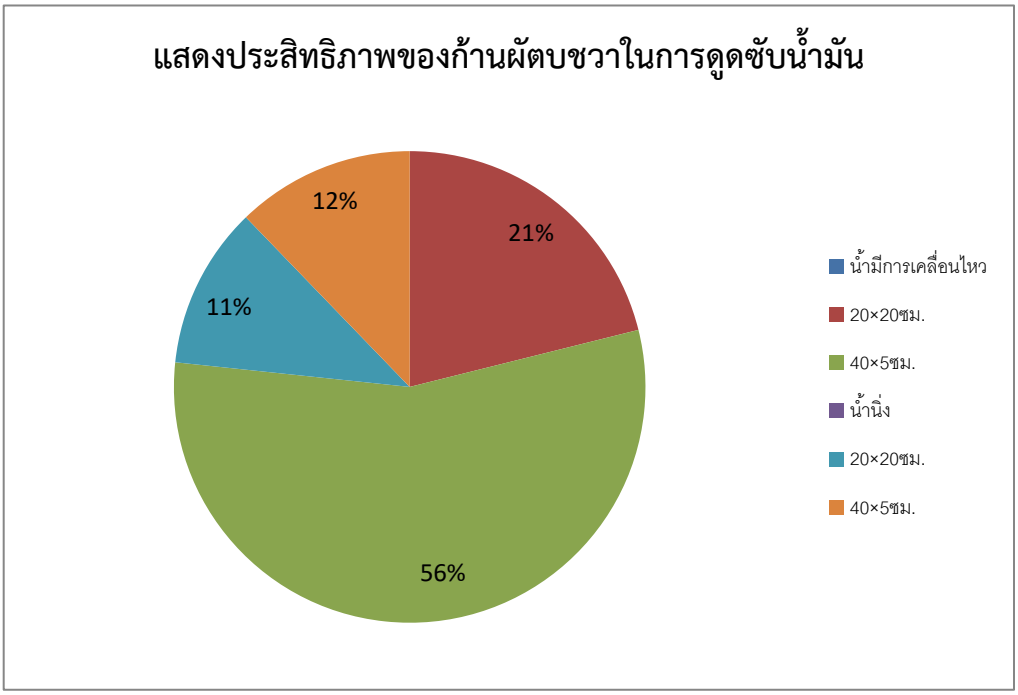
ถุง	นน.ก้านผักตบชวา(กรัม)	เวลา(ชม.)	นน.น้ำมันที่ดูด/นน.วัสดุ
1.ขนาด20×20ซม.	60	1	6
2.ขนาด40×5ซม.	40	1	6.75



ภาพที่ 2 การขจัดคราบน้ำมันของก้านผักตบชวา a. น้ำสะอาด12ลิตร b. น้ำที่มีการเคลื่อนไหว c ,d .ถุงบรรจุก้านผักตบใช้ในการดูดซับน้ำมัน f.น้ำที่ผ่านการดูดซับน้ำมันออกแล้ว

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันของก้านผักตบชวา

	น้ำมัน(กรัม)/นาที/วัสดุ(กรัม)
1.น้ำมีการเคลื่อนไหว	
ถุงขนาด20×20ซม.	0.19
ถุงขนาด40×5ซม.	0.5
2.น้ำนิ่ง	
ถุงขนาด20×20ซม.	0.1
ถุงขนาด40×5ซม.	0.11



ภาพที่ 3 แสดงประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันของก้านผักตบชวา

อภิปรายผล

จากรายงานของกรมควบคุมมลพิษในระหว่างปีพ.ศ.2519-2553พบว่าประเทศไทยประสบปัญหาการรั่วไหลของน้ำมันถึง124เหตุการณ์(กรมควบคุมมลพิษ,2554)การกำจัดคราบน้ำมันที่หลงเหลืออยู่ในทะเลโดยการใช้สารกระจายคราบน้ำมันซึ่งมีผลต่อการถ่ายเทออกซิเจนส่งผลต่อสัตว์น้ำสารกระจายคราบน้ำมันประกอบด้วยสารลดแรงตึงผิว (surfactant) สารเคมีจำพวกสบู่ และสารซักล้าง (detergent)สารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการละลายในน้ำและในน้ำมัน(พิสุทธิ์ เพียรมนกุลและคณะ,2556)วัสดุจากธรรมชาติหลายชนิดมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำมันเช่นขนปีดและกกธูปเป็นวัสดุดูดซับน้ำมันได้ดี(ทวีธรรม ลิมปานุภาพและคณะ,nd.) ในการวิจัยใช้วัสดุธรรมชาติได้แก่ ชานอ้อย, ก้านกล้วยและก้านผักตบชวาพบว่าก้านผักตบชวาสามารถดูซับคราบน้ำมันได้ดีที่สุด(กาญจนา,2558)มีรายงานของทีมวิจัยจากมหาวิทยาลัยเคสเวสเทิร์นรีเซิร์ฟได้ใช้ฟองน้ำจากตะกอนโคลนที่ทำให้แห้งเย็นผสมกับโพลิเมอร์และอากาศ(aerogel)นำมาดูดซับน้ำมันและสามารถบีบน้ำมันที่ดูดมาได้นำไปรีไซเคิล เสชาตรี รามกุมาร และคณะพบว่าเส้นใยฝ้ายจากธรรมชาติสามารถดูดซับน้ำมันได้ถึง 30 เท่าของน้ำหนักวัสดุวิธีที่นิยมใช้กันคือใช้ทุ่นล้อมและเรือตักแต่วิธีการดังกล่าวจะทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพในขณะที่มีคลื่นลมแรงในการวิจัยผู้วิจัยได้เลือกวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันได้ดีและไม่ตกลงพื้นน้ำเบื้องล่างหลังการดูดซับน้ำมันเต็มที่ซึ่งจะไม่ก่อมลพิษใต้ท้องน้ำขนาดบรรจุสามารถเก็บได้ง่ายหลังการใช้งานอีกทั้งในสภาพที่มีคลื่นลมแรงโอกาสที่วัสดุจะสัมผัสกับคราบน้ำมันได้มากประสิทธิภาพในการดูดวับคราบน้ำมันยิ่งดีขึ้นดังผลที่ได้จากการทดลอง

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองก้านผักตบชวาที่ตากแห้งเมื่อทดสอบในบีกเกอร์ที่มีพื้นที่จำกัดในการสัมผัสกับน้ำมันพบว่าก้านผักตบชวาตากแห้ง 50 กรัมสามารถดูดซับคราบน้ำมันได้ 92 กรัม(กาญจนา,2558)หรือ1.84เท่าแต่ในกรณีที่บรรจุถุงสามารถดูดซับน้ำมันได้4.16-6.75เท่าตัวส่วนในถุงที่บรรจุก้านผักตบชวาทั้งสองขนาดทดสอบในสภาพน้ำที่มีการเคลื่อนไหวหรือเปรียบได้กับทะเลที่มีคลื่นลมจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันได้ดีกว่าในสภาพน้ำนิ่งคืออยู่ที่0.5และ0.19กรัม/นาที/หน่วยวัสดุและถ้าดูขนาดถุงที่ใช้จะพบได้ว่าการที่ก้านผักตบชวาจะดูดซับน้ำมันได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสภาพของก้านผักตบที่มีโอกาสสัมผัสกับน้ำมันได้มากน้อยแค่ไหนซึ่งจากการวิจัยในครั้งนี้นับเป็นพื้นฐานที่จะวิธีและวัสดุที่จะมาเสริมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา ภิญโญภาพ. 2558. **การศึกษาการใช้วัสดุในธรรมชาติในการขจัดคราบ** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

กรมควบคุมมลพิษ,2554.น้ำมันรั่วไหล (Oil Spill**).** แหล่งที่มา: http://www.mkh.in.th/index.php?option=com_content&view=article&id=277&Itemid=235&lang=th. 9กันยายน2559

พิสุทธิ์ เพียรมนกุล.2556. **ภาพรวมแนวทางจัดการน้ำมันรั่วไหล (Oil Spill) ลงสู่ทะเล**. แหล่งที่มา: http://www.eng.chula.ac.th/node/824. 9กันยายน 2559.

ทวีธรรม ลิมปานุภาพ, เกียรติวุฒิ ประเสริฐสุข,ศศินี อังกานนท์,อรวรรณ ปิยะบุญ1และ ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล nd. **การศึกษาสมบัติของวัสดุธรรมชาติเพื่อนำมาใช้ในการดูดซับน้ำมัน.** แหล่งที่มา: http://www.thaiscience.info/Article%20for%20ThaiScience/Article/4/10009126.pdf.9กันยายน2559.

Seshadri Ramkumar . **Web site**. 2004. Available at: http://www.neutron.rmutphysics.com/science-news/index.php?option=com_content&task=view&id=2638&Itemid=4 . Accessed September 9,2016

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลา
DEVELOPMENT OF TRIPHALA GUMMY

พรทิพย์ เหล่าทองสาร วาศินี ชุนนะวรรณ์ สมจิตร ศรีบุญจันทร์ อุทัยวรรณ ฉัตรธง และ ทรงพรรณ สังข์ทรัพย์*
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : sungkasub@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณน้ำสมุนไพรตรีผลา 4 ระดับ (ร้อยละ 25 50 75 และ 100) ในผลิตภัณฑ์กัมมี่ ผลการศึกษาพบว่า การแปรผันปริมาณน้ำสมุนไพรมีผลต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมี่ ปริมาณน้ำสมุนไพรที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความสว่าง (L*) สีเหลือง (a*) และสีแดง (b*) ลดลง ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (กรดซิตริก) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับด้านคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (cohesiveness, springiness, gumminess และ chewiness) พบว่า การเพิ่มขึ้นของน้ำสมุนไพรตรีผลาทำให้ค่า gumminess และ chewiness ของผลิตภัณฑ์กัมมี่มีแนวโน้มลดลง แต่ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์กัมมี่ที่จำหน่ายในท้องตลาด การประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำสมุนไพรตรีผลาส่งผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น กัมมี่ตรีผลาที่ใช้น้ำสมุนไพรร้อยละ 100 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด (6.64-7.52 คะแนน) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าสี L* a* และ b* 31.0, 4.5, และ11.67 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (กรดซิตริก) ร้อยละ 1.15 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 2.08 mg GAE/g และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH 7.42 mg BHT/g

คำสำคัญ : ตรีผลา กัมมี่ สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

The aim of this study was to compare four concentrations (25, 50, 75 and 100%) of Triphala extract on the qualities of gummy product. Results showed that substitution levels affected physico-chemical properties of the products. High level of Triphala extract decreased the brightness (L*) yellowness (a*) and redness (b*) while increased the amount of titratable acidity as citric acid, total phenolic contents and DPPH radical scavenging activity. For textural properties (cohesiveness, springiness, gumminess and chewiness) found that increasing of Triphala extract caused gumminess and chewiness decrease. However, the values of gumminess and chewiness of Triphala gummies had no significant effect on those of commercial gummy. For sensory evaluation, increasing Triphala extract levels increased liking scores of flavor, taste, texture and overall acceptance. The gummy with 100% Triphala extract had the most acceptances by panelist (6.64-7.52) and had the color L * a * b * 31.0, 4.50, and 11.67, titratable acidity 1.15% as citric acid, total phenolic compounds 2.08 mg GAE/g and DPPH radical-scavenging 7.42 mg BHT/g.

Keywords : Triphala Gummy antioxidants

บทนำ

สมุนไพรไทยนับเป็นทรัพยากรที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ มีจำนวนพืชสมุนไพรที่เคยใช้ผลิตเป็นยาแผนโบราณมากกว่า 1,000 ชนิด คนไทยรู้จัก นำสมุนไพรมาใช้ประโยชน์ทั้งเป็นยารักษาโรคและเป็นอาหาร นอกจากนี้สมุนไพรยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านอื่น ๆ เช่น นำมาบริโภค เป็นเครื่องดื่ม สีผสมอาหาร สีย้อม เครื่องสำอาง รวมทั้งเป็นยาฆ่าแมลงและกำจัดศัตรูพืชจากธรรมชาติอีกด้วย (นิจศิริ และพยอม, 2534) สมุนไพรไทยนอกจากจะให้คุณโยชน์ทางยา อาหาร

และเครื่องสำอางแล้วยังเป็นที่ต้องการของต่างประเทศ และส่งเสริมเศรษฐกิจไทย โดยการนำเอาทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่แล้วมาใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่าอีกด้วย

ตรีผลา (Triphala) เป็นสมุนไพรไทยแต่ดั้งเดิมประกอบด้วยผลไม้พื้นเมืองของไทย 3 ชนิด ได้แก่ ผลสมอไทย ผลสมอพิเภก และผลมะขามป้อมโดยคำว่าตรี มีความหมายว่า 3 ตามจำนวนของสมุนไพรที่ใช้ประกอบเป็นตำรับยา และผลา หมายถึง ผล ดังนั้น ตรีผลา จึงประกอบด้วยผลของสมุนไพร 3 ชนิด ซึ่งคนไทยทั่วทุกภาคมีความคุ้นเคยเป็นอย่างดี และยังปรากฏการใช้กันอย่างแพร่หลาย สมุนไพรตรีผลาอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมีสรรพคุณป้องกันความเสื่อมของเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย ช่วยปรับธาตุ ปรับสมดุลในร่างกาย ต้านอนุมูลอิสระ (Naik et al., 2005) ลดไขมันในเส้นเลือดในผู้ที่มีภาวะไขมันในเลือดสูง (เพ็ชรเกษตร, 2555; ประสบอร, 2556) แต่ด้วยรสชาติของน้ำสมุนไพรตรีผลาที่ฝาด เฝื่อน และเปรี้ยว ทำให้ยากต่อการบริโภค การวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่จากสมุนไพรตรีผลา โดยศึกษาวิธีการผลิต และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์วิเคราะห์และศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลาซึ่งคาดว่าจะง่ายต่อการบริโภคและได้รับความสนใจจากเด็กและวัยรุ่นเพิ่มมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำสมุนไพรตรีผลาและผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลา

1.1 เตรียมน้ำสมุนไพรตรีผลาโดยใช้มะขามป้อม สมอไทย และสมอพิเภก ในอัตราส่วน 1:1:1 ทำการบดหยาบ ชั่งสมุนไพรรวม 300 กรัม แช่ในน้ำสะอาด 2000 มิลลิลิตร 30 นาที จากนั้นจึงนำมาต้มไฟอ่อนๆ เป็นเวลา 15 นาที กรองเก็บน้ำสมุนไพรที่ได้ไว้ทำในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลา

1.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลา โดยมีส่วนผสม ดังนี้ เจลาติน 250 บลูม ร้อยละ 7, น้ำตาลทรายร้อยละ 30, กลูโคสไซรัปร้อยละ 27, กรดซิตริก ร้อยละ 0.5 และน้ำเปล่าร้อยละ 35.5 (ดัดแปลงจาก กนกวรรณ, 2556) ทำการแปรผันปริมาณน้ำสมุนไพรทดแทนในส่วนน้ำเปล่า 4 ระดับคือร้อยละ 25 50 75 และ 100 ได้เป็น สูตร 1-4 ตามลำดับ โดยกำหนดส่วนผสมอื่นๆ คงที่

2. การวิเคราะห์คุณภาพ

2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ นำผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลาทั้ง 4 สูตร นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ดังนี้ วัดค่าสี L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสี Minolta (CR-10) วัดค่าแอคติวิตีของน้ำ (a_w) ด้วยเครื่องวัด a_w Aqualab วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ด้วย Atago Hand Refractometer และวิเคราะห์ปริมาณกรดซิตริกด้วยการไตเตรท

2.2 วิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer โดยทำการวิเคราะห์ค่า cohesiveness springiness gumminess และchewiness เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กัมมี่ในท้องตลาด 2 ยี่ห้อ

2.3 วิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalte colorimetric method ตามวิธีของ Luque-Rodriguez et al. (2007) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ตามวิธีของ Nuengchamnong et al. (2009)

2.4 การประเมินทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลา โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic scale) กำหนดคุณลักษณะในการประเมินคือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความยากง่ายในการเคี้ยว) และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน (นักศึกษาในภาคสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารที่ผ่านการเรียนรายวิชาการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาแล้ว) จำนวน 50 คน

3. การวางแผนทางสถิติ

การแปรผันน้ำสมุนไพรตรีผลาในการผลิตกัมมี่วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจคุณภาพมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์กัมมี่ที่มีการแปรผันปริมาณน้ำสมุนไพรตรีผลาในปริมาณที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 1 โดยพบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำสมุนไพรมากขึ้นทำให้ค่าสี L* a* b* ของผลิตภัณฑ์กัมมี่ทั้ง 4 สูตร

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) โดยกัมมี่สูตร 1 มีค่าสี L* a* และb* สูงสุด และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำสมุนไพรมากขึ้น ค่าสีทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง ค่าสี L* หมายถึงความสว่าง กัมมี่สูตร 1 มีความสว่างมากที่สุด ซึ่งหมายถึงกัมมี่ที่มีปริมาณน้ำสมุนไพรมากขึ้นจะมีสีที่คล้ำมากขึ้น สำหรับค่าแอคติวิตีของน้ำ พบว่ากัมมี่สูตร 1 มีค่าแอคติวิตีของน้ำที่สูงกว่าสูตรอื่นและ มีความแตกต่างจากสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกัน ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในผลิตภัณฑ์พบว่าเมื่อใช้ปริมาณน้ำสมุนไพรเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์กัมมี่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี-กายภาพ ของผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลา

กัมมี่สูตร	ค่าสี			a_w	ของแข็งที่ละลายน้ำ (บริกซ์) ^{ns}	กรดที่ไตเตรทได้ citric acid%
	L*	a*	b*			
1	43.87 ± 2.75^{a}	7.30 ± 0.17^{a}	21.80 ± 2.21^{a}	0.79 ± 0.01^{a}	71.33 ± 0.58	0.90 ± 0.01^{d}
2	37.60 ± 1.18^{b}	7.10± 0.70^{a}	13.53 ± 1.35^{b}	0.75 ± 0.01^{b}	71.00 ± 1.00	1.00 ± 0.03^{c}
3	32.23 ± 1.05^{c}	5.30± 0.35^{b}	11.40 ± 0.87^{c}	0.74 ± 0.01^{b}	70.33 ± 0.58	1.04 ± 0.01^{b}
4	31.00 ± 0.53^{c}	4.50± 0.10^{c}	11.67 ± 0.15^{c}	0.74 ± 0.01^{b}	70.67 ± 0.58	1.15 ± 0.02^{a}

* หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)
ns แสดงถึงค่าการทดสอบตัวอย่างในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เมื่อนำผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลาไปวิเคราะห์หาความแตกต่างทางเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture profile analysis พบว่า การแปรผันปริมาณน้ำสมุนไพรมีผลต่อค่า cohesiveness และ springiness ของกัมมี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) โดยมีค่าระหว่าง 0.89-0.93 และ 93.38-96.26 ตามลำดับ ในขณะที่กัมมี่ที่จำหน่ายในท้องตลาด มีค่า cohesiveness 0.94 และ0.91 และ springiness 99.55 และ 97.50 ส่วนค่า gumminess และค่า chewiness ของกัมมี่ตรีผลาทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณน้ำสมุนไพรเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกัมมี่ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกัมมี่ในท้องตลาด 1 ยี่ห้อ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์วัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลาเมื่อเทียบกับกัมมี่ที่จำหน่ายในท้องตลาด

ตัวอย่าง	Cohesiveness	Springiness	Gumminess (g)	Chewiness(g)
กัมมี่สูตร 1	0.92±0.01^{ab}	93.38±0.82^{d}	4523.77±9.70^{a}	4357.43±228.27^{a}
กัมมี่สูตร 2	0.93±0.01^{a}	96.26±0.75^{bc}	4370.63±251.99^{a}	4276.42±257.44^{a}
กัมมี่สูตร 3	0.89±0.01^{d}	93.65±0.24^{d}	4310.92±94.56^{a}	4203.41±96.61^{a}
กัมมี่สูตร 4	0.90±0.02^{cd}	94.93±0.55^{cd}	4277.14±99.87^{a}	4093.08±80.87^{a}
กัมมี่ที่จำหน่ายในท้องตลาด 1	0.94±0.02^{a}	99.55±0.19^{a}	4229.63±187.50^{a}	4210.57±182.71^{a}
กัมมี่ที่จำหน่ายในท้องตลาด 2	0.91±0.02^{c}	97.50±1.86^{b}	2310.00±223.30^{b}	2502.91±307.88^{b}

* หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลา พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำสมุนไพรส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) โดยปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 1.19 – 2.08 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ1 กรัมตัวอย่าง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 3.03 – 7.42 มิลลิกรัมบีเอชทีต่อ 1 กรัมตัวอย่าง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลา

กัมมี่สูตร	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g)	DPPH (mg BHT/g)
1	1.19±0.15^{c}	3.03±0.35^{c}
2	1.81±0.02^{b}	6.65±0.41^{b}
3	2.00±0.00^{a}	6.31±0.30^{b}
4	2.08±0.00^{a}	7.42±0.27^{a}

* หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลาทั้ง 4 สูตร ด้วยวิธี 9 point hedonic scale พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ของผลิตภัณฑ์กัมมี่ทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนการทดสอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมนั้นพบว่า การแปรผันปริมาณน้ำสมุนไพรมีผลทำให้คะแนนความชอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) โดยที่กัมมี่สูตร 4 มีคะแนนความชอบสูงสุด

ตารางที่ 4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลา

กัมมี่ตรีผลา	การทดสอบประสาทสัมผัส				
	สี^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
สูตร 1	6.30 ± 0.99	6.02 ± 1.00^{b}	6.76 ± 1.06^{b}	6.52 ± 1.62^{b}	6.92 ± 1.24^{b}
สูตร 2	6.42 ± 1.21	6.26 ± 0.94^{ab}	7.08 ± 1.21^{b}	6.78 ± 1.30^{ab}	6.96 ± 1.24^{b}
สูตร 3	6.28 ± 1.03	6.28 ± 1.13^{ab}	6.80 ± 1.07^{b}	7.16 ± 1.13^{a}	6.98 ± 0.94^{b}
สูตร 4	6.16 ± 1.06	6.64 ± 1.14^{a}	7.52 ± 1.07^{a}	7.20 ± 1.20^{a}	7.42 ± 0.93^{a}

* หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)
ns แสดงถึงค่าการทดสอบตัวอย่างในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อภิปรายผล

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลาโดยการศึกษาปริมาณน้ำสมุนไพรตรีผลาที่เหมาะสมนั้น พบว่า เนื่องจากน้ำสมุนไพรตรีผลาที่ต้มสกัดได้มีสีน้ำตาลเข้มปนเขียว มีรสเปรี้ยวจัด ดังนั้นการเพิ่มปริมาณน้ำสมุนไพรมากขึ้นจึงมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลา โดยผลิตภัณฑ์จะมีสีที่คล้ำและเข้มมากขึ้น เห็นได้จากค่าสี L* a* และ b* ที่ลดลง มีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (กรดซิตริก) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความเป็นกรดมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลาเห็นได้จากค่า gumminess (แรงที่ใช้ในการทำให้อาหารกึ่งแข็งแตกกระจาย) และ chewiness (แรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหาร) ที่มีแนวโน้มลดลงเพื่อแปรผันปริมาณน้ำสมุนไพรมากขึ้น มีรายงานว่าการใช้น้ำสมุนไพรที่มีความเป็นกรดสูง จะทำให้ผลิตภัณฑ์กัมมี่มีความหนืดและความแข็งแรงของเจลต่ำ ทำให้ใช้พลังงานในการเคี้ยวต่ำ (เฉลิมพล, 2552; น้ำทิพย์และคณะ, 2555) โดยความเป็นกรดด่างมีผลในการป้องกันการเกิดอินเวอร์ชันของน้ำตาล และป้องกันการเกิดไฮโดรไลซิสของเจลาติน ทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง (Woo, 1996)

ตรีผลาเป็นสมุนไพรที่มีสารสำคัญที่ออกฤทธิ์คือ สารกลุ่มโพลีฟีนอลิก และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Naik et al., 2005) จากงานวิจัยของ ประสบอร และลลิดา (2554) ในการสกัดสมุนไพรตรีผลาด้วยน้ำ พบว่า ในสารที่สกัดได้ 1 กรัมมีปริมาณกรดแกลลิก 59.58 มิลลิกรัม ซึ่งในการทดลองนี้น้ำสมุนไพรตรีผลาที่ต้มสกัดได้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 68.14±0.57 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมน้ำสมุนไพร และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 2.25±0.01 มิลลิกรัมบีเอชทีต่อ 1 กรัมน้ำสมุนไพร (ไม่ได้แสดงในผลการทดลอง) และเมื่อนำน้ำสมุนไพรตรีผลามาพัฒนาเป็นกัมมี่ พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำสมุนไพรทำให้ผลิตภัณฑ์กัมมี่ที่ได้มีค่าฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และเมื่อนำผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลามาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำสมุนไพรทำให้ผลิตภัณฑ์กัมมี่ได้รับคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัส

เพิ่มขึ้นในด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยกัมมี่ที่ใช้น้ำสมุนไพรร้อยละ 100 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์กัมมี่ตรีผลาสูตรนี้มีลักษณะปรากฏที่ดี สีสันสวยงาม และน่ารับประทาน มากกว่าสูตรอื่น และมีกลิ่นโดดเด่นที่สุด

สรุปผลการทดลอง

การนำน้ำสมุนไพรตรีผลามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กัมมี่มีความเป็นไปได้ จากการใช้น้ำสมุนไพรตรีผลา ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 พบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำสมุนไพรทำให้ผลิตภัณฑ์กัมมี่มีสีที่คล้ำลง มีความเป็นกรด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น ค่า gumminess และ chewiness ลดลง ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับกัมมี่ที่มีการใช้น้ำสมุนไพร ร้อยละ 100 สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ พรมจีน. (2556). **สูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่น้ำผึ้ง.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

เฉลิมพล ถนอมวงค์. (2552). **ผลของเจลาตินและกรดซิตริกต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกัมมี่เยลลี่รสตะไคร้**. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. พิษณุโลก.

นิจศิริ เรืองรังษี และพยอม ตันติวิวัฒน์. (2534). **พืชสมุนไพร.** กรุงเทพฯ :โอ เอส พริ้นติ้งเฮ้าส์.

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป สุขสมาน สังโยคะ และปวีนา น้อยทัพ. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่สมุนไพรที่มีฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ. **Rajabhat J. Sci. Humanit. Soc. Sci.** 13(1):34-41.

ประสบอร รินทอง และลลิดา ค่ำคูณ. (2554). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณกรดแกลลิกในสารสกัดและพิกัดยาตรีผลา. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. (พิเศษ)**: 371-375.

ประสบอร รินทอง. (2556). **ฤทธิ์ลดระดับไขมันในเลือดของสารสกัดตรีผลาที่ทดสอบในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้มีระดับไขมันในเลือดสูง.** การประชุมวิชาการมหกรรมสมุนไพรแห่งชาติครั้งที่10 วันที่ 4-8 กันยายน 2556 ศูนย์การประชุมแห่งชาติ อิมแพค เมืองทองธานี นนทบุรี.

เพ็ชรเกษตร วิเชียรแสน. (2555). **ประสิทธิผลของยาสมุนไพรตำรับตรีผลาในการลดระดับไขมันในเลือดในผู้ที่มีภาวะไขมันในเลือดสูง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

Luque-Rodrıguez, J. M., Luque de Castro, M. D. and Pe´rez-Juan, P. (2007). Dynamic superheated liquid extraction of anthocyanins and other phenolics from red grape skins of winemaking residues. **BioresourceTechnology.** 98(14): 2705–2713.

Naik, G.H., Priyadarsini, K.I., Bhagirathi, R.G., Mishra, B., Mishra, K.P., Banavalikar, M.M., and Mohan, H. (2005). In vitro antioxidant sudies and free radical reactions of triphala, an ayurvedic formulation and its constituents. **Phytotherapy Research.** 19(7), 582-586.

Nuengchamnong, N., Krittasilp, K. and Ingkaninan, K. (2009). Rapid screening and identification of antioxidants in aqueous extracts of *Houttuynia cordata* using LC-ESI-MS coupled with DPPH assay. **Food Chemistry.** 117: 750-756.

Woo, A. (1990). Use of organic acids in confectionery. **The manufacturing confectioner**. 78(8), 63-70.

อัตราการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของกล้าไม้ในเรือนเพาะชำเพื่อการฟื้นฟูระบบนิเวศ
SEED GERMINATION AND SEEDLING GROWTH RATES IN NURSERY FOR FOREST ECOLOGICAL RECOVERING

สมบูรณ์ คำเตจา[1*] พุทธชาด อารมณ์พุทธคุณ[2] รัชดา โชคฤทัยวัลย์[3] และ สุทธิ มลิทอง[4]
[1,2,3]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เชียงราย
[4]สถาบันความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม เพื่อพัฒนาท้องถิ่นและอาเซียน เชียงราย
[*]corresponding author e-mail : sbkamtaeja@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาอัตราการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของกล้าไม้ในเรือนเพาะชำ เพื่อการประเมินศักยภาพของพืชสำหรับการคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้ในการฟื้นฟูป่าในพื้นที่จังหวัดเชียงราย ทำการเก็บรวบรวมเมล็ดจากพื้นที่ป่าปกปักพันธุกรรมพืชฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จากการทดสอบอัตราการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของกล้าไม้ที่ได้จากป่าเบญจพรรณระดับต่ำ จำนวน 17 ชนิด ที่ปลูกในเรือนเพาะชำพบว่า พืชที่มีศักยภาพดีสำหรับนำไปฟื้นฟูป่าหลายชนิด เช่น ตานกกด (*Ellipanthus tomentosus* Roxb.) ฝาง (*Caesalpinia sappan* L.) พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre ex Laness.) มะกอก (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz.) มะกล่ำต้น (*Adenanthera pavonina* L.) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) มะหาด (*Artocarpus lacucha* C.C. Barg) และสมอไทย (*Terminalia chebula* Retz. ver. *chebula*) เป็นต้น เนื่องจากพืชกลุ่มนี้เหล่านี้ที่มีอัตราการงอกและการเจริญเติบโตในเรือนเพาะชำอยู่ในเกณฑ์ดี มีดอกหรือผลที่ดึงดูดสัตว์ และไม้กลุ่มนี้ยังเป็นไม้ที่สำคัญและถูกนำมาใช้ประโยชน์ค่อนข้างมากในชุมชน ในขณะที่พืชที่มีอัตราการงอกและการเจริญเติบโตในเรือนเพาะชำอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ได้แก่ กันเกรา (*Fagraea fragrans* Roxb.) ข้าวสารต้น (*Phyllanthus columnaris* Müll. Arg.) มะกอม (*Microcos tomentosa* Sm) และสมอพิเภก (*Terminalia bellirica* (Gaertn.) Roxb.)

คำสำคัญ : การฟื้นฟูป่า อัตราการงอก ป่าเบญจพรรณระดับต่ำ การเจริญเติบโตของต้นกล้า

Abstract

This research focused on seed germination and seedling growth rates, and to evaluation of which trees species have potential for forest restoration. Seeds of 17 lowland deciduous tree species were collected from the CRRU's forest permanent plot. The results of this study suggested that some tree species could be selected for forest restoration with high germination and growth rate in nursery e.g. *Adenanthera pavonina* L., *Artocarpus lacucha* C.C. Barg, *Caesalpinia sappen* L., *Dalbergia cochinchinensis* Pierre ex Laness., *Ellipanthus tomentosus* Roxb., *Phyllanthus emblica* L., *Spondias pinnata* (L.f.) Kurz., and *Terminalia chebula* Retz. ver. *chebula*. These species were moderate-high seed germination and growth rates, as well as, very attractive flowering and fruiting species. In addition, some species were valuable for local villagers. Although, low seed germination and growth rate in nursery were found in several species e.g. *Fagraea fragrans* Roxb., *Phyllanthus columnaris* Müll. Arg., *Microcos tomentosa* Sm. and *Terminalia bellirica* (Gaertn.) Roxb.

Keywords : forest restoration seed germination lowland deciduous forest seedling gr

บทนำ

การศึกษาอัตราการงอกของเมล็ดและการเจริญของกล้าไม้ในเรือนเพาะชำ เป็นขั้นตอนสำคัญของกระบวนการเตรียมต้นกล้าไม้สำหรับการฟื้นฟูป่า และเพื่อคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมต่อการนำไปปลูกในแต่ละพื้นที่ (Wood and Elliott, 2004) พันธุ์ไม้เพื่อการฟื้นฟูป่าควรพรรณไม้โครงสร้าง (framework species) ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ที่มีคุณสมบัติที่ช่วยให้กระบวนการฟื้นตัวของป่า ได้แก่ อัตราการรอดสูงเมื่อปลูกในพื้นที่เสื่อมโทรม โตเร็ว มีทรงพุ่มหนา กว้าง สามารถบดบังแสงแดดทำให้วัชพืชเติบโตไม่ได้ สามารถเพาะพันธุ์ได้ง่าย ทนไฟ ทนความแห้งแล้ง ทนน้ำท่วม ให้ผลหรือน้ำหวานที่ดึงดูดสัตว์ป่าได้ตั้งแต่อายุน้อย เป็นชนิดพันธุ์ที่หายากหรือใกล้สูญพันธุ์ สามารถปลูกและดูแลได้ง่ายในเรือนเพาะชำ (สตีเฟน และคณะ, 2549) พรรณไม้โครงสร้างประกอบด้วยชนิดพันธุ์ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มไม้เบิกนำ (pioneer species) ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ที่สามารถเจริญได้ดีในพื้นที่เปิด มีแสงแดดส่องถึง สามารถแข่งขันกับวัชพืชได้ดี แต่มีอายุค่อนข้างสั้น และส่วนใหญ่จะตายลงภายในระยะเวลาประมาณ 15-20 ปี และกลุ่มไม้เสถียร (climax species) ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ที่มีอายุยาวนาน แต่เจริญเติบโตได้ช้ากว่า เป็นไม้มีความสำคัญต่อต่อสัตว์ป่า และส่วนใหญ่มักเป็นไม้ที่ที่หายากและขึ้นได้เฉพาะถิ่น (ดวงเดือน และคณะ, 2553; Elliott et al., 2003)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการงอกและการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด ที่คาดว่าน่าจะมีศักยภาพที่ดีสำหรับการนำไปฟื้นฟูป่า เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลเมล็ดพันธุ์พืชในท้องถิ่นของจังหวัดเชียงราย โดยการเก็บรวบรวมเมล็ดพืชจากป่าปกปักพันธุกรรมพืชฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ซึ่งอยู่เป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์ในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และเป็นแหล่งรวบรวมพรรณไม้ในป่าเบญจพรรณระดับต่ำของภาคเหนือของประเทศไทย ข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบอัตราการงอกของเมล็ดพืชที่มีส่วนสำคัญต่อการฟื้นตัวของป่า และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อการฟื้นฟูป่าในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา: แปลงศึกษาระบบนิเวศป่าปกปักพันธุกรรมพืชฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย (ความสูงจากระดับน้ำทะเล 400-450 เมตร) ลักษณะพื้นที่โดยทั่วไปเป็นป่าเบญจพรรณผสมไผ่ เป็นป่าอนุรักษ์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายมีพื้นที่ 30 ไร่ พืชส่วนใหญ่เป็นไม้ยืนต้นของป่าเบญจพรรณระดับต่ำ

การศึกษาอัตราการงอกของเมล็ด: สุ่มเก็บผลสุกของพืชในพื้นที่ป่าปกปักพันธุกรรมพืช ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงธันวาคม 2560 โดยเลือกเก็บผลสุกและแก่เต็ม แกะเอาเมล็ดล้างน้ำให้สะอาดแล้วผึ่งให้แห้ง เมล็ดต้องมีสภาพสมบูรณ์ไม่มีร่องรอยการทำลาย (สตีเฟน เอลเลียต และคณะ, 2549) คัดเลือกเมล็ด จำนวน ชนิดละ 50 – 120 เมล็ด ไปทดสอบการงอกของเมล็ดในเรือนเพาะชำ โดยใช้ถาดเพาะเมล็ดขนาด 4 x 4 ซม. และดินปลูกซึ่งเก็บจากพื้นที่ป่า หยอดเมล็ดในหลุมทดลองหลุมละ 1 เมล็ด รดน้ำพอชุ่ม บันทึกข้อมูลจำนวนเมล็ดที่งอก ทุก 5-7 วัน จนกระทั่งเมล็ดมีอัตราการงอกสูงสุด นำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดที่งอกด้วยสร้างสมการเชิงเส้นของอัตราการงอกของเมล็ดพืชแต่ละชนิด

การศึกษาการเจริญของต้นกล้า: วัดความสูงของต้นกล้าและจำนวนใบของต้นกล้าในหลุมเพาะ ทุก 5-7 วัน เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้ และนำเสนอรายชื่อชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมต่อการในไปใช้เพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศ

การวิเคราะห์ผล: ประเมินศักยภาพเพื่อการนำไปปลูกฟื้นฟูป่าของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือก 5 ด้าน ได้แก่ ร้อยละการงอก ระยะพักตัวของเมล็ด อัตราการเจริญเติบโต การมีผลหรือน้ำหวานที่ดึงดูดสัตว์ และการใช้ประโยชน์ของคนในท้องถิ่น เกณฑ์การประเมินศักยภาพของต้นกล้าในแต่ละด้าน ดังนี้

ร้อยละการงอก: ศักยภาพต่ำ = อัตราการงอกน้อยกว่า 5%, ศักยภาพปานกลาง = อัตราการงอกต่ำกว่า 50%, และศักยภาพดี = อัตราการงอกมากกว่า 50%

ระยะพักตัวของเมล็ด: ศักยภาพต่ำ = ระยะการพักตัวมากกว่า 60 วัน, ศักยภาพปานกลาง = ระยะการพักตัวไม่เกิน 60 วัน, และ ศักยภาพดี = ระยะการพักตัวน้อยกว่า 20 วัน

อัตราการเจริญเติบโต: ศักยภาพต่ำ = ต้นกล้าไม่งอกในระหว่างการเก็บข้อมูล, ศักยภาพปานกลาง = ความสูงของต้นกล้าที่ 45 วัน น้อยกว่า 5 ซม. และจำนวนใบของต้นกล้าที่ 45 น้อยกว่า 2 ใบ, และ ศักยภาพดี: จากความสูงของต้นกล้าที่ 45 วัน มากกว่า 5 ซม. และจำนวนใบของต้นกล้าที่ 45 วัน มากกว่า 2 ใบ

การมีผลหรือน้ำหวานที่ดึงดูดสัตว์: ศักยภาพต่ำ = พืชที่ลักษณะของดอกหรือผลไม่ดึงดูดสัตว์, ศักยภาพปานกลาง = พืชที่มีดอกหรือผลเป็นอาหารของสัตว์, และศักยภาพดี: พืชที่มีดอกและผลเป็นอาหารของสัตว์

การใช้ประโยชน์ของคนในท้องถิ่น: ศักยภาพต่ำ = พืชที่คนในท้องถิ่นไม่นิยมนำมาใช้ประโยชน์, ศักยภาพปานกลาง = พืชที่คนในท้องถิ่นใช้ประโยชน์บ้าง, และศักยภาพดี: พืชที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้านและบางชนิดมีสรรพคุณทางยา

ผลการวิจัย

การศึกษาระยะพักตัวของเมล็ดและอัตราการงอกของเมล็ดพืช ซึ่งเก็บรวบรวมจากป่าปกปักพันธุกรรมพืชฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จำนวน 17 ชนิด พบว่า เมล็ดพืชแต่ละชนิดมีระยะเวลาในการพักตัวแตกต่างกัน (ตารางที่ 1) ได้แก่ หว้าเริ่มงอกในวันที่ 5 วัน นับจากวันที่เริ่มเพาะ พะยูง มะกล่ำต้น และเหมือด เริ่มงอกในวันที่ 10 นับจากวันที่เริ่มเพาะ กาหลง ตานกกด มะขามป้อม และมะกอก เริ่มงอกในวันที่ 20-25 วัน นับจากวันที่เริ่มเพาะ มะหาดเริ่มงอกในวันที่ 39 วัน นับจากวันที่เริ่มเพาะ สมอไทย เริ่มงอกในวันที่ 55 วัน นับจากวันที่เริ่มเพาะ และกันเกรา เริ่มงอกในวันที่ 98 วัน นับจากวันที่เริ่มเพาะ และต้นไม้ที่ไม่สามารถระบุระยะเวลาการพักตัวของเมล็ดได้ ได้แก่ มะกอม สมอพิเภก ข้าวสารต้น เนื่องจากในช่วงของการวิจัยเมล็ดยังไม่สิ้นสุดระยะการพักตัวของเมล็ด

อัตราการงอกของเมล็ดพืช

จากการทดสอบอัตราการงอกของเมล็ดพืช โดยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละวันและจำนวนวันที่เพาะเมล็ด (ทุก 7 วัน) จนกระทั่งเมล็ดของพืชมีอัตราการงอกสูงที่สุด สามารถสร้างสมการเชิงเส้นของอัตราการงอกของเมล็ดพืชแต่ละชนิด (ภาพที่ 1) ดังนี้

มะกอก ($Y_{มะกอก}$ = 0.34x - 0.97, $R^2_{มะกอก}$ = 0.88, n = 19, ร้อยละการงอก = 19.0)

มะหาด ($Y_{มะหาด}$ = 0.10x + 1.79, $R^2_{มะหาด}$ = 0.92, n = 5, ร้อยละการงอก = 10.0)

ตานกกด ($Y_{ตานกกด}$ = 0.69x + 6.04, $R^2_{ตานกกด}$ = 0.82, n = 28, ร้อยละการงอก = 56.0)

มะกล่ำต้น ($Y_{มะกล่ำต้น}$ = 0.08x + 8.13, $R^2_{มะกล่ำต้น}$ = 0.97, n = 12, ร้อยละการงอก = 10.0)

สมอไทย ($Y_{สมอไทย}$ = 0.20x - 9.96, R^2 = 0.79, n = 7, ร้อยละการงอก = 5.8)

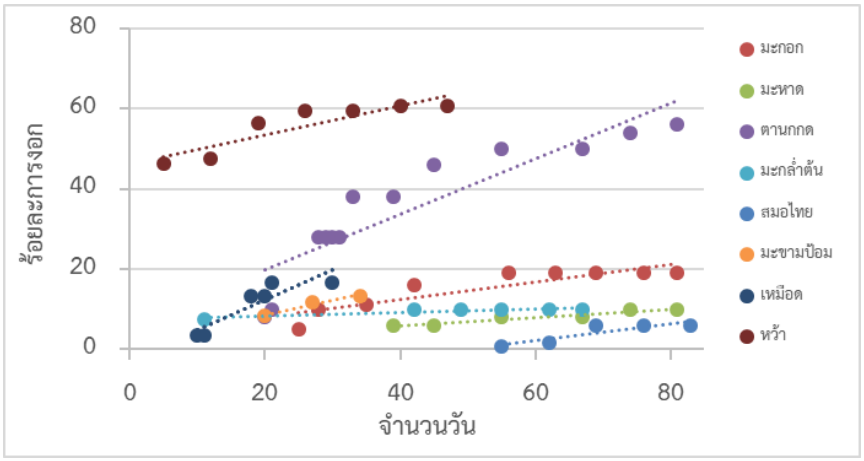
มะขามป้อม ($y_{มะขามป้อม}$ = 0.36x + 1.47, R^2 = 0.96, n = 8, ร้อยละการงอก = 13.3)

เหมือด ($Y_{เหมือด}$ = 0.7591x - 2.8053, R^2 = 0.81, n = 10, ร้อยละการงอก = 16.7)

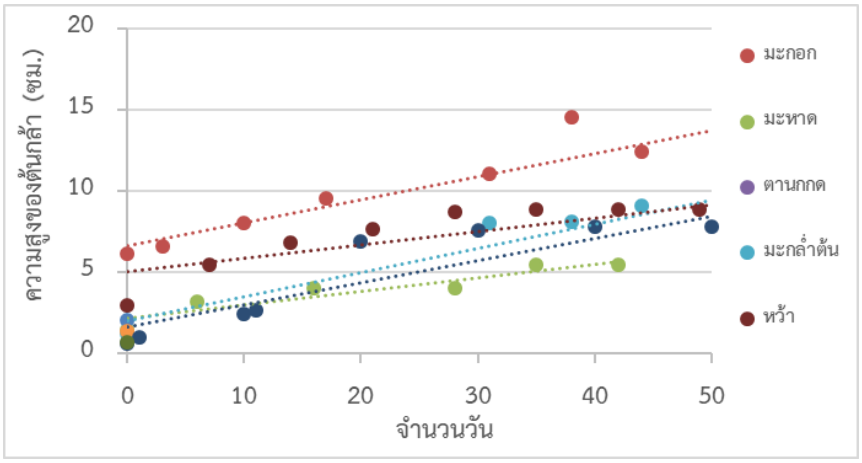
หว้า ($Y_{หว้า}$ = 0.45x + 44.90, $R^2_{หว้า}$ = 0.85, n = 133, ร้อยละการงอก = 60.6)

การเจริญเติบโตของกล้าไม้

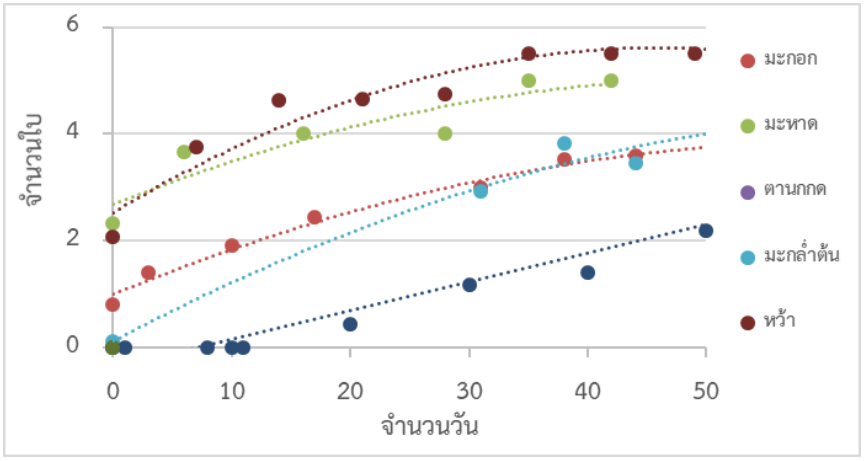
การเจริญเติบโตของต้นกล้าไม้โดยการติดตามวัดความสูงและจำนวนใบของต้นกล้าทุก 7 วัน ต่อเนื่องเป็นเวลา 45 วัน ของพืชแต่ละชนิด พบว่า อัตราการการเจริญเติบโตของกล้าไม้ส่วนใหญ่ เพิ่มขึ้นค่อนข้างคงที่ในช่วง 20 วันแรกของการงอกของจนกระทั่งเข้าสู่ช่วง 20 – 45 วัน การเจริญค่อนข้างคงที่ โดยความสูงโดยเฉลี่ยของต้นกล้าอายุ 45 วัน ของพืชแต่ละชนิด ดังนี้ มะกอก$_{D45}$ = 9.5 ± 3.5 ซม. หว้า$_{D45}$ = 8.8 ± 2.2 ซม. มะกล่ำต้น$_{D45}$ = 8.0 ± 2.2 ซม. ตานกกด$_{D45}$ = 6.3 ±1.3 ซม. และ มะหาด$_{D45}$ = 3.2 ± 0.4 ซม. ตามลำดับ (ภาพที่ 2) และจำนวนใบโดยเฉลี่ยของต้นกล้าอายุ 45 วัน ดังนี้ หว้า$_{D45}$ = 5.5 ± 2.2 ใบ มะกล่ำต้น$_{D45}$ = 3.8 ± 1.5 ใบ มะหาด$_{D45}$ = 3.7 ± 0.4 ใบ มะกอก$_{D45}$ = 2.4 ± 1.3 ใบ และตานกกด$_{D45}$ = 1.3 ±1.3 ใบ ตามลำดับ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 1 ตัวอย่างอัตราการงอกของเมล็ดพืช



ภาพที่ 2 ตัวอย่างอัตราการเพิ่มความสูงโดยเฉลี่ยของต้นกล้าไม้โตเร็ว 5 ชนิด



ภาพที่ 3 ตัวอย่างอัตราการเพิ่มจำนวนใบโดยเฉลี่ยของต้นกล้าไม้โตเร็ว 5 ชนิด

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบศักยภาพชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมต่อการในไปใช้เพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศ

ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ร้อยละการงอก	ระยะพักตัวของเมล็ด	อัตราการเจริญเติบโต	ผล/น้ำหวานดึงดูดสัตว์	การใช้ประโยชน์ของคนในท้องถิ่น
กันเกรา	*Fagraea fragrans* Roxb.	+	+	+	+++	+
กาหลง	*Bauhinia acuminata* L.	+	+	++	++	+
ข้าวสารต้น	*Phyllanthus columnaris* Müll. Arg.	+	+	+	+	++
ตองเต้า	*Mallotus barbatus* Mull. Arg.	+	+++	+++	+++	+
ตานกกด	*Ellipanthus tomentosus* Roxb.	+++	++	+	++	+
ฝาง	*Caesalpinia sappan* L.	++	+++	+	+	+++
พะยูง	*Dalbergia cochinchinensis Pierre ex Laness.*	++	+++	++	+	+++
พิกุล	*Mimusops elengi* L.	+	+	+	+++	++
มะกล่ำต้น	*Adenanthera pavonina* L.	++	+++	+++	++	+
มะกอก	*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz	++	+++	+++	+++	+++
มะกอม	*Microcos tomentosa* Sm.	+	+	++	+++	+
มะขามป้อม	*Phyllanthus emblica* L.	++	++	++	+++	+++
มะหาด	*Artocarpus lacucha* C.C. Barg	++	++	+++	+++	++
ราชพฤกษ์	*Cassia fistula* L.	+	+	+	+++	++
สมอไทย	*Terminalia chebula* Retz. ver. *chebula*	++	++	+	++	+++
สมอพิเภก	*Terminalia bellirica* (Gaertn.) Roxb.	+	+	+	++	+++
เหมือดโลด	*Aporosa villosa* (Wall. Ex Lindl.) Baill	++	+++	+	+++	+

หมายเหตุ: + : พันธุ์ไม้มีศักยภาพต่ำ, ++ : พันธุ์ไม้มีศักยภาพปานกลาง, +++ : พันธุ์ไม้มีศักยภาพดี

อภิปรายผล

การคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้เพื่อการนำไปใช้เพื่อการฟื้นฟูป่า โดยคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ไม้จากป่าปกปักพันธุกรรมพืชฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ท้องถิ่นของจังหวัดเชียงราย (ตารางที่ 1) พบพันธุ์ไม้ที่น่าสนใจที่จะนำไปปลูกเพื่อฟื้นฟูป่าหลายชนิด ไม้กลุ่มนี้มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และมีดอกหรือผลที่เป็นอาหารของนกและสัตว์ป่าโดยตรง เช่น มะกอก (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz) มะกล่ำต้น (*Adenanthera pavonina* L.) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) มะหาด (*Artocarpus lacucha* C.C. Barg) ราชพฤกษ์ (*Cassia fistula* L.) เป็นต้น การนำไม้กลุ่มนี้ไปปลูกในป่าก็จะกระตุ้นให้ระบบนิเวศป่าผลัดใบสามารถฟื้นตัวได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังมีไม้กลุ่มที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ของคนในท้องถิ่น ซึ่งควรมีการปลูกเสริมเพื่อเป็นการอนุรักษ์พันธุ์ไม้เหล่านั้นไว้ในธรรมชาติ และเพื่อให้คนในท้องถิ่นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต เช่น ข้าวสารต้น (*Phyllanthus columnaris* Müll. Arg.) ตานกกด (*Ellipanthus tomentosus* Roxb.) สมอไทย (*Terminalia chebula* Retz. ver. *chebula*) สมอพิเภก (*Terminalia bellirica* (Gaertn.) Roxb.) เป็นต้น พืชเหล่านี้ให้เนื้อไม้ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และบางชนิดก็สามารถนำมาใช้เป็นยาสมุนไพรสำหรับคนในท้องถิ่น และนับวันพืชเหล่านี้ก็จะหายากขึ้น (ศรีวรรณ และคณะ, 2555) การคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้สำหรับใช้ในการฟื้นฟูป่า ควรเป็นพันธุ์ไม้ที่มีอัตราการงอกและการเจริญเติบโตในเรือนเพาะชำที่ดี เพื่อกระตุ้นให้ป่าธรรมชาติมีสามารถฟื้นตัวได้รวดเร็วขึ้น จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ร้อยละการงอกของเมล็ดพันธุ์ไม้จำนวนทั้ง 14 ชนิด มีเพียงตานกกดที่มีร้อยการงอกมากกว่าร้อยละ 50 นอกนั้นเป็นพันธุ์ไม้ที่มีอัตราการงอกไม่ถึงร้อยละ 20 และพบพืชที่มีแนวโน้มการเจริญที่ดีในเรือนเพาะชำ ได้แก่ มะกอก (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz) และมะกล่ำต้น (*Adenanthera pavonina* L.) ซึ่งมีการความสูงของต้นกล้าโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 14.5 ซม. และ 8.0 ± 2.2 ใบ จำนวนใบโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 3.5 ใบ และ 3.8 ใบ ตามลำดับ ซึ่งมะกอกเป็นไม้ที่มีรายงานการนำไปใช้ในการปลูกเพื่อฟื้นฟูป่าในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพปุย เนื่องจากมะกอกเป็นพันธุ์ไม้ที่มีเนื้อผลที่ดึงดูดสัตว์ป่า โตเร็วทั้งในสภาพเรือนเพาะชำและในแปลงปลูกป่า (Pakkad et al., 2003)

ระยะเวลาการพักตัวของเมล็ดพืชมีผลต่อการฟื้นตัวของป่าในธรรมชาติ พืชหลายชนิดสามารถงอกได้ทันทีเมื่อเมล็ดตกลงสู่พื้นป่า แต่เมล็ดของพืชบางชนิดจะยังคงต้องอาศัยระยะเวลาในการพักตัวสักระยะจึงจะงอกออกมาเป็นต้นอ่อนได้ (สตีเฟน และคณะ, 2549) ต้นไม้ที่สามารถงอกได้ง่ายและมีระยะเวลาในการพักตัวสั้น ได้แก่ เหมือดโลด (*Aporosa villosa* (Wall. Ex Lindl.) Baill) ตองเต๊า (*Mallotus barbatus* Mull. Arg.) ตานกกด (*Ellipanthus tomentosus* Roxb.) มะกอก (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz) มะกล่ำต้น (*Adenanthera pavonina* L.) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) ไม้กลุ่มนี้มีระยะเวลาการพักตัวไม่เกิน 1 เดือน ต้นไม้ที่มีระยะการพักตัวที่ยาวนานขึ้น ระยะเวลาการพักตัวประมาณ 1 เดือน ขึ้นไป อาจเนื่องจากไม้กลุ่มนี้มีเนื้อผลค่อนข้างหนาและแข็ง เมื่อนำเมล็ดของพืชกลุ่มนี้มาปลูกในหลุมเพาะ เมล็ดจะยังไม่งอกโดยทันทีแต่จะมีการพักตัวสักระยะหนึ่ง เพื่อให้เกิดการสลายตัวของเนื้อผลและเปลือก จึงสามารถงอกขึ้นเป็นต้นอ่อนได้ เช่น ตานกกด (*Ellipanthus tomentosus* Roxb.) มะหาด (*Artocarpus lacucha* C.C. Barg) สมอไทย (*Terminalia chebula* Retz. ver. *chebula*) เป็นต้น สอดคล้องกับการศึกษาอัตราการงอกของเมล็ดพืชจากพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย พบว่าพืชแต่ละชนิดมีอัตราการงอกไม่เท่ากัน และจากอัตราการงอกของพืชแต่ละชนิดได้จัดจำแนกกลุ่มของพืชออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีระยะการงอกเร็ว (rapid germination) เช่น อบเชย *Cinnamomum iners* Reinw. ex Bl., ไข่ปลา *Debregeasia longifolia* (Burm. f.) Wedd., มะกอก *Spondias axillaris* Roxb. เป็นต้น พืชที่มีระยะการงอกปานกลาง (intermediate germination) เช่น ช้อ *Gmelina arborea* Roxb., นางพญาเสือโคร่ง *Prunus cerasoides* D.Don, มะคำดีควาย *Sapindus rarak* DC. เป็นต้น และพืชที่มีระยะการงอกช้า (slow germination) เช่น มะคังดง *Ostodes paniculata* Bl., ก่อเลือด *Lithocarpus garrettianus* (Craib) A. Camus, เติม *Bischofia javanica* Bl. เป็นต้น (Blakesley et al., 2002) ดังนั้นพืชกลุ่มที่มีระยะเวลาการพักตัวที่ยาวนานมากอาจต้องการเทคนิคการเตรียมเมล็ดก่อนนำลงเพาะเพื่อลดระยะการพักตัวของเมล็ด รวมทั้งลดโอกาสการถูกเชื้อราเข้าทำลายต้นอ่อน (สตีเฟน และคณะ, 2549) เทคนิคการเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยเทคนิคพิเศษก่อนการนำไปเพาะก็อาจช่วยให้เกิดการงอกได้ดีขึ้น เช่น การนำเมล็ดไปแช่น้ำ การนำเมล็ดไปแช่สารละลายกรดอ่อน การตัดเปลือกหุ้มเมล็ดออกบางส่วน เพื่อให้น้ำและออกซิเจนสามารถเข้าสู่เมล็ดได้ดีขึ้น รวมถึงการนำไปแช่ในน้ำยาเร่งการงอกของเมล็ด อาจเป็นวิธีที่ดีสำหรับการนำไปใช้ในการเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดพืช เทคนิควิธีการเตรียมเมล็ดโดยการทำให้เกิดแผลที่เมล็ดเหมาะสำหรับเมล็ดที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดหนาและแข็ง เช่น พะอง (*Calophyllum polyanthum* Wall. ex Choisy.) บุนนาค (*Mesua ferrea* L.) เหมือดคน (*Scleropyrum pentandrum* (Dennst.) Mabb.) และมะกล่ำสมุาตรา (*Ormosia sumatrana* (Miq.) Prain.) การเตรียมเมล็ดโดยการแช่น้ำก่อนเพาะเหมาะสำหรับการเพาะเมล็ดสะแหล่งหอมไก่ (*Rothmannia sootepensis* (Craib) Bremek.) มะตูม (*Aegle marmelos* (L.) Corr. Serr.) และคำมอกหลวง (*Gardenia sootepensis* Hutch.) ซึ่งเมล็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. เปลือกหุ้มเมล็ดไม่แข็ง และไม่หนามาก (ดวงเดือน และคณะ, 2553) ซึ่งในงานวิจัยในครั้งนี้ใช้เทคนิคการเตรียมเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ การแกะเนื้อผลออกจากเมล็ดก่อนนำเมล็ดลงเพาะ ในกลุ่มของ พิกุล (*Mimusops elengi* L.) มะกอก (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) มะหาด (*Artocarpus lacucha* C.C. Barg) เป็นต้น การตากผลให้แห้งแล้วกระเทาะเมล็ดออกจากเปลือก ในกลุ่มของราชพฤกษ์ มะกล่ำต้น ข้าวสารต้น สมอพิเภก เป็นต้น ซึ่งวิธีการเตรียมเมล็ดที่เหมาะสมต่อพืชแต่ละชนิดยังอยู่ในขั้นของการหาวิธีการที่เหมาะสมต่อไป

การศึกษาในครั้งนี้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกพันธุ์พืชเพื่อนำไปใช้ในการฟื้นฟูป่า และแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการเพาะพันธุ์ไม้ป่าเขตร้อนในเรือนเพาะชำ การศึกษาในครั้งนี้เป็นเพียงข้อมูลจากการศึกษาในสภาพเรือนเพาะชำ ซึ่งการคัดเลือกพันธุ์ไม้เพื่อการนำไปฟื้นฟูป่าในยังขาดการนำไปทดสอบการเจริญเติบโตในพื้นที่จริง

สรุปผลการวิจัย

การเปรียบเทียบระยะพักตัวของเมล็ดและอัตราการงอกของเมล็ด และการประเมินศักยภาพของพันธุ์ไม้เพื่อนำไปเป็นชนิดพันธุ์สำหรับฟื้นฟูป่า พบพืชที่มีอัตราการงอกอยู่ในเกณฑ์ดี ได้แก่ ตานกกด พืชที่มีอัตราการงอกอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

ได้แก่ มะกอก มะหาด มะกล่ำต้น เหมือดโลด ฝาง มะขามป้อม สมอไทย พะยูง และพืชที่มีอัตราการงอกอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ได้แก่ ตองเต๊า ราชพฤกษ์ กาหลง มะกอม กันเกรา พิกุล สมอพิเภก ข้าวสารต้น พืชที่มีระยะพักตัวของเมล็ดสั้น ได้แก่ มะกอก มะกล่ำต้น เหมือดโลด ฝาง มะขามป้อม ตองเต๊า พืชที่มีระยะพักตัวของเมล็ดปานกลาง ได้แก่ ตานกกด มะหาด มะขามป้อม สมอไทย และพืชที่มีระยะพักตัวของเมล็ดนาน ได้แก่ ราชพฤกษ์ กาหลง มะกอม กันเกรา พิกุล สมอพิเภก และข้าวสารต้น และเมื่อพิจารณาศักยภาพของพันธุ์ไม้จากคุณลักษณะ 5 ประการ พืชที่มีศักยภาพสูงที่ควรนำมาใช้สำหรับฟื้นฟูป่า ได้แก่ ตานกกด มะกอก มะกล่ำต้น เหมือดโลด ฝาง มะหาด มะขามป้อม และสมอไทย เป็นต้น เนื่องจากพืชกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีอัตราการงอกและการเจริญเติบโตในเรือนเพาะชำอยู่ในเกณฑ์ดี มีดอกหรือผลที่ดึงดูดสัตว์ และไม้กลุ่มนี้ยังเป็นไม้ที่สำคัญต่อชุมชนและถูกนำมาใช้ประโยชน์ค่อนข้างมากในชุมชน พันธุ์ไม้มีศักยภาพการงอกและการเจริญเติบโตต่ำและพันธุ์ไม้มีศักยภาพปานกลางอาจจำเป็นต้องมีการใช้เทคนิคพิเศษเพื่อกระตุ้นให้เมล็ดสามารถงอกได้ดีขึ้น รวมทั้งการใช้วิธีเพาะเลี้ยงต้นกล้าในเรือนเพาะชำจนกระทั่งได้ต้นกล้าที่แข็งแรงก่อนนำไปปลูก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากทุนสนับสนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ขอขอบคุณสถาบันความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม เพื่อพัฒนาท้องถิ่นและอาเซียน ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย คุณเจ้าหน้าที่ และนักศึกษาทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้านการเก็บเมล็ดพันธุ์ไม้และดูแลกล้าไม้ในเรือนเพาะชำ

เอกสารอ้างอิง

ดวงเดือน คุณยศยิ่ง สตีเฟน เอลเลียต และประสิทธิ์ วังภคพัฒนวงศ์. (2553). การกระตุ้นการงอกของเมล็ดไม้ต้นหายากบางชนิดเพื่อการฟื้นฟูป่าในภาคเหนือของประเทศไทย. **วารสารวิจัย มข.**, 15(10), 951-964.

ศรีวรรณ ไชยสุข พยุงศักดิ์ ไชยสุข และจินดาพร นัยติ๊บ. (2555). **พรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.** เชียงราย: เชียงใหม่ดอคคิวเมนทารี ดีไซน์ จำกัด.

สตีเฟน เอลเลียต, เดวิด บาเครสลีย์, เจ. เอฟ. แมกเวลล์, ซูซาน ดาวส์ และ สุทธาธร สุวรรณรัตน. (2549). ป**ลูกให้เป็นป่า (พิมพ์ครั้งที่ 1)**. เชียงใหม่: หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Blakesley D., Elliott S., Kuarak C., Navakitbumrung P., Zangkum S., and Anusarnsunthorn V. (2002). Propagating framework tree species to restore seasonally dry tropical forest: implications of seasonal seed dispersal and dormancy. **Forest Ecology and Management**, 164, 31-38.

Elliott S., Zangkum S., Navakitbumrung P., Anusarnsunthorn V., Kuarak ., and Blakesley D. (2003). Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance. **Forest Ecology and Management**, 184, 177-191.

Pakkad G., Torre F., Elliott S., and Blakesley D. (2003). Selecting seed trees for a forest restoration program: a case study using *Spondias axillaris* Roxb. (Anacardiaceae). **Forest Ecology and Management**, 182, 363-370.

Wood K., and Elliott S. (2004). Direct seeding for forest restoration on abandoned agricultural land in northern Thailand. **Journal of Tropical Forest Science**, 16(2), 248-259.

การเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ U Pegasus
ORBITAL PERIOD CHANGE OF A BINARY SYSTEM U PEGASUS

แสงเดือน ประภาตะนันท์[1*] และ รณกฤต รัตนมาลา[2]
[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา นครราชสีมา
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา นครราชสีมา
corresponding author e-mail : sang5125sang@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ U Pegasus โดยทำการเก็บข้อมูลที่หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ ผ่านแผ่นกรองแสงสีที่ตามองเห็น และสีแดง ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้องแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนคาบวงโคจร จากแผนภาพ O-C พบว่าระบบดาวคู่ U Pegasus มีแนวโน้มการเปลี่ยนคาบวงโคจรลดลงในอัตรา 11.7378×10^{-11} วันต่อรอบ เนื่องจากระบบดาวคู่ U Pegasus มีการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมตามทฤษฎี Angular Momentum Loss (AML) ทำให้ระยะห่างของระบบดาวคู่มีค่าลดลงเรื่อยๆ และระบบดาวคู่ U Pegasus อาจจะวิวัฒนาการเป็นดาวฤกษ์เดี่ยว

คำสำคัญ : U Pegasus คาบวงโคจร ระบบดาวคู่

Abstract

This research was aimed study of orbital period change of binary system U Pegasus. The observation were done at Regional Observatory for the Public Nakhon Ratchasima by CCD photometer in V and R filters via 0.7 mater reflecting telescope. The O-C diagram was shown that the decrease orbital period change at rate 11.7378×10^{-11} day/cycle due to angular momentum loss follow the AML theory. The result appeared the U Pegasus was distance reduced and evolution going to a star.

Keywords : U Pegasus orbital period change close binary system

บทนำ

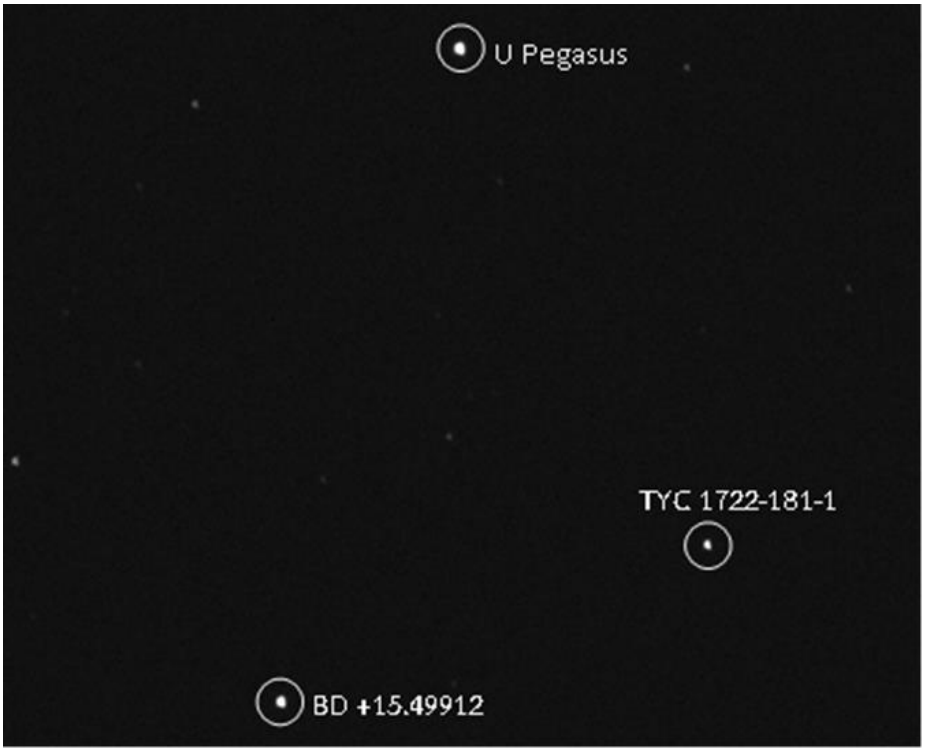
ระบบดาวคู่เป็นระบบดาวที่มีสมาชิก 2 ดวง และอยู่ภายใต้สนามความโน้มถ่วงซึ่งกันและกัน สมาชิกของระบบดาวคู่จะโคจรรอบจุดศูนย์กลางมวลร่วมกัน การศึกษาระบบดาวคู่จะทำให้เข้าใจการวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ได้เป็นอย่างดี ตลอดจนทำให้เข้าใจประเภทของดาวฤกษ์(บุญรักษา สุนทรธรรม.2550)

ระบบดาวคู่ U Pegasus (BD $+15^{\circ}4915$) จากการศึกษาของ Rovithis, P. และ Rovithis-Livaniou, H. ในปี ค.ศ. 1982 พบว่าคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ U Pegasus มีค่าลดลง และกราฟแสงมีความไม่สมมาตร (Asymmetry)(Rovithis, P. and Rovithis-Livaniou, H..1982) ต่อมาในปี ค.ศ.1984 Zhai, D., Leung, K.C. และ Zhang, R. ได้รายงานการศึกษาระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด U Pegasus ว่ามีคาบวงโคจรลดลงในอัตรา 4.936×10^{-11} วันต่อรอบ และพบว่ามีคาบวงโคจรซ้อนทับแบบส่ายเป็นคาบซึ่งอาจเกิดจากการมีวัตถุดวงที่สามในระบบ ตลอดจนการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ (Zhai, D., Leung, K.C. and Zhang, R.. 1984) จากนั้น Lu, W.X. ได้นำเสนอผลการศึกษาของระบบดาวคู่ U Pegasus โดยใช้เทคนิคสเปกโทรสโคปิก (Spectroscopic) ในปี ค.ศ.1985 พบว่าระบบดาวคู่ U Pegasus มีความเร็วในแนวรัศมี (Radial velocity) -28.5 km/s (Lu, W.X.. 1985) และในปี ค.ศ.1991 Maupome, L. และคณะ ได้รายงานผลการศึกษาระบบดาวคู่ U Pegasus ว่าคาบวงโคจรมีค่าลดลงในอัตรา 0.91s/century (Maupome, L. et al. 1991) ล่าสุดรายงานการศึกษาระบบดาวคู่ U Pegasus ในปี ค.ศ.2001 โดย Djurasevic, G. และคณะพบว่ากราฟแสงยังมีความไม่สมมาตร ซึ่งเกิดจากการมีจุดบนดาว และพบว่าระบบดาวคู่ U Pegasus มีร้อยละการแตะกันประมาณ 14.9 (Djurasevic, G.. 2001) **..**จากการศึกษาระบบดาวคู่ U

Pegasus ที่ผ่านมาพบว่า การศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ U Pegasus มีการรายงานสิ้นสุดที่ปี ค.ศ.1984 ซึ่งในปัจจุบันคาบวงโคจรอาจมีการเปลี่ยนแปลงจากการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่แบบใกล้ชิดกัน U Pegasus ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จะทำการศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ U Pegasus

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมในระหว่างวันที่ 21, 23, 24 และ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ซึ่งทำการเก็บข้อมูลที่หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถานบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยถ่ายภาพระบบดาว U Pegasus ด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ผ่านแผ่นกรองแสงความยาวคลื่นสีเหลือง และสีแดง ภาพถ่ายที่ได้จะถูกนำมากำจัดสัญญาณรบกวน(Reduction Images) และวิเคราะห์หาความเข้มแสงด้วยโปรแกรม IRIS โดยใช้ดาว BD +15.49912 เป็นดาวตรวจสอบ และดาว TYC 1722-181-1 เป็นดาวเปรียบเทียบ ดังรูปที่ 1 และข้อมูลเบื้องต้นแสดงดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายระบบดาวคู่ U Pegasus ดาว BD +15.49912 และดาว TYC 1722-181-1

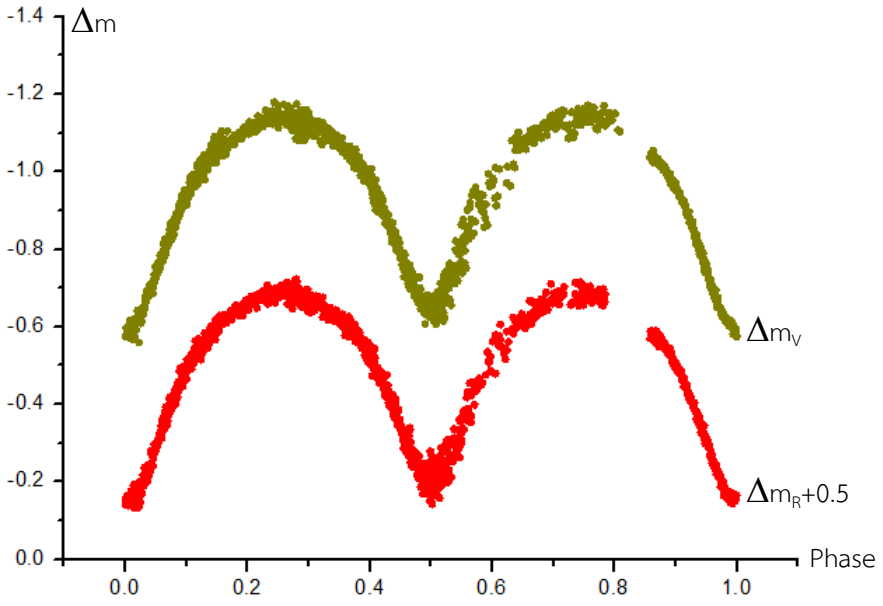
ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลระบบดาวคู่ ดาวตรวจสอบ และดาวอ้างอิง

star	R.A.	DEC.	Mag V
U Pegasus	$23^h\ 57^m\ 58.477^s$	+15° 57’ 10.09”	9.63
BD +15.49912	$23^h\ 57^m\ 39.004^s$	+15° 53’ 25.14”	10.67
TYC 1722-181-1	$23^h\ 57^m\ 28.305^s$	+15° 53’ 25.14”	11.64

ฐานข้อมูล Nomad1

ผลการวิจัย

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์และวัดความเข้มแสง สามารถสร้างกราฟแสงได้ ดังรูปที่ 2 และวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดได้ ดังตารางที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสงของระบบดาวคู่ U Pegasus จากการสังเกตการณ์

จากค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดจากการสังเกตการณ์ในครั้งนี้รวมกับค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ผ่านมา ดังตารางที่ 3 จะถูกนำมาคำนวณหาค่า Epoch และ O-C ดังตารางที่ 2 เพื่อที่จะนำไปสร้างแผนภาพ O-C ดังรูปที่ 3 และวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจร ซึ่งจะให้สมการ Ephemeris จาก Mt. Suhora Astronomical Observatory (http://www.as.up.krakow.pl/minicalc/PEGU.HTM, Online) ดังสมการที่ 1

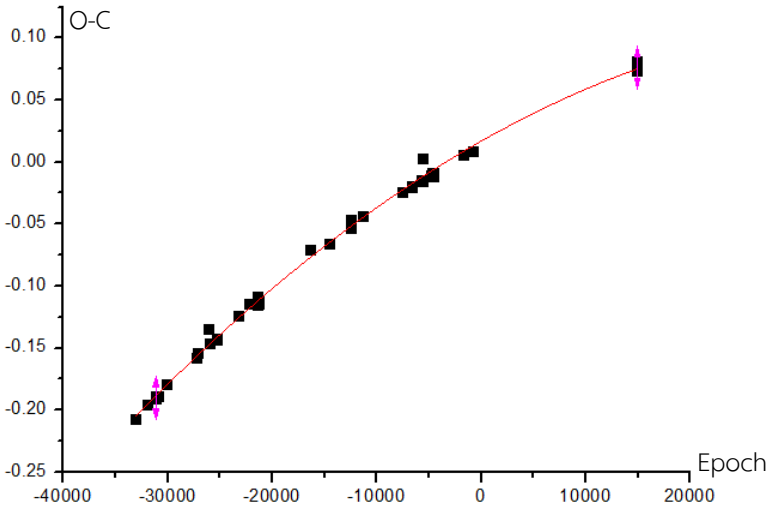
$$HJD = 2452500.115+0.3747772E \quad (1)$$

ตารางที่ 2 ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด

HJD	Epoch	O-C	Reference
2440826.9010	-31147.0	-0.1905	Rigterink (1972)
2440831.7729	-31134.0	-0.1907	Rigterink (1972)
2440837.7692	-31118.0	-0.1907	Rigterink (1972)
2440888.7399	-30982.0	-0.1890	Rigterink (1972)
2440891.7381	-30974.0	-0.1890	Rigterink (1972)
2442291.5430	-27239.0	-0.1575	Patkos (1980)
2442714.3090	-26111.0	-0.1343	Ahnert (1976)
2443021.6134	-25291.0	-0.1429	Mallama et al. (1977)
2443024.6120	-25283.0	-0.1425	Mallama et al. (1977)
2444185.3093	-22186.0	-0.1141	Patkos (1980)
2444500.4922	-21345.0	-0.1145	Rovithis and Rovithis-Livaniou (1982)
2444503.4923	-21337.0	-0.1125	Rovithis and Rovithis-Livaniou (1982)
2444504.6165	-21334.0	-0.1127	Rovithis and Rovithis-Livaniou (1982)
2443785.0430	-23254.0	-0.1240	Pri
2443785.0432	-23254.0	-0.1238	Pri

2440826.9010	-31147.0	-0.1905	Rigterink (1972)
2440831.7729	-31134.0	-0.1907	Rigterink (1972)
2440837.7692	-31118.0	-0.1907	Rigterink (1972)
2440888.7399	-30982.0	-0.1890	Rigterink (1972)
2440891.7381	-30974.0	-0.1890	Rigterink (1972)
2442347.3879	-27090.0	-0.1536	Patkos (1976)
2442741.2810	-26039.0	-0.1459	Patkos (1976)
2443021.6134	-25291.0	-0.1429	Mallama et al. (1977)
2443785.0431	-23254.0	-0.1238	Zhai et al. (1984)
2444185.3093	-22186.0	-0.1141	Patkos (1980)
2444469.3857	-21428.0	-0.1149	Aslan et al. (1981)
2444490.3786	-21372.0	-0.1092	Aslan et al. (1981)
2444500.4922	-21345.0	-0.1145	Rovithis and Rovithis-Livaniou (1982)
2444503.4923	-21337.0	-0.1125	Rovithis and Rovithis-Livaniou (1982)
2444504.6165	-21334.0	-0.1127	Rovithis and Rovithis-Livaniou (1982)
2447833.7754	-12451.0	-0.0534	Maupome et al. (1991)
2452197.3083	-808.0	0.0091	T.Pribulla and M.Vanko (2001)
2440096.4534	-33096.0	-0.2075	Pohl & Kizilirmak (1970)
2440511.3380	-31989.0	-0.1955	Kizilirmak & Pohl (1971)
2440826.9010	-31147.0	-0.1905	Rovithis et al. (1982)
2440831.4001	-31135.0	-0.1887	Dumitrescu (1971)
2440831.7729	-31134.0	-0.1907	Rovithis et al. (1982)
2440837.7692	-31118.0	-0.1907	Rovithis et al. (1982)
2440843.3929	-31103.0	-0.1886	Dumitrescu (1971)
2440867.3784	-31039.0	-0.1885	Kizilirmak & Pohl (1971)
2440888.7399	-30982.0	-0.1890	Rovithis et al. (1982)
2440891.7381	-30974.0	-0.1890	Rovithis et al. (1982)
2441198.3110	-30156.0	-0.1796	Dumitrescu (1971)
2442291.5430	-27239.0	-0.1575	Patkos (1980)
2442347.3879	-27090.0	-0.1536	Patkos (1976)
2442714.3090	-26111.0	-0.1343	Ahnert (1977)
2442741.2810	-26039.0	-0.1459	Patkos (1976)
2443021.6134	-25291.0	-0.1429	Mallama et al. (1977)
2443785.0431	-23254.0	-0.1238	Lafta & Grainger (1986)
2444185.3093	-22186.0	-0.1141	Patkos (1980)
2444469.3855	-21428.0	-0.1151	Aslan et al. (1981)
2444469.3859	-21428.0	-0.1147	Aslan et al. (1981)
2444490.3782	-21372.0	-0.1096	Aslan et al. (1981)
2444490.3789	-21372.0	-0.1089	Aslan et al. (1981)
2444500.4922	-21345.0	-0.1145	Rovithis & Rovithis (1981)
2444503.4923	-21337.0	-0.1125	Rovithis & Rovithis (1981)
2444504.6165	-21334.0	-0.1127	Rovithis & Rovithis (1981)
2446383.3906	-16321.0	-0.0706	BAA VSS 68,30
2447070.3528	-14488.0	-0.0655	Keskin & Pohl (1989)
2447826.2870	-12471.0	-0.0464	BBSAG 93
2447833.7754	-12451.0	-0.0534	Maupome et al. (1991)
2448233.2922	-11385.0	-0.0436	BBSAG 97
2449677.3079	-7532.0	-0.0244	BBSAG 108

2450006.3630	-6654.0	-0.0191	Safar & Zejda (2000)
2450033.3456	-6582.0	-0.0201	BBSAG 111
2450368.3978	-5688.0	-0.0141	Agerer & Huebscher (1998a)
2450378.1407	-5662.0	-0.0152	Lee et al. (1998)
2450383.0313	-5649.0	0.0033	Lee et al. (1998)
2450384.1370	-5646.0	-0.0153	Lee et al. (1998)
2450712.4420	-4770.0	-0.0106	Agerer & Huebscher (1998b)
2450728.5567	-4727.0	-0.0111	Kiss et al. (1999)
2450750.2953	-4669.0	-0.0092	Kiss et al. (1999)
2450766.4080	-4626.0	-0.0117	BBSAG 118
2450789.2720	-4565.0	-0.0088	BBSAG 118
2451860.3855	-1707.0	0.0063	Pribulla et al. (2001b)
2458079.2400	14886.5	0.0816	วิจัยครั้งนี้
2458082.2300	14894.5	0.0734	วิจัยครั้งนี้
2458083.1700	14897.0	0.0765	วิจัยครั้งนี้



ภาพที่ 3 แผนภาพ O-C

จากรูปที่ 3 แผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ U Pegasus เมื่อพิจารณาอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรโดยใช้สมการพาลาโบรา อธิบายได้ดังสมการที่ 2 และเมื่อคำนวณอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจร(dP/dE) พบว่ามีคาบวงโคจรลดลงในอัตรา 11.7378×10^{-11} วันต่อรอบ

$$O\text{-}C = 0.0167+4.7771\times10^{-6}E-5.8689\times10^{-11}E^{2} \quad (2)$$

$$dP/dE = 2(-5.8689\times10^{-11})$$

$$dP/dE = -11.7378\times10^{-11} \text{ วันต่อรอบ}$$

อภิปรายผล

จากการศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ U Pegasus ในครั้งนี้ พบว่าระบบดาวคู่ U Pegasus มีแนวโน้มการเปลี่ยนคาบวงโคจรลดลงในอัตรา 11.7378×10^{-11} วันต่อรอบ เนื่องจากระบบดาวคู่ U Pegasus มีการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมตามทฤษฎี Angular Momentum Loss (AML) ซึ่งจากรายงานที่ผ่านมาก็พบว่าระบบดาวคู่ U Pegasus มี

อัตราการโคจรที่ลดลงมาโดยตลอด นั่นแสดงให้เห็นว่าระยะห่างของระบบดาวคู่มีค่าลดลงเรื่อยๆ และระบบดาวคู่ U Pegasus อาจจะวิวัฒนาการเป็นดาวฤกษ์เดี่ยว

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ U Pegasus ในครั้งนี้ สามารถสร้างกราฟแสงและวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดจากการสังเกตการณ์ได้ทั้งหมด 3 ค่า และเมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรโดยใช้แผนภาพO-C พบว่าระบบดาวคู่ U Pegasus มีแนวโน้มการเปลี่ยนคาบวงโคจรลดลงในอัตรา 11.7378×10^{-11} วันต่อรอบ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). **ดาราศาสตร์เชิงฟิสิกส์.** ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Djurasevic, G. (2001). A PHOTOMETRIC STUDY OF THE W UMa-Type SYSTEM U PEGASI. **Astronomy and Astrophysics**. 367(3). 840-847.

Maupome, L. et. al. (1991). PHOTOELECTRIC OBSERVATION OF W UMA STARS: U PEGASI AND AB ANDROMEDAE. Rev. Mexicana Astron. **Astrof**. 22, 235-242.

Mt. Suhora. **Astronomical Observatory**. Available at: URL: http://www.as.up.krakow.pl/minicalc/PEGU.HTM. Accessed Jan 18, 2018.

Lu, W.X. (1985). A NEW SPECTROSCOPIC ORBIT OF THE W URSAE MAJORIS SYSTEM U PEGASI. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**. 97, 1086-1091.

Rovithis, P. and Rovithis-livaniou, H.. (1982). **PHOTOELECTRIC OBSERVATION OF THE ECLIPSING BINARY U PEGASI. Astrophysics and Space Science**. 87, 287-295.

T. Pribulla, M. Vanko. (2001). Photoelectric photometry of eclipsing Contact Binaries: U Peg, YY CrB, OU Ser and EQ Tau. Contrib. Astron. Obs. **Skalnate Pleso**. 32, 79-98.

Zhai, D., Leung, K.C. and Zhang, R. (1984). A NEW PHOTOELECTRIC INVESTIGATION OF THE W UMA SYSTEM U PEGASI. **Astronomy and Astrophysics**. 57, 487-494.

ผลของสารสกัดใบอ้อยต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค
EFFECT OF CANE LEAF EXTRACTS ON GROWTH INHIBITION OF PATHOGENIC BACTERIA

ศิริพร แสงทอง กนกรัตน์ คำเรือง และ เรณู อยู่เจริญ*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์
*corresponding author e-mail : rayucharoen@gmail.com

บทคัดย่อ

โรคทางเดินอาหารเป็นโรคที่ทำให้เกิดการติดเชื้อและการระคายเคืองในระบบทางเดินอาหาร มีสาเหตุจากการได้รับเชื้อที่ปนเปื้อนในเครื่องดื่มและอาหาร ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคของสารสกัดจากใบอ้อย ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร นำมาสกัดสารโดยใช้เอทานอล เอทิลอะซิเตท และน้ำเป็นตัวทำละลาย ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย 8 สายพันธุ์ ได้แก่ *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*, *Aeromonas hydrophila* และ *Proteus vulgaris* ด้วยวิธี agar well diffusion พบว่า สารสกัดจากใบอ้อยที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตทมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ 6 สายพันธุ์ และแบคทีเรียแกรมบวก 2 สายพันธุ์ โดยให้ค่าวงใสการยับยั้งอยู่ระหว่าง 9 – 37.5 มิลลิเมตร โดยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเชื้อ *S. aureus* ได้ดีที่สุด และมีค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย (MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) เท่ากับ 7.8 และ 15.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

คำสำคัญ : ใบอ้อย ต้านแบคทีเรีย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

Abstract

Enteric disease are infection or irritation of gastrointestinal tract caused by eating contaminated beverage or food. The objective of this research is to study the performance and optimum concentration of the extracts form cane leaf as agricultural waste for inhibition of pathogenic bacteria. The growth inhibition of cane leaf extracts with ethanolic, ethyl acetate and water is tested by using the agar well diffusion against eight strains bacteria, i.e., *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*, *Aeromonas hydrophila* and *Proteus vulgaris*. The results indicate that only the cane leaf extract with ethyl acetate can inhibit the growth of six strains of bacteria caused the largest inhibition zones of 9-37.5 mm in diameter. The highest antibacterial activity is on *S. aureus* with minimal inhibition concentration (MIC) and minimal bacterial concentration (MBC) values of 7.8 and 15.6 mg/mL, respectively.

Keywords : cane leaf antibacterial agricultural waste

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ในด้านของทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งที่ทำให้เศรษฐกิจของประเทศไทยสามารถเจริญเติบโตก้าวหน้าได้มาจนถึงปัจจุบันนี้คือ พืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด และอ้อย ซึ่งพืชเหล่านี้ถือได้ว่าเป็นสินค้าส่งออกที่ค่อนข้างมีชื่อเสียงในระดับโลกอย่างมาก หลายๆ ชาติต่างให้การยอมรับว่าหากต้องการพืชที่มีคุณภาพดีต้องนึกถึงประเทศไทย เรามักจะเห็นว่าในปัจจุบันเกษตรกรหลายรายในแต่ละจังหวัดของประเทศไทยนิยมหันมาปลูกอ้อยกันมากขึ้น เนื่องด้วยเวลานี้ตลาดโลกต้องการอ้อยเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เป็นอย่างมาก อีกทั้งการปลูกเป็นสิ่งที่ทำได้ง่ายจึงไม่ใช่เรื่องยากที่เกษตรกรไทยจะสร้างรายได้ด้วยการปลูกอ้อยเพื่อนำไปเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศ (บทความเกษตร, 2015) หลังจากเกษตรกรทำการเก็บผลผลิตมีเศษวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรที่เหลือจากอ้อย เช่น ยอด และใบอ้อย การเก็บเกี่ยวอ้อยจะทำการตัดอ้อยแล้วทิ้งใบไว้เพื่อเป็นปุ๋ย และมีเกษตรกรบางส่วนที่จะเผาไร่อ้อยก่อนตัดอ้อย ซึ่งเศษวัสดุที่เหลือทางการเกษตรของพืชเหล่านี้ส่วนใหญ่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์

อาหาร เป็นสิ่งที่รับประทานเข้าไปแล้วทำให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายช่วยซ่อมแซมอวัยวะส่วนที่สึกหรอและทำให้กระบวนการต่างๆ ในร่างกายดำเนินไปอย่างปกติ อาหารที่ดีต้องสะอาด และไม่มีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ เชื้อแบคทีเรียก่อโรคพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม และอาหารที่รับประทาน เมื่อแบคทีเรียเข้าสู่ร่างกายจะส่งผลต่อระบบในร่างกายของมนุษย์ เช่น ผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ ระบบทางเดินอาหาร เป็นต้น โดยเชื้อก่อโรคจะก่อความรุนแรงที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแต่ละสายพันธุ์ของเชื้อก่อโรค (พวงผกา และยิ่งมณี, 2558)

งานวิจัยของพืชเศรษฐกิจเหล่านี้โดยเฉพาะอ้อย ยังไม่พบข้อมูลในประเทศไทยมากนักถึงฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นที่จะนำใบอ้อย ซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ และความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดจากใบอ้อย ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร 8 สายพันธุ์ ด้วยวิธี agar well diffusion เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีประสิทธิภาพในการลดเชื้อแบคทีเรียของเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างและสกัดสารจากใบอ้อย (ขนิษฐา, 2553)

นำใบอ้อยสดมาล้างให้สะอาด แล้วนำมาบดจนละเอียด จากนั้นชั่งน้ำหนัก 100 กรัมใส่ลงในขวดโหล และแช่ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เอทานอล, เอทิลอะซิเตท และน้ำปราศจากเชื้อ ในอัตราส่วนใบอ้อยต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1 : 100 (หน่วยกรัม : ปริมาตร) แช่เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 และทำการระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator

2. การทดสอบความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร โดยสารสกัดจากใบอ้อยด้วยวิธี Agar well diffusion (วารีรัตน์, 2557)

2.1 นำแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร *S. typhimurium, S. aureus, E. coli, B. cereus, P. aeruginosa, S. marcescens, A. hydrophila* และ *P. vulgaris* ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก โครงการจัดตั้งภาควิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มาเพาะเลี้ยงในอาหาร NB ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปรับค่าความขุ่นของเชื้อให้เท่ากับ 0.5 McFarland standard เบอร์ 0.5

2.2 จากนั้นใช้ไม้พันสำลีปลอดเชื้อจุ่มลงในหลอดเพาะเชื้อแต่ละชนิดในข้อ 2.1 นำมาเกลี่ยบนผิวหน้าอาหาร NA จากนั้นใช้ cock borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร เจาะลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อจำนวน 4 หลุม แล้วหยดสารสกัดหลุมละ 30 ไมโครลิตรต่อหลุม ใช้ยาปฏิชีวนะ Ceftriaxone ที่ความเข้มข้น 12.5, 25, 50 เป็นชุดควบคุมเชิงบวก บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดเว้นผ่าศูนย์กลางวงใสของการยับยั้ง

3. การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ (MIC) ด้วยวิธี **Broth dilution (วารีรัตน์, 2557)**

3.1 ทำการเจือจางสัดส่วนสารสกัดที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดในข้อ (2) มาเจือจางสองเท่าลำดับส่วน โดยสารสกัดใบอ้อยให้ความเข้มข้นเริ่มต้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

3.2 เติมสารสกัดเอทิลอะซิเตทใบอ้อยลงในหลอดทดลองแต่ละหลอดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : การเติมสารลงในหลอดทดลองเพื่อหาค่า MIC

สาร	**ปริมาณที่เติม (มิลลิลิตร) ในหลอดทดลองที่**									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
สารสกัด	0.5	0.5 →	0.5 →	0.5 →	0.5 →	0.5 →	0.5 →	0.5	-	-
NB	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	-	1.0
แบคทีเรียทดสอบ	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	-

(– หมายถึง ไม่เติม และ → หมายถึง ปิเปตใส่หลอดต่อไป)

3.3 นำไปบ่มที่ 37องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 - 72 ชั่วโมง อ่านผลการเกิดความขุ่นของแบคทีเรีย ทดสอบในหลอดทดลองด้วยตาเปล่า เทียบกับหลอดควบคุม (หลอดทดลอง ที่ 9 และ 10) ค่า MIC คือ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบในหลอดที่ไม่มีความขุ่นเกิดขึ้น

4. การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียทดสอบ (Minimal Bactericidal Concentration, MBC) (วารีรัตน์, 2557)

4.1 นำหลอดทดสอบที่ไม่พบการเจริญของเชื้อในข้อ 3 มา Streak plate บนอาหาร NA บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อ่านผลโดยดูการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ

4.2 แปลค่าที่ได้ความเข้มข้นที่อ่านเป็นค่า MBC คือ ความเข้มข้นของสารที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ทดสอบได้ 99.99% โดยไม่พบการเจริญของเชื้อ

ผลการวิจัย

ผลการทดลองจากการนำสารสกัดจากใบอ้อยสกัดด้วย 3 ตัวทำละลายเอทานอล เอทิลอะซิเตท และน้ำที่ความเข้มข้น 125, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรมาทดสอบด้วยวิธี agar well diffusion ต่อเชื้อแบคทีเรียทั้ง 8 ชนิดพบว่าเมื่อทดสอบสารสกัดเอทานอลของใบอ้อย พบว่าทั้ง 3 ความเข้มข้นสามารถยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa, A. hydrophila* และ *P. vulgaris* ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ขณะที่ทั้ง 3 ความเข้มข้นไม่สามารถยังยั้งเชื้ออีก 5 ชนิดได้ ส่วนสารสกัดเอทิลอะซิเตทของใบอ้อย พบว่าทั้ง 3 ความเข้มข้นสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ ซึ่งที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีที่สุด โดยให้ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางการยับยั้งเท่ากับ 37.50 ± 2.50 มิลลิเมตร และสารสกัดน้ำของใบอ้อยพบว่า ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อ *S. marcescens* ได้ดีที่สุด โดยให้ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางการยับยั้งเท่ากับ 2.00 ± 0.00 มิลลิเมตร ในขณะสารสกัดน้ำของใบอ้อยที่ความเข้มข้น 250 และ 125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* (ตารางที่ 1) และนอกจากนี้เมื่อนำแบคทีเรียทดสอบทั้ง 8 ชนิด มาทำการทดสอบด้วยยาปฏิชีวนะ Ceftriaxone ที่ความเข้มข้น 12.5, 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ พบว่ายาปฏิชีวนะ Ceftriaxone ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสการยับยั้งเท่ากับ 13.66 และ 17.16 มิลลิลิตร ตามลำดับ การทดสอบพบว่า DMSO ที่ใช้ในการละลายสารสกัดไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทดสอบ และเมื่อนำสารสกัดเอทิลอะซิเตทของใบอ้อยซึ่งให้ค่าวงใสการยับยั้งสูงสุดมาทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* (MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* (MBC) พบว่า สารสกัดเอทิลอะซิเตทของใบอ้อยให้ค่า MIC และ MBC เท่ากับ 7.8 และ 15.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และเมื่อทดสอบกับยาปฏิชีวนะ ceftriaxone ต่อเชื้อ *S. aureus* พบว่า ให้ค่า MIC และ MBC เท่ากับ 12.5 และ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 1 : แสดงประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคของสารสกัดด้วยเอทานอล, เอทิลอะซิเตท และน้ำของใบอ้อยต่อเชื้อแบคทีเรียเมื่อทดสอบด้วยวิธี Agar well diffusion

เชื้อแบคทีเรียทดสอบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส ± SD (มิลลิลิตร)								
	สารตัวทำละลาย / ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)								
	เอทานอล			เอทิลอะซิเตท			น้ำ		
	500	250	125	500	250	125	500	250	125
E. coli	0	0	0	10.00 ± 1.00^{A}	9.00 ± 0.50^{A}	7.50 ± 0.50^{A}	1.33 ± 0.88^{A}	0	0
S. typhimurium	0	0	0	15.50 ± 0.50^{AB}	11.50 ± 0.50^{AB}	9.00 ± 1.00^{AB}	0.66 ± 0.66^{A}	0.50 ± 0.50^{A}	0.11 ± 0.11^{A}
B. cereus	0	0	0	15.00 ± 3.00^{AB}	18.00 ± 0.00^{C}	14.00 ± 1.00^{C}	2.00 ± 1.52^{A}	1.33 ± 1.33^{A}	0.83 ± 0.60^{A}
S. aureus	0	0	0	37.50 ± 2.50^{C}	29.00 ± 1.00^{D}	26.00 ± 1.00^{D}	1.33 ± 1.09^{A}	0	0
S. marcescens	0	0	0	16.50 ± 0.50^{B}	12.50 ± 0.50^{AB}	10.00 ± 1.00^{AB}	2.00 ± 0.00^{A}	1.16 ± 0.72^{A}	1.16 ± 0.60^{A}
P. aeruginosa	0.33 ± 0.33^{A}	0.66 ± 0.66^{A}	0	20.50 ± 0.50^{B}	14.50 ± 0.50^{BC}	11.00 ± 1.00^{B}	0.83 ± 0.44^{A}	0.66 ± 0.66^{A}	0.50 ± 0.50^{A}
A. hydrophila	0.16 ± 0.16^{A}	0.16 ± 0.16^{A}	0	18.00 ± 2.00^{B}	15.00 ± 2.00^{BC}	11.50 ± 0.50^{BC}	1.66 ± 1.01^{A}	0.66 ± 0.66^{A}	1.16 ± 1.16^{A}
P. vulgaris	0.66 ± 0.66^{A}	0	0.33 ± 0.33^{A}	18.50 ± 0.50^{B}	12.50 ± 1.50^{AB}	9.50 ± 0.50^{AB}	1.00 ± 1.00^{A}	0.83 ± 0.83^{A}	0.66 ± 0.66^{A}

หมายเหตุ -ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

-ค่าเฉลี่ยที่แสดงในแนวนอนที่มีอักษรต่างกัน (a>b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 *(P≤0.05)* ที่ความเข้มข้นต่างระดับกันของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงใสในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

-ค่าเฉลี่ยที่แสดงในแนวตั้งที่มีอักษรต่างกัน (A>D) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 *(P≤0.05)* ที่ความเข้มข้นระดับเดียวกันของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงใสในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

อภิปรายผล

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อประเทศ มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปเอเชีย ในลำต้นอ้อยที่นำมาใช้ทำน้ำตาลมีปริมาณซูโครสประมาณ 17-35 % ชานอ้อยที่ถูกบีบเอาน้ำอ้อยออกไปแล้ว สามารถนำมาใช้ทำกระดาษ พลาสติก เป็นเชื้อเพลิง และอาหารสัตว์ ส่วนกากน้ำตาลที่แยกออกจากน้ำตาลในระหว่างการผลิต สามารถนำไปหมักเป็นเหล้ารัมได้ อ้อยมีรสหวานหอม มีสรรพคุณทางยาทุกส่วนตั้งแต่ลำต้นลงไปถึงราก ประโยชน์ช่วยบำรุงเลือด บำรุงร่างกาย แก้อาการอ่อนเพลีย ขับปัสสาวะ อีกทั้งมีแร่ธาตุสารอาหารสูง นอกจากนี้อ้อยสามารถใช้เป็นสารกันบูด เป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลาสติกชีวภาพ และใช้ผลิตเชื้อเพลิง กากน้ำตาลใช้ผลิตเหล้าและแอลกอฮอล์ ใช้รักษาอาการปัสสาวะขัด รักษานิ่ว ชานอ้อยรักษาฝีอักเสบ (กรกนกและภัทรพล, 2553) จากการศึกษาพบว่า สารสกัดเอทิลอะซิเตทของใบอ้อยให้ค่าการยับยั้งสูงสุดต่อเชื้อ *S. aureus* ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในปี 2011 ของ Hussain และคณะ มีการศึกษาพบว่า ใบอ้อยมีสารกลุ่มพอลิแซกคาไรด์ มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราด้วยสารสกัดเอทานอล, คลอโรฟอร์ม, n-hexane และเอทิลอะซิเตตของใบอ้อย สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli, Salmonella typhi, Bacillus subtilis, Klebsiella pneumoniae, S. aureus* และ *Pseudomonas aeroginosa* เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการนำของเหลือใช้ทางการเกษตรมาทำให้เกิดประโยชน์ และเป็นแนวทางในการนำสารสกัดไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีประสิทธิภาพในการลดเชื้อแบคทีเรียต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การทดสอบประสิทธิภาพและความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดใบอ้อย ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค 8 สายพันธุ์ ได้แก่ *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*, *Aeromonas hydrophila* และ *Proteus vulgaris* พบว่า สารสกัดจากใบอ้อยที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตทมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ 6 สายพันธุ์ และแบคทีเรียแกรมบวก 2 สายพันธุ์ โดยให้การยับยั้งอยู่ระหว่างวงใส 9 – 37.5 มิลลิเมตร โดยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเชื้อ *S. aureus* ได้ดีที่สุด และสารสกัดเอทิลอะซิเตทของใบอ้อยมีค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย (MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) เท่ากับ 7.8 และ 15.6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เรณู อยู่เจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย.

เอกสารอ้างอิง

กรกนก วันสนุก และภัทรพล จันทร์คำ. (2553). **DAMU โครงการศึกษาและพัฒนาวัสดุทางการเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่า**.

ขนิษฐา คงยอด. (2553). **ผลการต้านแบคทีเรียและอนุมูลอิสระของสาหร่ายเกลียวทอง.** (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บทความการเกษตร. (8 มกราคม 2015). **พืชเศรษฐกิจในปัจจุบัน.** สืบค้นจากhttp://www.fsepmichigan.org/พืชเศรษฐกิจในปัจจุบัน.

พวงผกา คุ้มสีไว และยิ่งมณี ตระกูลพัว. (2558). **ผลการยับยั้งของสารสกัดรังไหมจาก *Bombyx mori* ต่อแบคทีเรียและอนุมูลอิสระ**. การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติ, 6. 26 มิถุนายน 2558. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.

วารีรัตน์ หนูหีต. (2557). **การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่ปนเปื้อนบนพื้นผิวสัมผัสโดยใช้สารสกัดจากพืชตระกูลขิง.** (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม.

Hussain Z, Mohammad P, Sadozai SK, Zaman K, Khan KM and Alam S. (2011). Investigation of the antimicrobial activity of the extract of the leaves of sugar cane. **J Pharm Res,** 4 (11): 4292-4293.

การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคโดยสารสกัดหยาบใบมันสำปะหลัง
INHIBITION OF PATHOGENIC BACTERIA BY CASSAVA LEAF CRUDE EXTRACTS

กนกพร ประโยชน์ยิ่ง กนกรัตน์ คำเรือง และ เรณู อยู่เจริญ*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์
*corresponding author email : rakoe444@gmail.com

บทคัดย่อ

แบคทีเรียก่อโรคทางเดินอาหารเป็นแบคทีเรียที่สามารถพบการปนเปื้อนในอาหารและก่อให้เกิดการติดเชื้อได้ในมนุษย์ ยาต้านแบคทีเรียอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดความเป็นพิษและเกิดผลข้างเคียงหลังการรักษา ทำให้เกิดการดื้อยา หากใช้เป็นระยะเวลานาน ดังนั้นการใช้สารสกัดจากธรรมชาติจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการรักษาโรคทางเดินอาหาร การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคของสารสกัดหยาบมันสำปะหลังจากส่วนของใบ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาประสิทธิภาพและความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดหยาบใบมันสำปะหลัง นำมาสกัดสารโดยใช้น้ำ, เอทิลอะซิเตท และเอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยนำสารสกัดทั้ง 3 ตัวทำละลายมาทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทั้ง 8 สายพันธุ์ ได้แก่ *Serratia marcescens, Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Bacillus cereus, Proteus vulgaris, Pseudomonas aeruginosa* และ *Aeromonas hydrophila* ด้วยวิธี agar well diffusion พบว่า สารสกัดจากใบมันที่สกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ 5 สายพันธุ์ และแบคทีเรียแกรมบวก 2 สายพันธุ์ โดยมีค่าวงใสการยับยั้งอยู่ระหว่าง 7 - 10 มิลลิเมตร และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเชื้อ *S. aureus* และ *B. cereus* ได้ดีที่สุด งานวิจัยนี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด

คำสำคัญ : ใบมัน เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ต้านแบคทีเรีย

Abstract

Foodborne pathogen can contaminate food and cause infections in humans. Antibacterial drug may cause toxicity and side effect after treatment. Moreover, drug resistant bacteria may emerge after long term of drug usage. Thus, the use of natural extracts is an alternative choice for treatment of enteric diseases. This research presents the study of inhibition of bacteria of Cassava from cassava leaf. The objective of this study is to investigate the optimum performance and concentration of cassava leaf extract. The growth inhibition of water, ethyl acetate and ethanolic extracts is tested by using the agar well diffusion against eight strains bacteria, i.e., *Serratia marcescens, Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Bacillus cereus, Proteus vulgaris, Pseudomonas aeruginosa* and *Aeromonas hydrophila*. The results indicate that only the cassava leaf extract with ethanol can inhibit the growth of five strains of bacteria caused the largest inhibition zones of 7 - 10 mm in diameter. *S. aureus* and *B. cereus* are inhibited the best by the extract. This research is an alternative way to increase the value of agricultural waste and maximize the benefits.

Keywords : cassava leaf agricultural waste anti-bacteria

บทนำ

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมประเทศหนึ่ง มีการเพาะปลูกพืชหลายชนิด ข้าวถือได้ว่าเป็นพืชที่มีการส่งออกเป็นลำดับต้นๆ ของประเทศ ยังมีพืชเศรษฐกิจอื่นเช่น กล้วย มันสำปะหลัง มีการปลูกในหลายภูมิภาคในประเทศไทย มันสำปะหลังถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่ช่วยสร้างเม็ดเงินให้กับประเทศไทยได้ไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าพืชชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะตลาดใหญ่ของมันสำปะหลังไทยคือประเทศจีนที่นิยมสั่งเอาไปแปรรูปเป็นสิ่งต่างๆ อาทิ อาหารสัตว์, แต่งรสอาหาร, น้ำมันเอทานอล

ทำให้มันสำปะหลังกลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกเพื่อสร้างรายได้ให้กับตนเอง (บทความการเกษตร, 2015) ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตเกษตรกร**จะ**เก็บหัว ส่วนเหง้าจะใช้ทำเชื้อเพลิงแทนฟืน ส่วนของใบมันเกษตรกรจะนำไปเป็นอาหารสัตว์ เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วเกษตรกรจะเผาทำลาย ไถกลบเป็นปุ๋ย หรือนำไปเป็นอาหารสัตว์ (วีรชัยและคณะ, 2555)

ระบบทางเดินอาหาร เป็นส่วนหนึ่งของอวัยวะในร่างกาย มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร และการดูดซึม สำหรับโรคที่พบบ่อยในระบบทางเดินอาหารเช่น โรคกระเพาะอาหาร โรคกรดไหลย้อน ท้องเสีย และอุจจาระร่วง เป็นต้น (ธรณัส และคณะ, 2017) สาเหตุของการเกิดโรคมีหลายปัจจัย ซึ่งโรคที่เกิดในระบบทางเดินอาหาร อาจเกิดจากการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในอาหารที่รับประทาน *Bacillus cereus, Escherichia coli, Proteus vulgaris*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Serratia marcescens* และ *Aeromonas hydrophila* เป็นต้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำสารสกัดจากใบมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และลดมลพิษที่เกิดในอากาศ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาประสิทธิภาพและความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดจากใบมันสำปะหลังต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคทั้งระบบทางเดินอาหาร

วิธีดำเนินการวิจัย

1.การเก็บตัวอย่างและสกัดสารจากใบมันสำปะหลัง

1.1 นำตัวอย่างใบมันสำปะหลัง มาล้างให้สะอาดแล้วนำกรรไกรมาตัดใบมันให้เป็นชิ้นเล็ก จากนั้นบรรจุใส่ถุงพร้อมปิดผนึกแบบสุญญากาศ

1.2 นำตัวอย่างมาชั่งชนิดละ 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลที่มีฝาปิด ใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เอทานอล, เอทิลอะซิเตท และน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ โดยใช้ตัวอย่างต่อตัวทำละลายเป็น 1: 100 (หน่วยกรัม: ปริมาตร) ทำการแช่ตัวทำละลายเป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์

1.3 นำตัวอย่างที่แช่ตัวทำละลายมากรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 ทำการระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator และเก็บสารที่ได้ลงในขวดแก้วปลอดเชื้อที่มีฝาปิดสนิท

2. การทดสอบความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร โดยสารสกัดจากใบมันสำปะหลังด้วยวิธี Agar well diffusion (วารีรัตน์, 2557)

2.1 นำแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร *S. typhimurium, S. aureus, E. coli, B. cereus, P. aeruginosa, S. marcescens, A. hydrophilan* และ *P. vulgaris* ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก โครงการจัดตั้งภาควิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม นำมาเพาะเลี้ยงในอาหาร NB ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปรับค่าความขุ่นของเชื้อให้เท่ากับ 0.5 McFarland standard เบอร์ 0.5

2.2 จากนั้นใช้ไม้พันสำลีปลอดเชื้อจุ่มลงในหลอดเพาะเชื้อแต่ละชนิดในข้อ 2.1 นำมาเกลี่ยบนผิวหน้าอาหาร NA จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร เจาะลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อจำนวน 4 หลุม แล้วหยดสารสกัดหลุมละ 30 ไมโครลิตรต่อหลุม ใช้ยาปฏิชีวนะ Ceftriaxone ที่ความเข้มข้น 12.5, 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นชุดควบคุมเชิงบวก บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสของการยับยั้ง

ผลการวิจัย

เมื่อนำสารสกัดหยาบใบมันสำปะหลังที่สกัดด้วยเอทานอล, เอทิลอะซิเตท, และน้ำที่ความเข้มข้น 125, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มาทดสอบกับเชื้อก่อโรคทั้ง 8 ชนิด ได้แก่ *S. marcescens, S. typhimurium, S. aureus, E. coli, B. cereus, P. vulgaris, P. aeruginosa* และ *A. hydrophila* ด้วยวิธี agar well diffusion โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส พบว่า สารสกัดเอทานอลของใบมันสำปะหลังทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *A. hydrophila* ได้ ที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และในขณะเดียวกันความเข้มข้นที่ 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อก่อโรค *S. aureus* และ *B. cereus* ได้ดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส เท่ากับ 10.00 ± 1.00 มิลลิเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สารสกัดเอทิลอะซิเตทของใบมันสำปะหลังทั้ง 3 ระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทั้ง 8 ชนิดได้ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และสารสกัดน้ำของใบมันสำปะหลังทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น ไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทั้ง 7 ชนิดได้ ได้แก่ *E. coli, S.*

typhimurium, B. cereus S. aureus, P. aeruginosa, A. hydrophila , P. vulgaris ขณะที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อ *S. marcescens* ได้ โดยมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส เท่ากับ 0.66 ± 0.66 (ตารางที่ 1) จากการทดสอบพบว่า DMSO ที่ใช้ในการละลายสารสกัดไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทดสอบ เมื่อทดสอบยาปฏิชีวนะ Ceftriaxone ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ต่อเชื้อ *S. aureus*, *B. cereus* และ *S. marcescens* ให้ค่าวงใสการยับยั้งเท่ากับ 17.16±1.30, 18.83±1.92 และ 28.00±2.36 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 1 : แสดงประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคของสารสกัดด้วยเอทานอล, เอทิลอะซิเตท และน้ำของใบมันสำปะหลังต่อเชื้อแบคทีเรียเมื่อทดสอบด้วยวิธี Agar well diffusion

เชื้อแบคทีเรียทดสอบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส ± SD (มิลลิเมตร)								
	สารตัวทำละลาย / ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อมิลลิเมตร)								
	เอทานอล			เอทิลอะซิเตท			น้ำ		
	500	250	125	500	250	125	500	250	125
E. coli	8.00 ± 0.00^{B}	8.50 ± 0.50^{B}	9.00 ± 0.00^{C}	5.16 ± 1.5^{8A}	2.00 ± 1.15^{A}	1.83 ± 1.83^{A}	0	0	0
S. typhimurium	7.50 ± 0.50^{B}	10.00 ± 0.00^{B}	9.50 ±0.50^{C}	7.83 ± 5.13^{A}	4.83 ± 3.24^{A}	4.66 ± 4.17^{A}	0	0	0
B. cereus	10.00 ± 1.00^{B}	9.00 ± 0.00^{B}	10.00 ± 0.00^{C}	9.83 ± 2.16^{A}	4.83 ± 2.74^{A}	6.66 ± 2.35^{A}	0	0	0
S.aureus	10.00 ± 1.00^{B}	10.00 ± 1.00^{B}	8.50 ± 0.50B^{C}	7.33 ± 2.45^{A}	4.00 ± 1.32^{A}	4.50 ± 1.04^{A}	0	0	0
S. marcescens	8.00 ± 1.00^{B}	8.50 ± 1.50^{B}	7.00 ± 0.00^{B}	4.83 ± 2.45^{A}	1.33 ± 0.88^{A}	1.83 ± 1.01^{A}	0.66 ± 0.66^{A}	0	0
P. aeruginosa	7.50 ± 0.50^{B}	9.00 ± 0.00^{B}	8.50 ± 0.50^{BC}	5.33 ± 1.42^{A}	1.16 ± 1.16^{A}	1.83 ± 1.16^{A}	0	0	0
A. hydrophila	0	0	0	6.00 ± 1.32^{A}	1.83 ± 1.83^{A}	1.33 ± 1.09^{A}	0	0	0
P. vulgaris	8.50 ± 1.50^{B}	10.00 ± 0.00^{B}	9.00 ± 1.00^{C}	11.66 ± 3.44^{A}	6.83 ± 3.33^{A}	6.50 ± 1.15^{A}	0	0	0

หมายเหตุ : - ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

- ค่าเฉลี่ยที่แสดงในแนวนอนที่มีอักษรต่างกัน (a>b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 *(P≤0.05)* ที่ความเข้มข้นต่างระดับกันของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย
- ค่าเฉลี่ยที่แสดงในแนวตั้งที่มีอักษรต่างกัน (A>C) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 *(P≤0.05)* ที่ความเข้มข้นระดับเดียวกันของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

อภิปรายผล

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz.) จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae ชื่อสามัญ Cassava ส่วนประกอบของใบมันสำปะหลัง จะมีใบอ่อนมีสีเขียวหรือสีเขียวม่วง ใบสดมีปริมาณโปรตีน 6% และมีสารแซนโทฟิลด์ มีไซยาไนด์สูง แต่การผึ่งแดดหรืออบแห้งช่วยลดไซยาไนด์จนอยู่ในระดับปลอดภัยต่อการนำไปเป็นอาหารสัตว์ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) สารสำคัญที่พบในมันสำปะหลังได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก อัลคาลอยด์ แทนนิน เทอร์ปีน สเตอรอยด์ ฟลาโวนอยด์ ไกลโคไซด์ ในใบอ่อนมีวิตามินเอและวิตามินซีที่ใช้ในการควบคุมน้ำหนัก ใบมันสำปะหลังถูกใช้ในการรักษาโรคตามภูมิปัญญาชาวบ้านในการรักษาฝีหนอง แก้ผิวหนังไหม้ แก้อักเสบ แก้ท้องเสีย แก้หอบหืด (Noumedem et al, 2013; Geetha et al, 2014) จากการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร สารสกัดทั้ง 3 ชนิดของใบมันสำปะหลัง พบว่าที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดหยาบใบมันสำปะหลังที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งเชื้อทดสอบได้ทุกชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่สารสกัดหยาบใบมันสำปะหลังที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตทสามารถยับยั้งเชื้อทดสอบทั้ง 7 ชนิดคือ *S. typhimurium, S. aureus, B. cereus, P. aeruginosa, S. marcescens, A. hydrophilan* และ *P. vulgaris* ยกเว้นเชื้อ *E. coli* ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารออกฤทธิ์ที่สามารถยับยั้ง *E. coli* ไม่สามารถถูกละลายได้ด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท จากการวิจัยนี้เป็นเพียงการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบเบื้องต้นต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย จึงเป็นที่น่าสนใจต่อการศึกษาเพิ่มเติมถึงสารออกฤทธิ์ของสารสกัดจากใบมันสำปะหลังแบบกึ่งบริสุทธิ์ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทดสอบนี้ต่อไป นอกจากนี้สารสกัดเอทานอลของใบมันสำปะหลังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อทดสอบได้ดีที่สุด โดยมีค่าการยับยั้งสูงสุดต่อเชื้อ *B. cereus* และ *S.aureus* ซึ่งยังไม่พบงานวิจัยถึงสารสกัดเอทานอลของใบมันสำปะหลังต่อการยับยั้งโรคติดเชื้อจากแบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เรณู อยู่เจริญ (2560) ที่ทำการศึกษา การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารโดยสมุนไพร หญ้าหนวดแมว ชงโค โมกราชินี และชะมวง พบว่าสารสกัดเอทานอลของหญ้าหนวดแมวสามารถยับยั้ง *B. cereus* ได้ดีที่สุด โดยมีค่าวงใสการยับยั้ง 10.02 ±0.72 มิลลิเมตร และนอกจากนี้สารสกัดเอทานอลของโมกราชินีสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* ได้ดีที่สุด โดยมีค่าวงใสการยับยั้ง 12.01 ±1.53 มิลลิเมตร เห็นได้ว่าศักยภาพในการยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรค ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ตัวทำละลาย และปริมาณของสารสกัดที่ใช้ทดสอบ (สุนิดา และคณะ, 2557)

สรุปผลการวิจัย

สารสกัดใบมันสำปะหลัง ที่สกัดด้วยเอทานอล, เอทิลอะซิเตท และน้ำ เมื่อทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 8 สายพันธุ์ ด้วยวิธี Agar well diffusion พบว่า สารสกัดใบมันสำปะหลังสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบได้ทุกชนิด และเมื่อทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทดสอบที่ความเข้มข้นเท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าสารสกัดเอทานอลของใบมันสำปะหลังสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *B. cereus* และ *S.aureus* ได้ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เรณู อยู่เจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย.

เอกสารอ้างอิง

ธรณัส กระต่ายทอง, จันทร์รุ่ง สิทธิพงศ์, และสุทธีรา เลิศอมรพงษ์. (9 มกราคม 2561). **TOP 5 โรคระบบทางเดินอาหาร.** เข้าถึงได้จาก: http://paolohospital.com.

บทความการเกษตร. (8 มกราคม 2015). **พืชเศรษฐกิจในปัจจุบัน.** เข้าถึงได้จาก: http://www.fsepmichigan.org/พืชเศรษฐกิจในปัจจุบัน.

เรณู อยู่เจริญ. (2560). **การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารโดยสมุนไพร หญ้าหนวดแมว ชงโค โมกราชินี และชะมวง.** การประชุมวิชาการระดับชาติพิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 3. 23 มีนาคม 2560. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

วารีรัตน์ หนูหีต. (2557). **การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่ปนเปื้อนบนพื้นผิวสัมผัสโดยใช้สารสกัดจากพืชตระกูลขิง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

วีรชัย อาจหาญ, สมรัฐ เกิดสุวรรณ และวิรัช อยู่ชา. (2555). **โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน.** ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ศูนย์วิจัยการเผากากของเสีย และศูนย์วิจัยนโยบายอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุนิดา เมืองโคตร, ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล, วาริช ศรีละออง, เฉลิมชัย วงษ์อารี และทรงศลิป์ พจน์ชนะชัย. (2557). การยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคนจากสารสกัดกระเทียม หอมแดง และพริกแห้งคั่ว. **วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร**, 45(2), 297-300.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. **คุณค่าของใบมัน สร้างรายได้เสริมให้แก่เกษตรกร.** เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th. (9 มกราคม 2560).

Geetha M, Priya VS, Suresh SN, Kumar MS, Nikhitha R. 2014. Total phenolic, antioxidant and antimicrobial properties of Manihot esculata leaves. **JPBS**. 2(2):196-199.

Noumedem JAK, Mihasan M, Lacmata ST, Stefan M, Kuiate JR and Kuete V. 2013. Antibacterial activities of the methanol extracts of ten Cameroonian vegetables against Gram-negative multidrug-resistant bacteria. **BMC Complementary Altern Med**. 13(26):1-9.

การกระจายตัวของพรรณไม้ให้สีธรรมชาติ ป่าสงวนแห่งชาติป่าโคกหินลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

THE DISTRIBUTIONS OF NATURAL COLORS FROM PLANTS, IN KOK HIN LAD NATIONAL FOREST, AMPHOE MUANG, MAHA SARAKHAM PROVINCE

อภิญญา บอนคำ* นฤเศรษฐ์ ประเสริฐศรี โสภณวิชญ์ คำพิลัง และ นุชนาฏ บัวศรี
คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม
corresponding author e-mail : apinya.bon@msu.ac.th

บทคัดย่อ

ในการศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระจายตัวของพรรณไม้ให้สี ในป่าโคกหินลาด จังหวัดมหาสารคาม โดยการวางแปลงสำรวจขนาด 40 เมตร x 40 เมตร จำนวน 42 แปลง โดยการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม และเครื่องมือในการระบุกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) พบว่ามีความหลากหลายของพรรณไม้ใหญ่ จำนวน 57 ชนิด 31 วงศ์ ไม้หนุ่ม 56 ชนิด 33 วงศ์ โดยการวิเคราะห์การกระจายตัวของพรรณไม้ให้สีธรรมชาติ การศึกษาพบว่า บริเวณที่ทำการวางแปลงสำรวจพรรณไม้ให้สีธรรมชาติ ทั้งหมด 10 ชนิด 10 วงศ์ คือ แดง (Xylia xylocarpa (Roxb.) Taub.) ให้สีน้ำตาลออกเหลือง, รัง (Shorea siamensis) ให้สีแดงอมม่วง, มะเหลี่ยม (Canarium subulatum Guillaumin) ให้สีน้ำตาลออกเหลือง, ประดู่ (Peltophorum dasyrrhachis (Miq.) Kurz) ให้สีน้ำตาลออกเหลือง, สัก (Tectona grandis L.f.) ให้สีแดงออกน้ำตาล ,สะเดา (Chukrasia tabularis A.Juss) ให้สีส้ม, ย่อป่า (Morinda eliptica) ให้สีส้ม, ตะแบก (Lagerstroemia floribunda Jack) ให้สีน้ำตาลออกเหลือง, มะเกลือ (Diospyros mollis Griff.) ให้สีดำ

คำสำคัญ : การกระจายตัว ป่าโคกหินลาด มหาสารคาม

Abstract

The research aims to study the distribution of natural colors from plants in Kok Hin Lad National Forest, Maha Sarakham province. The 42 temporary plots are laid out in this area, size are 40x40 meters by using satellite imagery and global positioning system (GPS). The results found that the diversity are tree 57 types 37 species, the sapling 56 types 33 species. The analyzed distribution of plant for natural color found that the mots are Daeng (Xylia xylocarpa (Roxb.) Taub.), Rang (Shorea siamensis), Ma-KokLiam (Canarium subulatum Guillaumin), Pra-Doo (Peltophorum dasyrrhachis (Miq.) Kurz), Sak (Tectona *grandis* L.f.), Sa-Dao (*Chukrasia tabularis* A.Juss.), Yor-Pa (*Morinda elliptica*), Ta-Baek (*Lagerstroemia floribunda* Jack) and Ma-Kluer *(Diospyros mollis* Griff.) the total are 1,157, 399, 114, 19, 13, 13, 7, 5 and 1 plants respectively

Keyword : distribution of natural color plants Kok Hin Lad National Forest Maha Sarakham

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งมีภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชนานาชนิดได้ตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันในบางพื้นที่และลักษณะภูมิศาสตร์ของภาคต่าง ๆ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับตำแหน่งระดับความสูงต่ำของพื้นที่ ซึ่งประเทศไทยอยู่ในบริเวณศูนย์กลางการกระจายพันธุ์ของพืชและสัตว์ เป็นเขตซ้อนทับ กันของเขตพรรณพฤกษชาติ (Floristic Region)

ความสำคัญและความสัมพันธ์ ของสีธรรมชาติที่ได้จากป่า มนุษย์เรามีความสัมพันธ์กับทรัพยากรรมธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมอย่างใกล้ชิดมาช้านาน และในขณะเดียวกัน มนุษย์ก็เป็นผู้ใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ และช่วยเกื้อกูลให้ดำรงชีวิต อยู่ได้ เป็นแหล่งวัตถุดิบ และผลผลิตต่าง ๆ เช่น สีธรรมชาติที่ได้จากพืช ในการนำส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ดอก ผล ราก เปลือก แก่น มาต้มสกัดเป็นสีต่าง ๆ จากต้นไม้มีมากมายหลายชนิด เพื่อนำมาซึ่งการย้อมผ้า และวัสดุอุปกรณ์ในการทำมาหา กิน เช่น การย้อมแห่จากผลสุกของลูกเกลือ เป็นต้น และข้อดีของสีได้จากธรรมชาติคือ ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพไม่เป็น อันตรายต่อสิ่งแวดล้อม สีจากธรรมชาติมีความหลากหลาย ตามชนิด ของอายุและส่วนต่าง ๆ ของพืชที่ใช้ ทำให้เห็นถึงคุณค่า และการรู้จักใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ ก่อให้เกิดความรัก ความหวงแหน และเรียนรู้ที่จะอนุรักษ์ และปลูกทดแทน เพื่อการผลิตที่ยั่งยืน

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System : GIS คือกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูล ในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ ซึ่งมีรูปแบบ และความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ในแบบต่าง ๆ ที่สามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS และแสดงให้เห็นในการสื่อความหมาย เรื่องการให้สีธรรมชาติของพืชได้

เหตุผลในการนำระบบภูมิสารสนเทศเข้ามามีส่วนร่วมในการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพและศึกษาทบทวนแนวทางอนุกรมวิธานของพืช เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการศึกษาค้นหาข้อมูลและทำการวางแผนการจัดการอนุรักษ์พืช พันธุ์ไม้ให้สีจากธรรมชาติเชิงพื้นที่ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าโคกหินลาด จังหวัดมหาสารคาม เพื่อให้เกิดความยั่งยืนสืบ ต่อไป

วัตถุประสงค์

1 ศึกษาการกระจายตัวและลักษณะของพรรณไม้ให้สีธรรมชาติในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ป่าโคกหินลาด จังหวัดมหาสารคาม

2 เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในศึกษาการกระจายตัวของชนิดพรรณไม้ให้สีธรรมชาติในเขต พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติโคกหินลาด จังหวัดมหาสารคาม

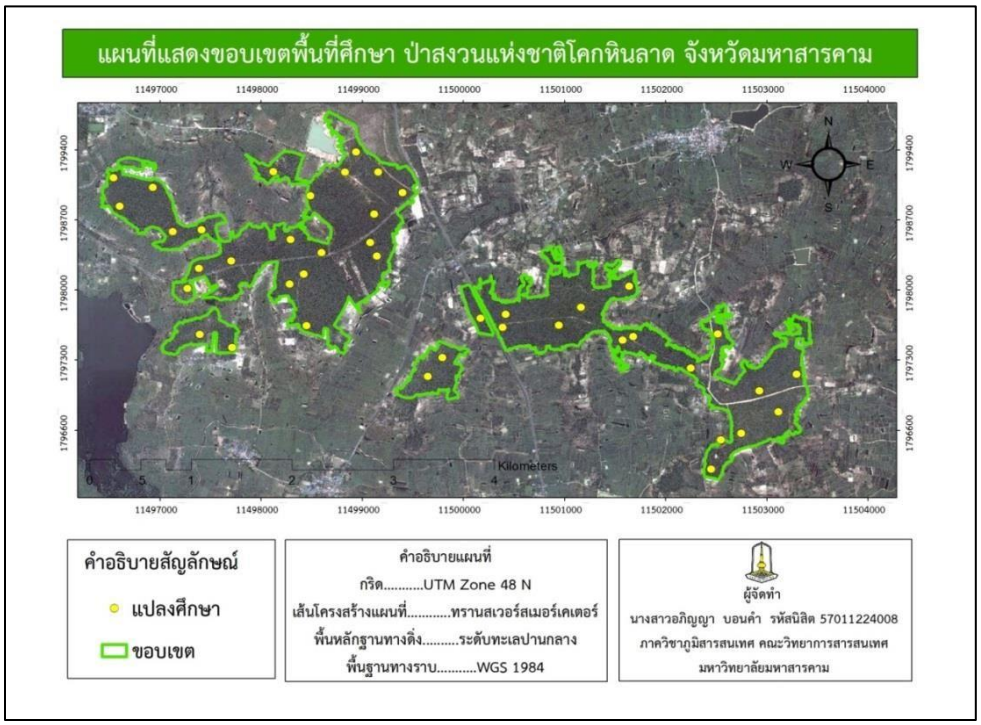
ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษากระจายตัวของพรรณไม้ให้สีธรรมชาติและพรรณพืชบริเวณป่าสงวนแห่งชาติโคกหินลา จังหวัดมหาสารคาม พื้นที่ศึกษา ศึกษาความหลากหลายของพรรณไม้ที่เป็นสมุนไพรป่าสงวนแห่งชาติโคกหินลาด จังหวัด มหาสารคาม พื้นที่ป่าทั้งหมด 3,750 ไร่ ปัจจุบันเหลือ 1,660 ไร่

พื้นที่การศึกษา

ป่าโคกหินลาด ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ครอบคลุม 20 หมู่บ้าน 5 ตำบล คือ ตำบลหนองปลิง ตำบลโคกก่อตำบลบัวค้อตำบลดอนหว่านและตำบลวังแสง 2 อำเภอ คือ อำเภอเมืองและอำเภอแกดำ ป่าโคกหินลาดเป็นป่าสงวนแห่งชาติ แต่เดิม เป็นพื้นที่อุดมสมบูรณ์มีพื้นที่กว่า 5,000 ไร่ แต่ในปัจจุบันเหลือประมาณ 1,660 ไร่

ภาพที่ 1 ครอบคลุมพื้นที่สภาพเป็นป่าโคก ป่าเต็งรัง ความอุดมสมบูรณ์ของป่าโคกหินลาดนอกจากผลิตน้ำลงสู่อ่างเก็บน้ำ โคกก่อและอ่างเก็บน้ำห้วยคะคางแล้ว ยังเป็นแหล่งอาหารธรรมชาติให้แก่ชุมชนรอบผืนป่าอีกด้วย



ภาพที่ 1.1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาป่าสงวนแห่งชาติโคกหินลาด

วิธีดำเนินการวิจัยและขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับป่าบริเวณป่าสงวนแห่งชาติโคกหินลาด
2. วางแปลงการสำรวจจากภาพถ่ายดาวเทียม
3. สำรวจลงพื้นที่วางแปลงขนาด 40x40 เมตร
4. การกำหนดแปลงตัวอย่างในพื้นที่ หรือวางแผนการวางแปลงในแผนที่ก่อน แล้วหาจุดพิกัดที่จะวางแปลงในภาคสนาม โดยอาศัยเครื่องรับสัญญาณ GPS และเทปวัดระยะทางในการหาแปลงที่กำหนดไว้ในแผนที่ จากนั้นทำการวางแปลงขนาด 40x40 เมตร โดยแปลงย่อยขนาด 20x20 เมตร และรวบรวมข้อมูล บันทึกตำแหน่งที่ตั้งของแปลงด้วยระบบพิกัดกริด (UTM) ทั้ง 4 มุมภายในแปลงหลัก
5. บันทึกข้อมูล รูปภาพ และระบุตำแหน่งพิกัดที่พบพืชหรือพรรณไม้ที่ให้สีธรรมชาติ
6. สำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพืชหรือพรรณไม้ที่ให้สีธรรมชาติ
7. ตรวจสอบชื่อพื้นเมืองและชื่อวิทยาศาสตร์ ที่ถูกต้องของพืชและพรรณไม้
8. เขียนบรรยายลักษณะส่วนที่ใช้เป็นพรรณไม้ให้สีธรรมชาติแต่ละชนิด
9. สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษาถึงลักษณะความสำคัญของพรรณไม้ให้สีธรรมชาติ
10. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการกระจายตัวของพันธุ์พืช

วิธีการแทรกค่า (Interpolation methods) มีหลายวิธีในการสร้างพื้นผิวภาพขึ้นมาได้จากข้อมูลแบบจุด สามารถใช้วิธีที่เรียกว่า IDW, Natural Neighbors, Spline และ Kriging เพื่อสร้างพื้นผิวผ่านส่วนติดต่อผู้ใช้ของ 3D Analyst ส่วนวิธีการสร้างพื้นผิวที่เรียกว่า Trend นั้นต้องมีการประมาณค่าใด ๆ กำหนดให้กับเซลล์ ที่ต้องการแทรกข้อมูล โดยจะ ขึ้นอยู่กับการจำลองข้อมูลจริงที่มีอยู่ และการกระจายตัวของจุดตัวอย่าง

โดยการนำพิกัดของพรรณไม้ให้สีธรรมชาติ ที่ทำการสำรวจในแต่ละแปลง ทั้งสิ้น 42 แปลง ซึ่งการกระจายตัวในพื้นที่ศึกษา นำมาทำการหาค่าการกระจายตัว การเปรียบเทียบการกระจายตัว โดยการนำค่า ดัชนีความสำคัญ (IVI) ที่ได้ จากพรรณไม้หนุ่มและไม้ใหญ่ ที่ทำการสำรวจในแต่ละแปลง ทั้งสิ้น 42 แปลง ซึ่งพื้นที่การกระจายทั่วพื้นที่ศึกษา ด้วยเทคนิค IDW, kriging และ Kernel Density ซึ่งมีวิธีการคำนวณที่แตกต่างกัน ผลจากการเปรียบเทียบ วิธีการหาค่าการกระจาย

อภิปรายและสรุปผล

จากการทำวิธีการแทรกค่า (Interpolation methods) มีวิธีในการสร้างพื้นผิวภาพขึ้นมาได้จากข้อมูลแบบจุด สามารถใช้วิธีที่เรียกว่า IDW, Natural Neighbors, Spline และ Kriging เพื่อสร้างพื้นผิวผ่านส่วนติดต่อผู้ใช้ของ 3D Analyst ส่วน วิธีการสร้างพื้นผิวที่เรียกว่า Trend นั้นต้องมีการประมาณค่าใด ๆ กำหนดให้กับเซลล์ ที่ต้องการแทรกข้อมูล โดยจะขึ้นอยู่กับการจำลองข้อมูลจริงที่มีอยู่ และการกระจายตัวของจุดตัวอย่าง โดยการนำพิกัดของพรรณไม้ให้สีธรรมชาติ ที่ทำการสำรวจใน แต่ละแปลง ทั้งสิ้น 42 แปลง ซึ่งการกระจายตัวในพื้นที่ศึกษา นำมาทำการหาค่าการกระจายตัวด้วยวิธี IDW Kriging และ Kernel Density ซึ่งมีวิธีการคำนวณที่แตกต่างกันออกไปจากการศึกษาพบว่าพรรณไม้ที่ให้สีธรรมชาติ บริเวณป่าสงวน แห่งชาติโคกหินลาด ค่าการกระจายตัวของพรรณไม้ให้สีธรรมชาติ พบไม้ใหญ่จำนวน 10 ชนิด 10 วงศ์ ค่าการกระจายตัวของ พรรณไม้ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ จากค่ามากที่สุดไปยังค่าน้อยที่สุดตามลำดับ ทำการเปรียบเทียบการกระจายตัว โดยใช้ เครื่องมือ IDW, Kriging และ Kernel Density โดยการนำค่า ดัชนีความสำคัญ (IVI) ที่ได้จากพรรณไม้หนุ่มและไม้ใหญ่ ที่ทำ การสำรวจในแต่ละแปลง ทั้งสิ้น 42 แปลง ซึ่งพื้นที่การกระจายตัวทั่วพื้นที่ศึกษา ด้วยเทคนิค IDW, kriging และ Kernel Density ซึ่งมีวิธีการคำนวณที่แตกต่างกัน ผลจากการเปรียบเทียบ วิธีการหาค่าการกระจายตัว

ค่าการกระจายตัวของพรรณไม้ วิเคราะห์การกระจายตัวของพรรณไม้ให้สีธรรมชาติ เรียงลำดับ จากพรรณไม้ที่พบมากที่สุด ไปหาน้อยที่สุด ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงรายชื่อพรรณไม้ให้สีธรรมชาติและจำนวนต้นที่พบ

ลำดับ	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ให้สี	สีที่ได้	จำนวนต้น
1	แดง	*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.	เปลือกของต้น	น้ำตาลออกเหลือง	1,157
2	รัง	*Shorea siamensis* Miq.	เปลือกของต้น	แดงอมม่วง	399
3	สะเดา	*Chukrasia tabularis* A. Juss.	ราก	ส้ม	134
4	มะเหลื่อม	*Canarium subulatum Guillaumin*	ผลดิบ	น้ำตาลเหลือง	124
5	ประดู่	*Peltophorum dasyrrhachis* (Miq.) Kurz	เปลือกของต้น	น้ำตาลออกเหลือง	22

ตารางที่ 1 (ต่อ) แสดงรายชื่อพรรณไม้ให้สีธรรมชาติและจำนวนต้นที่พบ

ลำดับ	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ให้สี	สีที่ได้	จำนวนต้น
6	สัก	*Tectona grandis* L.f.	ใบ	แดงออกน้ำตาล	13
7	ยอป่า	*Morinda elliptica* (Hook.f.) RidL	ราก	ส้ม	7
8	ตะแบก	*Lagerstroemia floribunda* Jack	เปลือกของต้น	น้ำตาลออกเหลือง	5
9	ขี้เหล็ก	*Senna_siamea_*(Lam.) H.S.Irwin & Barneby	ดอก	น้ำตาล	4
10	มะเกลือ	*Diospyros mollis* Griff.	ผลดิบ	ดำ	1

ข้อเสนอแนะ

ควรส่งเสริมและเผยแพร่การศึกษาวิจัยและการใช้สีจากพรรณไม้ให้สีธรรมชาติ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการอนุรักษ์ป่าและ ช่วยส่งเสริมการใช้สีที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งมีความปลอดภัยและมีราคาถูก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ต้องขอบคุณ เจ้าหน้าที่ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าโคกหินลาด ที่เอื้ออำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล ขอบคุณนายกองค์การบริหารส่วนตำบลดอนหว่าน ที่เอื้ออำนวยความสะดวกด้านที่พัก ขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ อาจารย์ภาควิชาภูมิสารสนเทศ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และเสนอแก้ไข้ข้อบกพร่อง คุณประโยชน์อันใดที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา และ ครอบครัวทุกท่าน ที่คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนทุก ๆ ด้านเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

กำธร ธีรคุปต์. (2545). **ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

แฉล้ม สถาพร. (2555). **การสร้างสรรค์ผลงานศิลปะภาพพิมพ์ด้วยสีธรรมชาติจากพืชในจังหวัดนครศรีธรรมราช.**

นันทนัช (2557) ไม้ย้อมสีธรรมชาติ **“ภูมิปัญญาท้องถิ่นอีสาน-ภูมิปัญญาไทย”**เอกสารประกอบการอบรมเทคนิคการฟอกย้อมไหม. บุรีรัมย์ : คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ณภัค แสงจันทร์, และจุฑาทิพย์ นามวงษ์. (2557). **การศึกษาภูมิปัญญาการย้อมสีย้อมธรรมชาติจากต้นฝาดดอกแดง สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนในตำบลบ่อ อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรีเพื่อส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน.**

ปรีชา ประเทพา และภัทรพร วลีธรชีพสวัสดิ์. (2559). **วิธีโคกป่าเต็งรัง วงชีวิตของป่าผ่าน 3 ฤดู**. สถาบันวิจัยรุกขเวช มหาวิทยาลัยมหาสารคาม : ศูนย์ต้นแบบเพื่อการศึกษาธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพ ภาคอีสาน

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. (2555). **สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ คุรุสภาลาดพร้าว.

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สถาบันวิจัยรุกขเวช. (2558). **“การศึกษาและการติดตามการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศในพื้นที่ป่าโคกหินลาด หนองดู – นาดูน**. : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม”.

วินัย อุดรทรัพย์. (2554). **การใช้สีธรรมชาติจากพืชย้อมผ้า. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ อจก**.

วัตถุดิบย้อมสีธรรมชาติ. (2554). **วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.** เข้าถึงได้จากเว็บ : http://kmipc6.blogspot.com/2011/05/blog-post_29.html สืบค้นวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 .

ศรันยา เกษมบญุญาก. (2555). **สีธรรมชาติ : ความเคลื่อนไหวของสิ่งทออนุรักษ์**. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ เข้าถึงได้ จากเว็บ : http://www.pirun.ku.ac.th สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กันยายน 2559 .

ศิริญญา อารยะจารุ. (2556). **“การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์หัตถกรรมประเภทของใช้จากผ้าฝ้ายย้อมสีธรรมชาติโดยใช้แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืน.”**ปริญญาศิลปมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปกร.

สุรีย์ ฟูตตระกลู, ไพฑูรย์ อบเชย, วฤดีวรรณ ตั้งประดิษฐ์, และสรศักดิ์ เหลี่ยวไชยพันธุ์. (2546). **การผลิตและพัฒนา สารให้สีธรรมชาติโดยการเพาะเลี้ยงกลุ่มเซลล์พืชให้สี เพื่อใช้ในอุสาหกรรมอาหารย้อมสี** : สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุถาวดี ศรีเชียงสา. (2557). **“การศึกษาพรรณไม้ย้อมสีและภูมิปัญญาการย้อมสีธรรมชาติ ของกลุ่มผ้า ฝ้ายย้อมสีธรรมชาติ.”** ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

สมบัติ และคณะ. (2558). **“การอนุรักษ์และสร้างเสริมฐานทัพยากรชุมชนอย่างยังยืน. : กรณีศึกษาป่าชุมชนโคกหินลาดหนองคู – นาดูน จังหวัดมหาสารคาม”** บทความงานวิจัย.

สมบัติ อัปมระกา, ถวิล ชนะบุญ, ปฐมพงษ์ อัปมระกา, และพัฒนา ภาสอน. (2558). **การอนุรักษ์และสร้างเสริมฐานทรัพยากรชุมชนอย่างยั่งยืน : กรณีศึกษาป่าชุมชนโคกหินลาดหนองคู – นาดูน**. จังหวัดมหาสารคาม.

การพัฒนาระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมอัตโนมัติของห้องแม่ข่ายผ่านแอปพลิเคชันไลน์
THE DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM FOR SERVER ROOM VIA LINE APPLICATION

สมภพ มุสิกร[1*] และ พิมรินทร์ คีรินทร์[2]
[1]สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
[*]corresponding author e-mail : somphob.m@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในห้องแม่ข่ายที่สามารถติดตามเฝ้าระวังและประเมินผลสภาพแวดล้อมในห้องแม่ข่ายที่ส่งผลต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ปัญหาสภาวะแวดล้อมหลักๆส่วนใหญ่ที่เป็นสาเหตุของปัญหาของห้องแม่ข่าย คือ อุณหภูมิและความชื้นซึ่งความร้อนที่มากเกินไปทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ลดลง และเป็นสาเหตุของการหยุดทำงานของอุปกรณ์สำหรับระบบเครือข่ายที่ทำงาน 24 ชั่วโมง โดยการประยุกต์ในงานซอฟต์แวร์ตรวจสอบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมด้วยภาษาซีในการเขียนโปรแกรมสั่งงานบอร์ดอุปกรณ์ไมโครคอนโทรเลอร์ในโปรแกรม Auduino IDE และการควบคุมประมวลผลการตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นด้วยเซ็นเซอร์ อีกทั้งใช้ภาษา PHP ในการจัดการข้อมูลผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมลงในฐานข้อมูล MySQL เพื่อแสดงผลทาง Dashboard บนอินเทอร์เน็ตเพื่อตรวจสอบข้อมูลภายหลัง งานวิจัยยนี้ได้มีการทดลองใช้งานกับห้องเครือแม่ข่ายของสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งระบบสามารถแสดงผลสภาพแวดล้อมภายในห้องแม่ข่าย อีกทั้งหากเกิดอุณหภูมิหรือความชื้นมากกว่าจุดวิกฤติที่ได้กำหนดไว้ ระบบจะทำการแจ้งเตือนอัตโนมัติไปยังผู้ดูแลระบบทุกคนผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์เพื่อเข้าไปทำการแก้ไขได้ทันท่วงที และยังช่วยลดงบประมาณขององค์กรในการจัดซื้อระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนอัตโนมัติได้ นอกจากนั้นยังเป็นโมเดลในการพัฒนาต่อยอดการใช้งานในอนาคตได้

คำสำคัญ : ระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือน ห้องแม่ข่าย ไมโครคอนโทรเลอร์ แอปพลิเคชันไลน์

Abstract

The objective of this research is to develop the Environmental Monitoring System (EMS) that can observe the environmental threat to computer hardware. The most common environmental threat to server room are temperature and humidity, which excessive heat degrades network performance and causes downtime for network that operate near 24 hours, every day of the year. The system is an integrated monitoring software which is developed in C language by applying microcontroller to control and process the detected temperature and humidity with sensor and transfer data with PHP and MySQL Database via dashboard in website. This system has been used in the server room of the Academic Resource and Information Technology Center, Pibulsongkram Rajabhat University. The experimental result showed that the developed system is able to work according to the purposes which the system will automatically alert to the administrator via Line Notify Application on mobile phone in order to timely correct the problem. Moreover, this system is beneficial for the organization by reducing the budget for the monitoring software and can be use as a model for development in the future.

Keywords : environmental monitoring system server room microcontroller line application

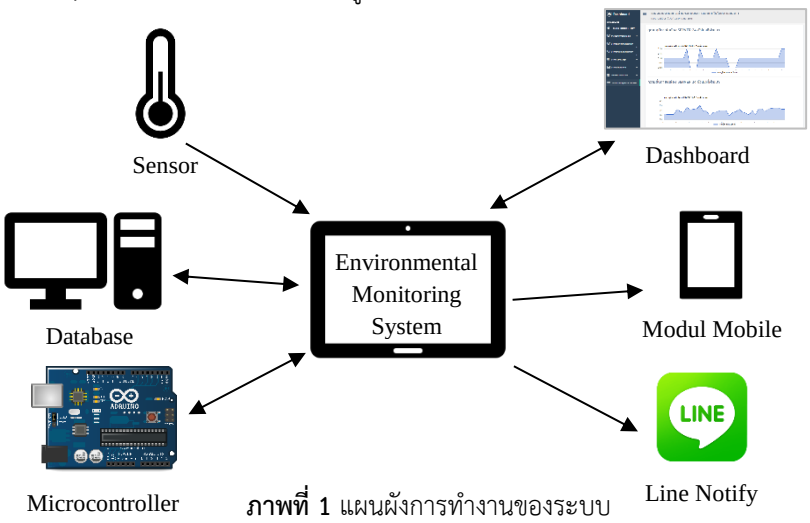
บทนำ

ในปัจจุบันสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่มีการดำเนินงานภายใต้การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาบริการจัดการภายในสำนัก เพื่อให้การดำเนินงานของหน่วยงานนั้นใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด สำนักวิทยบริการฯจึงมีการลงทุนเกี่ยวกับเทคโนโลยี อาทิเช่น ระบบเครือข่าย (Network System) ระบบฐานข้อมูล (Database Server) ระบบห้องสมุดอัตโนมัติ (Library Management System) เป็นต้น ที่มีทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) ตลอดจนเครื่องแม่ข่าย (Server) ที่มีประสิทธิภาพรองรับการให้บริการ เพื่อสนับสนุนการให้บริการแก่นักศึกษา บุคลากร และบุคคลทั่วไป เพื่อให้ระบบสารสนเทศของสำนักวิทยบริการฯ สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง เครื่องแม่ข่ายซึ่งเป็นหัวใจหลักในระบบสารสนเทศ จะต้องมีการดูแลรักษา ซ่อมบำรุง อุปกรณ์ให้สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องและตลอดเวลา เพื่อไม่ให้ระบบสารสนเทศภายในสำนักวิทยบริการฯหยุดชะงักซึ่งสาเหตุของสิ่งที่จะทำให้เครื่องแม่ข่ายไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพก็คือความร้อน ซึ่งอุณหภูมิเป็นภัยคุกคามที่ต้องเฝ้าระวังมากที่สุดสำหรับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ ระดับอุณหภูมิที่เป็นมาตรฐานจะต้องอยู่ระหว่า 68-74 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 20-24 องศาเซลเซียส ความร้อนที่มากเกินไปทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ลดลง และเป็นสาเหตุของการหยุดทำงานของอุปกรณ์ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นพัดลมระบายความร้อนจะต้องทำงานหนักขึ้นเพื่อระบายความร้อนให้กับชิพประมวลผล (CPU) การทำงานเกินกำลังอย่างต่อเนื่องเป็นสาเหตุให้การทำงานของพัดลมล้มเหลว นำไปสู่อุณหภูมิที่สูงเกินของอุปกรณ์ อุปกรณ์จะหยุดทำงานด้วยการปิดระบบตัวเองเมื่ออุณหภูมิสูงถึงจุดที่อันตรายเพื่อป้องกันตัวเองจากความเสียหายยอย่างสิ้นเชิง ผู้ดูแลระบบจะต้องอยู่ประจำทั้งวันทั้งคืนเพื่อที่จะไปดำเนินการเปิดอุปกรณ์ใหม่หลังจากอุณหภูมิกลับมาสู่สถาวะปกติ และถ้าการปิดอุปกรณ์อย่างฉุกเฉินนั้นกระทำไม่เรียบร้อยสมบูรณ์เพียงพอ อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ข้อมูลสำคัญสูญหายได้ความร้อนที่มากเกินไปและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วยังจะทำให้อุปกรณ์เสียหายได้ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้ความชื้นห้องเพิ่มขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิที่ลดลงอย่างรวดเร็วทำให้เกิดหยดน้ำจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศ ความร้อนเมื่อร่วมกับความชื้นจะเป็นตัวเร่งให้เกิดความเสียหายในชิ้นส่วนของไมโครชิพ เมนบอร์ด และ ฮาร์ดดิสก์ ก่อนระยะเวลาอันควร ในกรณีที่ร้ายแรงกว่าที่อาจจะเกิดขึ้นคือ อุปกรณ์อาจจะไม่ปิดตัวเองเมื่ออุณหภูมิสูงเกินค่าที่อันตรายก่อให้เกิดวงจรเกิดความเสียหายในวงจร ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายมากขึ้นในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ การควบคุมอุณหภูมิจึงเริ่มมีความสำคัญมากขึ้นๆและยากยิ่งขึ้นจากการออกแบบอุปกรณ์สมัยใหม่และการใช้บริการเครือข่ายที่ใหญ่ขึ้นๆ อุปกรณ์สมัยใหม่จะมีความร้อนที่สูงกว่าเนื่องมาจากการออกแบบให้ทำงานเร็วขึ้นและทำงานได้มากขึ้น วงจรอิเล็กโทรนิคถูกจัดให้อยู่ใกล้กันมากขึ้นจากการที่จะประหยัดพื้นที่และออกแบบอุปกรณ์ให้เล็กลง อุปกรณ์ถูกบีบให้อยู่ใกล้กันมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของอุปกรณ์นี้จะก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความร้อนที่จะต้องระบายออกในตู้ Rack การใช้งานเครือข่ายเพิ่มขึ้นในระหว่างวันทำงาน ก็ยิ่งทำให้ความร้อนและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นความต้องการระบายความร้อนก็เพิ่มขึ้นยิ่งสำหรับเครือข่ายที่จะต้องให้บริการตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ทุกวันแล้ว จะต้องควบคุมอุณหภูมิของอุปกรณ์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตลอดเวลา การเฝ้าระวังจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งยวด ระบบเฝ้าระวังที่มีความสามารถแจ้งเตือนได้อย่างอัตโนมัติจึงเป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ให้ความสำคัญกับการควบคุมอุณหภูมิในห้องแม่ข่าย โดยระบบจะรายงานอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ให้กับผู้ดูแลหรือผู้เกี่ยวข้องทราบถึงอุณหภูมิ ณ ปัจจุบัน โดยมีการแจ้งเตือนผ่านระบบแอปพลิเคชันไลน์ (Line Application) บนโทรศัพท์มือถือ (Smart Mobile) ของผู้ดูแลระบบและผู้เกี่ยวข้อง รวมทั้งรายงานผลผ่านทางระบบประมวลผลภายในห้องสมุด (Dashboard) เพื่อแจ้งให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบว่าอุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนดไว้จะได้ทำการแก้ไขหรือเข้ามาตรวจสอบความผิดพลาดได้ทันท่วงที เพื่อให้เครื่องแม่ข่ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

กรอบแนวคิด

การประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ ระบบสมองกลฝังตัว ชื่อว่า Arduino ESP8266 ผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi) และอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจอุณหภูมิและความชื้นมาวัดอุณหภูมิห้องแม่ข่ายพร้อมกัน ส่งข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นลงในฐานข้อมูล MySQL ด้วยภาษา PHP เผื่อจัดเก็บข้อมูลไว้ดูย้อนหลังพร้อมทำรายงานผ่านระบบรายงานของ

สำนักวิทยบริการฯ และแจ้งเตือนหากห้องแม่ข่ายมีอุณหภูมิสูงเกินกว่าที่กำหนด ถ้าต่ำกว่าที่กำหนดไว้จะแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (Line Notify) ดังแผนผังการทำงาน ตามรูปที่ 1



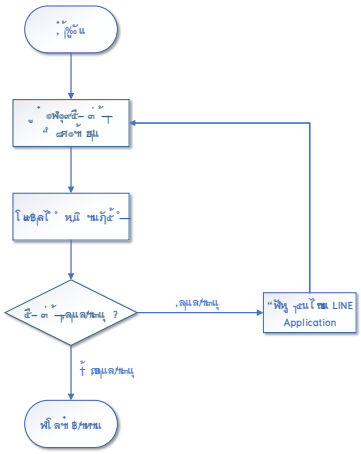
ภาพที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาความต้องการ ซึ่งได้รับข้อมูลดังนี้ ต้องการระบบที่สามารถแจ้งเตือนในกรณีที่อุณหภูมิเกินกว่าที่กำหนดไว้ได้ทันทีผ่านไลน์แอปพลิเคชันซึ่งอุณหภูมิภายในห้องเครื่องแม่ขายควรอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 20- 24 องศาเซลเซียสต้องการให้ระบบบันทึกข้อมูล การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นลงในฐานข้อมูลเพื่อนำมารายงานในระบบประมวลผลภายในห้องสมุด

2. ศึกษา/ค้นคว้าเทคโนโลยีที่ใช้ในการวิจัย ศึกษากระบวนการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (NodeMCU) ในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สายและเชื่อมต่อกับชุดอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น

3. วิเคราะห์และออกแบบการทำงานของระบบและติดตั้ง กระบวนการออกแบบระบบ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การออกแบบ Flowchart ของระบบ

4. พัฒนาระบบจากการออกแบบโดยใช้เครื่องมือ ดั้งนี้

- Arduino IDE 1.8.3 เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมลงบอร์ด Arduino ได้ทุกรุ่น ใช้ภาษาซีในการเขียนและยังเป็น Open Source จึงสามารถดาวน์โหลดมาใช้งานได้ฟรี

- ภาษา PHP คือภาษาคอมพิวเตอร์จำพวก scripting language ภาษาจำพวกนี้คำสั่งต่าง ๆจะเก็บอยู่ในไฟล์ที่เรียกว่า script และเวลาใช้งานต้องอาศัยตัวแปรชุดคำสั่ง ตัวอย่างของภาษาสคริปต์ก็เช่น JavaScript, Perl เป็นต้น เป็นภาษาที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็น Open Source และใช้งานร่วมกับ Script อื่น ๆ ได้ ซึ่งงานวิจัยนี้นำภาษา

PHP มาประยุกต์ใช้ในการรับค่าจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (NodeMCU ESP8266) ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สายมาประมวลผลและบันทึกค่าลงในฐานข้อมูล MySQL

- ภาษาซี เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมทั่วไปเพื่อใช้งานบนระบบปฏิบัติการยูนิกส์แทนภาษาแอสเซมบลี ซึ่งข้อดีของภาษา C คือ สามารถนำไปใช้ได้บนเครื่องทุก Platform และเป็นภาษาที่เข้าใจง่าย

5. ทดสอบระบบเป็นการทดสอบระบบที่พัฒนาเพื่อดูกระบวนการเป็นไปตามข้อกำหนดต่าง ๆไว้

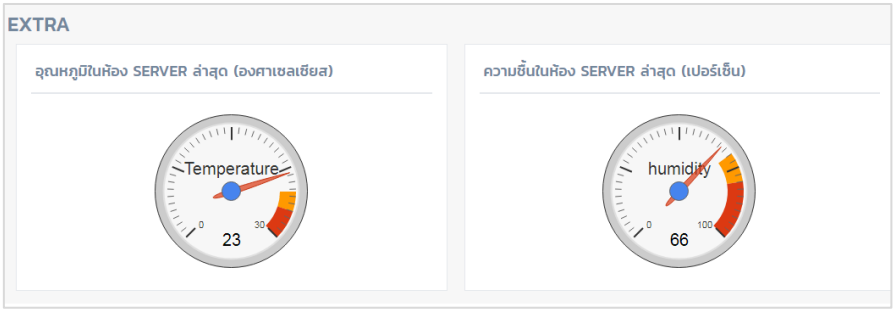
- ทดสอบการทำงานในกรณีที่อุณหภูมิในห้องแม่ข่ายเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้
- ทดสอบการทำงานในกรณีที่อุณหภูมิในห้องแม่ข่ายต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้

1. พัฒนาระบบแสดงผลในลักษณะ Dashboard ผ่านระบบเว็บไซต์ของสำนักวิทยบริการฯ
2. จัดทำคู่มือและเอกสารการใช้งานระบบ
3.

ผลการวิจัย

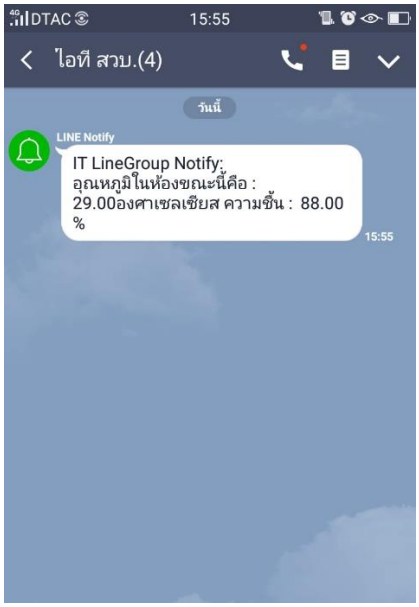
การพัฒนาระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมอัตโนมัติของห้องแม่ข่ายผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ผลจากการดำเนินงานและทดสอบระบบการใช้งานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ดังนี้

1. โมดูลแสดงสถานะของอุณหภูมิและความชื้นของห้องแม่ข่ายโดยการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ในการตรวจสอบสภาพแวดล้อมที่ผิดปกติ เนื่องมาจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้องแม่ข่าย



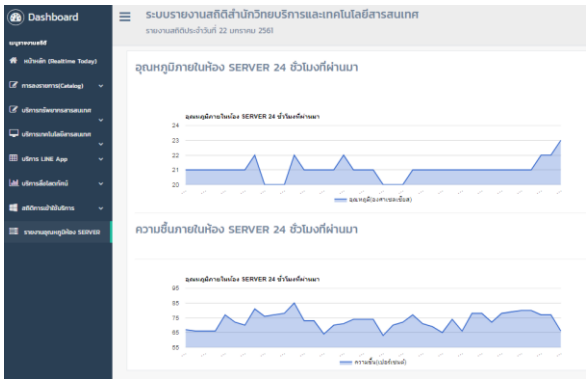
ภาพที่ 3 แสดงอุณหภูมิและความชื้นของห้องแม่ข่ายแบบ Real time จากเซนเซอร์

2. สามารถพัฒนาระบบที่สามารถตรวจสอบและแจ้งเตือนความผิดปกติกว่าค่าที่กำหนดไว้ของอุณภูมิและความชื้นภายในห้องแม่ข่ายได้ทันที โดยแจ้งผ่านทางระบบแอปพลิเคชันไลน์บนโทรศัพท์มือถือแก่กลุ่มผู้รับผิดชอบดูแลระบบเครือข่ายเพื่อทำการแก้ไขได้ทันท่วงที



ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอการแจ้งเตือนผ่าน LINE API

3. พัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลและแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิเพื่อตรวจสอบย้อนหลังได้ และสามารถแสดงผลกราฟอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องแม่ข่ายผ่านระบบแสดงผล Dashboard ของสำนักวิทยบริการฯได้



ภาพที่ 5 แสดงผลรายงานอุณหภูมิและความชื้นของห้องแม่ข่ายผ่านระบบ Dashboard

4. ผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมอัตโนมัติของห้องแม่ข่ายผ่านแอปพลิเคชันไลน์ จากผู้บริหารและผู้ดูแลระบบของสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จำนวน 5 ท่าน ที่ได้ทำการทดสอบใช้งานระบบตรวจสอบด้วยระยะเวลา 3 เดือน ได้ผลการประเมิน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ทดสอบใช้งานระบบ (คะแนนเต็ม 5 คะแนน)

หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมิน
ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องในการตรวจสอบ	4.4
ประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนเมื่อมีความผิดปกติ	4.8
ความสะดวกในการเข้าถึงและใช้งาน	4.6
ความคุ้มค่าในด้านงบประมาณที่ใช้ในการพัฒนาระบบ	4.6
ความเหมาะสมในการแสดงผลข้อมูล	4.6
ความพึงพอใจในการทำงานภาพรวมของระบบ	4.4
รวม	4.57

อภิปรายผล

จากการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมอัตโนมัติของห้องแม่ข่ายผ่านแอปพลิเคชันไลน์ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. จากผลการทดสอบระบบ พบว่าระบบสามารถแสดงผลข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องแม่ข่าย (Server Room) โดยแสดงผลข้อมูลบนระบบ Dashboard ของสำนักวิทยบริการฯช่วยให้สะดวกต่อการตรวจสอบ อีกทั้งยังสามารถเข้าถึงได้ง่ายผ่านระบบอินเทอร์เน็ตจากเครื่องคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟน จึงทำให้ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ทุกคนสามารถช่วยกันตรวจสอบได้

2. ผลจากการพัฒนาระบบการแจ้งเตือนความผิดปกติของอุณหภูมิและความชื้นของห้องแม่ข่ายสามารถป้องกันความเสียหายของเครื่องแม่ข่ายจากการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องปรับอากาศได้ทันท่วงที โดยเฉพาะการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ LINE ไปยังกลุ่มผู้ดูแลระบบทำให้สะดวกในการประสานงานแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว

3. จากผลการทดสอบการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ NodeMCU ESP8266 เป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในห้องแม่ข่าย โดยใช้เซนเซอร์แบบ DHT11 ส่งข้อมูลเพื่อไปจัดเก็บลงฐานข้อมูลและแสดงผลในรูปแบบกราฟิก ที่สร้างด้วยภาษา PHP พบว่า โปรแกรมสามารถแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องแม่ข่ายได้และสามารถตจรวจสอบย้อนหลังได้ในช่วงเวลาที่เจ้าหน้าที่ไม่ได้ปฏิบัติงาน เช่น ช่วงเวลากลางคืนหรือวัดหยุด ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์เพื่อวางแผนความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ อีกทั้งสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ถนอม กองใจ (2560) ที่ได้ทดสอบระบบตรวจสอบสถานการณ์ทำงานระบบเครือข่ายและอุณหภูมิห้องแม่ข่ายโดยใช้เซนเซอร์อุณหภูมิ DS1820 และพัฒนาระบบด้วยภาษา PHP เพื่อประมวลผลค่าอุณหภูมิและแจ้งเตือนผู้ดูแลระบบ อีกทั้งเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องแม่ข่าย อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการทดลองของ สาธิต พวงนิล (2014) ที่ได้พัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเหตุผิดปกติอุณหภูมิของเครื่องแม่ข่ายผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น PIC16F877 และใช้เทอร์มิสเตอร์เป็นตัววัดอุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปภายในห้องแม่ข่าย รวมทั้งยังสอดคล้องกับ ซะห์ลัน เหสามี (2560) ที่ได้นำการแจ้งเตือนผ่านระบบแอปพลิเคชันไลน์ LINE ในการทำงานของห้องเซิร์ฟเวอร์ โดยจะทำงานบนสมาร์ทโฟนที่สั่งการผ่าน บอร์ดอาดูโน่ ใช้ภาษา C++ ในการพัฒนาโดยเขียนผ่านซอฟต์แวร์ที่มีชื่อว่า Arduino IDE1.6.12 และเซนเซอร์ต่าง ๆ ได้แก่ DHT-22 เพื่อรับค่าของอุณหภูมิและความชื้น MQ-2 เพื่อรับค่าของควัน และ Adapter เพื่อวัดสถานะของไฟฟ้าเพื่อที่จะได้แก้ไขปัญหาดังกล่าว

จากงานวิจัยพบว่า ถ้าหากอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องแม่ข่ายมีความปกติเกินกว่าค่าที่กำหนดจะส่งผลต่อการทำงานต่างๆของเครื่องแม่ข่ายได้ นอกจากนั้นยังวิเคราะห์ความเสี่ยง เพื่อวางแผนในการป้องกันเครื่องแม่ข่ายภายในสำนักวิทยบริการฯ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ เช่น ระบบห้องสมุดอัตโนมัติ ที่เป็นแหล่งข้อมูลสมาชิก ข้อมูลหนังสือ ข้อมูลการยืม-คืน และอื่นๆ รวมทั้งใช้งบประมาณในการพัฒนาน้อยกว่าการซื้อระบบและอุปกรณ์จากภายนอก

ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบระบบสามารถนำระบบแจ้งเตือนความปลอดภัยในห้องแม่ข่ายผ่านแอปพลิเคชันไลน์ไปพัฒนาต่อยอด เพื่อรองรับห้องแม่ข่ายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ และยังสามารถพัฒนาต่อให้มีการรองรับสัญญาณ Wi-fi เพื่อสะดวกต่อผู้ใช้ และขนาดของชิ้นงานเป็นขนาดทดลองกับห้องแม่ข่ายภายในสำนักวิทยบริการฯ ที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก หากต้องการนำไปพัฒนาเพื่อรองรับห้องแม่ข่ายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถแยกเซนเซอร์ออกเป็น Node เพื่อกระจายเซนเซอร์ได้ทั่วห้องแม่ข่ายได้ รวมทั้งปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อความแม่นยำในการตรวจจับค่าต่าง ๆ

สรุปผลการวิจัย

ระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมอัตโนมัติของห้องแม่ข่ายผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เป็นส่วนหนึ่งของระบบสารสนเทศที่สนับสนุนการทำงานของเจ้าหน้าที่ดูแลระบบในการตรวจสอบติดตามสภาพแวดล้อมภายในห้องแม่ข่าย ซึ่งลักษณะของห้องแม่ข่ายภายในสำนักวิทยบริการฯ ไม่มีเจ้าหน้าที่ประจำห้อง ทำให้ไม่ทราบสภาพแวดล้อมภายในห้อง อาทิเช่น

อุณหภูมิ ความชื้น เป็นสาเหตุของการหยุดทำงานของอุปกรณ์สำหรับระบบเครือข่ายที่ทำงาน 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดความเสียหายของเครื่องแม่ข่ายที่มีราคาแพงได้ นักวิจัยจึงเล็งเห็นถึงการพัฒนาระบบที่ให้บริการสารสนเทศและแจ้งเตือนหากมีความผิดปกติเกิดขึ้น และยังช่วยลดงบประมาณของหน่วยงานสำหรับจัดซื้ออุปกรณ์และโปรแกรมจากต่างประเทศมาใช้งาน ซึ่งผลจากการพัฒนาสามารถดูข้อมูลย้อนหลังเพื่อนำมาวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงประกอบการวางแผนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

เอกสารอ้างอิง

Kkdeveloper. (2017). **NodeMCU กับ IoT ตอนที่ 1 : NodeMCU คืออะไร**, [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2560, จาก http://sat2you.com/web/2017/01/31/nodemcu-กับ-iot-ตอนที่-1-nodemcu-คืออะไร/.

สถิต เรียนพิศ. (2555). **พื้นฐาน+ประยุกต์ใช้ CodeIgniter + MySQL + Dreamweaver**. กรุงเทพฯ: วิตตี้กรุ๊ป.

รศ.ชาญชัย ศุภอรรถกร. (2560). **สร้างเว็บแอพพลิเคชันด้วย PHP + MySQL + AJAX + jQuery ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ: ซิมพลิฟาย

รศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล. (2560). **คู่มือการเขียนโปรแกรมภาษา C ฉบับบสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซิมพลิฟาย

ภากร จูเหล็ง และ สมศักดิ์ มิตะถา. (2553). **การส่งข้อมูลกลับสำหรับอุปกรณ์ปลายทางหลายอุปกรณ์ในเครือข่ายไร้สายโดยใช้ซิกบี**, โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กลกรณ์ วงศ์ภาติกะเสรี และนางสาวอรุณี รติกานต์. (2551). **ระบบกันขโมยไร้สายโดยใช้ซิกบี**. โครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พิพัฒน์ ถาวรทอง, อนุวัฒน์ สลุบพล. (2558). **ระบบแจ้งเตือนสถานะอุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้าห้องแม่ข่าย**, โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ซะห์ลัน เหสามี, รุสลัน หะมะ. (2560). **ระบบแจ้งเตือนความปลอดภัยในห้องเซิร์ฟเวอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์**, โครงงานหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

สาธิต พวงนิล. (2557), **ระบบตรวจจับและแจ้งเหตุผิดปกติอุณหภูมิของเครื่องแม่ข่ายผ่านทางโทรศัพท์เครื่องที่**, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 8 ฉบับที่ 1. หน้า 148-154.

ถนอม กองใจ. (2560). **การพัฒนาระบบตรวจสอบสถานะการทำงานระบบเครือข่ายและอุณหภูมิห้องแม่ข่าย**, วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 25 ฉบับที่ 4. หน้า 149-159.

การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศ เพื่อศึกษาพืชวงศ์ถั่ว ในเขตป่าสงวนแห่งชาติโคกข่าว จังหวัดมหาสารคาม

APPLICATION OF GEO-INFORMATICS TO STUDY LEGUMINOSAE IN KOK KAW NATIONAL FOREST, MAHA SARAKHAM PROVINCE

เบ็ญจพรรณ จารัตน์* นฤเศรษฐ์ ประเสริฐศรี สาธิต แสงประดิษฐ์ และนุชนาฏ บัวศรี 2*
คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม
*corresponding author e-mail : benjaphan.jar@msu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาความหนาแน่นของพืชวงศ์ถั่ว ในป่าสงวนแห่งชาติโคกข่าว จังหวัดมหาสารคาม โดยการวางแปลงตัวอย่างขนาด 40x40 เมตร จำนวน 47 แปลง พบพืชวงศ์ถั่วประเภทไม้ยืนต้น ได้แก่ แดง (*Xylia xylocarpa*) มะค่าแต้ (*Sindora siamensis* Teijsm. & Miq.) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Willd.) พะยูง *(Dalbergia cochinchinensis* Pierre) จำนวน 900 105 94 และ 19 ต้น ตามลำดับ และพืชวงศ์ถั่วประเภทไม้พื้นล่าง ได้แก่ เครือคางควาย (*Dalbergia velutina* Benth) เสี้ยวป่า (*Bauhinia saccocalyx* Pierre) และ หางหมาจอก (*Uraria crinite* (L.) Desv. ex DC) จำนวน 30 15 และ 34 ต้น ตามลำดับ ในแปลงที่ 2 มีความหลากชนิดของพืชวงศ์ถั่วมากที่สุด และในแปลงที่ 35 มีความหลากชนิดของพืชวงศ์ถั่วน้อยที่สุด จากการวิเคราะห์ความหนาแน่นของพืชวงศ์ถั่วด้วยวิธีการประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนล (Kernel Density) บอกถึงการกระจายตัวของพืช จากการวิเคราะห์ด้วยค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (RD) พืชวงศ์ถั่วมีความหนาแน่น 0.00071 ต้น/ตารางเมตร

คำสำคัญ : ความหลากหลาย ความหนาแน่น ป่าสงวนแห่งชาติโคกข่าว

Abstract

The study density of Leguminosae families in Kok Kaw National forest, Maha Sarakham province. The 47 sample plots size are 40x40 meters laid out in this area. The results found that the perennial plants include are Daeng (*Xylia xylocarpa*) Ma-Kha-Tae (*Sindora siamensis* Teijsm. & Miq.) Pra-Doo (*Pterocarpus macrocarpus* Willd.) and Pha-Yoong (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre) the total are 900 105 94 and 19 plants respectively and the seedling include Krue-Khang-Kwai (*Dalbergia velutina* Benth), Siew-Pa (*Bauhinia saccocalyx* Pierre) and Hang-Ma-Jork (*Uraria crinite* (L.) Desv. ex DC) the total are 30 15 and 34 plants respectively. The highest diversity of LEGUMINOSAE found in plot no.2 , and the least diversity in plot no.35. The diversity analyze by using Kernel density technique can explain distribution of plant, the value is 0.00071 per square meter based on the Relative Density value (RD).

Keywords : diversity, density kok kaw, national forest.

บทนำ

พืชวงศ์ถั่ว (Leguminosae) ลักษณะทั่วไปส่วนใหญ่พืชตระกูลถั่วเป็นไม้พุ่ม ไม้ยืนต้น หรือไม้ล้มลุก ใบเรียงสลับ มักเป็นใบประกอบแบบ 3 ใบ หรือใบประกอบแบบขนนก อาจเป็นชนิดขนนกชั้นเดียวหรือขนนก 2 ชั้น มีหูใบบนก้านใบและมีต่อมหรือหนาม ใบแผ่กางในเวลากลางวันและหุบในเวลากลางคืน ดอกมีทั้งดอกเดี่ยวและดอกช่อแบบต่าง ๆ เช่น ช่อกระจะ ช่อเชิงลด ช่อกระจุกแน่น และช่อแยกแขนง ลักษณะของดอกแตกต่างกันตามวงศ์ย่อย ผลมีลักษณะเป็นฝักแตกได้ หรือแตกไม่ได้ บางชนิดมีลักษณะค่อนข้างกลม มีปีกแผ่ออกไปโดยรอบ เรียกว่าผลแบบ ซามารา เช่น ผลประดู่ วงศ์นี้เป็นวงศ์ใหญ่ทีเดียว มีสมาชิกมากถึง

619 สกุล 17,815 ชนิด พบในประเทศไทย 102 สกุล 614 ชนิด มีการนำมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น ใช้เป็นพืชอาหาร ใช้เป็นสมุนไพรบำรุงร่างกาย เป็นปุ๋ยหมักพืชสด ทำเป็นไม้แผ่นไม้แปรรูป

พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติโคกข่าว อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม เป็นป่าเบญจพรรณที่มีความอุดมสมบูรณ์มากแห่งหนึ่งของจังหวัดมหาสารคาม มีพื้นที่ทั้งหมด 7,406.25 ไร่ มีความอุดมสมบูรณ์มีพรรณไม้นานาชนิดทั้งไม้ยืนต้น พืชสมุนไพร พืชล้มลุก ไม้เถาเลื้อย ดังนั้นจึงนำเอาระบบภูมิสารสนเทศมาใช้ในการศึกษาความหลากหลายชนิดพันธุ์และการกระจายตัวของพืชวงศ์ถั่ว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการอนุรักษ์และส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากพืชวงศ์ถั่ว แต่เดิมพื้นที่ป่าเป็นแหล่งไม้ใช้สอยมีการตัดไม้แผ้วถางป่าโดยรอบ เพื่อทำเกษตรกรรมซึ่งในพื้นที่ป่าแห่งนี้กลายเป็นแหล่งอาหารทั้งเห็ดและพืชผักสมุนไพร รวมทั้งสัตว์ป่าขนาดเล็ก เช่น สุนัขจิ้งจอก กระต่าย นก หนู ต่างๆสถานที่เลี้ยงสัตว์ในอดีตป่าโคกข่าวได้มีการใช้ประโยชน์อย่างขาดการควบคุมสภาพป่าเสื่อมโทรมไปเรื่อยๆจนกระทั่งปี พ.ศ 2537 ได้มีการฟื้นฟูป่าทำให้กลับมาอุดมสมบูรณ์อีกครั้ง และพืชวงศ์ถั่วก็เป็นพืชที่สำคัญของป่าหากมีพืชวงศ์ถั่วมากป่าก็จะอุดมสมบูรณ์

ในปัจจุบันการศึกษาความหลากหลายของพันธุ์ไม้โดยใช้ระบบภูมิสารสนเทศ ที่มีกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์โดยการสร้างข้อมูลและสารสนเทศที่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น ความหลากหลายและชนิดพันธุ์ การกระจายตัวของพืช เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการทำวิจัยครั้งนี้เพื่อ

ศึกษาอนุกรมวิธาน, เพื่อศึกษาความหลากชนิดพืช และเพื่อศึกษาความหนาแน่นของพืชวงศ์ถั่วในป่าสงวนแห่งชาติโคกข่าว อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม

วิธีดำเนินการวิจัย

1**. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้**

1.1 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูล

1.1.1 คอมพิวเตอร์

1.1.2 โปรแกรม Arc GIS

1.1.3 โปรแกรม Microsoft Excel Office

1.1.4 โปรแกรม Microsoft Word Office

1.1.5 เครื่องบอกตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (Global Positioning System: GPS)

1.2 เครื่องมือการวางแปลง

1.2.1 ตลับเมตร / สายวัด

1.2.2 เชือก

1.2.3 แบบบันทึกข้อมูล

1.2.4 กล้องถ่ายรูป

1.2.5 อุปกรณ์เครื่องเขียน

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 กำหนดแปลงตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา

2.3 ลงพื้นที่สำรวจพันธุ์ไม้ในพื้นที่ศึกษา วางแปลงขนาด 40x40 เมตร

2.4 บันทึกข้อมูล รูปถ่าย และระบุตำแหน่งพิกัดที่พบพันธุ์ไม้

2.5 การวิเคราะห์อนุกรมวิธานของพรรณพืช

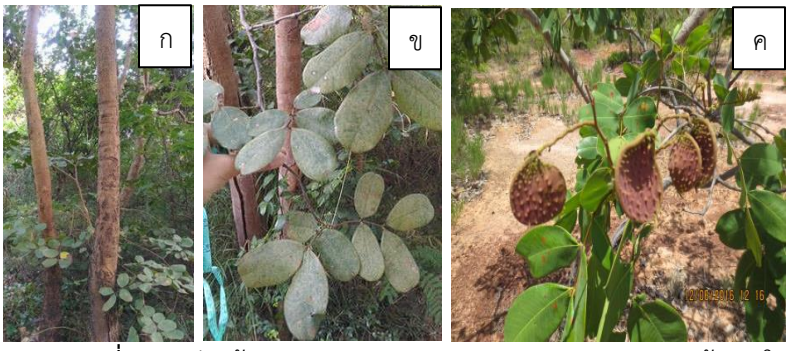
2.6 ทำการสรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการวิจัย

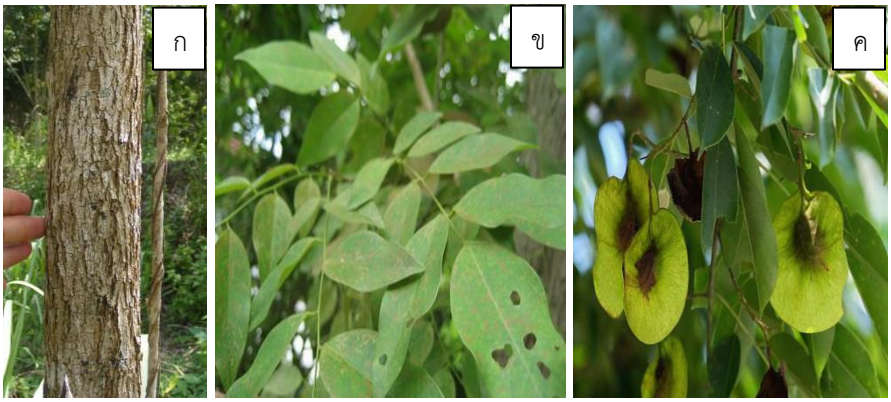
1. ผลการศึกษาอนุกรมวิธานพืชวงศ์ถั่ว พบพืชวงศ์ถั่วในพื้นที่ศึกษาดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 แดง (*Xylia xylocarpa*) ก. ลำต้น ข. ใบ ค. ผล



ภาพที่ 2 มะค่าแต้ (*Sindora siamensis* Teijsm. & Miq.) ก. ลำต้น ข. ใบ ค. ผล



ภาพที่ 3 ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Willd.) ก. ลำต้น ข. ใบ ค. ผล



ภาพที่ 4 พะยูง *(Dalbergia cochinchinensis* Pierre) ก. ลำต้น ข. ใบ



ภาพที่ 5 เครือคางควาย *(Dalbergia velutina* Benth)



ภาพที่ 6 เสี้ยวป่า (*Bauhinia saccocalyx* Pierre)



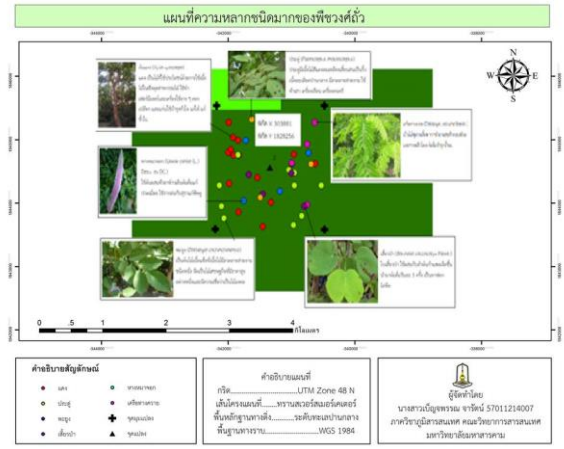
ภาพที่ 7 หางหมาจอก (*Uraria crinite* (L.) Desv. ex DC)

2. ผลการวิเคราะห์ความหลากหลายชนิดของพืชวงศ์ถั่วในป่าสงวนแห่งชาติโคกข่าว

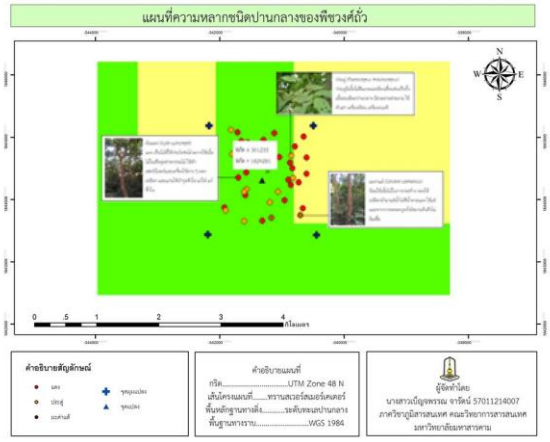
2.1 แผนที่ตำแหน่งแปลงตัวอย่างที่มีความหลากหลาย



2.2 ภาพแปลงตัวอย่างที่มีความหลากหลายชนิดมากที่สุด



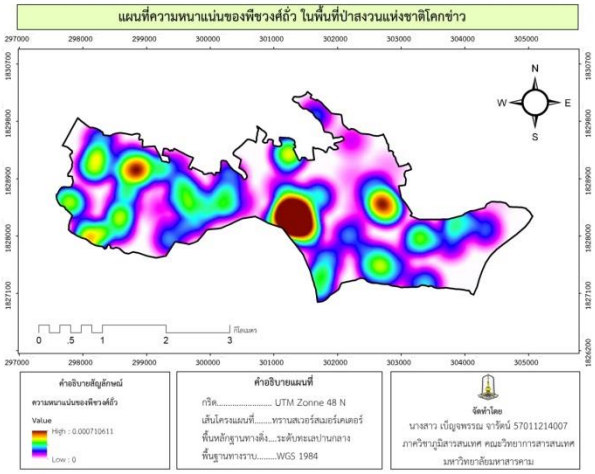
2.3 ภาพแปลงตัวอย่างที่มีความหลากหลายชนิดปากลาง



2.4 ภาพแปลงตัวอย่างที่มีความหลากหลายชนิด



3. ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของพืชวงศ์ถั่ว



อธิปรายผล

พืชวงศ์ถั่ว (LEGUMINOSAE) พืชวงศ์ถั่วเป็นไม้พุ่ม ไม้ยืนต้น หรือไม้ล้มลุก ใบเรียงสลับมักเป็นใบประกอบแบบ 3 ใบ หรือใบประกอบแบบขนนก ดอกมีทั้งดอกเดี่ยวและดอกแบบช่อต่าง ๆ เช่น ช่อกระจะ ช่อเชิงลด ช่อกระจุกแน่นและช่อแยกแขนง ซึ่งมีลักษณะของดอกแตกต่างกันตามวงศ์ย่อย ลักษณะผลมีลักษณะเป็นฝักทั้งแตกได้และแตกไม่ได้ บางชนิดค่อนข้างกลม บางชนิดแบบมีปีกแผ่ออกไปโดยรอบ พืชวงศ์ถั่ว มีสมาชิก 619 สกุล 17,815 ชนิด พบในประเทศไทย 102 สกุล 614 ชนิด

การศึกษาความหนาแน่นของพืชวงศ์ถั่ว ในป่าสงวนแห่งชาติโคกข่าว จังหวัดมหาสารคาม พืชวงศ์ถั่วจากการวางแปลงตัวอย่างขนาด 40x40 เมตร จำนวน 47 แปลง โดยเก็บข้อมูลพืชคือ ชื่อพืช พิกัด เส้นรอบวงของต้นไม้ ความสูงต้นไม้ ผลการสำรวจพบพืชวงศ์ถั่วประเภทไม้ยืนต้น ได้แก่ แดง มะค่าแต้ ประดู่ พะยูง จำนวน 900 105 94 และ 19 ต้น ตามลำดับ และพืชวงศ์ถั่วประเภทไม้พื้นล่าง ได้แก่ เครือคางคาย เสี้ยวป่า และ หางหมาจอก จำนวน 30, 15 และ 34 ต้น ตามลำดับ นำข้อมูลจากการสำรวจแปลงตัวอย่างมาวิเคราะห์หาค่าความหลากหลาย (H,D,J) ค่าความหลากหลายของพืชวงศ์ถั่วประเภทไม้ยืนต้น H = 0.67 คือมีความหลากหลายน้อย D = 1 คือ มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ J = 0.25 คือ มีความสม่ำเสมอน้อย และค่าความหลากหลายของพืชวงศ์ถั่วประเภทพืชพื้นล่าง H =1.04 คือมีความหลากหลายน้อย D = 1 คือ มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ J = 0.33 คือ มีความสม่ำเสมอน้อย ซึ่งในแปลงที่ 2 มีความหลากชนิดของพืชวงศ์ถั่วมากที่สุด พบพืชวงศ์ถั่ว 6 ชนิด คือ แดง ประดู่ พะยูง เครือคางคาย เสี้ยวป่า และหางหมาจอก และในแปลงที่ 35 มีความหลากชนิดของพืชวงศ์ถั่วน้อยที่สุด พบพืชวงศ์ถั่วเพียง

1 ชนิด คือ แดง และในแปลงศึกษาที่ 3 มีค่าความความหนาแน่นสัมพัทธ์ (RD) มากที่สุด คือ 51.71 แปลงศึกษาที่ 1 มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (RD) ต่ำที่สุดคือ 3.10 และในแปลงที่ 13 มีค่าความสำคัญพืช (IVI) มากที่สุด คือ 186.44

ค่าดัชนีความต่างของความชื้น (NDWI) ความชื้นมากมีพื้นที่ 3,312 ไร่ ความชื้นปานกลาง 3,062 ไร่ ความชื้นน้อย 375 ไร่ และค่าดัชนีความต่างพืชพรรณ (NDVI) ป่าเต็งรังไม่สมบูรณ์ 412.5 ไร่ ป่าเต็งรังสมบูรณ์ 2,437 ไร่ ป่าเบญจพรรณ 3,937.5 ไร่ ลักษณะของดินในป่าโคกข่าว เกิดจากตะกอน ลำน้ำ หรือวัตถุต้นกำเนิดที่ผุพังสลายตัวอยู่กับที่ หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วเคลื่อนย้ายมาทับถมของวัสดุเนื้อหยาบ ลักษณะดินเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี เนื้อดินเป็นพวกดินร่วนหยาบ สีดินเป็นสีน้ำตาลเหลืองหรือแดง

จากการวิเคราะห์ความหนาแน่นของพืชวงศ์ถั่วด้วยวิธีการประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนล (Kernel Density) สามารถบอกถึงการกระจายตัวของพืชได้ จากการวิเคราะห์ด้วยค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (RD) ค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 0.000710611 ต้น/ตารางเมตร หรือ 1.13 ต้น/ไร่ อยู่ในบริเวณป่าเบญจพรรณและมีความชื้นในระดับปานกลาง

สรุปผล

การศึกษาความหนาแน่นของพืชวงศ์ถั่ว ในป่าสงวนแห่งชาติโคกข่าว จังหวัดมหาสารคาม ได้มีการวางแปลงตัวอย่างของพืชวงศ์ถั่วขนาด 40x40 เมตร จำนวน 47 แปลง โดยเก็บข้อมูลชื่อพืช พิกัด เส้นรอบวงของต้นไม้ ความสูงต้นไม้ ผลการสำรวจพบพืชวงศ์ถั่วประเภทไม้ยืนต้น ได้แก่ แดง มะค่าแต้ ประดู่ และพะยูง จำนวน 900 105 94 และ 19 ต้น ตามลำดับ และพืชวงศ์ถั่วประเภทไม้พื้นล่าง ได้แก่ เครือคางควาย เสี้ยวป่า และ หางหมาจอก จำนวน 30 15 และ 34 ต้น ตามลำดับ นำข้อมูลจากการสำรวจแปลงตัวอย่างมาวิเคราะห์หาค่าความหลากหลาย (H,D,J) ในแปลงที่ 2 มีความหลากชนิดของพืชวงศ์ถั่วมากที่สุด พบพืชวงศ์ถั่ว 6 ชนิด คือ แดง ประดู่ พะยูง เครือคางควาย เสี้ยวป่า และหางหมาจอก และในแปลงที่ 35 มีความหลากชนิดของพืชวงศ์ถั่วน้อยที่สุด พบพืชวงศ์ถั่วเพียง 1 ชนิด และในแปลงศึกษาที่ 3 มีค่าความความหนาแน่นสัมพัทธ์ (RD) มากที่สุด คือ 51.71 แปลงศึกษาที่ 1 มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (RD) ต่ำที่สุดคือ 3.10 และในแปลงที่ 13 มีค่าความสำคัญพืช (IVI) มากที่สุด คือ 186.44

จากการวิเคราะห์ความหนาแน่นของพืชวงศ์ถั่วด้วยวิธีการประมาณความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนล (Kernel Density) สามารถบอกถึงการกระจายตัวของพืชได้ จากการวิเคราะห์ด้วยค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (RD) พืชวงศ์ถั่วมีความหนาแน่น 0.00071 ต้น/ตารางเมตร อยู่ในบริเวณป่าเบญจพรรณมีความชื้นระดับปานกลาง

การนำไปใช้ประโยชน์

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ได้ลงสำรวจพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติโคกข่าว ซึ่งแต่เดิมเป็นผืนป่าขนาดใหญ่ของจังหวัดมหาสารคาม และได้มีการลุกล้ำพื้นที่ป่าเพื่อทำเกษตรกรรม แต่ในปัจจุบันมีการฟื้นฟูป่าทำให้ป่าสงวนแห่งชาติโคกข่าวกลับมาสมบูรณ์ และพืชวงศ์ถั่วก็เป็นพืชที่สำคัญของป่าและเป็นไม้เศรษฐกิจ การศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบจำนวนของพืชวงศ์ถั่วที่อยู่ในธรรมชาติ ว่ามีมากน้อยเพียงไร จะต้องปลูกทดแทนอีกมากเพียงใด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ป่าสงวนแห่งชาติโคกข่าว โดยเฉพาะ นายคำสีร์ อรัญมิตร (พ่อแหลม) และนายทอง โพธิ์ศรี (พ่อทอง) และนายกองค์การบริหารส่วนตำบลชื่นชม ที่เอื้ออำนวยความสะดวกในการสำรวจและเก็บข้อมูล ตลอดจนที่พักในระหว่างการเก็บข้อมูล เพื่อน ๆ พี่ ๆ และอาจารย์หลักสูตรภูมิสารสนเทศ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น แนวทางและช่วยแก้ปัญหาระหว่างการทำโครงงานมาตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องจนทำให้การทำโครงงานครั้งนี้สำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์. (2556). **เครือคางควาย.** จาก http://www.qsbg.org/Database/plantdb/mdp/medicinal-specimen.asp?id=190 สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มิถุนายน 2560.

ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. [ม.ป.ป.]. **หางหมาจอก.** จาก http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=141. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มิถุนายน 2560.

เพอร์มาคัลเจอร์. (2555). **พืชวงศ์ถั่ว.** จาก: http://www.smilesiam.net/index.php?topic=562.0. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2560.

อทิตยา คงกะชาย. (2557). **การรับรู้ระยะไกล (Remote sensing).** จาก http://remotesensingnew.blogspot.com/2014/11/remote-sensing.html. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2560.

MedThai. (ม.ป.ป). **ต้นแดง สรรพคุณและประโยชน์ของต้นแดง**. จาก https://medthai.com. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2560.

MedThai. (ม.ป.ป.). **ประดู่ สรรพคุณและประโยชน์ของต้นประดู่บ้าน 25 ข้อ.** จาก https://medthai.com. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2560.

MedThai. (ม.ป.ป). **พะยูง สรรพคุณและประโยชน์ของต้นพะยูง ไม้พะยูง 10 ข้อ**. จาก https://medthai.com. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2560.

MedThai. (ม.ป.ป). **มะค่าแต้ สรรพคุณและประโยชน์ของต้นมะค่าแต้**. จาก https://medthai.com. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2560.

MedThai. (ม.ป.ป). **เสี้ยวป่า สรรพคุณและประโยชน์ของต้นเสี้ยวป่า 3 ข้อ.** จาก https://medthai.com. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2560.

การใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่าย เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชท้องถิ่น ในโรงเรียนป่าซาง จังหวัดลำพูน

USING SIMPLY PLANT TISSUE CULTURE TECHNIQUE TO PROMOTE LOCAL PLANT GENETIC CONSERVATION IN PASANG SCHOOL, LAMPHUN PROVINCE

กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่
*corresponding author e-mail : Kittisak_cho@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายในโรงเรียนป่าซาง จ. ลำพูน และการส่งเสริมการใช้เทคนิคดังกล่าวเพื่ออนุรักษ์พันธุกรรมพืชในท้องถิ่น โดยการใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายเพื่อเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อของกุหลาบหนูในห้องเพาะเลี้ยงที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิของโรงเรียนป่าซาง และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงมาตรฐานซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ให้แสงเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการเพาะเลี้ยงกุหลาบหนูในโรงเรียนป่าซางมีร้อยละการปนเปื้อนต่ำที่สุด (15.56%) นอกจากนี้ยังพบว่ามีความสูงของยอด และจำนวนใบมากกว่าการเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ดังนั้นเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายจึงสามารถนำไปใช้ในโรงเรียนป่าซางได้ จึงได้มีการสนับสนุนให้ครูและนักเรียนจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ด้านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อการอนุรักษ์พันธุกรรม

คำสำคัญ: กุหลาบหนู ไฮโดรโพนิคส์ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชต้นทุนต่ำ

Abstract

To study effects of using simply plant tissue culture technique in Pasang School, Lamphun province and to promote using their technique for local plant genetic conservation. Nodal explants of miniature rose were cultured by simply plant tissue culture technique in non-temperature control rooms of Pasang School and faculty of science and technology, Chiang Mai Rajabhat University compared with standard room (temperature control) at faculty of science and technology, Chiang Mai Rajabhat University under 16 h/d photoperiods for 4 weeks. It was found that miniature rose culture in Pasang School showed the lowest contamination percentage (15.56%) but shoot length and number of leaves were also higher than standard room with significantly at the 0.05 level. So, simply plant tissue culture technique can be used in Pasang School. Then, teachers and students were supported to produce the scientific project about local plant genetic conservation.

Keywords : miniature rose, hydroponics, low cost plant tissue cultures

บทนำ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื้อพืชคือการนำส่วนต่างๆ ของพืช เช่น โพรโทพลาสต์ เซลล์ เนื้อเยื่อ หรืออวัยวะ มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ซึ่งประกอบไปด้วยธาตุอาหารต่างๆ ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชโดยอยู่ในสภาพที่ปลอดเชื้อ และเพาะเลี้ยงในสภาพแวดล้อม เช่น แสง และอุณหภูมิ ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชจึงสามารถที่จะขยายพันธุ์พืชได้จำนวน

มาก ในระยะเวลาอันสั้น โดยมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับต้นแม่ทุกประการ นอกจากนั้นยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้อีกหลากหลาย เช่น ด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม และยารักษาโรค รวมถึงการเก็บรักษาพันธุกรรมพืชในรูปแบบของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอีกทั้งการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้นยังถูกบรรจุอยู่ในรายวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหัวข้อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชดอกและการขยายพันธุ์พืช ซึ่งโรงเรียนป่าซาง จ. ลำพูน จัดการสอนด้วยการบรรยายเท่านั้น เนื่องจากครูผู้สอนไม่มีทักษะในการปฏิบัติการ และโรงเรียนไม่มีงบประมาณเพียงพอในการจัดซื้อ เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ เนื่องจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชด้วยเทคนิคมาตรฐานนั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องมือราคาแพงหลายชนิด เช่น ตู้ตัดเนื้อเยื่อ เครื่องชั่งทศนิยมสี่ตำแหน่ง หม้อนึ่งความดันไอ และเครื่องปรับอากาศ รวมถึงสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมอาหารสูตร Murashige and Skoog (MS) (Murashige and Skoog , 1962) มีจำนวนมากถึง 19 ชนิด จึงเป็นการยากที่โรงเรียนต่าง ๆ จะสามารถดำเนินการได้สำเร็จ

ดังนั้นหากมีการส่งเสริมให้โรงเรียนได้ใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายซึ่งใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีราคาถูก และสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด โดยกิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์ (2558; 2559) ได้รายงานการใช้อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายสำหรับการขยายพันธุ์ว่านสี่ทิศ หญ้าหวาน และม่วงเทพรัตน์ โดยใช้สารละลายสำหรับปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน น้ำตาล และผงวุ้น นอกจากนี้ยังใช้การเติมน้ำยาฟอกผ้าขาวในอาหารเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทดแทนการนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันไอ ซึ่งสามารถลดขั้นตอน และต้นทุนในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้มาก

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายในห้องปฏิบัติการของโรงเรียนตัวอย่าง ได้แก่ โรงเรียนป่าซาง จ. ลำพูน เปรียบเทียบกับห้องปฏิบัติการแบบมาตรฐานของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และเพื่อส่งเสริมให้ครู และนักเรียนโรงเรียนป่าซางสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอน การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสามารถอนุรักษ์พันธุกรรมพืชในท้องถิ่นได้สำเร็จเพื่อเป็นการสร้างจิตสำนักให้กับเยาวชนได้ตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติซึ่งเป็นหนึ่งในกิจกรรมของโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการส่งเสริมให้โรงเรียนอื่น ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงเรียนของตนเองได้ในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

ผลของการใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายในโรงเรียนป่าซาง อ. ป่าซาง จ. ลำพูน

การสำรวจลักษณะของห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชโรงเรียนป่าซาง

ชี้แจงโครงการวิจัยให้ผู้บริหาร และคณะครูของโรงเรียนป่าซางเพื่อขออนุญาตเข้าใช้พื้นที่ในการดำเนินงานวิจัย จากนั้นจึงลงพื้นที่เพื่อสำรวจลักษณะห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนป่าซาง อ. ป่าซาง จ. ลำพูน ซึ่งจะนำมาประยุกต์ใช้เป็นห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่าย พร้อมทั้งสำรวจเครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินงาน จากนั้นจึงจัดเตรียมห้องปฏิบัติการให้มีความพร้อม และดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการของโรงเรียน

การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ตวงสารละลายสำหรับปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน stock A และ stock B อย่างละ 5 มล./ล. เติมลงในน้ำประปาปริมาตร 300 มล. เติมน้ำตาล 30 ก. คนจนน้ำตาลละลาย ปรับปริมาตรเป็น 1 ล. ด้วยน้ำประปา ปรับค่า pH เป็น 5.7 ด้วยน้ำส้มสายชูกลั่น หรือผงฟู จากนั้นเติมผงวุ้น 7 ก. แล้วนำไปต้มจนผงวุ้นละลาย ยกลงจากเตา รอจนอุณหภูมิของอาหารลงลดเหลือ 60 องศาเซลเซียส เติมน้ำยาฟอกผ้าขาว 0.5 มล. คนให้เข้ากันก่อนเทใส่ขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชขนาด 4 ออนซ์ ปิดฝาแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้ (กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์, 2558)

การเตรียมน้ำสำหรับการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนพืช และอุปกรณ์ในการตัดเนื้อเยื่อพืช

เตรียมน้ำประปาปริมาตร 1 ล. เติมน้ำยาฟอกผ้าขาว 0.5 มล. คนให้เข้ากันก่อนเทใส่ขวดขนาด 8 ออนซ์ จำนวน 4 ขวด ขวดที่ 1 ปริมาตร 90 มล. ขวดที่ 2-4 ปริมาตร ขวดละ 100 มล. ปิดฝาแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำขวดที่ 1 มาเติมน้ำยาฟอกผ้าขาว 10 มล. และน้ำยาล้างจาน 2 หยด เพื่อใช้สำหรับการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนพืช ส่วนน้ำขวดที่ 2-4 ใช้สำหรับการล้างชิ้นส่วนพืชหลังการฟอกฆ่าเชื้อ สำหรับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการตัดเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ มีดผ่าตัด และปากคีบ ก่อนใช้ให้ล้างทำ

ความสะอาด เช็ดให้แห้ง แล้วนำไปแช่ในแอลกอฮอล์ 70% ก่อนตัดและหลังการตัดเนื้อเยื่อตลอดเวลา สำหรับถาดสแตนเลสสำหรับรองตัดเนื้อเยื่อพืชให้พ่นด้วยแอลกอฮอล์ 70% ให้ชุ่มตลอดเวลาระหว่างที่ตัดเนื้อเยื่อพืช ขั้นตอนทั้งหมดจะดำเนินการในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชของ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายของโรงเรียนป่าซาง

การฟอกฆ่าเชื้อ และการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อของกุหลาบหนู

การฟอกฆ่าเชื้อ และการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อของกุหลาบหนูนั้นในทำในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และโรงเรียนป่าซาง ซึ่งมีลักษณะเป็นห้องปิดกันลมจากด้านนอกได้ และไม่ใช้ตู้ปลอดเชื้อ โดยมีขั้นตอนคือ คัดเลือกต้นกุหลาบหนูที่สมบูรณ์ ตัดแยกชิ้นส่วนข้อมาทำการล้างให้สะอาดแล้วนำไปฟอกด้วยน้ำยาฟอกฆ่าเชื้อที่เตรียมไว้เป็นเวลา 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำที่เตรียมไว้ 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที จากนั้นใช้ปากคีบนำชิ้นส่วนพืชขึ้นมาวางในถาดสแตนเลส พ่นด้วยแอลกอฮอล์ 70% จนชุ่ม ตัดส่วนที่โดนน้ำยาฟอกฆ่าเชื้อทำล้างออก ก่อนนำชิ้นส่วนไปปักลงบนอาหารวุ้นที่เตรียมไว้ พ่นแอลกอฮอล์ 70% จนทั่วผิวหน้าอาหาร ปิดฝา แล้วนำไปเลี้ยงบนชั้นวางเนื้อเยื่อซึ่งมีการให้แสงเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน ในห้องเพาะเลี้ยงที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และโรงเรียนป่าซาง เปรียบเทียบกับห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ รวมทำการเพาะเลี้ยงทั้งหมด 3 สถานที่ๆ ละ 15 ซ้ำและทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกอัตราการปนเปื้อน จำนวนยอด ความสูงของยอด และจำนวนใบ ของต้นอ่อนกุหลาบหนูทุกๆ สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองทั้งหมดใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomize design) ทำการทดลองชุดละ 15 ซ้ำ โดยผลการทดลองจะถูกแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว(One way ANOVA) จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การส่งเสริมการใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชท้องถิ่นในโรงเรียนป่าซาง จังหวัดลำพูน

เชิญครูพี่เลี้ยงจำนวน 1 คน และตัวแทนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาต้นตอน และตอนปลาย ระดับละ 3 คน มาเข้าร่วมอบรมเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่าย ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่เป็นเวลา 1 วัน เพื่อกระตุ้นให้เกิดความเข้าใจในเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช และสร้างเจตคติที่ดีต่อการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช จากนั้นจึงจัดการอบรมอีกครั้งให้กับคณะครู และนักเรียนที่สนใจทั้งหมด โดยจัดการอบรม ณ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออย่างง่ายของโรงเรียนป่าซาง พร้อมกับมอบวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ที่จำเป็นในการทำปฏิบัติการให้กับทางโรงเรียนเพื่อให้ครูพี่เลี้ยง และนักเรียนสามารถดำเนินการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชท้องถิ่นต่อไป โดยส่งเสริมให้เกิดการดำเนินงานในรูปแบบของโครงงานวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัย

การลงพื้นที่เพื่อชี้แจงโครงการวิจัยกับทางโรงเรียนป่าซางนั้นพบว่าผู้บริหาร และคณะครูมีความยินดีที่จะเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยทางโรงเรียนจะจัดเตรียมสถานที่คือห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้เป็นห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายของโรงเรียน ในขณะที่ผู้วิจัยจะทำหน้าที่ในการจัดหาวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ให้กับทางโรงเรียน โดยห้องปฏิบัติการที่โรงเรียนจัดเตรียมให้ตั้งอยู่ชั้น 1 ของอาคารสูง 2 ชั้น มีอุณหภูมิห้องเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส ลักษณะห้องปูพื้นด้วยกระเบื้อง ผนังฉาบปูน มีประตูหน้าต่างสามารถเปิดปิดได้ และนำชั้นวางของมาติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ day light ชั้นละ 2 หลอด พร้อมเครื่องควบคุมเวลาเปิดปิดหลอดไฟ ลักษณะของห้องแสดงในภาพที่ 1(ก) สำหรับห้องเพาะเลี้ยงแบบไม่ควบคุมอุณหภูมิของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่นั้นตั้งอยู่ชั้นบนสุดของอาคาร 4 ชั้น จึงมีอุณหภูมิห้องเฉลี่ยสูงถึง 34.5 องศาเซลเซียส มีชั้นวางเนื้อเยื่อที่ติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ day light ชั้นละ 2 หลอด พร้อมเครื่องควบคุมเวลาเปิดปิดหลอดไฟ (ภาพที่ 1 (ข)) และห้องเพาะเลี้ยงมาตรฐานของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มีลักษณะเป็นห้องระบบปิด ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิตลอดเวลาที่ 25±2 องศาเซลเซียสมีชั้น

วางเนื้อเยื่อที่ติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ day light ชั้นละ 2 หลอด พร้อมเครื่องควบคุมเวลาเปิดปิดหลอดไฟเช่นเดียวกัน ดังภาพที่ 1 (ค)



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 ลักษณะของห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (ก) โรงเรียนป่าซาง (ข) มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่แบบไม่ควบคุมอุณหภูมิ และ (ค) มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่แบบควบคุมอุณหภูมิ

การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนของของกุหลาบหนูด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่าย ณ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชของโรงเรียนป่าซาง และมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ในอุณหภูมิห้อง และในสภาพควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในสภาพให้แสงเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน พบว่าชิ้นส่วนข้อของกุหลาบหนูที่เพาะเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่มีร้อยละการปนเปื้อนสูงที่สุด คือ 37.80% ในขณะที่โรงเรียนป่าซางมีร้อยละการปนเปื้อนน้อยสุด คือ 15.56% สำหรับการเจริญเติบโตของยอดกุหลาบหนูภายหลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์นั้น พบว่ากุหลาบหนูที่เพาะเลี้ยงทุกสถานที่สามารถเกิดยอดใหม่ได้ 1 ยอดเท่ากัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ในขณะที่ความสูงของยอดกุหลาบหนูที่เพาะเลี้ยงในโรงเรียนป่าซางมีความสูงมากกว่าการเพาะเลี้ยงที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ทั้งแบบไม่ควบคุมอุณหภูมิและควบคุมอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ยังพบว่ากุหลาบหนูที่เพาะเลี้ยงที่โรงเรียนป่าซางมีจำนวนใบเท่ากับการเพาะเลี้ยงที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ทั้งแบบไม่ควบคุมอุณหภูมิ และมีจำนวนใบมากกว่าการเพาะเลี้ยงที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่แบบควบคุมอุณหภูมิอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางที่ 1สำหรับลักษณะภายนอกของยอดกุหลาบที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าใบจากยอดที่เพาะเลี้ยงในอุณหภูมิห้องทั้งในโรงเรียนป่าซาง และมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่มีสีเขียวสด แต่ใบจากยอดที่เพาะเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่มีสีเขียวอมเหลืองขอบใบสีแดงดังแสดงในภาพที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของร้อยละการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ จำนวนยอด ความสูงของยอด และจำนวนใบ ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นส่วนข้อกุหลาบหนูภายหลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์

สถานที่	การปนเปื้อน (%)	จำนวนยอด (ยอด/ชิ้นเนื้อเยื่อ)	ความสูงของยอด (ซม/ยอด)	จำนวนใบ (ใบ/ยอด)
ม.ราชภัฏเชียงใหม่ (ควบคุมอุณหภูมิ)	37.80±3.22^{a}	1.00±0.00^{a}	1.14±0.65^{b}	8.91±8.75^{b}
ม.ราชภัฏเชียงใหม่(อุณหภูมิห้อง)	20.00±2.48^{b}	1.00±0.00^{a}	1.46±0.27^{b}	13.60±4.38^{a}
โรงเรียนป่าซาง (อุณหภูมิห้อง)	15.56±3.35^{c}	1.00±0.00^{a}	2.60±0.44^{a}	17.83±6.49^{a}

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05


ม.ราชภัฏเชียงใหม่
(ควบคุมอุณหภูมิ)


ม.ราชภัฏเชียงใหม่
(อุณหภูมิห้อง)


โรงเรียนป่าซาง
(อุณหภูมิห้อง)

ภาพที่ 2 ยอดกุหลาบหนูที่เพาะเลี้ยงในสถานที่ต่างๆ ภายหลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 4 สัปดาห์

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายในโรงเรียนป่าซางนั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าการเพาะเลี้ยงที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ดังนั้นจึงได้ดำเนินการเชิญครูพี่เลี้ยงจำนวน 1 คน และตัวแทนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาต้นตอน และตอนปลาย ระดับละ 3 คน มาเข้าร่วมอบรมเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่าย ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่เป็นเวลา 1 วัน จัดการอบรมอีกครั้งให้กับคณะครู และนักเรียนที่สนใจทั้งหมด โดยจัดการอบรม ณ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออย่างง่ายของโรงเรียนป่าซาง พร้อมกับมอบวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ที่จำเป็นในการทำปฏิบัติการให้กับทางโรงเรียนเพื่อให้ครูพี่เลี้ยง และนักเรียนสามารถดำเนินการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชท้องถิ่นต่อไป โดยส่งเสริมให้เกิดการดำเนินงานในรูปแบบของโครงงานวิทยาศาสตร์ พบว่าทางโรงเรียนมีการจัดตั้งชุมนุมเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายขึ้นมา โดยมี นางจุฬารัตน์ ป้อมเสมา ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนป่าซาง จังหวัดลำพูน เป็นที่ปรึกษาชุมนุม และจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1 เรื่อง ได้แก่ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชพลับพลึงโดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่าย โดย นางสาวปรัชญา ลังการ์พินธุ์ นางสาวฐิตาภา แก้วยอด และนางสาวนริศรา ปรีชาการ และโครงงานวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 1 เรื่อง ได้แก่ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเก็ดถะหวา(พุดซ้อน)โดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่าย โดย เด็กหญิงดัชนี อิลันโกแวน เด็กหญิงภิรมณ์ภรณ์ จ่อจันทร์ และเด็กหญิงทิพย์พวรรณ์ปันยูร ดังภาพที่ 3 และโครงงานดังกล่าวยังได้ถูกส่งเข้าร่วมการประกวดในงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปี 2559 อีกด้วย ซึ่งชุมนุมเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายยังมีการดำเนินงานมาโดยตลอดจนในปัจจุบันมีการสร้าง Facebook fanpage “การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่าย Pasang School Lumphun”เพื่อเผยแพร่กิจกรรมของชุมนุม และจำหน่ายผลงานจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายของนักเรียนอีกด้วย


พลับพลึง


เก็ดถะหวา

ภาพที่ 3 โครงงานวิทยาศาสตร์การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพลับพลึง และเก็ดถะหวา ของนักเรียนโรงเรียนป่าซาง

อภิปรายผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายที่เตรียมจากสารละลายสำหรับปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้นสามารถใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกุหลาบหนูได้โดยอาหารสูตรดังกล่าวมีรายงานว่าสามารถใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชชนิดอื่นๆ ได้เช่นเดียว ตัวอย่างเช่น หญ้าหวาน ม่วงเทพรัตน์ และว่านสี่ทิศ (กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์, 2558; 2559) ในขณะที่ Farahaniand Shaker (2012) รายงานว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกุหลาบหนูบนอาหารวุ้นสูตร MS โดยไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตนั้นไม่สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนข้อเกิดการเจริญเติบโตได้ ดังนั้นอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายที่เตรียมจากสารละลายสำหรับปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในโรงเรียนมากกว่า เนื่องจากสามารถชักนำให้กุหลาบหนูเกิดการเจริญเติบโตได้โดยไม่ต้องเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต และขั้นตอนการตรียมที่ง่ายด้วยต้นทุนที่ถูกกว่าอาหารสูตร MS มาก ซึ่ง กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์ (2558) ได้รายงานว่าอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายที่เตรียมจากสารละลายสำหรับปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้นมีต้นทุนของสารเคมี และเครื่องมือในการเตรียมเพียง 237 บาท แต่อาหารวุ้นสูตร MS นั้นมีต้นทุนของสารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมสูงถึง 87,149 บาท ในขณะที่การเพาะเลี้ยงในสภาพห้องที่ไม่ควบคุมอุณหภูมินั้นพบว่ามีการเจริญเติบโต คือ จำนวนใบมากกว่าการเพาะเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งมีรายงานว่าพืชที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อหลายชนิดสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงในช่วงกลางวันได้ถึง 30 องศาเซลเซียส และต่ำสุดในช่วงกลางคืนได้ถึง 10 องศาเซลเซียส โดยไม่ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง (Ahloowalia and Savangikar, 2002) ในทางตรงกันข้าม Kodym, Hollenthoner and Zapata-Arias (2001) รายงานว่ากล้วย และมันฝรั่ง ซึ่งเพาะเลี้ยงโดยใช้แสงธรรมชาติในอุณหภูมิช่วง 16-41 องศาเซลเซียส มีการเจริญเติบโตสูงกว่าการเพาะเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้า และสามารถลดค่าใช้จ่ายไม่ต่ำกว่า 6 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกาต่อสัปดาห์ต่อตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับห้องเพาะเลี้ยงที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิ

การส่งเสริมการใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายในโรงเรียนป่าซางนั้นภายหลังจากจัดการอบรมแล้ว พบว่านักเรียนได้สังเกตและติดตามผลงานที่ได้ลงมือทำด้วยตนเองซึ่งส่วนใหญ่ประสบความสำเร็จ จึงเกิดความสนใจอยากเข้าร่วมชุมนุมเป็นจำนวนมาก โดยนักวิจัยทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาในการดำเนินงานของชุมนุม สำหรับพืชที่นักเรียนเลือกทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ คือ พลับพลึง และเก็ดถะหวา ซึ่งเดิมเคยมีอยู่ในบริเวณโรงเรียน และชุมชนจำนวนมาก แต่ปัจจุบันพบว่ามีจำนวนลดน้อยลงจึงได้เลือกทำการขยายพันธุ์พืชดังกล่าว ในระยะแรกพบว่าการทดลองไม่ประสบความสำเร็จเนื่องจากนักเรียนไม่ได้ทำตามขั้นตอนที่ถูกต้อง และการไม่รักษาความสะอาดของห้องปฏิบัติการ จึงเกิดการปนเปื้อนทั้งหมด ซึ่งปัญหาดังกล่าวครูพี่เลี้ยงและนักเรียนจะต้องเรียนรู้ และฝึกทำซ้ำๆ จนเกิดเป็นทักษะจึงจะสามารถทำโครงงานวิทยาศาสตร์ด้านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้สำเร็จ และสามารถสร้างรายได้จากการจำหน่ายต้นไม้ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อเป็นทุนการศึกษาสำหรับนักเรียนและเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของชุมนุม ซึ่งถือเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จที่สำคัญว่าครูและนักเรียนสามารถใช้เทคนิคนี้อย่างมีประสิทธิภาพ และยั่งยืน อีกทั้งเทคนิคดังกล่าวยังช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนได้อีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างง่ายสามารถใช้ในโรงเรียนป่าซางได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ครูและนักเรียนสามารถใช้เทคนิคดังกล่าวไปใช้ประกอบการเรียนการสอน การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชท้องถิ่นตลอดจนสามารถประยุกต์ใช้เพื่อสร้างรายได้เป็นทุนการศึกษาให้กับนักเรียนได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางให้โรงเรียนอื่นๆ สามารถนำเทคนิคดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินปีงบประมาณ 2559 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยการสนับสนุนจากคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการนำเสนอผลงานวิจัยจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ นอกจากนี้ผู้วิจัยต้อง

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่สนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์. (2558). อาหารอย่างง่ายจากสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื้อม่วงเทพรัตน์และหญ้าหวาน. **วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 23(1) : 74-81.

กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์. (2559). การใช้สารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินทดแทนธาตุอาหารในสูตรอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อว่านสี่ทิศ. **วารสารวิทยาศาสตร์ มข.** 44(1) : 103-110.

Ahloowalia, B.S. & Savangikar, V.A. (2002). **Low cost options for tissue culture technology in developing countriesIn Proceedings of a Technical Meeting organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and held.** (pp. 41-43). Vienna.

Farahani, F. & Shaker, S. (2012). Propagation and growth from cultured single node explants of rosa (Rosa miniature). **African Journal of Plant Science**. 6(10) : 277-281,

Kodym, A., Hollenthoner, S. & Zapata-Arias, F. A. (2001). Cost reduction in the micropropagation of banana by using tubular skylights as source for natural lighting. **In Vitro Cellular & Developmental Biology**, 37(2) : 237-242.

การประเมินคุณภาพดินและน้ำบางประการบริเวณพื้นที่การเกษตรในตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

ASSESSMENT OF SOIL AND WATER QUALITY IN AGRICULTURAL FIELD IN RIM KOK SUB-DISTRICT, MUEANG DISTRICT, CHIANG RAI PROVINCE

ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์[1*] เกสร รุ้งดี[2] และ ธีระพันธ์ มลิมาตย์[2]
[1]โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาราชภัฏเชียงราย
[2]โปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาราชภัฏเชียงราย
*corresponding author e-mail: tippawan_pra@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพดินและคุณภาพน้ำ บริเวณพื้นที่การเกษตรในตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย โดยทำการเก็บตัวอย่างดินและน้ำทั้งหมด 3 บริเวณ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ประเมินคุณภาพดินตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่าความชื้นในดินมีค่าระหว่าง 1.83 – 83.67% ดินมีค่าเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างเล็กน้อย (pH = 6.48 – 7.80) มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำถึงสูงมาก (10 - 50 mg/Kg) มีปริมาณโพแทสเซียมสูงมาก (135 - 156 mg/Kg) มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลางถึงค่อนข้างสูง (1.85 – 2.77 %) มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มาตรฐาน (11 - 19 mg/Kg) และตรวจไม่พบปริมาณสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด เมื่อประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้วิธี AARL – PC Score พบว่า คุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารจัดอยู่ในระดับน้อยถึงปานกลางถึงสูง และคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินจัดเป็นน้ำประเภทที่ 3 โดยสามารถใช้ประโยชน์ในการอุปโภคบริโภคได้ แต่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และสามารถใช้ในทางการเกษตรได้

คำสำคัญ : คุณภาพดิน คุณภาพน้ำ พื้นที่การเกษตร ตำบลริมกก

Abstract

This research aimed to assess soil and water quality in agricultural field in Rim Kok sub- district, Mueang district, Chiang Rai province. Soil and water samples were collected from three areas during September to November 2016. The soil quality assessment following methods according to Land Development Department showed that the moisture contents were between 1.83 – 83.67%. The soil samples were slightly acid to slightly alkaline (pH = 6.48 – 7.80), low to very high in phosphorus (10 - 50 mg/Kg), very high in potassium (135 - 156 mg/Kg), and moderate to high in organic matter (1.85 – 2.77 %). The arsenic contamination of soil failed to meet the quality standard (11 - 19 mg/Kg). Total pesticides organochlorine was not detected. Assessment of water quality based on the trophic status as determined by the Applied Algal Research Laboratory-Physical and Chemical Score (AARL-PC Score) indicated that these water resources were oligotrophic-mesotrophic to mesotrophic - eutrophic. The standard of surface freshwater quality was classified as class III that can be used for consumption but general killing of microorganisms was required and also can be used for agricultural.

Keywords: soil quality, water quality, agricultural field, Kok sub- district

บทนำ

ตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย เป็นพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรค่อนข้างมาก เนื่องจากมีระบบชลประทานที่ดีโดยมีแม่น้ำกกไหลผ่าน ดินมีความเหมาะสมต่อการทำการเกษตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2552) แต่ในปัจจุบันประชาชนมีการใช้ทรัพยากรดินมากขึ้น เช่นมีการปลูกพืชแบบต่อเนื่องโดยไม่มีการพักดินก่อน ไม่มีการปลูกพืชบำรุงดิน และที่สำคัญมีการใช้สารเคมีชนิดต่างๆ ในการเร่งการเจริญของพืช รวมถึงมีการใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืชซึ่งมักมีสารหนูเป็นองค์ประกอบ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2552) ซึ่งการใช้สารเคมีดังกล่าว อาจทำให้มีสารเคมีตกค้างในดิน มีผลให้สภาพดินเปลี่ยนแปลง ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชหรืออยู่ในรูปที่พืชใช้ไม่ได้เกิดสภาพไม่สมดุลของธาตุอาหาร การละลายของธาตุอาหารในดินขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน โดยดินที่มีสภาพเป็นกรดจัดหรือด่างจัดประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหารหลักจะน้อยลง (ธนา สมบัติทัศห, 2557) และมากไปกว่านั้นสามารถทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ กล่าวคือเมื่อฝนตกจะเกิดการชะล้างสารเคมีเหล่านี้ไหลลงสู่แม่น้ำ ทำให้น้ำมีการปนเปื้อนของสารต่างๆ ทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสปนเปื้อนจากปุ๋ยเคมี หรือแอมโมเนียปนเปื้อนจากปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งเมื่อธาตุอาหารดังกล่าวสูงมักส่งผลให้มีการเจริญของพวกสาหร่ายและพืชน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดปรากฏการณ์ Eutrophication (ธนิศรา อินทโสตถิ, 2549) แม่น้ำกกเป็นแหล่งน้ำไหล ที่ไหลผ่านแหล่งชุมชน และแหล่งเกษตรกรรม จึงส่งผลให้แหล่งน้ำมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่มีการปะปนได้จากดิน พืช และของเสียจากทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่น ซึ่งหากพบว่าแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์กลุ่มนี้ในปริมาณที่มาก สามารถบ่งชี้ได้ว่าแหล่งน้ำนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการอุปโภคบริโภค (กรมควบคุมมลพิษ,2558) มากไปกว่านั้นทำให้น้ำบริเวณนั้นไม่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต จึงควรมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ การตรวจสอบคุณภาพน้ำประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ การตรวจสอบคุณภาพน้ำด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งคุณภาพน้ำด้านกายภาพ คือ คุณลักษณะของน้ำที่บ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำที่แตกต่างกัน เช่น ความใส ความขุ่น กลิ่น สี เป็นต้น ด้านเคมี คือ คุณลักษณะที่เกิดจากแร่ธาตุหรือสารเคมีที่เจือปนอยู่ในน้ำที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้การตรวจสอบด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ และคุณภาพน้ำด้านชีวภาพ คือ คุณลักษณะของน้ำที่เกิดจากจุลินทรีย์ที่เจือปนในน้ำ โดยการตรวจสอบคุณภาพน้ำควรทำการตรวจสอบทั้ง 3 วิธีร่วมกันเพื่อความแม่นยำ ส่วนการตรวจสอบคุณภาพดินเช่นเดียวกัน ควรจะมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอเพื่อความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และเพื่อเพิ่มผลผลิตของพืชด้วย ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะตรวจสอบคุณภาพดินและคุณภาพน้ำเพื่อประเมินความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช และประเมินสถานการณ์น้ำเพื่อบ่งชี้ถึงความเหมาะสมต่อการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ และเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพดินและคุณภาพน้ำบริเวณตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สำรวจพื้นที่และกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

สำรวจพื้นที่ทำการเกษตรที่มีแม่น้ำกกไหลผ่าน โดยในการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินจะกำหนดการเก็บจากบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร บริเวณที่ใกล้แม่น้ำกกไหลผ่าน จำนวน 3 แปลง โดยเก็บตัวอย่างแบบ Stratified random sampling วิธีนี้ใช้ในกรณีที่ผลการสำรวจพื้นที่เก็บตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้นจะต้องแบ่งดินแปลงใหญ่ออกเป็นแปลงย่อย (Stratum) โดยแต่ละแปลงย่อยจะต้องมีลักษณะของดิน พืชพรรณ และลักษณะพื้นที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนจุดเก็บตัวอย่างน้ำเก็บจากบริเวณแม่น้ำกกที่ใกล้กับจุดเก็บตัวอย่างดิน รวมทั้งหมด 6 จุด ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างดิน 3 จุด และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 3 จุด (ภาพที่ 1)

จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ดินจากบริเวณพื้นที่ทำการเกษตรของนายอำนาจ อัตวงค์ และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ น้ำกกที่อยู่ใกล้บริเวณพื้นที่การเกษตรของนายอำนาจ อัตวงค์

จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ดินจากบริเวณพื้นที่ทำการเกษตรของนางศิริมาศ โด่งสถาน และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ น้ำกกที่อยู่ใกล้บริเวณพื้นที่การเกษตรของนางศิริมาศ โด่งสถาน

จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ดินบริเวณพื้นที่ทำการเกษตรของนางจำลอง ศรีวิชัยอ้าย และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ น้ำกกที่อยู่ใกล้บริเวณพื้นที่การเกษตรของนางจำลอง ศรีวิชัยอ้าย



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินและน้ำบริเวณพื้นที่การเกษตรในตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

(ที่มา : Google maps, https://www.google.com.mm/maps/place/ตำบล+ริมกก+อำเภอเมืองเชียงราย+เชียงราย+ประเทศไทย/@19.9287448,99.8907514,1382m, 2560)

2. การเก็บตัวอย่างดิน

2.1 กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างดินเป็นรูปซิกแซ็ก ทั้งหมด 15 จุด ทั่วบริเวณที่นา

2.2 ใช้พลั่วหรือจอบขุดหลุมเป็นรูปตัว V ลึกประมาณ 15 เซนติเมตร ขุดครั้งสุดท้ายให้ดินติดพลั่วหรือจอบขึ้นมาตลอดความลึก โดยตักดินด้านข้างทิ้งไปทั้งสองข้าง ดินที่เหลือตรงกลางพลั่วหรือจอบเก็บรวบรวมใส่ในถุงพลาสติก

2.3 หากดินบริเวณนั้นมีการไถพรวน ให้เพิ่มความลึกจนถึงชั้นไถพรวนปกติจะไม่เกิน 30 เซนติเมตร เก็บรวบรวมดินใส่ในถุงพลาสติก ตัวอย่างที่เก็บได้เรียกว่า ดินบน (Top soil)

2.4 คลุกเคล้าดินที่เก็บได้จากทุกจุดให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ กระจายดินทั้งหมดลงบนแผ่นพลาสติก แบ่งดินเป็น 4 ส่วน แยก 2 ส่วนที่อยู่ตรงข้ามกันทิ้งไป คลุกเคล้าอีก 2 ส่วนที่เหลือ แล้วทำซ้ำจนเหลือตัวอย่างดินประมาณครึ่งกิโลกรัม เก็บใส่ถุงพลาสติก พร้อมทั้งเขียนหมายเลขตัวอย่าง (กองวิเคราะห์ดิน. 2540)

3. การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และธาตุอาหารพืชของดิน

3.1 วัดความชื้นโดยวิธี Drying method แบบ Hot air oven method

3.2 วัดค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1 : 1 (Peech, 1965)

3.3 วัดปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter) โดยวิธีไตเตรต (Walkley and Black, 1947)

3.4 วัดปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945.

3.5 วัดปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K)) โดยวิธี Atomic absorption spectroscopy

3.6 วัดปริมาณสารหนู (Arsenic) โดยวิธี USEPA 3052

3.7 วัดปริมาณสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีครอรีนทั้งหมด (Total pesticides organochlorine) โดยวิธี AOAC 970.52

2.8 ประเมินคุณภาพดินตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน (2547)

4. การเก็บตัวอย่างน้ำ

4.1 เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นลำดับแรก เก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำโดยตรงโดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจุ่มลงไปในน้ำในระดับ 30 เซนติเมตร จากผิวน้ำให้ได้ปริมาตรน้ำในขวดประมาณ 3 ใน 4 ของขวด หลังเก็บตัวอย่างน้ำเสร็จเก็บรักษาตัวอย่างน้ำโดยเก็บใส่ในถังน้ำแข็งก่อนนำกลับไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ

4.2 เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพ และเคมีบางประการ โดยจะทำหลังจากที่เก็บตัวอย่างโคลิฟอร์มแบคทีเรียเสร็จแล้ว โดยใช้ขวดโพลีเอธิลีนสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 500 ml เก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำโดยตรงในระดับ 30 เซนติเมตร จากผิวน้ำ หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำในถังน้ำแข็ง ก่อนนำกลับไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

5. ศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ ณ จุดเก็บตัวอย่าง

5.1 วัดอุณหภูมิของน้ำและอุณหภูมิของอากาศ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

5.2 วัดค่าการนำไฟฟ้า โดยใช้เครื่อง Conductivity meter

5.3 วัด pH ของน้ำโดยใช้ pH meter

5.4 วิเคราะห์ประมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ตามวิธี azide modification method (Greenberg *et al*., 2005)

6. ศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี และชีวภาพบางประการ ในห้องปฏิบัติการ

6.1 วัดค่าความขุ่นของน้ำโดยใช้เครื่อง Turbidity meter

6.2 วัดความเป็นด่างของน้ำ โดยใช้วิธี Phenolphthalein methyl orange indicator (Greenberg *et al*., 2005)

6.3 วัดปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ตามวิธี Iodometric แบบ Azide modi fication method (Greenberg *et al*., 2005)

6.4 วัดปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน โดยวิธี Cadmium reduction (Greenberg *et al*., 2005)

6.5 วัดปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน โดยวิธี Distillation nesslerization (Greenberg *et al*., 2005)

6.6 วัดปริมาณ Soluble reactive phosphorus โดยวิธี ascorbic acid (Greenberg *et al*., 2005)

6.7 ตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคอลโคลิฟอร์ม โดยวิธี Multiple tube fermentation technique (MPN)

7. ประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี AARL–PC Score โดยใช้พารามิเตอร์ 6 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน และปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน (Peerapornpisal *et al*.,2004) ร่วมกับการประเมินคุณภาพน้ำตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

ผลการวิจัย

คุณภาพดินด้านกายภาพ และเคมีบางประการ

จากการตรวจสอบคุณภาพดินด้านกายภาพ และเคมีบางประการบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร ตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พบว่าค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม และปริมาณสารหนูในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีค่าเปลี่ยนแปลงไปในละเดือน และตรวจไม่พบปริมาณสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมดในทุกจุดเก็บตัวอย่างของทุกเดือน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 คุณภาพดินด้านกายภาพและเคมีบางประการบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร ตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

พารามิเตอร์	จุดที่ 1			จุดที่ 2			จุดที่ 3		
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
ค่าความชื้น (%)	15.00	83.67	27.67	11.83	48.17	20.67	12.00	65.00	35.5
ค่าความเป็นกรด – ด่าง	7.21	7.80	7.27	7.18	7.49	7.22	7.22	7.12	6.48
ปริมาณอินทรียวัตถุ (%)	3.04	1.10	2.51	2.25	2.49	4.63	3.26	1.19	9.75
ปริมาณฟอสฟอรัส (mg/Kg)	10	12	14	25	20	27	50	44	53
ปริมาณโพแทสเซียม (mg/Kg)	135	129	140	142	145	135	156	144	160
ปริมาณสารหนู (mg/Kg)	19	11	11	13	15	12	11	12	13
ปริมาณสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (µg/Kg)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

เมื่อประเมินคุณภาพดินตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน (2547) พบว่า ดินมีค่าเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างเล็กน้อย (pH = 6.48 – 7.80) มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลางถึงค่อนข้างสูง (1.85 – 2.77 %) มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำถึงสูงมาก (10 - 50 mg/Kg) มีปริมาณโพแทสเซียมสูงมาก (135 - 156 mg/Kg) มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มาตรฐาน (11 - 19 mg/Kg) และมีปริมาณสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมเนื่องจากตรวจไม่พบ

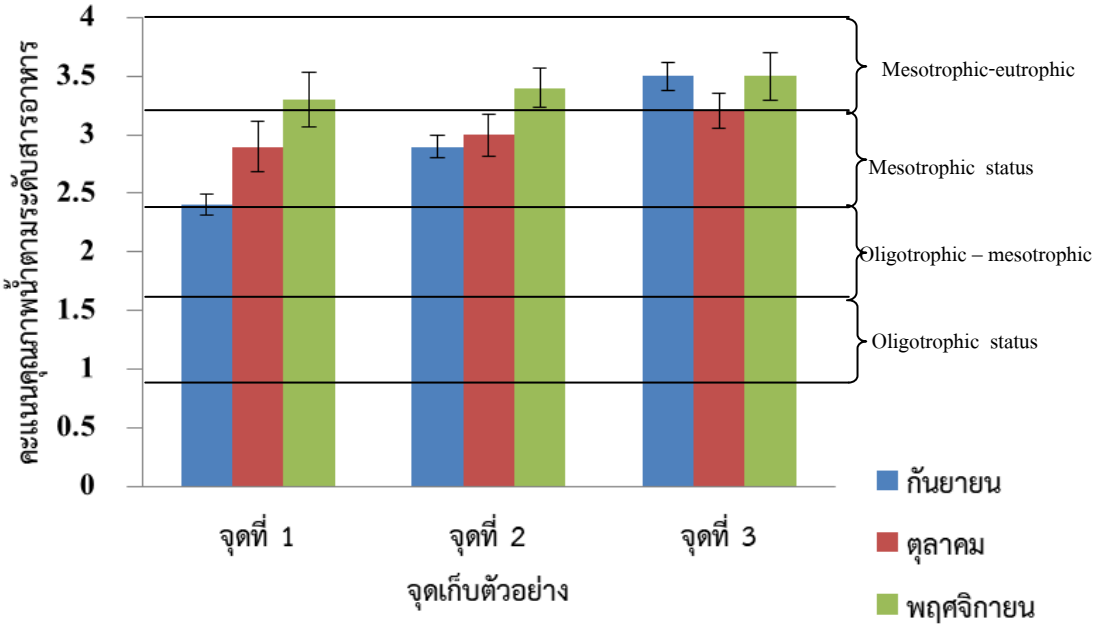
คุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมีบางประการ

จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำด้านกายภาพ เคมีบาง และชีวภาพประการ บริเวณแม่น้ำกกใกล้กับพื้นที่ทำการเกษตร ตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พบว่าอุณหภูมิของน้ำ อุณหภูมิของอากาศ ค่าความขุ่น ค่าความเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์ม ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีค่าเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่การเกษตรตำบลริมกกในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

พารามิเตอร์	จุดที่ 1			จุดที่ 2			จุดที่ 3		
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
อุณหภูมิของน้ำ (°C)	33	28	27	30	27	24	29	27	24
อุณหภูมิของอากาศ (°C)	34	26	28	31	26	28	30	26	27
ค่าความขุ่น (NTU)	33	59	23	158	236	161	97	371	105
ค่าความเป็นด่าง (mg/l)	93	37	44	107	44	50	123	46	49
ค่าการนำไฟฟ้า (µS/cm)	120.66	82.4	131.66	133	136	146	191.66	133	146.66
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.29	8.29	7.26	7.38	8.34	7.87	7.47	8.3	7.21
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	8.57	7.41	6.39	5.98	7.55	7.14	5.71	6.24	7.07
ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (mg/l)	1.63	2.04	1.75	6.00	2.31	1.84	6.00	2.23	2.3
ไนเตรทไนโตรเจน (mg/l)	0.2	1.4	0.5	0.2	0.4	1.7	0.8	0.0	2.1
แอมโมเนียไนโตรเจน (mg/l)	0.01	0.26	0.58	0.09	1.43	0.32	0.19	0.66	0.38
ออร์โธฟอสเฟต (mg/l)	0.27	0.92	1.54	0.15	1.12	1.37	0.46	1.1	1.75
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/100 ml)	1,613	7,700	1,947	1,680	8,133	6,733	2,833	12,467	2,267
ฟีคอลโคลิฟอร์ม (MPN/100 ml)	570	1,393	53	527	8,133	887	1,550	6,000	1,753

เมื่อประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี AARL–PC Score พบว่าคะแนนคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารของแม่น้ำกก มีค่าอยู่ระหว่าง 2.4 – 3.5 โดยคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (Oligotrophic – mesotrophic status) สารอาหารปานกลาง (Mesotrophic status) และสารอาหารปานกลางถึงสูง (Mesotrophic - eutrophic status) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 คะแนนคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารของแม่น้ำกกในเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560

จากการประเมินคุณภาพน้ำโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) พบว่า ค่าพารามิเตอร์โดยส่วนใหญ่ของแม่น้ำกกจัดอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และสามารถใช้ในการเกษตรได้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคุณภาพของแม่น้ำกกกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

พารามิเตอร์	ค่าที่วัดได้			แหล่งน้ำประเภทที่
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	
ค่าความเป็นกรด–ด่าง	7.26 – 8.29	7.38 – 8.34	7.21 – 8.3	3
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	6.39 – 8.57	5.98 – 7.55	5.71 – 7.07	1
ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (mg/l)	1.63 – 2.34	1.84 – 6.00	2.23 – 6.67	3
ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน (mg/l)	0.23 – 1.46	0.26 – 1.73	0.00 – 2.13	3
ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (mg/l)	0.01 – 0.58	0.09 – 1.43	0.19 – 0.38	3
ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/100 ml)	1,613 – 7,700	1,680 – 8,133	2,267 – 12,467	2
ปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/100 ml)	53 – 1,393	527 – 8,133	1,550 – 6,000	3

อภิปรายผล

จากการตรวจสอบคุณภาพดินในพื้นที่ทำการเกษตรด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าความชื้นในดิน ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการอุ้มน้ำหรือการไหลผ่านของน้ำในดิน และยังใช้อธิบายถึงความสามารถของดินในการให้ธาตุอาหารและน้ำแก่พืช ซึ่งจากการตรวจสอบค่าความชื้นของดินพบว่าในเดือนตุลาคมของทุกจุดเก็บตัวอย่างมีค่าสูงกว่าเดือนอื่น ๆ เนื่องจากในเดือนตุลาคมเป็นช่วงที่มีฝนตกบ่อยครั้ง ซึ่งหลังจากฝนตกดินจะมีระดับความชื้นเท่ากับจุดอิ่มตัว (Saturation) เป็นระดับที่เนื้อดินเต็มไปด้วยน้ำ จึงพบความชื้นในปริมาณที่สูง (เกษมศรี ซับซ้อน, 2541) การตรวจสอบคุณภาพดินในพื้นที่ทำการเกษตรด้านเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด – ด่าง ซึ่งเป็นค่าที่ไม่มีผลโดยตรงต่อการเจริญของพืช แต่จะมีผลทางอ้อม คือเป็นตัวควบคุมการละลายของธาตุอาหารพืช ถ้าดินมีค่าความเป็นกรด – ด่าง ที่ไม่เหมาะสม ธาตุอาหารในดินอาจจะละลายออกมาได้น้อย ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช หรือในทางตรงกันข้าม ธาตุอาหารบางชนิดอาจจะละลายออกมามากเกินไป จนทำให้เกิดโทษต่อพืชได้ สำหรับพืชทั่วไปมักจะเจริญเติบโตในช่วงค่าความเป็นกรด – ด่าง ที่ 6 – 7 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) ซึ่งจากการตรวจสอบค่าความเป็นกรด – ด่าง พบว่า ดินมีค่าเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างเล็กน้อย โดยส่วนใหญ่จะมีค่ามากกว่า 7 บ่งบอกว่าดินมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อยซึ่งสามารถทำให้ดินมีสภาพเป็นกลางโดยเติมอินทรียวัตถุหรือปลูกพืชบำรุงดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547: อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. 2551) ปริมาณอินทรียวัตถุที่อยู่ในดินเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช ซึ่งช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างด้านกายภาพของดินที่ไม่เหมาะสม ให้มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืช โดยที่อินทรียวัตถุนั้นอาจจะเกิดจากการย่อยสลายของซากพืช ซากสัตว์ รวมไปถึงสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ต่างๆ ซึ่งจากการตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินพบว่าทุกจุดเก็บตัวอย่างของเดือนกันยายนและเดือนพฤศจิกายน มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงซึ่งเหมาะแก่การปลูกพืชทุกชนิด ส่วนในเดือนตุลาคมมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ จึงจำเป็นที่จะต้องเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยหมัก หรือการไถพรวนดินเพื่อให้เกิดการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547: ปัทมา วิตยากร. 2547) โดยปริมาณอินทรียวัตถุที่ปานกลางจะต้องมากกว่า 1.5 % ขึ้นไป ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก โดยการศึกษาครั้งนี้มีค่าตั้งแต่ต่ำถึงสูงมาก โดยจุดที่ 1 มีค่าต่ำ จุดที่ 2 มีค่าสูง และจุดที่ 3 มีค่าสูงมาก ซึ่งจุดที่ 2 และ 3 อาจเกิดจากการที่เกษตรกรใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แกดิน ปริมาณโพแทสเซียมมีค่าสูงมากทุกจุดซึ่งเพียงพอกับความต้องการของพืชและมีธาตุโพแทสเซียมสำรองไว้ใช้ต่อไปได้อีก Cope and Kirkland (1975) ปริมาณสารหนูมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน แต่ยังอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษ คาเฉลี่ยทั่วโลกของสารหนูที่พบโดยทั่วไปในธรรมชาติ คือ 10 mg/Kg (Das *et al*., 2003) และปริมาณสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมเนื่องจากตรวจไม่พบ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำของแม่น้ำกกด้านกายภาพใกล้กับพื้นที่การเกษตร ตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พบว่า อุณหภูมิน้ำมีค่าแปรผันตรงกับอุณหภูมิอากาศ ความขุ่นของน้ำในเดือนตุลาคมของทุกจุดมีค่าสูงเนื่องจากเป็นช่วงที่มีฝนตกค่อนข้างบ่อย จึงทำให้เกิดการชะล้างดินจากพื้นที่การเกษตรลงสู่แม่น้ำกก โดยค่าความขุ่นคือค่าที่เกิดจากการที่มีของแข็งแขวนลอยปนเปื้อนในน้ำ โดยค่าความขุ่นจะมีค่าที่แปรปรวนไปตามฤดูกาล โดยมีค่าสูงสุดในฤดูฝนหรือช่วงที่มีฝนตกบ่อย ๆ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรัก ตัณฑุลเวศม์, 2547) ค่าการนำไฟฟ้า เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการนำไฟฟ้าจะสัมพันธ์กับปริมาณสารอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งน้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงแสดงว่ามีสารที่มีประจุหรือสารอนินทรีย์ โดยเฉพาะเกลือต่างๆ ละลายมาก แหล่งน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดี มีค่าการนำไฟฟ้า 150 – 300 µS/cm ถ้ามีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่า 300 µS/cm แสดงว่าในแหล่งน้ำเป็นมลพิษซึ่งจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ (วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช, 2553) ซึ่งในพื้นที่การเกษตรทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ที่ 82.4 – 191.66 µS/cm ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต

การตรวจสอบคุณภาพน้ำของแม่น้ำกกด้านเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด – ด่าง เป็นค่าที่แสดงถึงค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำ โดยสิ่งมีชีวิตสามารถเจริญได้ดีในแหล่งน้ำที่มีค่าความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 6.5 – 8.5 (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรัก ตัณฑุลเวศม์, 2547) ซึ่งจากการตรวจสอบค่าความเป็นกรด – ด่าง ในพื้นที่การเกษตรทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างพบว่ามีค่าความเป็นกรด – ด่าง อยู่ที่ 7.21 – 8.34 ซึ่งบ่งบอกถึงความเหมาะสมของน้ำที่สิ่งมีชีวิตสามารถเจริญได้ดี ส่วนปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen: DO) เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งบอกให้ทราบว่าน้ำนั้นมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำมากน้อยเพียงใด (กรมส่งเสริมสุขภาพสิ่งแวดล้อม, 2543) โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำดีจะมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ 5 – 8 mg/l และน้ำเสียจะมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่า 3 mg/l (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรัก ตัณฑุลเวศม์, 2547) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในแม่น้ำกกทุกจุดเก็บ

ตัวอย่างมีความเหมาะสมต่อการเจริญของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand, BOD) เป็นดัชนีสำคัญในการควบคุมสิ่งสกปรกในแหล่งน้ำ โดยแสดงถึงปริมาณการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ โดยน้ำที่มีค่า BOD สูงนั้นหมายถึงน้ำมีปริมาณการปนเปื้อนสารอินทรีย์มาก ในแหล่งน้ำธรรมชาติควรมีค่า BOD ไม่เกิน 6.0 mg/l ถ้า BOD มีค่าสูงเกินกว่า 10 mg/l จัดว่าเป็นน้ำเสีย (ชนินทร์ ทองธรรมชาติ, 2540) ส่วนปริมาณไนเตรทไนโตรเจน และปริมาณออร์โธฟอสเฟต มีค่าสูงที่สุดในจุดที่ 3 ของเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเดือนนี้เป็นช่วงหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต มีการไถพรวนดิน และใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารก่อนการปลูกพืชหมุนเวียน นอกจากนี้บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ยังเป็นพื้นที่ที่ติดกับแม่น้ำกกมากที่สุดและมีการปลูกพืชผักสวนครัว ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเร่งการเจริญเติบโต เมื่อมีการรดน้ำผักน้ำส่วนหนึ่งจะซึมลงในดิน และบางส่วนจะไหลลงสู่น้ำกก ทำให้มีปริมาณสารดังกล่าวค่อนข้างสูง สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของสารธาร ทองพร้อม (2560) ที่กล่าวว่าปริมาณไนเตรทไนโตรเจนสูงแสดงว่ามีการปนเปื้อนจากของเสีย สิ่งสกปรกจากชุมชน หรือการชะล้างของปุ๋ยบริเวณหน้าดินของพื้นที่การเกษตร

การตรวจสอบคุณภาพน้ำของแม่น้ำกกด้านชีวภาพ พบว่าปริมาณโคลิฟอร์มและฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีค่าสูงในทุกจุดเก็บตัวอย่างของเดือนตุลาคมโดยเฉพาะจุดที่ 3 มีค่าสูงที่สุด เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้มีการทำการเกษตรและมีพื้นที่ติดกับจุดเก็บตัวอย่างน้ำมากที่สุด โดยการปนเปื้อนของปริมาณโคลิฟอร์มมาจาก พืช และดิน (ประภาภรณ์ เรืองฤทธิ์, 2547) ส่วนการปนเปื้อนของฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียจะเป็นตัวบ่งบอกได้ถึงการปนเปื้อนของสิ่งขับถ่ายหรืออุจจาระ หรือการชะล้างปุ๋ยคอกลงสู่แม่น้ำ ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกพืชผักสวนครัวและใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอกเพื่อเร่งการเจริญของผักทำให้มีปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าสูงกว่าทุกจุด

สรุปผลการวิจัย

คุณภาพดินบริเวณพื้นที่ที่ทำการเกษตร ตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ทั้ง 3 บริเวณ มีความชื้นที่พอเหมาะ ค่าความเป็นกรด – ด่างโดยส่วนใหญ่จะมีค่ามากกว่า 7 บ่งบอกว่าดินมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อยซึ่งสามารถทำให้ดินมีสภาพเป็นกลางโดยเติมอินทรียวัตถุหรือปลูกพืชบำรุงดิน ปริมาณอินทรียวัตถุโดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงซึ่งเหมาะแก่การปลูกพืชทุกชนิด มีปริมาณฟอสฟอรัสตั้งแต่ต่ำถึงสูงมาก ส่วนใหญ่มีค่าสูงเพียงพอต่อความต้องการของพืช ปริมาณโพแทสเซียมมีค่าสูงมากทุกจุดซึ่งเพียงพอกับความต้องการของพืช มีปริมาณสารหนูอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษ และตรวจไม่พบปริมาณสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด

ส่วนคุณภาพน้ำจัดอยู่จัดอยู่ในระดับสารอาหารน้อยถึงปานกลาง (Oligotrophic – mesotrophic status) ถึงสารอาหารปานกลางถึงสูง (Mesotrophic - eutrophic status) หรือจัดอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนและสามารถใช้ในการเกษตรได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมี ในการทำวิจัย ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.กฤตวิชญ์ สุขอิ้ง ที่ให้คำปรึกษาในการทำแผนที่จุดเก็บตัวอย่างด้วยโปรแกรม GIS รวมถึงขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2546). **คู่มือการติดตามตรวจสอบและประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดผิวดิน.** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2558). **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย.** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2547). **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุย พืช ปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐาน สินคา เล่ม ที่ 2.** กรุงเทพมหาฯ : สำนักพิมพ์วิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). **คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร.

กองวิเคราะห์ดิน. (2540). **คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดินกับการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ.** กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

เกษมศรี ซับซ้อน. (2541). **ปฐพีวิทยา.** คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏจันทรเกษม. กรุงเทพฯ.

ธนา สมบัติทัฬห. 2557. **การประเมินสมบัติทางเคมีบางประการของดินในพื้นที่ จังหวัดแพร่ น่าน พะเยา เชียงราย.** รายงานประกอบการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน.

ธนิศรา อินทโสตถิ. (2549). **ความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำในลุ่มน้ำคำครอบคลุมอำเภอแม่จันและอำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ระหว่างเดือนตุลาคม 2546-2547**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปัทมา วิตยากร. (2547). **ความอุดมสมบรูณ์ของดินขั้นสูง.** ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. (2547). **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย.** สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช. (2553). **ลักษณะน้ำและการตรวจวัด.** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. (2551). **ความอุดมสมบรูณ์ของดิน.** ภาควิชาปฐพีศาสตร์ และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Bray, R.H. and Kurtz, L.T. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. **Soil Sci.** 59: 39-45.

Cope, J.T. Jr. and Kirkland, D.L.. (1975). Fertilizer recommendations and computer program key used by the soil testing laboratory. **Auburn Univ.** Agr. Exp. Sta. Cir. 176 p.

Das H.K., A. K. Mitra, P.K Sengupta, A. Hossain, F. Islam and G.H Rabbani. (2003). Arsenic concentrations in rice, vegetables, and fish in Bangladesh: a preliminary study. **Environmental International**, www.sciencedirect.com.

Googlemaps. (2560). ***แผนที่ทางอากาศของแม่น้ำกก.*** สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2560, จาก https://www.google.com.mm/maps/place/ตำบล+ริมกก+อำเภอเมืองเชียงราย+เชียงราย+ประเทศไทย/@19.9287448,99.8907514,1382m.

Greenberg, A.E., Clescerri, L.S. and Eaton, A.D. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association (APHA), Washington DC.

Official Methods of Analysis of AOAC International (2003) 17th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD.

Peech, M. (1965). *Soil pH by glass electrode pH meter.* Methods of Soil Analysis. Amer. Soc. Agro. No.9. Part 2. 60:914-925

Peerapornpisal, Y., Chaiubol, C., Kraibut, H., Chorum, M., Wannathong, P., Ngernpat, N., Jusakal, K., Thammathiwat, A., Chuananta, J. and Inthasotti, T. (2004). *The Monitoring of Water Quality in Ang Kaew Reservior of Chiang Mai University by Using Phytoplankton as Bioindicator from 1995-2002*. Chiang Mai Journal of science. 31: 85-94.

Walkley, A. and Black, I.A. (1947). *Chromic acid titration method for determination of soil organic matter*. Soil Sci. Amer. Proc. 63:257.

ความแปรผันของคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนในช่วงเวลาต่าง ๆ ระหว่างวัน กรณีศึกษา : เขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

VARIATION IN DOMESTIC WASTEWATER QUALITY AT DIFFERENT TIMES OF A DAY CASE STUDY: BAN KLONG MUNICIPALITY, MUANG DISTRICT, PHITSANULOK PROVINCE

ทัศวรรณ สิงห์มณี* อรชร ฉิมจารย์ และสุขสมาน สังโยคะ
Tasawan Singmanee* Orachorn Chimjan and Suksaman Sangyoka
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : Tasawan.s@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งในเขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ในช่วงเวลาต่าง ๆ ระหว่างวัน โดยนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจำนวน 2 จุด ได้แก่จุดที่ 1 บริเวณท่อน้ำทิ้งที่ปล่อยจากห้างสรรพสินค้าก่อนเข้าพื้นที่เขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง และจุดที่ 2 บริเวณปลายท่อน้ำเสียที่ปล่อยเข้าสู่คลองชลประทานเขตเทศบาลตำบลบ้านคลองทุกๆ 8 ชั่วโมงคือที่ เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. ในช่วงเดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 จากผลการศึกษาทั้ง 3 เดือน พบว่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าอยู่ระหว่าง 7.28-8.01 บีโอดี (BOD) มีค่าอยู่ระหว่าง 7.50-65.00 mg/L สารแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid) มีค่าอยู่ระหว่าง 133-299 mg/L ซัลไฟต์ (Sulfide) มีค่าอยู่ระหว่าง 8.36-9.51 mg/L สารละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid) มีค่าอยู่ระหว่าง 133-601mg/L ตะกอนหนัก (Settleable Solid) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-0.20 mg/L น้ำมันและไขมัน (Fat Oil & Grease) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.02-3.52 mg/L และทีเคเอ็น (TKN) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.001051-0.001996 mg/L เมื่อนำคุณภาพน้ำทิ้งมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท พบว่ามีดัชนีบางตัวอย่างยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ค่าบีโอดี (BOD) มีค่าอยู่ระหว่าง 7.5-65 mg/L สารแขวนลอย (Total Suspended Solid) มีค่าอยู่ระหว่าง 133-299 mg/L สารละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid) มีค่าอยู่ระหว่าง 133-601mg/L และค่าซัลไฟด์ (Sulfide) มีค่าอยู่ระหว่าง 8.36-9.51 mg/L หากน้ำทิ้งเหล่านี้ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

คำสำคัญ : น้ำทิ้งชุมชน คุณภาพน้ำ ความแปรผัน

Abstract

This study aimed to analyze the quality of wastewater in Ban Klong Municipality, Muang District, Phitsanulok Province, at different times of the day. It was compared with wastewater criteria standard for controlling the effluent from some buildings. Samples of effluent were collected from 2 sampling points every 8 hours at 7:00 am, 3:00 pm, and 11:00 pm during October to December 2017. The results of the 3 months study showed that pH value range of 7.28-8.01, BOD range of 7.50-65.00 mg/L, Total Suspended Solid (TSS) range of 133.00-299.00 mg/L, Sulfide range of 8.36-9.51 mg/L, Total Dissolved Solid (TDS) range of 133.00-601.00mg/L, Settleable Solid (SS) range of 0.00-0.20 mg/L, Fat Oil &Grease range of 0.02-3.52 mg/L, Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) range of 0.001051-0.001996 mg/L. The effluent quality was compared with the standard of wastewater effluent from some buildings found that some indexes have not yet passed the benchmark. If these effluents are released into the natural water source, they can affect the environment.

Keywords : domestic wastewater ,water quality, variability

บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นปัจจัยพื้นฐาน มีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้น้ำยังเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญไม่ว่าจะเป็นการผลิตในภาคการเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม หรือภาคบริการ โดยเฉพาะการผลิตในภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมซึ่งมีการใช้น้ำเป็นปริมาณมาก แม้ว่าน้ำจะเป็นทรัพยากรที่สามารถเกิดหมุนเวียนได้ แต่ทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ในโลกนี้มีปริมาณน้ำจืดที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ไม่ถึง 1 ใน 4 ของปริมาณน้ำบนโลก ปัจจุบันเรากำลังประสบปัญหาในเรื่องของทรัพยากรน้ำ โดยเฉพาะปัญหาการเกิดมลพิษทางน้ำซึ่งทำให้ความสามารถในการใช้น้ำคุณภาพดีมีน้อยลง สาเหตุส่วนใหญ่มาจากการกระทำของมนุษย์นั่นเอง จังหวัดพิษณุโลกจัดเป็นชุมชนที่มีขนาดใหญ่มากที่สุดแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง มีความเจริญตลอดจนมีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ และสังคมโดยเฉพาะในเขตพื้นที่เมือง การเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวของบ้านเรือน ร้านค้า หน่วยงานภาครัฐและเอกชน และห้างสรรพสินค้าในเขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง เป็นสาเหตุของการปล่อยสารมลพิษลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากเทศบาลตำบลบ้านคลองยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ผู้วิจัยเห็นว่าการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแหล่งน้ำ เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศระยะยาว ทำให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ จึงจะทำการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งชุมชนของเทศบาลตำบลบ้านคลองเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับเทศบาลตำบลบ้านคลองในการวางแผนแนวทางการแก้ไขและป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับแหล่งน้ำในเขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งในเขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยผู้วิจัยได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างไว้ 2 จุด คือ จุดที่ 1 บริเวณท่อน้ำทิ้งที่ปล่อยจากห้างสรรพสินค้าก่อนเข้าพื้นที่เขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง และจุดที่ 2 บริเวณปลายท่อน้ำเสียที่ปล่อยเข้าสู่คลองชลประทานเขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง (ดังแสดงในภาพที่ 1) เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการตรวจวิเคราะห์ในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม – ธันวาคม พ.ศ.2560 ใช้วิธีเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (Grab sample) ทุกๆ 8 ชั่วโมง ได้แก่ ที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. การเก็บตัวอย่างน้ำจะทำการเก็บตามกระแสน้ำไหล โดยเริ่มเก็บจากจุดที่ 1 ก่อนแล้วจึงไปเก็บจุดที่ 2



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งในเขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ตัวอย่างน้ำจะถูกเก็บรักษาไว้ในถังน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส เพื่อชะลอปฏิกิริยาทางชีววิทยาและลดการระเหยตัวของส่วนประกอบของสาร ก่อนนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการทางสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ทำการทดลอง

พารามิเตอร์ (Parameter)	วิธีวิเคราะห์ (Measurement Method)
พีเอช (pH)	Electrometric method
บีโอดี (BOD)	Azide Modification
สารแขวนลอยทั้งหมด (TSS)	Dried at 103 - 105 °C
สารละลายได้ทั้งหมด (TDS)	Dried at 103 - 105 °C
น้ำมันและไขมัน (Fat, oil and grease)	การสกัดด้วยกรวยแยก
ตะกอนหนัก (Total Settleable Solid)	Imhoff Cone
ซัลไฟต์ (Sulfide)	Titrate
ทีเคเอ็น (TKN)	Kjelal

หมายเหตุ : วิธีการตรวจสอบลักษณะน้ำทิ้งจากอาคารเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียใน Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association, AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ร่วมกันกำหนดไว้

ผลการวิจัย

จากการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งจำนวน 2 จุด แบ่งเป็นช่วงเวลาทุกๆ 8 ชั่วโมง คือ 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. ภายในเขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ในช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2560 ได้ผลดังนี้

1. พีเอช

จากการวิเคราะห์ค่าพีเอช ของจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 จุด พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 7.28 – 8.01 เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 เดือน พบว่าจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่า pH เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 7.44±0.08 7.51±0.06 และ 7.45±0.04 ตามลำดับ จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 มีค่า pH เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 7.61±0.11 7.64±0.10 และ 7.60±0.02 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า pH ของน้ำทิ้งในพื้นที่เทศบาล ตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวดพิษณุโลก

เวลา	เดือน			ค่าเฉลี่ย
	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	
		จุดที่ 1		
07.00 น.	7.51±0.18	7.40±0.10	7.40±0.02	7.44±0.08
15.00 น.	7.60±0.13	7.55±0.03	7.39±0.01	7.51±0.06
23.00 น.	7.44±0.02	7.52±0.08	7.38±0.01	7.45±0.04
ค่าเฉลี่ย	7.52±0.08	7.49±0.04	7.39±0.01	7.47±0.02
		จุดที่2		
07.00 น.	7.83±0.05	7.71±0.22	7.38±0.02	7.61±0.11
15.00 น.	7.74±0.01	7.57±0.18	7.51±0.01	7.64±0.10
23.00 น.	7.47±0.05	7.93±0.02	7.39±0.05	7.60±0.02
ค่าเฉลี่ย	7.68±0.02	7.74±0.11	7.43±0.02	7.62±0.05
ค่ามาตรฐาน pH ต้องมีค่าระหว่าง 5-9*				

*ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

2. บีโอดี

จากการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดีของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 2 จุด พบว่ามีค่าระหว่าง 7.5-65 mg/L เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 เดือน พบว่า จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่า BOD เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 23.87±10.87 31.83±7.87 และ 48.50±1.08 mg/L ตามลำดับ จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 มีค่า BOD เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 25.67±7.07 24.00±2.68 และ 22.00±2.55 mg/L ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่า BOD ของน้ำทิ้งในพื้นที่เทศบาล ตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

เวลา	เดือน			ค่าเฉลี่ย
	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	
	mg/L	mg/L	mg/L	
07.00 น.	45.00±21.21	7.50±3.54	19.00±1.41	23.83±10.87
15.00 น.	42.50±10.61	30.50±0.71	22.5±16.26	31.83±7.87
23.00 น.	49.50±3.54	62.50±5.66	33.50±4.24	48.50±1.08
ค่าเฉลีย	45.67±8.89	33.50±2.48	25.00±7.88	34.72±5.02
		จุดที่ 2		
07.00 น.	30.00±7.07	18.50±0.12	28.50±3.54	25.67±7.07
15.00 น.	31.00±0.00	19.00±0.71	22.00±4.95	24.00±2.68
23.00 น.	22.00±0.00	15.50±3.54	28.50±4.95	22.00±2.55
ค่าเฉลี่ย	27.67±4.08	17.64±1.83	26.33±0.81	23.89±3.18
ค่ามาตรฐาน BOD ต้องมีค่าไม่เกิน 20 มก./ล.*				

*ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

3. สารแขวนลอย

จากการตรวจวิเคราะห์ค่าสารแขวนลอยของจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 จุด พบว่ามีค่าระหว่าง 133-299 mg/L เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 เดือน พบว่า จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่า TSS เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 261.00±45.20 188.67±4.64 และ 23.67±2.40 mg/L ตามลำดับ จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 มีค่า TSS เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 174.00±79.90 200.00±48.77 และ 171.00±46.12 mg/L ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่า TSS ของน้ำทิ้งในพื้นที่เทศบาล ตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

เวลา	เดือน			ค่าเฉลี่ย
	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	
	mg/L	mg/L	mg/L	
		จุดที่ 1		
07.00 น.	284.00±144.18	228.00±33.95	19.00±12.50	261.00±45.20
15.00 น.	222.00±86.38	224.00±42.03	28.00±13.28	188.67±4.64
23.00 น.	277.00±54.15	114.00±141.94	24.00±17.00	23.67±2.40
ค่าเฉลี่ย	261.00±45.20	188.67±60.15	157.00±24.09	157.00±24.09
		จุดที่ 2		
07.00 น.	273.00±88.01	226.00±163.85	23.00±4.04	174.00±79.90
15.00 น.	299.00±92.15	261.00±82.20	40.00±3.15	200.00±48.77
23.00 น.	238.00±80.41	237.00±102.14	38.00±13.65	171.00±46.12
ค่าเฉลี่ย	270.00±5.95	241.33±46.30	33.67±5.82	181.70±18.78
ค่ามาตรฐาน TSS ต้องมีค่าไม่เกิน 30 มก./ล.*				

*ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

4. สารละลายได้ทั้งหมด

จากการตรวจวิเคราะห์ค่าสารละลายได้ทั้งหมดของจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 จุด พบว่ามีค่าระหว่าง 133-601 mg/L เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 เดือน พบว่า จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่า TDS เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 422.67±37.65 382.67±35.57 และ 279.00±64.25 mg/L ตามลำดับ จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 มีค่า TDS เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 250±21.95 439.67±48.34 และ 248±17.22 mg/L ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่า TDS ของน้ำทิ้งในพื้นที่เทศบาล ตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

เวลา	เดือน			ค่าเฉลี่ย
	ตุลาคม mg/L	พฤศจิกายน mg/L	ธันวาคม mg/L	
		จุดที่ 1		
07.00 น.	403.00±49.12	343.00±98.65	522.00±24.76	422.67±37.65
15.00 น.	358.00±20.82	268.00±78.50	522.00±13.61	382.67±35.57
23.00 น.	347.00±70.47	282.00±162.58	208.00±140.87	279.00±64.25
ค่าเฉลี่ย	369.33±24.91	276.67±45.02	417.33±70.48	361.45±15.99
		จุดที่ 2		
07.00 น.	393.00±74.47	183.00±34.43	174.00±70.04	250±21.95
15.00 น.	468.00±49.32	250.00±135.90	601.00±55.37	439.67±48.34
23.00 น.	360.00±3.00	133.00±32.75	251.00±32.91	248.00±17.22
ค่าเฉลี่ย	407.00±36.25	188.70±59.07	342.00±1.70	312.56±16.77
		ค่ามาตรฐาน TDS ต้องมีค่าไม่เกิน 500 มก./ล.*		

*ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

5. ซัลไฟต์

จากการตรวจวิเคราะห์ค่าซัลไฟต์ของจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 จุด พบว่ามีค่าระหว่าง 8.36-9.51 mg/L เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 เดือน พบว่า จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่าซัลไฟต์ เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 8.84±0.13 8.90±0.12 และ 8.82±0.12 ตามลำดับ จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 มีค่าซัลไฟต์ เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 8.95±0.36 9.23±0.14 และ 9.32±0.19 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าซัลไฟต์ของน้ำทิ้งในพื้นที่เทศบาล ตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

เวลา	เดือน			ค่าเฉลี่ย
	ตุลาคม mg/L	พฤศจิกายน mg/L	ธันวาคม mg/L	
		จุดที่ 1		
07.00 น.	8.84±0.08	9.02±0.34	9.02±0.20	8.84±0.13
15.00 น.	9.07±0.73	9.24±0.61	8.40±0.50	8.90±0.12
23.00 น.	8.36±0.20	8.67±0.13	9.42±0.68	8.82±0.30
ค่าเฉลี่ย	8.64±0.35	8.98±0.24	8.95±0.24	8.85±0.10
		จุดที่ 2		
07.00 น.	8.98±0.00	8.93±0.20	8.93±0.69	8.95±0.36
15.00 น.	9.11±0.08	9.33±0.23	9.24±0.35	9.23±0.14
23.00 น.	9.38±0.08	9.07±0.13	9.51±0.43	9.32±0.19
ค่าเฉลี่ย	9.10±0.05	9.11±0.05	9.23±0.18	9.17±0.12
		ค่ามาตรฐาน Sulfide ต้องมีค่าไม่เกิน 1.0 มก./ล.*		

*ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

6. ไนโตรเจน

จากการตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 2 จุด พบว่ามีค่าระหว่าง $10.51*10^{-4}$±$19.96*10^{-4}$ mg/L เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 เดือน พบว่า จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่าไนโตรเจน เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ23.00 น. เท่ากับ $13.54*10^{-4}$±$0.90*10^{-4}$ $16.34*10^{-4}$±$1.00*10^{-4}$ และ $17.04*10^{-4}$±$6.30*10^{-4}$ mg/L ตามลำดับ จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 มีค่าไนโตรเจน เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ $11.44*10^{-4}$±$2.70*10^{-4}$ $14.71*10^{-4}$±$1.40*10^{-4}$ และ $14.71*10^{-4}$±$1.40*10^{-4}$ mg/L ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าไนโตรเจนของน้ำทิ้งในพื้นที่เทศบาลตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

เวลา	เดือน			ค่าเฉลี่ย
	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	
	mg/L	mg/L	mg/L	
จุดที่ 1				
07.00 น.	$13.31*10^{-4}$±$4.90*10^{-4}$	$13.60*10^{-4}$±$4.50*10^{-4}$	$13.66*10^{-4}$±$3.20*10^{-4}$	$13.54*10^{-4}$±$0.90*10^{-4}$
15.00 น.	$17.86*10^{-4}$±$2.50*10^{-4}$	$15.41*10^{-4}$±$4.50*10^{-4}$	$15.76*10^{-4}$±$4.00*10^{-4}$	$16.34*10^{-4}$±$1.00*10^{-4}$
23.00 น.	$17.86*10^{-4}$±$1.19*10^{-4}$	$19.26*10^{-4}$±$1.00*10^{-4}$	$14.01*10^{-4}$±$5.40*10^{-4}$	$17.04*10^{-4}$±$6.30*10^{-4}$
ค่าเฉลี่ย	$16.34*10^{-4}$±$4.90*10^{-4}$	$16.11*10^{-4}$±$2.00*10^{-4}$	$14.48*10^{-4}$±$1.10*10^{-4}$	$15.64*10^{-4}$±$3.40*10^{-4}$
จุดที่ 2				
07.00 น.	$10.86*10^{-4}$±$8.40*10^{-4}$	$12.2*10^{-4}$±$7.90*10^{-4}$	$11.21*10^{-4}$±$3.50*10^{-4}$	$11.44*10^{-4}$±$2.70*10^{-4}$
15.00 น.	$18.21*10^{-4}$±$4.50*10^{-4}$	$10.51*10^{-4}$±$4.50*10^{-4}$	$15.76*10^{-4}$±$2.00*10^{-4}$	$14.71*10^{-4}$±$1.40*10^{-4}$
23.00 น.	$19.96*10^{-4}$±$9.40*10^{-4}$	$16.46*10^{-4}$±$4.50*10^{-4}$	$18.5*10^{-4}$±$13.40*10^{-4}$	$18.33*10^{-4}$±$4.50*10^{-4}$
ค่าเฉลี่ย	$13.40*10^{-4}$±$2.10*10^{-4}$	$13.06*10^{-4}$±$2.00*10^{-4}$	$15.18*10^{-4}$±$6.20*10^{-4}$	$14.83*10^{-4}$±$1.60*10^{-4}$
ค่ามาตรฐาน TKN ต้องมีค่าไม่เกิน 35 มก./ล.*				

*ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

7. ไขมันและน้ำมัน

จากการตรวจวิเคราะห์ค่าไขมันและน้ำมันของจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 จุด พบว่ามีค่าระหว่าง 0.02-3.52 mg/L เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 เดือน พบว่า จุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่าไขมันและน้ำมัน เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 0.11 1.27 และ 0.08 mg/L ตามลำดับ จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 มีค่าไขมันและน้ำมัน เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 0.09 0.12 และ 0.10 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าไขมันและน้ำมันของน้ำทิ้งในพื้นที่เทศบาล ตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

เวลา	เดือน			ค่าเฉลี่ย
	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	
	mg/L	mg/L	mg/L	
จุดที่ 1				
7.00 น.	0.16	0.08	0.08	0.11±0.04
15.00 น.	0.12	3.52	0.16	1.27±1.75
23.00 น.	0.15	0.05	0.05	0.08±0.05
ค่าเฉลี่ย	0.14±0.02	1.22±1.78	0.10±0.05	0.61±0.88
จุดที่ 2				
7.00 น.	0.13	0.06	0.07	0.09±0.03
15.00 น.	0.19	0.08	0.08	0.12±0.06
23.00 น.	0.14	0.10	0.05	0.10±0.05
ค่าเฉลี่ย	0.15±0.03	0.08±0.02	0.07±0.01	0.01±0.01
ค่ามาตรฐาน น้ำมันและไขมัน ต้องมีค่าไม่เกิน 20 มก./ล.*				

*ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

8. ตะกอนหนัก

จากการตรวจวิเคราะห์ค่าตะกอนหนักของจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 จุด พบว่ามีค่าระหว่าง 0-0.2 mg/L เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 เดือน พบว่าจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่าตะกอนหนัก เฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 0.03 0.07 และ 0.00 ตามลำดับ จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 มีค่าตะกอนหนักเฉลี่ยที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. เท่ากับ 0.00 0.1 และ 0.00 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าตะกอนหนักของน้ำทิ้งในพื้นที่เทศบาล ตำบลบ้านคลอง อำภอเมือง จังหวดพิษณุโลก

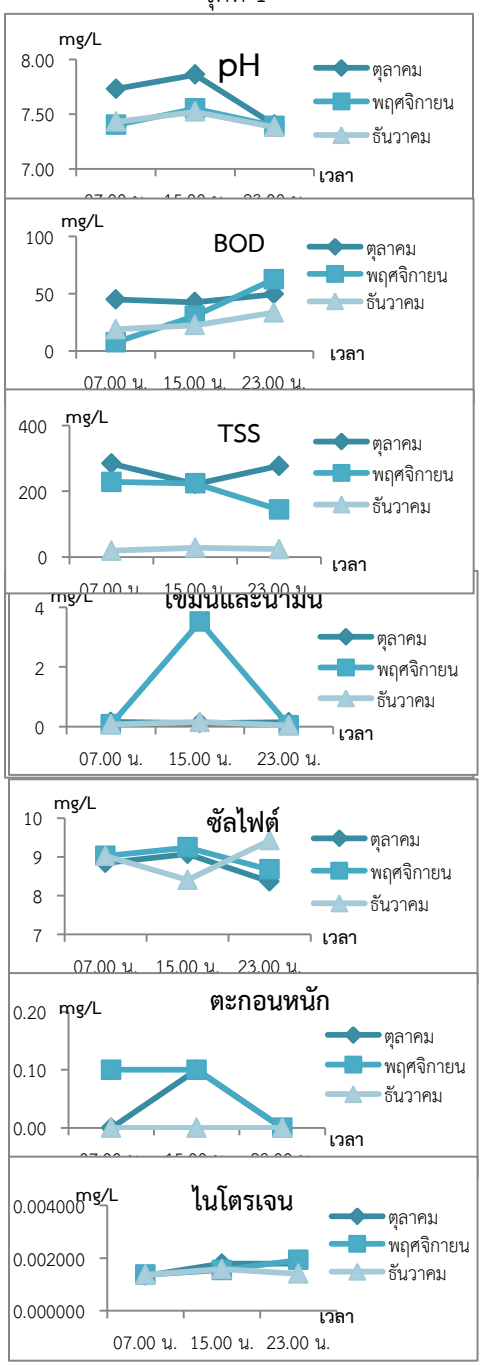
เวลา	เดือน			ค่าเฉลี่ย
	ตุลาคม mg/L	พฤศจิกายน mg/L	ธันวาคม mg/L	
		จุดที่ 1		
7.00	0.00	0.10	0.00	0.03±0.05
15.00	0.10	0.10	0.00	0.07±0.05
23.00	0.00	0.00	0.00	0.00±0.00
ค่าเฉลี่ย	0.03±0.05	0.07±0.05	0.00±0.00	0.03±0.03
		จุดที่ 2		
7.00	0.00	0.00	0.00	0.00±0.00
15.00	0.20	0.10	0.00	0.10±0.09
23.00	0.00	0.00	0.00	0.00±0.00
ค่าเฉลี่ย	0.07±0.10	0.03±0.05	0.00±0.00	0.05±0.05
		ค่ามาตรฐาน ตะกอนหนัก ต้องมีค่าไม่เกิน 0.5 มก./ล.*		

*ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

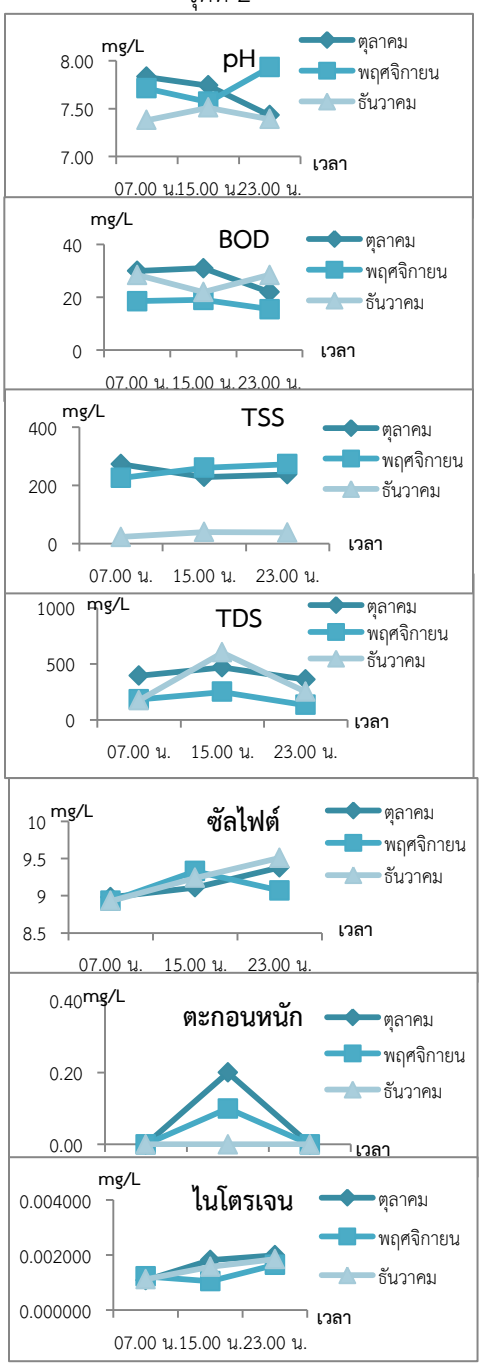
อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาอิทธิพลของเวลาต่อคุณภาพน้ำทิ้งในเขตเทศบาลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 2 จุด ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ 8 ชั่วโมง คือที่เวลา 07.00 น. 15.00 น. และ 23.00 น. โดยที่เวลา 07.00 น. เป็นตัวแทนของเวลาที่ประชาชนกำลังเตรียมตัวออกเดินทางไปเรียนหนังสือหรือทำงาน ช่วงเวลา 15.00 น. เป็นตัวแทนของเวลาที่ประชาชนอยู่ในที่ทำงานหรือสถานประกอบการ และช่วงเวลา 23.00 น. เป็นตัวแทนของเวลาที่ประชาชนทำภารกิจส่วนตัวก่อนพักผ่อนหลับนอน

จุดที่ 1



จุดที่ 2



ดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวิเคราะห์นำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งตามคุณภาพประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548 พบว่าจะมีค่าในบางจุดที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก ดัชนีคุณภาพน้ำที่ผ่านเกณฑ์ได้แก่ ค่าพีเอช ไขมันและน้ำมัน ไนโตเจน ตะกอนหนัก สำหรับค่าดัชนีคุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ได้แก่ ค่าบีโอดี สารแขวนลอย สารละลายได้ทั้งหมด และค่าซัลไฟต์ โดย

เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวันพบว่าไม่มีค่าสัมพันธ์อย่างมีรูปแบบกับเวลา แต่จะแปรผันกับกิจกรรมในช่วงเวลานั้นๆ ของประชาชน (เฌอพัชญ์ ขาวเอี่ยม และคณะ, 2559)

ค่าบีโอดีที่ตรวจวัดได้มีค่าระหว่าง 7.50-65.00 mg/L ในขณะที่เกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก กำหนดต้องมีค่าไม่เกิน 20 mg/Lค่าบีโอดีในน้ำทิ้งชุมชนจะเกี่ยวของกับสารอินทรีย์ น้ำมันและไขมันที่ปนเปื้อนมากับน้ำนั้นหากน้ำมีปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนสูงจะส่งผลให้จุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นจำนวนมากทำให้ค่าบีโอดีสูงตามไปด้วย เราสามารถลดความสกปรกของน้ำโดยการแยกเศษอาหาร น้ำมันและไขมันด้วยการใช้ถังดักไขมันเพื่อแยกเศษอาหารและไขมันไม่ให้ไหลปนไปกับน้ำทิ้ง ซึ่งจะเป็นการช่วยรักษาสภาพน้ำในขั้นต้นและลดความสกปรกก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้

ค่าสารแขวนลอยที่ตรวจวัดได้มีค่าระหว่าง 133.00-299.00 mg/L ในขณะที่เกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก กำหนดต้องมีค่าไม่เกิน 30 mg/L ของแข็งแขวนลอยเป็นของแข็งชนิดที่มีน้ำหนักเบาและแขวนลอยอยู่ในน้ำ ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำนี้อาจสร้างปัญหาในการอุดตันเครื่องเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสีย และถ้าปล่อยทิ้งในปริมาณมากจะทำให้เกิดความสกปรกและตื้นเขินในลำน้ำธรรมชาติ ตลอดจนบดบังแสงแดดที่ส่องลงสู่ท้องน้ำ

ค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมดที่ตรวจวัดได้มีค่าระหว่าง 133.00-601.00 mg/L ในขณะที่เกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก กำหนดต้องมีค่าไม่เกิน 500 mg/L ของแข็งที่ละลายน้ำจะส่งผลต่อความสกปรกในน้ำที่อยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ที่เป็นไอออนบวกหรือไอออนลบ เช่น Na^+, Ca^+ และ HCO_3^- เป็นต้น สารที่ละลายได้ทั้งหมดที่อยู่ในน้ำได้แก่ พวกสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่นแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม ในรูปของสารไบคาร์บอเนต

ค่าซัลไฟต์ที่ตรวจวัดได้มีค่าระหว่าง 8.36-9.51 mg/L ในขณะที่เกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก กำหนดต้องมีค่าไม่เกิน 1.0 mg/L สารประกอบซัลเฟอร์ในรูปซัลเฟตจะละลายได้ดี ซัลไฟต์ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำจะส่งผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิต หากการรวมตัวกับก๊าซไฮโดรเจนจะกลายเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟต์ (H_2S) ซึ่งที่เป็นก๊าซที่ไม่มีสีมีกลิ่นคล้ายไข่เน่ามีความเป็นพิษไม่ติดไฟเกิดขึ้นในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน และหากรวมตัวกับเหล็กจะเกิดเป็นสีดำของซัลไฟต์ (Fes) ทำให้เกิดความน่ารังเกียจของแหล่งน้ำนั้น (กาญจนาพร คำภู่, 2560)

สรุปผลการวิจัย

จากการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งในเขตเทศบาลตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ในช่วงเดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจำนวน 2 จุด ทุกๆ 8 ชั่วโมง พบว่า ดัชนีคุณภาพน้ำ ค่าพีเอช ไขมันและน้ำมัน ไนโตรเจน และตะกอนหนัก มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548 แต่มีดัชนีคุณภาพน้ำค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายได้ทั้งหมดและซัลไฟต์ ที่ไม่ผ่านมาตรฐานในบางเวลา ดังนั้นเทศบาลตำบลบ้านคลองจึงควรหาวิธีการในการบำบัดน้ำทิ้งในเบื้องต้นก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติเพราะในระยะยาวอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำปลายทางที่รองรับน้ำเสียนี้ได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานเทศบาลตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลกในการติดต่อประสานงาน และให้ความอนุเคราะห์ในเปิดท่อน้ำทิ้ง และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่สนับสนุนการทำงานวิจัยเรื่องนี้

เอกสารอ้างอิง

กาญจนาพร คำภู่ สุขสมาน สังโยคะ และอรชร ฉิมจารย์. (2560). **คุณภาพน้ำทิ้งของชุมชนบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว).** การนำเสนอผลวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึก มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือครั้งที่ 17. พิษณุโลก. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

เฌอพัชญ์ ขาวเอี่ยม อรชร ฉิมจารย์ และสุขสมาน สังโยคะ. (2559). **คุณภาพน้ำทิ้งชุมชนในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก**. การประชุมวิชาการระดับชาติเครือข่ายวิจัยสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศครั้งที่ 11 “เครือข่ายวิจัยอุดมศึกษา สานพลังประชารัตน์”. นครราชสีมา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

การพัฒนาแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน เรื่อง แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์

DEVELOPMENT OF INFOGRAPHICS MEDIA ANIMATION USING VIRTUAL MEDIA TECHNIQUES ON THE SMARTPHONE FOR TOURISM IN NAKHON SAWAN

ธนวัฒน์ ถาวรกูล* สุรพงษ์ วิริยะ และ นวรัตน์ กฤชรัตนศักดิ์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา นครสวรรค์
*corresponding author e-mail : thanawat.jayjay@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาเทคโนโลยีการท่องเที่ยวในจังหวัดนครสวรรค์ใช้การวิเคราะห์ผลจากแบบสอบถาม โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการท่องเที่ยวโดยใช้สื่อเสมือนจริง และเพื่อช่วยส่งเสริมการประชาสัมพันธ์ และการให้ความรู้ผ่านสื่อเสมือนจริงของสถานที่ท่องเที่ยว โดยการทำเทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality) เก็บไว้ใน Device Database ที่มีบนสมาร์ทโฟนมาใช้ในการแสดงแอนิเมชั่นสื่ออินโฟกราฟิก พร้อมทั้งยังให้ความรู้ของสถานที่ท่องเที่ยวนั้น โดยผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ =3.86, S.D.=0.27) และประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานอยู่ในระดับดีมาก

คำสำคัญ : สื่อเสมือนจริง สื่ออินโฟกราฟิก สมาร์ทโฟน

Abstract

This research paper presents the development of tourism technology in Nakhon Sawan Province. To develop tourism technology using virtual media. And to help promote public relations. And the virtual media of the tourist attractions. By Augmented Reality technology on the smartphone used to display animation media Infographic. And also the knowledge of the place. The results of quality assessment from the experts were good ($\bar{x}$ = 3.86, S.D. = 0.27) and the satisfaction of the sample was very good.

Keywords : virtual media, infographic, smartphone

บทนำ

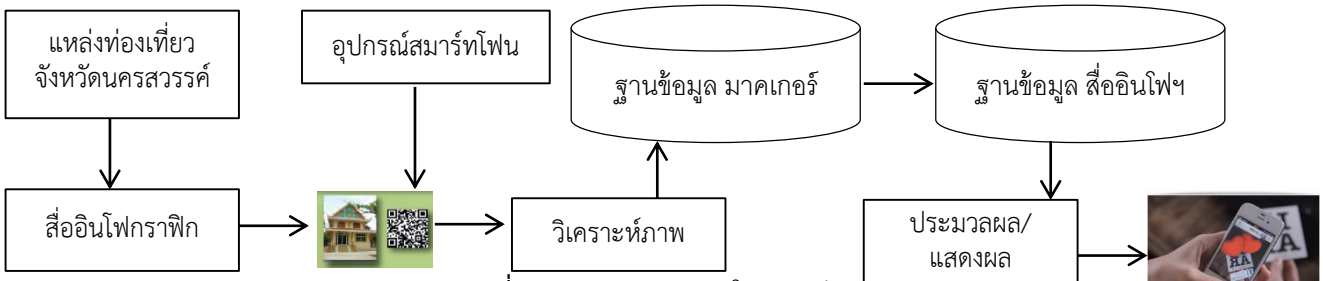
นครสวรรค์เป็นจังหวัดที่มีประวัติยาวนานมาตั้งแต่สมัยยุคก่อนประวัติศาสตร์ ดังปรากฏหลักฐานแหล่งโบราณคดีหลายแห่ง เช่น แหล่งโบราณคดีบ้านใหม่ชัยมงคล ตำบลสร้างทอง อำเภอตาคลี นับเป็นเครื่องยืนยันแหล่งทำกิน แหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์แหล่งหนึ่งในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างในสมัยสุโขทัยและอยุธยา นครสวรรค์จัดเป็นเมืองหน้าด่านและจุดพักทัพที่สำคัญในการทำศึกสงครามทั้งกับพม่าและหัวเมืองฝ่ายเหนือ นอกจากนั้นยังเป็นย่านการค้าแลกเปลี่ยนสินค้ากันระหว่างภาคกลางกับภาคเหนือ ที่ขนส่งมาทางเรือ ผ่านแม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน ที่ไหลมารวมกัน เป็นต้น จากแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดนครสวรรค์ (พ.ศ. 2559) และร่างยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดนครสวรรค์ (พ.ศ. 2561 – 2564) ในยุทธศาสตร์ที่ 2 การส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ธรรมชาติ และสุขภาพ กลยุทธ์ที่ 1 การพัฒนาและยกระดับแหล่งท่องเที่ยวเชิง

วัฒนธรรมและธรรมชาติ ได้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาและยกระดับแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม เพื่อเพิ่มรายได้จากการท่องเที่ยวให้กับจังหวัด

จังหวัดนครสวรรค์เป็นจังหวัดหนึ่งที่มีสถานที่ท่องเที่ยวมากมาย ซึ่งคนต่างจังหวัดที่มาเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์อาจจะยังไม่รู้จักสถานที่ท่องเที่ยว ทางผู้จัดทำได้มองว่าเป็นปัญหาหนึ่งที่ควรได้รับการแก้ไข จึงได้มีแนวคิดในการที่จะเสริมการประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัดนครสวรรค์ให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น

เพื่อเป็นการส่งเสริมและประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้นโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริง ทางผู้จัดทำจึงได้มีแนวคิดจัดทำแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน เรื่อง แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์เพื่อเป็นการแนะนำสถานที่ท่องเที่ยว และข้อมูลคร่าว ๆ ของสถานที่นั้น ๆ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นให้ผู้ให้แก่นักท่องเที่ยวอีกด้วย และการที่แหล่งท่องเที่ยวจะเข้าถึงกลุ่มนักท่องเที่ยวได้นั้น จึงนำเทคโนโลยีสามารถเข้าไปมีบทบาทในการนำเทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality) เพื่อเพิ่มความสนใจในการท่องเที่ยวอีกด้วย

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การกำหนดความต้องการของแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน เรื่อง แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์

1. ผู้ใช้งาน คือ เพื่อเป็นการส่งเสริมในเรื่องของการท่องเที่ยว ของจังหวัดนครสวรรค์ เพื่อให้ผู้ที่มาท่องเที่ยวได้รับรู้ถึงแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดนครสวรรค์ในรูปแบบแอนิเมชันสื่อเสมือนจริง

2. ผู้ออกแบบสื่อมัลติมีเดีย คือ ผู้พัฒนาระบบสามารถพัฒนาสื่อเสมือนจริงเพื่อให้นักท่องเที่ยวได้ทำความเข้าใจเนื้อหาของแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ในจังหวัดนครสวรรค์ที่นำเสนอได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นเพื่อ

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ในการพัฒนาแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกของแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดเทคนิคเออาร์โค๊ด (Development of Infographics for Nakhon Sawan Tourist Attraction by Using AR Code)โดยมีขั้นตอนดังนี้

1 เขียนเนื้อเรื่อง (Story)

2 เขียนบทภาพ (Storyboard)

3 นำแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกของแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ เข้าเทคนิค AR Code

เขียนเนื้อเรื่อง (Story)

การเขียนเนื้อเรื่องการพัฒนาแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน เรื่อง แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์(Development of Infographics Media Animation Using Virtual Media Techniques on the Smartphone for Tourism in Nakhon Sawan) ต้องมีเนื้อหาสอดคล้องกับข้อมูลที่เรารวบรวมมา และปรับแต่งให้เป็นเรื่องราวที่น่าสนใจและ สร้างเนื้อหาของสื่อแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกของแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ โดยมีเนื้อหา

อ้างอิงจากหนังสือคู่มือท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ โดยมีสถานที่ท่องเที่ยวทั้งหมด 15 ที่ท่องเที่ยว 15 อำเภอในจังหวัดนครสวรรค์ โดยมีสถานที่ท่องเที่ยว ดังนี้ 1) อำเภอเมืองฯ วัดคีรีวงศ์ 2) อำเภอบรรพตพิสัย เขาหน่อ เขาแก้ว 3) อำเภอชุมแสง วัดเกยไชยเหนือ 4) อำเภออำเภอชุมตาบง ทุ่งหินเทิน 5) อำเภอลาดยาว วัดลาดยาว 6) อำเภอแม่เปิน น้ำตกแม่กะสี 7) อำเภอแม่วงก์ แก่งเกาะใหญ่-ลานนกยูง 8) อำเภอหนองบัว วัดหนองกลับ 9) อำเภอไพศาลี น้ำตกซับสมบูรณ์ 10) อำเภอพยุหะคีรี วัดพระปรางค์เหลือง 11) อำเภอท่าตะโก วัดป่าสิริวัฒนวิสุทธ์ 12) อำเภอเก้าเลี้ยว วัดเขาดินใต้ 13) อำเภอตากฟ้า ทุ่งทานตะวัน 14) อำเภอโกรกพระ วัดบางมะฝ่อ 15) อำเภอตาคลี พิพิธภัณฑ์วัดจันเสน

2. พัฒนาสื่อแอนิเมชัน สถานที่ท่องเที่ยวภายในจังหวัดนครสวรรค์

3. ระยะเวลาของแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกของแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ สถานที่ท่องเที่ยวละ 20 – 40 วินาที

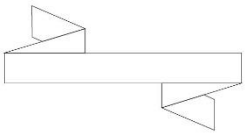
4. แอนิเมชันสื่อเสมือนจริง ประกอบด้วยภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียงบรรยาย และเสียงประกอบ

5. มีขนาดภาพ 1280 x 720 พิกเซล (16:9)

เขียนบทภาพ (Storyboard)

การทำสตอรี่บอร์ดเป็นการสร้างตารางขึ้นมาเพื่อร่างภาพลงไปตามลำดับเหตุการณ์ขั้นตอนของเรื่องตั้งแต่ต้นจนจบซึ่งหากมีข้อที่ต้องแก้ไขใด ๆ เกิดขึ้นก็สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้การทำสตอรี่บอร์ดจะเป็นตัวกำหนดในการทำงานอื่น ๆ ไปด้วยเช่นเสียงพากย์เสียงดนตรีเสียงประกอบอื่น ๆ จึงเป็นการร่างภาพพร้อมกับระบุรายละเอียดที่จำเป็นต้องทำลงไปตามตัวอย่าง

ตารางที่ 1 การทำสตอรี่บอร์ด

ลำดับ	รูปภาพ	รายละเอียด
1		ขนาดภาพ: Long Shot มุมกล้อง: Eye Level เชื่อมภาพ: Wipe Sound: Cinematic Inspirational Music Instrumental บทบรรยาย: วัดคีรีวงศ์
2		ขนาดภาพ: Long Shot มุมกล้อง: Eye Level เชื่อมภาพ: Wipe Sound: Cinematic Inspirational Music Instrumental บทบรรยาย: เมื่อเดินทางถึงองค์พระเจดีย์จะสามารถชมทัศนียภาพของตัวเมืองนครสวรรค์
3		ขนาดภาพ: Long Shot มุมกล้อง: Eye Level เชื่อมภาพ: Wipe Sound: Cinematic Inspirational Music Instrumental บทบรรยาย: พระจุฬามณีเจดีย์ เป็นองค์เจดีย์ขนาดใหญ่ มีทั้งหมดสี่ชั้น

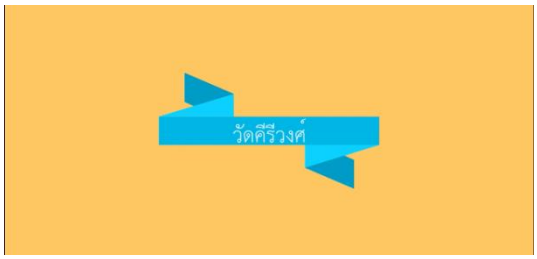
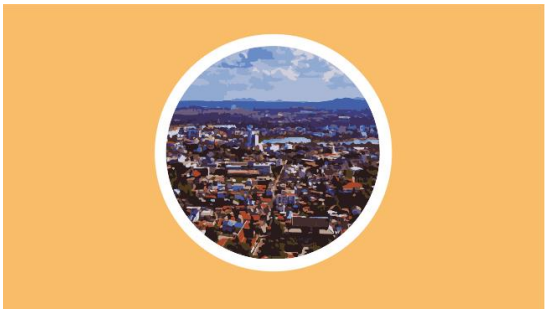
การพัฒนาและทดสอบ

เมื่อศึกษาและออกแบบสื่อแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกของแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ จากแผ่นผับที่สำนักงานการท่องเที่ยวและการกีฬา ได้นำมาพัฒนา ดังนี้

เนื้อเรื่องสถานที่ท่องเที่ยว จังหวัดนครสวรรค์

เมื่อเปิดจะเข้าสู่แอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน เรื่อง แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ซึ่งมีตัวอย่างเนื้อหา ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เนื้อเรื่องสถานที่ท่องเที่ยว จังหวัดนครสวรรค์

ลำดับ	รูปภาพ	รายละเอียด
1		ขนาดภาพ: Long Shot มุมกล้อง: Eye Level เชื่อมภาพ: Wipe Sound: Cinematic Inspirational Music Instrumental บทบรรยาย: วัดคีรีวงศ์
2		ขนาดภาพ: Long Shot มุมกล้อง: Eye Level เชื่อมภาพ: Wipe Sound: Cinematic Inspirational Music Instrumental บทบรรยาย: เมื่อเดินทางถึงองค์พระเจดีย์จะสามารถชมทัศนียภาพของตัวเมืองนครสวรรค์ได้
3		ขนาดภาพ: Long Shot มุมกล้อง: Eye Level เชื่อมภาพ: Wipe Sound: Cinematic Inspirational Music Instrumental บทบรรยาย: พระจุฬามณีเจดีย์ เป็นองค์เจดีย์ขนาดใหญ่ มีทั้งหมดสี่ชั้น



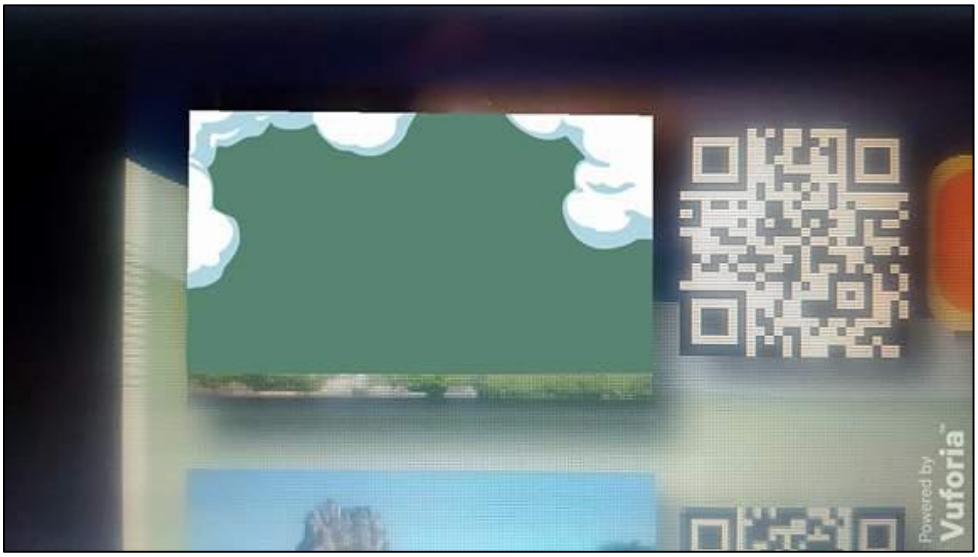
ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างขั้นตอนการนำเข้าโปรแกรมยูนิตี้ เพื่อสร้าง AR Code

การทดสอบแอนิเมชัน

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสื่อหลังจากสร้างสื่อเสร็จสิ้นได้ทดสอบการทำงานของการสแกนมาร์คเกอร์ และการแสดงผลทั้งภาพและเสียงบรรยายด้วยตัวผู้วิจัย และผู้เชี่ยวชาญ เมื่อพบข้อผิดพลาดจะนำมาปรับปรุงแก้ไขจนแน่ใจได้ว่าสื่อนี้ไม่เกิดข้อผิดพลาดและได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 3 ภาพแสดงแผ่นพับมาคเกอร์



ภาพที่ 4 ภาพแสดงตัวอย่างการแสกนมาคเกอร์เพื่อเล่นแอนิเมชั้น

ผลการวิจัย

จากการพัฒนาแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน เรื่อง แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ นั้นทางผู้วิจัยได้นำสื่อไปให้ผู้เชี่ยวชาญได้ทำการประเมินคุณภาพของสื่อ จำนวน 3 ท่าน ดังแสดงผลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินคุณภาพของสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ	3.92	0.14	ดี
2. ด้านภาพและเสียง	4.00	0.29	ดี
3. ด้านเทคนิคที่ใช้งาน	3.67	0.38	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	**3.86**	**0.27**	**ดี**

ผลการประเมิน แอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน เรื่อง แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยแยกประเมินคุณภาพเป็นด้านทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.92 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี ด้านภาพและเสียงพบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.00 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี ด้านเทคนิคพบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.67 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี และภาพรวมของทั้ง 3 ด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.86 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างของผู้ใช้งานจำนวน 80 คน ที่มีต่อสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน เรื่อง แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของสื่อเสมือนจริง 3 มิติของกลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวจำนวน 80 คน

ความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านเนื้อหา			
1.1) มีความครอบคลุมสถานที่ท่องเที่ยวและแหล่งสำคัญ	4.6375	0.637255	มาก
1.2) มีความเข้าใจง่าย	4.85	0.357071	มาก
1.3) มีความถูกต้อง	4.9	0.3	มาก
1.4) ระยะเวลามีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.575	0.627993	มาก
2. ด้านกราฟฟิกและแอนิเมชั่น			
2.1) กราฟิกมีความทันสมัย	4.775	0.473682	มาก
2.2) จังหวะการสับเปลี่ยนภาพและฉาก	4.8875	0.315981	มาก
2.3) สีสันมีความเหมาะสมกับงาน	4.925	0.263391	มาก
2.4) ระยะเวลาของสื่อมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.7875	0.517053	มาก
3. ด้านเสียงบรรยาย			
3.1) จังหวะในการพูดบรรยาย	4.8875	0.353332	มาก
3.2) ใช้น้ำเสียงเข้าใจง่าย	4.8625	0.344374	มาก
3.3) ด้านเสียงรบกวน	4.5625	0.496078	มาก
3.4) ความกระชับในการใช้คำพูด	4.9625	0.189984	มาก
4. ความพึงพอใจในภาพรวม	4.9625	0.189984	มาก

ผลการวิจัยพบว่าประชาชนผู้มาเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์โดยผ่านทางสำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 80 คน จากกลุ่มตัวอย่าง มีความพึงพอใจสื่อทั้งหมด 4 ด้านอยู่ในระดับ ดีมากและดี โดยมีหัวข้อที่ประเมินคือ 1. ด้านเนื้อหา มีความครอบคลุมสถานที่ท่องเที่ยวและแหล่งสำคัญ มีค่าเฉลี่ย 4.6375 ส่วนเบี่ยงเบน 0.637255 ระดับความพึงพอใจมากที่สุด มีเนื้อหาเข้าใจง่าย มีค่าเฉลี่ย 4.85ส่วนเบี่ยงเบน 0.357071 ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด มีความถูกต้อง มีค่าเฉลี่ย 4.9ส่วนเบี่ยงเบน 0.3 ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด ระยะเวลามีความเหมาะสมกับเนื้อหา ค่าเฉลี่ย 4.575 ส่วนเบี่ยงเบน 0.627993 ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด 2. ด้านกราฟฟิกและแอนิเมชั่น กราฟิกมีความทันสมัย ค่าเฉลี่ย 4.775 ส่วนเบี่ยงเบน 0.473682 ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด จังหวะการสับเปลี่ยนภาพและฉาก ค่าเฉลี่ย 4.7875 ส่วนเบี่ยงเบน 0.315981 ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด ระยะเวลาของสื่อมีความเหมาะสมกับเนื้อหา ค่าเฉลี่ย 4.7875 ส่วนเบี่ยงเบน 0.517053 ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด 3. ด้านเสียงบรรยาย จังหวะในการพูดบรรยายค่าเฉลี่ย 4.8875 ส่วนเบี่ยงเบน 0.353332 ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด ใช้น้ำเสียงเข้าใจง่ายค่าเฉลี่ย 4.8625 ส่วนเบี่ยงเบน 0.344374 ระดับความพึงพอใจมากที่สุด ด้านเสียงรบกวนค่าเฉลี่ย 4.5625 ส่วนเบี่ยงเบน 0.496078 ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด ความกระชับในการใช้คำพูดค่าเฉลี่ย 4.9625ส่วนเบี่ยงเบน 0.189984 ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด 4. ความพึงพอใจในภาพรวม ค่าเฉลี่ย 4.9625 ส่วนเบี่ยงเบน 0.189984 ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน เรื่อง แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ เพื่อเป็นสื่อในการเผยแพร่ให้กับจังหวัดนครสวรรค์ และบุคคลทั่วไปที่สนใจสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ในจังหวัดนครสวรรค์ว่ามีสถานที่ท่องเที่ยวที่ไหนบ้าง อีกทั้งยังสอดแทรกวัฒนธรรมความเป็นอยู่ รวมถึงภูมิปัญญาต่าง ๆ และวิถีชีวิตของคนในจังหวัดนครสวรรค์ และนำเสนอในรูปแบบเทคนิคเออาร์โค๊ด เป็นสื่อมัลติมีเดียอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้ผู้ที่สนใจที่จะศึกษาเข้าใจมากขึ้นซึ่งได้ใช้หลักการของการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียได้แก่ขั้นตอนก่อนการผลิต (Pre-Production) ขั้นตอนการผลิต (Production) และขั้นตอนหลังการผลิต (Post-Production) ซึ่งผู้วิจัยได้คำนึงถึงองค์ประกอบศิลป์ในการสร้างและถ่ายทอดโมเดลออกมาให้มีความน่าสนใจ ในส่วนของวัตถุประสงค์การ เพื่อการพัฒนาแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกของแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์โดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริง และเพื่อส่งเสริมแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงโดยถ่ายทอดความรู้การท่องเที่ยวผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality) ให้นักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจได้รู้ถึงเรื่องราวและสถานที่นั้นในอีกมุมมองหนึ่ง

สรุปผลการวิจัย

ทางผู้จัดทำได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ทั้ง 2 ข้อ คือ 1) เพื่อการพัฒนาแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกของแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์โดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริง 2) เพื่อส่งเสริมแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริง การใช้ประโยชน์งานวิจัย ที่กำหนดโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ แบ่งเป็น 4 ประเด็น ดังนี้

1.การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ ได้ใช้ประโยชน์ในด้านนี้คือทางสำนักงานประชาสัมพันธ์ จังหวัดนครสวรรค์ ได้นำแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน เรื่อง แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ไปเผยแพร่ให้กับนักท่องเที่ยวแล้วนักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจ

2.การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ในเชิงนโยบาย

3.การใช้ประโยชน์เชิงชุมชน/สังคมได้ใช้ประโยชน์ในด้านนี้คือ หลังจากที่การสำรวจความพึงพอใจเสร็จเรียบร้อยแล้วก็มีการเชิญผู้วิจัยให้ไปให้ความรู้เกี่ยวกับการสร้างสื่อ แก่ชุมชน

4.การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ในเชิงพานิช

ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาแอนิเมชันสื่ออินโฟกราฟิกโดยใช้เทคนิคสื่อเสมือนจริงบนสมาร์ทโฟน เรื่อง แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์ ผู้พัฒนาควรปรึกษา และขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ทั้งด้านเนื้อหา และเทคนิคการผลิต เพื่อทำให้สื่ออินโฟกราฟิกในรูปแบบภาพเคลื่อนไหว ที่ผลิตออกมามีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณข้าราชการบุคลากรของสำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดนครสวรรค์ทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาที่ดีและคอยแนะนำในการทำโครงการฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ มีขั้นตอนในการทำที่ถูกต้อง รวมถึงคำแนะนำในการแก้ไขข้อผิดพลาด และปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิง

จงรัก เทศนา. (2560). **Infographics**. http://www.krujongrak.com/ infographics/ infographics_information.pdf. วันที่สืบค้น 17 กุมภาพันธ์ 2560.

ทวีศักดิ์ กาญจนสุวรรณ. (2552). **เทคโนโลยีมัลติมีเดีย.** กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์แอนด์ คอนซัลท์.

ธันยพัฒน์ วงศ์รัตน์. (2556). **คู่มือการใช้งาน Premiere Pro CC**. กรุงเทพฯ: บริษัท สวัสดี ไอที จำกัด.

นรศิษฎ์ เปล่งรัศมี. (2560). http://www.slideshare.net/norasitp/audacity-13-beta-unicode-14960107. วันที่สืบค้น 20 กุมภาพันธ์ 2560.

Augmented reality. (2017). http://www.sukunya055.wordpress.com

Infinity Frame. (2017). http://www.oknation.net/blog/print.php?id=66294

Returnwind. (2017). http://returnwind.exteen.com/20110713/after-effects. วันที่สืบค้น 13 มีนาคม 2560.

Tutorials Audacity. (2017). http://www.ram.edu/elearning/tutorial/audacity/interface.html#3. วันที่สืบค้น 20 มีนาคม 2560.

Unity. (2560). **คู่มือการท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์.** เข้าถึงได้จาก Thai Unity3: www.unity3d.in.th/unity-intro/คู่มือการท่องเที่ยวจังหวัดนครสวรรค์. วันที่สืบค้น 25 มีนาคม 2560.

การพัฒนาระบบส่งเสริมวินัยโภชนาการ โดยใช้การส่งภาพกิจกรรมผ่านอินเทอร์เน็ต
THE DEVELOPMENT SYSTEM TO SUPPORT TO DISCIPLINE FOR CONSUMPTION USING THE ACTIVITY IMAGE VIA INTERNET

อุไรวรรณ์ รักผกาวงศ์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
corresponding author e-mail : urairux@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การรับประทานอาหารเช้า มีส่วนสำคัญที่ทำให้สามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ในแต่ละวันได้อย่างดี เช่น มีสมาธิในการเรียน มีพละกำลังในการทำงาน ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการรับประทานอาหารเช้า จึงมีแนวคิดพัฒนาระบบส่งเสริมวินัยโภชนาการ โดยให้นักศึกษาส่งภาพอาหารเช้า ทั้งก่อนและหลังรับประทาน ทางเว็บแอพลิเคชัน ภายในช่วงเวลา 6:00 น. ถึง 8:00 น. ของแต่ละวัน เพื่อแสดงว่านักศึกษาได้รับประทานอาหารเช้าแล้ว จากการทดลอง 2 เทอม เทอม 2/2559 และ เทอม 1/2560 กับนักศึกษาจำนวน 361 คน และ 155 คน ตามลำดับ พบว่ามีคนส่งภาพกิจกรรมในแต่ละเทอม ที่ส่งมากกว่า 90 วัน คิดเป็น 5.26% และ 9.68% คิดเป็นมีคนทานอาหารเช้าเพิ่มขึ้น 4.41% และมีคนส่งภาพกิจกรรมน้อยกว่า 15 วัน คิดเป็น 38.23% และ 35.48% คิดเป็นคนที่ทานอาหารเช้าน้อยกว่า 15 วัน ลดลง 2.74%

คำสำคัญ : โภชนาการ วินัย เว็บแอพลิเคชัน

Abstract

Breakfast plays an important role for many activities in our daily life as we can strengthen and concentrate on studying and working. With this importance, the food consumption discipline system was developed. The students were encouraged to send their breakfast photos both before and after having meal via an application between 6 am and 8 am to report their breakfast consumption. With 361 students in the semester 2/2559, the amounts of students who regularly sent their breakfast photos for more than 90 days were 5.26%. The students who sent their breakfast meals for less than 15 days were38.23%. The experiment was also tried out with 155 students in the semester 1/2560.Theamounts of students who always sent their meal photos for more than 90 days were 9.68%, while the students who sent their meal photos for less than 15 days were 35.48%. In brief, percent of the students who had breakfast increased to 4.41 %. The amounts of the students who did the activities for less than 15 days decrease to 2.74%.

Keyword: Food consumption, discipline, web application

บทนำ

นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามจำนวนมาก เป็นนักศึกษาที่มีภูมิลำเนานอกเขตเมืองพิษณุโลก ดังนั้นนักศึกษาจึงจำเป็นต้องมาหาที่พักใกล้มหาวิทยาลัย เพื่อสะดวกในการเดินทางมาเรียนในแต่ละวัน โดยการเช่าหอพัก หรือพักกับญาติ ซึ่งมีความเป็นส่วนตัวมากยิ่งขึ้น

การที่นักศึกษามาพักอาศัย โดยที่ไม่ได้พักอาศัยกับผู้ปกครองในวัยเด็ก จึงต้องมีระเบียบวินัยของตัวเองมากยิ่งขึ้น ซึ่งถ้านักศึกษาได้ฝึกระเบียบวินัยมาตั้งแต่ในวัยเด็ก มีความรับผิดชอบต่อตนเอง ก็จะสามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ครบถ้วนด้วย

ความเรียบร้อย แต่สำหรับนักศึกษาที่ไม่ได้ฝึกระเบียบวินัยในวัยเด็กมามากพอ จะไม่สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำได้ครบถ้วน หรือมีความบกพร่องในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันเหล่านั้น ซึ่งจะทำให้เกิดอุปสรรคในการศึกษาในมหาวิทยาลัยในแต่ละวัน

กิจวัตรประจำวันอย่างหนึ่งที่นักศึกษาควรปฏิบัติ คือ การรับประทานอาหารเช้า นักศึกษาที่แยกมาพักใกล้มหาวิทยาลัยเพื่อสะดวกในการเดินทางนั้น มักจะต้องหาที่รับประทานอาหารเช้าด้วยตนเอง จึงเป็นเหตุให้หลายคนละเลย ไม่เห็นความสำคัญ พร้อมกับคิดว่าประหยัดค่าใช้จ่าย โดยไปรวมทานในอาหารกลางวัน เมื่อเข้ามานั่งเรียนก็จะไม่มีสมาธิในการเรียน และเมื่อใกล้เที่ยงก็เกิดความกระวนกระวาย ไม่พร้อมที่จะเรียนรู้อะไรเพิ่มเติม พร้อมทั้งร้องขอให้ผู้สอนยุติการสอน เพื่อจะได้ไปรับประทานอาหารกลางวัน

จากการที่นักศึกษาขาดวินัยในการรับประทานอาหารเช้า สืบเนื่องมาจนเป็นความไม่พร้อมในการเรียน ผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรส่งเสริมวินัยในการรับประทานอาหารให้ตรงเวลา จึงได้พัฒนาระบบบันทึกโภชนาการ เพื่อให้นักศึกษาได้บันทึกการรับประทานอาหารเช้าในแต่ละวัน อันจะทำให้นักศึกษาตื่นขึ้นในตอนเช้า และรับประทานอาหารเช้าในแต่ละวัน ซึ่งจะส่งผลให้นักศึกษามีความพร้อมในการทำกิจกรรมในวันนั้นๆ ได้ดียิ่งขึ้น

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

อันตราย'ไม่กินอาหารเช้า' เสี่ยงโรคหัวใจ-หัวไม่แล่น (จีรานุช ฤทธิสนธิ์, 2558) รายงานว่า นพ.กฤษดา ศิรามพุช ผู้อำนวยการศูนย์เวชศาสตร์อายุรวัฒน์นานาชาติ อธิบายว่า การไม่รับประทานอาหารในมื้อเช้าจะส่งผลต่อสุขภาพมาก คือ 1.เสี่ยงต่อการเป็น "โรคหัวใจ" การไม่กินอาหารเช้าจะทำให้ขาดสารอินซูลิน ซึ่งจะส่งผลต่อความดัน หลอดเลือด 2.หัวสมอง ซึ่งคนที่ทำงานเช้า จะต้องใช้อาหารเช้าเป็นเชื้อเพลิง การไม่ได้กินอาหารเช้าก็เหมือนรถไม่มีน้ำมัน ทำให้น้ำตาลต่ำ แรงตก เหนื่อยง่าย สมองไม่ทำงาน คิดอะไรไม่ออก 3.การอดมื้อเช้าส่งผลให้มีอาการหิวตอนเย็นหรือตอนดึก ทำให้หันไปทานอาหารตอนดึกๆ คุณหมอแนะนำว่า สิ่งที่เราควรกินในมื้อเช้า คืออาหารที่ให้พลังงานเกี่ยวกับ “หัวใจ-สมอง-กล้ามเนื้อ”

อาหารเช้า คุณค่าที่ต้องรู้จักเลือก (สุวิมล, 2559) ผศ.ดร.สุวิมล ทรัพย์วโรบล หัวหน้าภาควิชาโภชนาการและการกำหนดอาหาร เผยว่าอาหารเช้าเป็นมื้อที่สำคัญที่สุดของวัน เพราะเป็นการเติมพลังงานให้ร่างกายแลและสมอง เด็กที่รับประทานอาหารเช้าเป็นประจำ มักจะเป็นเด็กที่มีสมาธิจดจ่อกับการเรียน มีความกระตือรือร้นและอารมณ์ดี

ไม่กินอาหารเช้า หัวใจวายเข้าตีสนิท (ไทยรัฐออนไลน์, 2556) หัวข้อข่าวรายงานว่า นักวิจัยมหาวิทยาลัยแพทย์ฮาร์วาร์ดชื่อดังของสหรัฐฯ ค้นพบความจำเป็นของอาหารเช้าอีกอย่างหนึ่งว่า ผู้สูงอายุที่ไม่กินอาหารเช้า จะทำให้เสี่ยงภัยกับโรคหัวใจวายมากกว่าเพื่อนที่กินตามปกติถึงร้อยละ 27 ผู้เชี่ยวชาญก็ยังไม่อาจบอกได้ว่า เหตุใดการไม่กินอาหารเช้าถึงได้กระเทือนหัวใจ หมอแอนดรูว์ โฮเดการ์ด มหาวิทยาลัยมินเนโซตาซึ่งเคยศึกษาความเกี่ยวพันของอาหารกับปัญหาสุขภาพ อย่างเช่น ความอ้วนและความดันโลหิตสูงมาก่อน ก็กล่าวว่า “เราไม่รู้ว่าเป็นเพราะจังหวะเวลา หรือปริมาณของอาหารที่ทำเรื่องกันแน่” และเสริมว่า “แต่โดยมากแล้ว ผู้ที่กินอาหารเช้ามักจะเลือกกินแต่อาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย”

10 ข้อเสียเมื่ออดอาหารเช้า. (กฤษดา, 2556) นพ.กฤษดา ศิรามพุช,พบ.(จุฬาฯ) ผู้อำนวยการศูนย์เวชศาสตร์อายุรวัฒน์นานาชาติ อธิบายว่า การอดมื้อเช้าทำให้เกิดผลตามมายาวนับสิบอย่างดังต่อไปนี้ 1) หิวเร็ว ยังไม่ทันถึงมื้อเที่ยงก็แทบจะหน้ามืด 2) หิวของหวาน การอดอาหารเช้าจะบีบให้ร่างกายหันไปหา “อาหารขยะ” ง่ายขึ้น 3) เครียดง่าย หงุดหงิดง่าย จะทำให้เกิดอาการน้ำตาลต่ำนิดๆซึ่งทำให้มีความรู้สึกกระวนกระวายใจ 4) ไม่มีสมาธิ เพราะสมองไม่มีน้ำตาลไปเลี้ยง งานผิดพลาดได้มาก 5) กินดึก เผลอกินกระจายมื้อเย็นหรือมื้อค่ำ 6) น้ำตาลในเลือดเหวี่ยง ร่างกายหลั่งสารเครียดออกมาเป็นฮอร์โมนที่ช่วยดึงเอาน้ำตาลสำรองออกมาใช้ 7) กรดไหลย้อน น้ำย่อยขังอยู่ในกระเพาะ เป็นการระคายเคืองเยื่อบุกระเพาะอาหารและหลอดอาหารอย่างแรง 8) ปวดหัว การขาดสมาธิ มักมีอาการร่วมกับมึนศีรษะไม่สดชื่นด้วย 9) นอนไม่หลับ เนื่องจากการอดอาหารไปกระตุ้นฮอร์โมนสมองตื่นตัว คือคอร์ติซอลและอะดรีนาลีน จะส่งผลไปถึงยามราตรีได้ 10) อ้วนขึ้น เพราะจะไปหิวมื้ออื่น

นอกจากเรื่องความสำคัญของการรับประทานอาหารเช้าแล้ว ในงานวิจัยยังใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้ Google Apps Scripts มีรายละเอียดพอสังเขป ดังนี้

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) คือ ค่าที่ใช้วัดการกระจายที่ได้จากการหารากที่สอง ของค่าเฉลี่ยกำลังสอง ของผลต่างระหว่างค่าของข้อมูลแต่ละค่า กับค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลชุดนั้น โดยถ้าให้ $x_1, x_2,\ldots,x_n$ เป็นข้อมูลของประชาการ N หน่วย และมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็น สามารถคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ดังสมการ 1

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^{n} | x_i - \bar{x} |}{n} \quad (1)$$

จากสูตรหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวินัยโภชนาการได้ โดยให้ x_1, x_2,...,x_n เป็นเวลาที่นักศึกษาส่งภาพกิจกรรมก่อนอาหารเช้า ซึ่งสมมุติฐานว่าเป็นเวลาที่นักศึกษาเริ่มรับประทานอาหารเช้าในแต่ละวัน สามารถนำมาหาเวลาเฉลี่ย ($\bar{x}$) และความสม่ำเสมอของเวลาทานอาหารเช้า โดยใช้สูตรเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ได้

Google Apps Script เป็นบริการของกูเกิล ที่ให้นักพัฒนาโปรแกรมสามารถพัฒนาโปรแกรม เพื่อเรียกการทำงาน หรือเสริมการบริการพื้นฐานของกูเกิล เช่น อีเมล เอกสาร สเปรดชีท ไดร์ฟ เป็นต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยพัฒนาแอพลิเคชันบันทึกโภชนาการ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือส่งเสริมวินัยโภชนาการ โดยให้นักศึกษารับประทานอาหารเช้า ถ่ายภาพ และส่งรูปภาพอาหารเช้าเข้าไปในเว็บแอพลิเคชันบันทึกโภชนาการ ซึ่งแอพลิเคชันจะบันทึกภาพ ข้อมูลของผู้ส่ง และบันทึกเวลา ณ เวลาที่ได้ส่งภาพนั้น

แอพลิเคชันบันทึกโภชนาการ แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลัก คือ 1) ระบบลงทะเบียน 2) ระบบบันทึกโภชนาการ และ 3) ระบบรายงาน แสดงได้ดังรูปที่ 1 ส่วนรายละเอียดของแต่ละระบบอธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้

1) ระบบลงทะเบียน

ระบบลงทะเบียน เป็นการลงทะเบียนครั้งแรกเพียงครั้งเดียว โดยผู้ใช้จะต้อง แจ้งรายละเอียด เช่น รหัสนักศึกษา ชื่อ นามสกุล กลุ่มเรียน และอีเมล ซึ่งอีเมล จะต้องไม่ซ้ำกับอีเมลของผู้อื่น และผู้ใช้จะต้องเข้าใช้อีเมลนั้นได้ เพราะระบบฯจะส่งรายละเอียดต่างๆ ที่จำเป็น ไปให้ทางอีเมล

2) ระบบบันทึกโภชนาการ

ระบบบันทึกโภชนาการ เป็นส่วนของการบันทึกโภชนาการในแต่ละวัน แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนย่อย คือ 2.1 ระบบแจ้งรหัสทางเมล 2.2 ระบบรับภาพ-บันทึกเวลา และ 2.3 ระบบรายงานผล-คะแนน

2.1 ระบบแจ้งรหัสทางเมล

ระบบแจ้งรหัสทางเมล จะส่งรหัสเพื่อใช้งานในแต่ละวัน ไปให้ผู้ใช้ทางเมลของแต่ละบุคคล โดยผู้ใช้สามารถล็อคอินเพื่อเข้าใช้อีเมลของตนเอง ตามที่ได้แจ้งเมลไว้กับระบบฯ ทำการเปิดเมลที่ระบบฯ ส่งไปให้ และคลิกลิงค์เพื่อเข้าใช้งานระบบบันทึกโภชนาการได้ ซึ่งลิงค์ที่ส่งไปให้ทางเมล จะประกอบด้วยรหัสที่ใช้ได้เฉพาะวันนั้นๆ กรณีที่ไม่มีการส่งลิงค์รหัสไปให้ทางเมล หรือคลิกลิงค์เข้าระบบแล้ว แต่ระบบฯตรวจสอบเป็นลิงค์ที่ไม่ถูกต้อง ระบบจะเปลี่ยนหน้าเว็บ เพื่อให้ผู้ใช้ทำการป้อนรหัสผู้ใช้ เพื่อขอรหัสใหม่ได้ โดยระบบจะส่งลิงค์ที่ถูกต้องไปให้ทางเมล อีกครั้ง

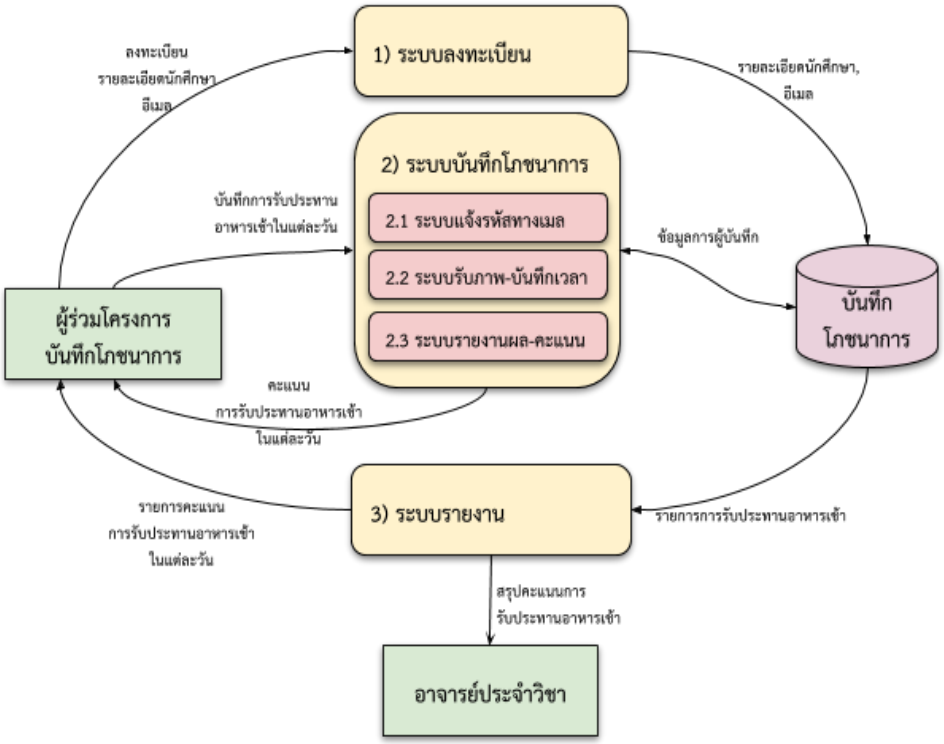
2.2 ระบบรับภาพ-บันทึกเวลา

เมื่อผู้ใช้ล็อคอินอีเมลของตนเอง และคลิกลิงค์ที่มีรหัสลิงค์เข้าใช้ระบบบันทึกโภชนาการประจำวันนั้นๆ ที่ถูกต้อง ระบบฯ จะเปลี่ยนหน้าเว็บเป็นหน้ารอรับไฟล์รูปภาพ ผู้ใช้สามารถเลือกไฟล์ภาพ หรือถ่ายภาพอาหารที่รับประทาน เพื่อส่งให้ระบบได้บันทึกไฟล์ภาพ เวลาที่เซิร์ฟเวอร์ได้รับไฟล์ภาพสำเร็จ จะถือเป็นเวลาที่ผู้ใช้ได้รับประทานอาหาร หรือเสร็จภารกิจการรับประทานอาหารนั้นๆ โดยผู้ใช้จะต้องส่งภาพ 2 ภาพ เพื่อแสดงถึงการได้รับประทานอาหารเช้า ภาพแรกคือ ภาพก่อนรับประทานอาหาร และภาพที่สองคือ ภาพหลังรับประทานอาหาร โดยระยะห่างเวลาในการส่งภาพทั้งสอง 15-25 นาที โดยประมาณ ถ้ามีการส่งภาพที่สองเร็ว หรือช้ากว่าที่กำหนด จะได้รับคะแนนการรับประทานอาหารเช้าในวันนั้นๆ แตกต่างกันไป ซึ่งการให้คะแนนดังจะได้อธิบายในหัวข้อการคิดคะแนนต่อไป

2.3 ระบบรายงานผล-คะแนน

เมื่อผู้ใช้ท่านใด ได้บันทึกภาพกิจกรรมการรับประทานอาหาร โดยส่งภาพทั้งก่อนและหลังรับประทานอาหารเรียบร้อยแล้ว ระบบจะสรุปผลประจำวัน ทำรายงานการรับประทานอาหาร โดยแสดงเวลา และภาพที่ส่งให้ระบบ ทั้งก่อนและหลัง

รับประทานอาหาร พร้อมทั้งคำนวณคะแนน ทั้งคะแนนก่อนรับประทานอาหาร และคะแนนหลังรับประทานอาหาร เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้ระบบได้ทราบทางเมล

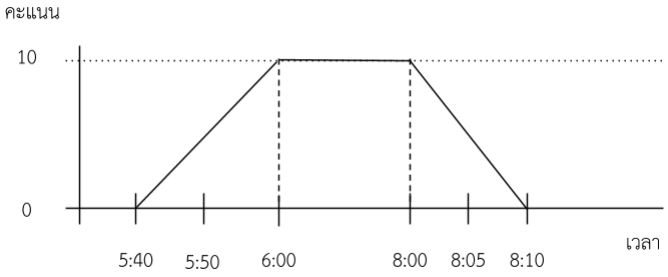


ภาพที่ 1 แผนภาพระบบบันทึกโภชนาการ

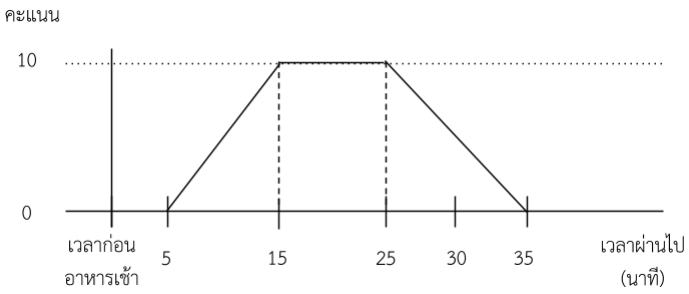
การคิดคะแนน

วิธีคิดคะแนนการส่งภาพกิจกรรมอาหารเช้า แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ คะแนนก่อนการรับประทานอาหาร และคะแนนหลังการรับประทานอาหาร โดยคะแนนทั้ง 2 ส่วน จะนำเวลาที่เซิร์ฟเวอร์ได้บันทึกไฟล์ภาพสำเร็จมาคำนวณคะแนน

เวลาที่เหมาะสมในการรับประทานอาหารเช้าคือ 6:00 - 8:00 น. ซึ่งกำหนดช่วงเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อยืดหยุ่นให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล ถ้าส่งภาพกิจกรรมก่อนการรับประทานอาหารเช้า ก่อนหรือหลังเวลาที่กำหนดดังกล่าวจะได้คะแนนลดน้อยลงตามสัดส่วน แสดงได้ดังรูปที่ 2



ภาพที่ 2 วิธีคิดคะแนนของการส่งภาพกิจกรรมก่อนการรับประทานอาหารเช้า



ภาพที่ 3 วิธีคิดคะแนนของการส่งภาพกิจกรรมหลังรับประทานอาหารเช้า

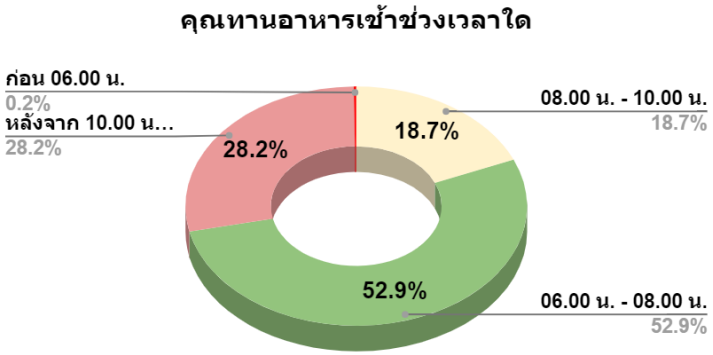
ระยะเวลาการรับประทานอาหารในแต่ละมื้อประมาณ 15-25 นาที ซึ่งกำหนดไว้ เพื่อไม่ให้ใช้เวลาในการรับประทานอาหารเร็ว หรือช้าเกินไป เพราะการรับประทานอาหารเป็นเพียงส่วนหนึ่งของกิจกรรมประจำวัน ควรจัดสรรเวลาให้พอสมควร เพื่อให้เวลา และใช้เวลาไปทำกิจกรรมอื่นๆได้ต่อไป ดังนั้น การคิดคะแนนการส่งภาพกิจกรรมหลังการรับประทานอาหารเช้า จะเริ่มพิจารณาหลังจากเวลาที่ส่งภาพก่อนการรับประทานอาหารเช้า 15-25 นาที และจะคิดคะแนนน้อยลง ถ้าส่งภาพก่อนหรือหลังระยะห่างเวลาที่กำหนด แสดงได้ดังรูปที่ 3

3) ระบบรายงาน

ระบบรายงาน แบ่งออกเป็น 2 รายงาน คือ แสดงรายการคะแนนการรับประทานอาหารเช้าในแต่ละวัน เพื่อส่งให้ผู้บันทึกโภชนาการได้ทราบว่าได้มีการบันทึกฯ และไม่มีการบันทึกฯในวันใดบ้าง เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และอีกรายงานคือรายงานสรุปคะแนนการรับประทานอาหารเช้า เพื่อแจ้งอาจารย์ประจำวิชาในตอนปลายเทอม หรือเมื่ออาจารย์ได้ร้องขอ ระหว่างกลางเทอม

ผลการวิจัย

ก่อนดำเนินการการวิจัย ได้สอบถามพฤติกรรมปกติในการรับประทานอาหารเช้า จำนวน 831 ท่าน โดยปกติทานอาหารเช้า เวลา 6:00-8:00 น. เป็นจำนวนมากที่สุด คิดเป็น 52.9% รองลงมาทานอาหารเช้า หลังจาก 10:00 น. หรือไปทานรวมกับอาหารเที่ยง คิดเป็น 28.2% ส่วนที่รับประทานอาหารเช้าเวลา 8:00-10:00 น. คิดเป็น 18.7% ซึ่งมีบางคนทานอาหารเช้าก่อนเวลา 6:00 น. เป็นจำนวนน้อย คิดเป็น 0.2% แสดงกราฟได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งพอสรุปในเบื้องต้นได้ว่า มีจำนวน 18.7% ที่ทานอาหารเช้า 8:00-10:00 น. นับเป็นกลุ่มที่ยังไม่ค่อยพร้อมในการทำกิจกรรมในช่วงเช้า และอีก 28.2% นับเป็นกลุ่มที่ไม่มีความพร้อมเลยในการทำกิจกรรมในช่วงเช้า



ภาพที่ 4 ผลการสอบถามพฤติกรรมปกติ ในการรับประทานอาหารเช้า

จากผู้ตอบแบบสอบถามข้างต้น ได้เชิญชวนให้เข้าร่วมโครงการบันทึกการรับประทานอาหารเช้า แบบกึ่งบังคับ โดยเสนอให้นำคะแนนการรับประทานอาหารเช้าตลอดเทอมนั้น คิดเป็น 5% ของคะแนนกิจกรรมการเรียนในรายวิชา โดยขึ้นอยู่กับอาจารย์ผู้สอนตกลงกับนักศึกษาในรายวิชานั้นๆ จากการทดลอง 2 เทอม รวมนักศึกษาผู้ร่วมโครงการจำนวน 516 คน คือ เทอม 2/2559 จำนวน 361 คน และ เทอม 1/2561 จำนวน 155 คน มีคนที่เข้าร่วมบันทึกฯทั้ง 2 เทอม จำนวน 38 คน โดยในเทอม 2/2559 เริ่มให้นักศึกษาบันทึกอาหารเช้าตั้งแต่ 26 ธันวาคม 2559 ถึง 28 เมษายน 2560 รวม 124 วัน ส่วนในเทอม 1/2560 เริ่มให้นักศึกษาบันทึกอาหารเช้าตั้งแต่ 8 สิงหาคม 2560 ถึง 24 พฤศจิกายน 2560 รวม 110 วัน

จากการทดลอง แบ่งเป็นเทอม 2/2559 และเทอม 1/2560 โดยมีผู้ส่งบันทึกการรับประทานอาหารเช้า มากกว่า 90 วัน จำนวน 19 คน และ 15 คน คิดเป็น 5.26% และ 9.68% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 เทอม คิดเป็นเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 4.41% ส่วนผู้ที่ส่งบันทึกการรับประทานอาหารเช้าน้อยกว่า 15 วัน มีจำนวน 138 คน และ 55 คน คิดเป็น 38.23% และ 35.48% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 เทอม คิดเป็นเปลี่ยนแปลงลดลง 2.74% และในจำนวนผู้ที่ส่งบันทึกการรับประทานอาหารเช้า จำนวน 15-30 วัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 เทอม ยังคงเป็นการเปลี่ยนแปลงลดลงคิดเป็น 13.04% แสดงการมีส่วนร่วมในการบันทึกโภชนาการ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การมีส่วนร่วมในการบันทึกโภชนาการ

จำนวนวัน	**เทอม 2/2559 (124 วัน)**		**เทอม 1/2560 (110 วัน)**		**เปลี่ยนแปลง**
	จำนวนคน	**%**	**จำนวนคน**	**%**	
มากกว่า 90 วัน	19	5.26%	15	9.68%	4.41%
61 - 90 วัน	44	12.19%	21	13.55%	1.36%
31 - 60 วัน	71	19.67%	46	29.68%	10.01%
15 - 30 วัน	89	24.65%	18	11.61%	-13.04%
น้อยกว่า 15 วัน	138	38.23%	55	35.48%	-2.74%
รวม	**361**		**155**		

ตารางที่ 2 ความตรงต่อเวลาในการรับประทานอาหารเช้า

ความตรงต่อเวลา	**เทอม 2/2559**		**เทอม 1/2560**		**เปลี่ยนแปลง**
(ความคลาดเคลื่อน จากเวลาเฉลี่ย)	**จำนวนคน**	**%**	**จำนวนคน**	**%**	
น้อยกว่า 10 นาที	9	4.04%	7	7.00%	2.96%
10 - 20 นาที	74	33.18%	57	57.00%	23.82%
21 - 30 นาที	90	40.36%	29	29.00%	-11.36%
มากกว่า 30 นาที	50	22.42%	7	7.00%	-15.42%
รวม	**223**		**100**		

ตารางที่ 3 ความตรงต่อเวลาในการรับประทานอาหารเช้า ของกลุ่มผู้เข้าร่วมทั้ง 2 เทอม

ความตรงต่อเวลา (ความคลาดเคลื่อน จากเวลาเฉลี่ย)	เทอม 2/2559		เทอม 1/2560		เปลี่ยนแปลง
	จำนวนคน	%	จำนวนคน	%	
น้อยกว่า 10 นาที	1	2.63%	1	2.63%	0.00%
10 - 20 นาที	10	26.32%	13	34.21%	7.89%
21 - 30 นาที	13	34.21%	7	18.42%	-15.79%
มากกว่า 30 นาที	5	13.16%	3	7.89%	-5.26%
ไม่เข้าเกณฑ์ตรงต่อเวลา (ส่งน้อยกว่า 30 วัน)	9	23.68%	14	36.84%	13.16%
รวม	38		38		

จากข้อมูลที่นักศึกษาส่งบันทึกการรับประทานอาหารเช้า นอกจากภาพกิจกรรมที่นักศึกษาได้ส่งมาแล้วนั้น ระบบฯ ยังได้บันทึกเวลา ณ ขณะที่นักศึกษาได้ส่งมาด้วย ซึ่งเวลานี้ สมมติฐานว่าเป็นเวลาที่นักศึกษาได้รับประทานอาหารเช้า จึงนำเวลาที่นักศึกษาส่งมาในแต่ละวัน ย้อนไปอีกจำนวน 29 วัน รวมเป็น 30 วัน นำไปหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะได้เวลาโดยเฉลี่ยที่นักศึกษารับประทานอาหารเช้า และนำไปหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังสมการ 1 จะได้ค่าความคลาดเคลื่อนจากเวลาเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นค่าความตรงต่อเวลาในการรับประทานอาหารเช้า โดยพิจารณาความตรงต่อเวลา เฉพาะผู้ที่ได้ส่งบันทึกการรับประทานอาหารเช้า ที่มากกว่า 30 วันขึ้นไป โดยในเทอม 2/2559 มีจำนวน 223 คน และในเทอม 1/2560 มีจำนวน 100 คน แสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 ความตรงต่อเวลาในการรับประทานอาหารเช้า ที่เวลาคลาดเคลื่อนจากเวลาเฉลี่ยน้อยกว่า 10 นาที ในเทอม 2/2559 และเทอม 1/2560 มีจำนวน 9 คน และ 7 คน คิดเป็น 4.04% และ 7.00% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 เทอมเป็นความเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น 2.96% ส่วนจำนวนคนที่รับประทานอาหารเช้าแตกต่างจากเวลาเดิม มากกว่า 30 นาที (ไม่ตรงต่อเวลา) จำนวน 50 คนและ 7 คน คิดเป็น 22.42% และ 7.00% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 เทอมเป็นความเปลี่ยนแปลงที่ลดลง 15.42%

อภิปรายผล

จากการทดลองให้นักศึกษาส่งบันทึกการรับประทานอาหารเช้า ในเทอม 2/2559 และเทอม 1/2560 รวม 516 คน โดยรวมแล้วมีการส่งบันทึกการรับประทานอาหารเช้าในจำนวนวันที่มากขึ้น (แสดงดังตารางที่ 1) และมีความตรงต่อเวลาในการรับประทานอาหารเช้าที่มากขึ้น (แสดงดังตารางที่ 2)

จำนวนคนที่ร่วมส่งบันทึกการรับประทานอาหารเช้า มีรายละเอียดเพิ่มเติมคือ มีจำนวน 38 คน ที่เข้าร่วมส่งบันทึกการรับประทานอาหารเช้าทั้ง 2 เทอม แสดงความตรงต่อเวลาได้ดัง ตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่ามีจำนวนคนที่ตรงต่อเวลา โดยคลาดเคลื่อนจากเวลาเฉลี่ย 10-20 นาที เพิ่มขึ้น 3 คน คิดเป็น 7.89% แต่ในขณะเดียวกัน มีจำนวนคนที่ส่งบันทึกฯ น้อยกว่า 30 วัน เพิ่มขึ้น 5 คน คิดเป็น 13.16% อันเนื่องมาจากสาเหตุใดไม่สามารถสรุปได้

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบส่งเสริมวินัยโภชนาการ โดยใช้การส่งภาพกิจกรรมผ่านอินเทอร์เน็ต โดยทดลองให้นักศึกษาจำนวน 516 คน ส่งบันทึกการรับประทานอาหารเช้า ในเทอม 2/2559 และเทอม 1/2560 ทำให้นักศึกษามีการรับประทานอาหารเช้าเพิ่มขึ้น 4.41% และมีวินัยความตรงต่อเวลาในการรับประทานอาหารเช้าเพิ่มขึ้น 2.96%

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความร่วมมือจากอาจารย์ผู้สอน ผศ.บุษบา หินเธาว์ ผศ.นฤมล เถื่อนกูล ผศ.ปราณี ซื่ออุทิศกุล ผศ.สุดารัตน์ สุตพันธ์ ดร.พิมรินทร์ ศิรินทร์ ดร.ชุติพนธ์ ศรีสวัสดิ์ และ ผศ.น้อย คันชั่งทอง ที่ได้ช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาได้ทราบถึงความสำคัญของอาหารเช้า ในแต่ละคาบเรียนที่มีโอกาส และกลุ่มนักศึกษา การตลาด/57 การบัญชี/58 เกษตร-พืช/57,59 เกษตรแวดล้อม/57,59 เกษตรอินทรีย์/59 คณิตศาสตร์(ด)/58 คณิตศาสตร์(ค.บ.)/59 คณิตศาสตร์/58 จัดการ/57 จุลชีววิทยา/57 เทคโนโลยีสารสนเทศ/58,59,60 นิเทศศาสตร์/57 บรรณฯสารสนเทศ/56,57,59 ปฐมวัย(อ-ท)/56 พัฒนาชุมชน/58 ภาษาจีน/58 วิทยาการคอมพิวเตอร์/58,59,60 สังคมศึกษา/56 สาธารณสุข/57,58 ที่ได้ช่วยบันทึกการรับประทานอาหารเช้าในแต่ละวัน ตามกำลังความสามารถ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อตัวนักศึกษา อีกทั้งได้แนะนำการพัฒนาระบบฯ ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งๆ ขึ้น

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาการวิจัยและบริหารจัดการงานวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 (ทุนวิจัยเพื่อพัฒนานักวิจัย)

เอกสารอ้างอิง

กฤษดา ศิรามพุช. (2559). **10 ข้อเสียเมื่ออดอาหารเช้า**. The Bangkok voice. http://www.bangkokvoice.com/2013/09/02/bv-health-53/. วันที่สืบค้น 4 ธันวาคม 2559.

จีรานุช ฤทธิสนธิ์. (2558). **อันตราย 'ไม่กินอาหารเช้า' เสี่ยงโรคหัวใจ-หัวไม่แล่น**. เดลินิวส์ 12 ธันวาคม 2558. http://www.dailynews.co.th/article/366381 วันที่สืบค้น 4 ธันวาคม 2559.

ไทยรัฐออนไลน์. (2556). **ไม่กินอาหารเช้า หัวใจวายเข้าตีสนิท**. ไทยรัฐออนไลน์ 31 ก.ค. 2556. http://www.thairath.co.th/content/360335 วันที่สืบค้น 4 ธันวาคม 2559.

สุวิมล ทรัพย์วโรบล. (2559). **อาหารเช้า คุณค่าที่ต้องรู้จักเลือก**. ไทยรัฐฉบับพิมพ์ 4 มกราคม 2559. http://www.thairath.co.th/content/557631 วันที่สืบค้น 4 ธันวาคม 2559.

Google Apps Script. (2014). **Google Developers**. https://developers.google.com/apps-script/ วันที่สืบค้น 4 ธันวาคม 2559.

การเปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการใช้ระบบสร้างและตรวจแบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์
TO COMPARE RESULT OF USING RELATIONAL ALGEBRA TESTING SYSTEM.

อุไรวรรณ์ รักผกาวงศ์[1*] และ พงษ์เทพ รักผกาวงศ์[1]
[1]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[*]corresponding author e-mail : urairux@psru.ac.th

บทคัดย่อ

เรื่องพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ (Relational Algebra) เป็นหน่วยเรียนพื้นฐานที่สำคัญ ของระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) การทดลองปฏิบัติหาผล เช่น การยูเนียน การอินเตอร์เซกชัน การหาผลต่าง (difference) การคูณคาร์ทีเชียน (cartesian product) การเลือกข้อมูล การเชื่อมข้อมูล (join) เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องมีการตรวจคำตอบของผลลัพธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบการสร้างแบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ เพื่อสร้างแบบทดสอบที่มีโจทย์แตกต่างกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกหาคำตอบโดยระบบจะตรวจคำตอบอัตโนมัติเมื่อหมดเวลา จากการทดลองกับนักศึกษาจำนวน 54 คน โดยแบ่งแบบทดสอบออกเป็น 2 ชุดๆชุดละ 2 ครั้งแต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของชุดที่ 1 พบว่าคะแนนเฉลี่ยครั้งที่ 2 ลดลง 0.85% แต่คะแนนน้อยที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้น 9.33% สำหรับชุดที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยครั้งที่ 2 เพิ่มขึ้น 19.58%

คำสำคัญ : พีชคณิตเชิงสัมพันธ์ ฐานข้อมูล แบบทดสอบ

Abstract

The relational algebra is a fundamental content of relational database management system. The set operations including union, interactions, difference, Cartesian product, selection and join need to be verified the accurate answer by student and teacher. Therefore, this study aimed to develop a relational algebra testing system (RATS) to create various types of quiz questions. Each attempt will be automatically checked when the time limit is up. The experimental group was 54 students. The questions were divided into 2 sets; each set was tested once a week for two weeks. When comparing mean scores of two different times, the mean scores of the first set decreased 0.85% in the second times but the minimum scores increased 9.3%. For the second set, the mean scores increased 19.58% in the second times.

Keywords : Relational algebra, database, quiz

บทนำ

การศึกษาวิชาระบบฐานข้อมูล มีเรื่องพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ (Algebra relation) เป็นหน่วยเรียนพื้นฐานที่สำคัญ เพื่อทำให้ทราบวิธีการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) (อุไรวรรณ์, 2560; Date, Darwen,2000; Date, 2001; Churcher, 2012; Elmasri, Navathe, 2003) ประกอบด้วยเรื่อง การยูเนียน การอินเตอร์เซกชัน การหาผลต่าง (difference) การคูณคาร์ทีเชียน (cartesian product) การเลือกคุณลักษณะประจำ (project) การเลือกทูเปิล (select) การเชื่อมข้อมูล (join) เป็นต้น การทดลองปฏิบัติหาผลในเรื่องต่างๆข้างต้น เป็นหน้าที่ของผู้ศึกษาที่ต้องปฏิบัติ เพื่อทำความเข้าใจให้ถ่องแท้กับข้อมูลลักษณะต่างๆที่จะเกิดขึ้น เพื่อหาผลให้ได้ถูกต้องในทุกๆกรณี และเป็นหน้าที่ของผู้สอนที่จะต้องตรวจผลคำตอบของผู้ศึกษา เพื่อให้ความชัดเจนของคำตอบที่ถูกต้องให้กับผู้ศึกษาได้เข้าใจได้มากขึ้น และการให้คะแนนจะเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้ศึกษา ได้ขวนขวายศึกษาหาคำตอบให้ถูกต้องมากยิ่งๆขึ้น

แบบทดสอบที่มีโจทย์คำถามเหมือนกัน มีส่วนเป็นเหตุให้ผู้ทำแบบทดสอบไม่ฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง รั้งรอคัดลอกคำตอบของผู้อื่น แต่เมื่อสร้างแบบทดสอบที่แต่ละแบบทดสอบมีโจทย์คำถามไม่ซ้ำกัน จะทำให้ผู้ทำแบบทดสอบไม่สามารถคัดลอกคำตอบของผู้อื่น ผู้ทำแบบทดสอบต้องปฏิบัติหาผลด้วยตนเองเท่านั้น ในขณะเดียวกันก็เป็นภาระที่เพิ่มขึ้นของผู้สอนอีก เมื่อต้องตรวจให้คะแนนกับโจทย์ที่ไม่ซ้ำกันเหล่านั้น ซึ่งเป็นทวีคูณตามจำนวนของผู้ศึกษาที่อยู่ในความดูแลของผู้สอน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาระบบสร้างแบบทดสอบเรื่องพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ และตรวจคำตอบโดยอัตโนมัติ เพื่อสร้างแบบทดสอบที่ไม่ซ้ำกันให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติหาคำตอบด้วยตนเอง และเมื่อหมดเวลาทำแบบทดสอบระบบฯจะตรวจคำตอบให้โดยอัตโนมัติ และเพื่อวัดประสิทธิภาพการได้ฝึกปฏิบัติหาคำตอบ จึงได้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบ จำนวน 2 ครั้ง เพื่อหาความเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยคะแนนในการทำแบบทดสอบครั้งที่ 2 กับครั้งที่ 1

ในบทความนี้แบ่งออกเป็น 7 ส่วน ส่วนที่ 1 บทนำ กล่าวถึงที่มาของการวิจัย ส่วนที่ 2 เป็นวิธีดำเนินการวิจัย กล่าวถึงการสร้างแบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ และการนำไปทดสอบหาผล ส่วนที่ 3 เป็นผลการวิจัย กล่าวถึงผลการนำแบบทดสอบไปใช้กับนักศึกษาจำนวน 54 คน คนละ 2 ครั้ง ส่วนที่ 4 อภิปรายผล กล่าวถึงผลที่ได้จากการวิจัย และแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ ส่วนที่ 5 สรุปผลการวิจัย ซึ่งพบว่าการทำแบบฝึกปฏิบัติครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยคะแนนที่สูงขึ้น ส่วนที่ 6 กิตติกรรมประกาศ และส่วนสุดท้าย เอกสารอ้างอิง ดังจะได้อธิบายรายละเอียดทีละหัวข้อต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ แบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ และ ผลการทดสอบจำนวน 2 ครั้ง ซึ่งผลการทดสอบจำนวน 2 ครั้ง ได้มาจากการใช้แบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์จำนวน 2 ครั้ง ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาเป็นระบบสร้างแบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ และตรวจคำตอบโดยอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ 1 สามารถอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมได้ดังนี้

ระบบสร้างแบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ และตรวจคำตอบโดยอัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ระบบสร้างแบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ และ 2) ระบบตรวจคำตอบ

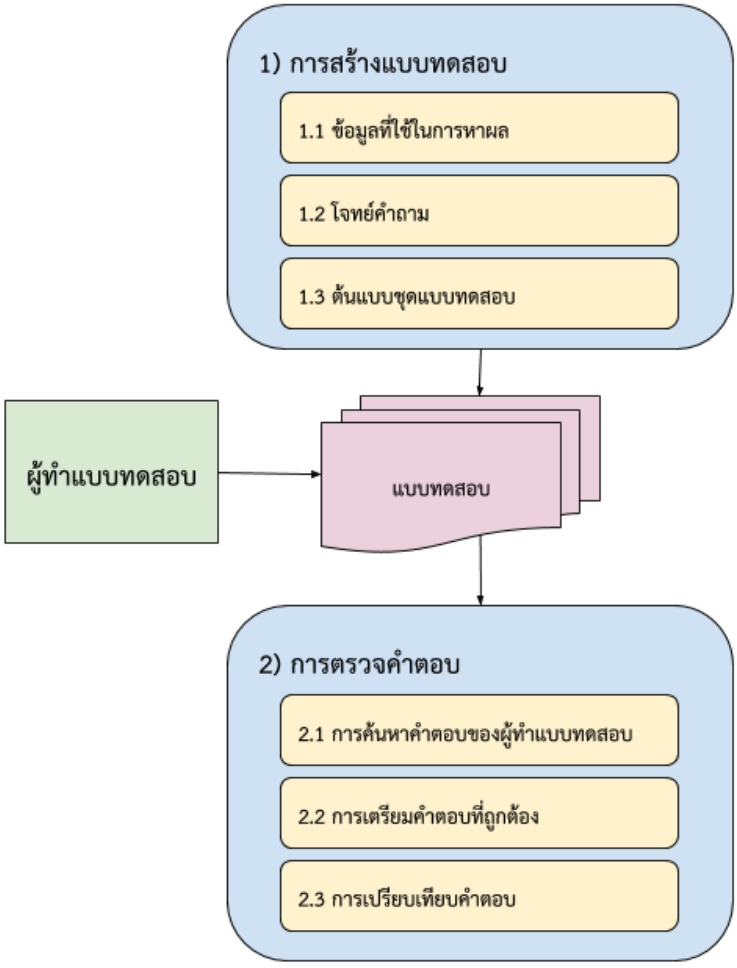
1) ระบบสร้างแบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์

แบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ แบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 จำนวน 7 ข้อ รวม 7 เรื่อง การยูเนียน การอินเตอร์เซกชัน การหาผลต่าง การคูณคาร์ทีเชียน การเลือกคุณลักษณะประจำ การเลือกทูเปิล การเรียงลำดับ ชุดที่ 2 จำนวน 7 ข้อ รวม 7 เรื่อง การคูณคาร์ทีเชียน การเชื่อมข้อมูลแบบทีต้า (teta join) การเชื่อมข้อมูลแบบเกินขอบเขตซ้าย (left outer join) การเชื่อมข้อมูลแบบเกินขอบเขตขวา (right outer join) การเชื่อมข้อมูลแบบเกินขอบเขต (outer join) การรวม (aggregation) และการจัดกลุ่ม (grouping)

แบบทดสอบแต่ละชุด ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ 1.1 ส่วนข้อมูลที่ใช้ในการหาผล 1.2 ส่วนโจทย์คำถาม และ 1.3 ส่วนต้นแบบชุดแบบทดสอบ

1.1 ส่วนข้อมูลที่ใช้ในการหาผล

ในแต่ละแบบทดสอบ มีส่วนข้อมูลที่ใช้ในการหาผล ซึ่งจะเตรียมไว้ 4 รีเลชัน เพื่อใช้เฉพาะแบบทดสอบหนึ่งๆเท่านั้น การเตรียมแต่ละรีเลชันจะสุ่มเลือกมาจาก 12 ทูเปิล ให้ได้เหลือเพียง 4 หรือ 5 ทูเปิล เพื่อกำหนดเป็นรีเลชัน R1 R2 R3 หรือ R4 แต่ละรีเลชันประกอบด้วยคุณลักษณะประจำ 5 คุณลักษณะประจำ คือ ส่วนสูง เพศ ชื่อ น้ำหนัก และอายุ ซึ่งเพียงพอสำหรับการใช้ปฏิบัติหาผลตามโจทย์ที่กำหนด ซึ่งการเตรียมรีเลชัน โดยการสุ่มเลือกทูเปิล ทำให้ได้รีเลชันไม่ซ้ำกัน อันเป็นเพียงส่วนหนึ่งที่ทำให้ได้โจทย์แบบทดสอบที่ไม่ซ้ำกัน



ภาพที่ 1 ระบบสร้างแบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ และตรวจคำตอบโดยอัตโนมัติ

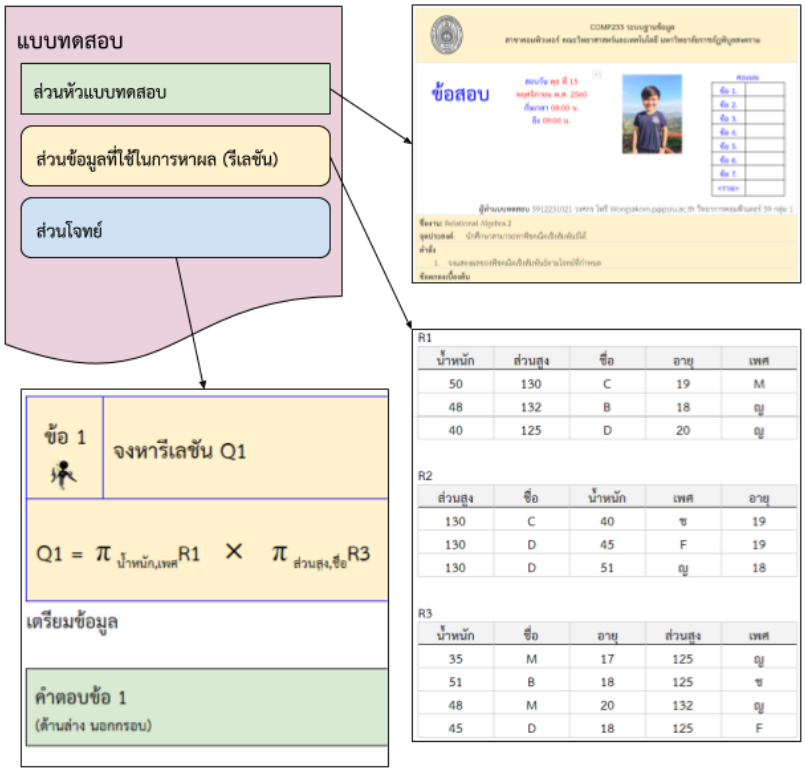
1.2 ส่วนโจทย์คำถาม

ในแต่ละแบบทดสอบ จะมีโจทย์คำถาม ซึ่งแต่ละโจทย์จะเป็นการดำเนินการกับรีเลชัน ดังนั้นจะสุ่มเลือกรีเลชันจากที่ได้เตรียมไว้ในข้อ 1.1 โดยสุ่มเลือก R1 R2 R3 หรือ R4 และสุ่มเลือกคุณลักษณะประจำเพียง 3 คุณลักษณะประจำ จากที่มี 5 คุณลักษณะประจำ ซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างของโจทย์คำถามได้ แม้เป็นโจทย์ที่ดำเนินการกับรีเลชันเดียวกัน

1.3 ต้นแบบชุดแบบทดสอบ

จากส่วนข้อมูลที่ใช้ในการหาผล และส่วนโจทย์คำถาม นำไปผสานในต้นแบบชุดแบบทดสอบ เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบส่งให้ผู้ทำแบบทดสอบได้ฝึกปฏิบัติหาผล (อุไรวรรณ์ และพงษ์เทพ, รอตีพิมพ์) โดยจะอนุญาตให้ผู้ทำแบบทดสอบแก้ไขไฟล์ได้เมื่อถึงเวลา และจะยกเลิกการอนุญาตแก้ไข เมื่อหมดเวลาทำแบบทดสอบ พร้อมกับเปลี่ยนสถานะให้ผู้ทำแบบทดสอบมาเป็นผู้ดูไฟล์ได้ เพื่อเมื่อระบบฯ ได้ตรวจคำตอบ ผู้ทำแบบทดสอบจะสามารถเห็นผลการตรวจ และตรวจทานผลการตรวจได้

ต้นแบบชุดแบบทดสอบประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนหัวแบบทดสอบ ส่วนข้อมูลที่ใช้ในการหาผล และส่วนโจทย์ ซึ่งส่วนโจทย์จะมีได้หลายโจทย์ ตามวัตถุประสงค์ของแต่ละชุดแบบทดสอบ แสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของต้นแบบชุดแบบทดสอบ

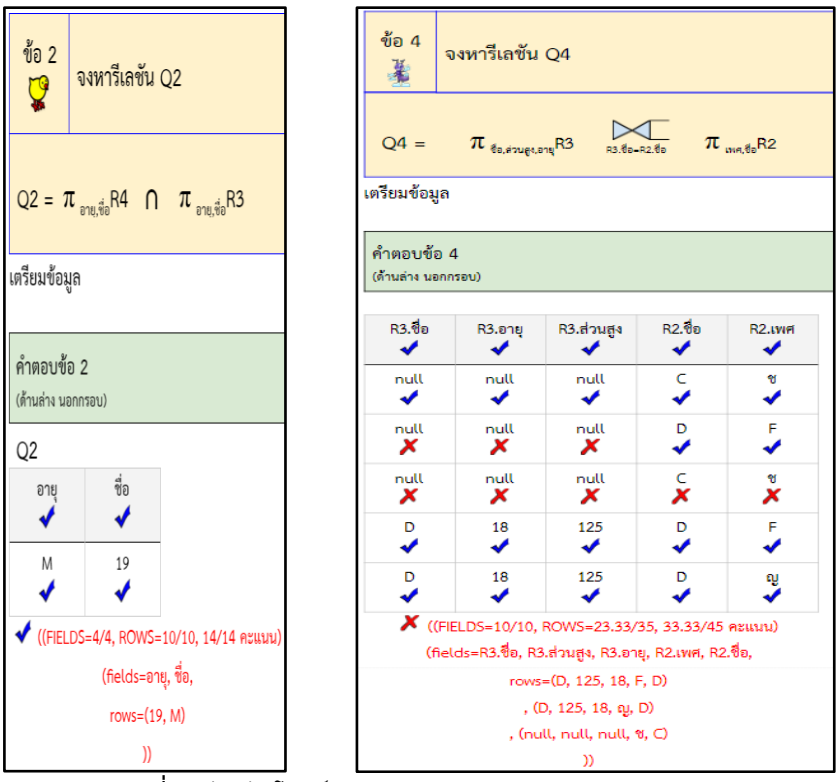
2) ระบบตรวจคำตอบ

เมื่อหมดเวลาทำแบบทดสอบแล้ว ระบบจะปิดการอนุญาตให้แก้ไขไฟล์แบบทดสอบ และเริ่มการตรวจคำตอบ โดยระบบตรวจคำตอบแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 2.1 การค้นหาคำตอบของผู้ทำแบบทดสอบ 2.2 การเตรียมคำตอบที่ถูกต้อง และ 2.3 การเปรียบเทียบคำตอบ

2.1 การค้นหาคำตอบของผู้ทำแบบทดสอบ

จากต้นแบบชุดแบบทดสอบได้กำหนดพื้นที่คำตอบของผู้ทำแบบทดสอบไว้ เช่น ส่วนคำตอบข้อ 1 ซึ่งผู้ทำแบบทดสอบจะต้องหาผลของโจทย์ โดยแสดงเป็นตารางที่มีบรรทัดแรกสุดของตารางเป็นชื่อคุณลักษณะประจำ และบรรทัดถัดไปที่เหลือเป็นข้อมูลของทูเปิลที่เป็นคำตอบ ซึ่งจะต้องแสดงคำตอบไว้ให้ถูกตำแหน่งของคำตอบในแต่ละข้อด้วย

ดังนั้น ระบบการค้นหาคำตอบของผู้ทำแบบทดสอบ จะค้นหาส่วนที่เป็นคำตอบของแต่ละข้อในไฟล์แบบทดสอบ ซึ่งจะเป็นวัตถุที่เป็นตาราง แล้วจึงนำตารางนั้นที่เป็นคำตอบของผู้ทำแบบทดสอบ มาหาส่วนคุณลักษณะประจำ และส่วนทูเปิล เพื่อนำใช้เปรียบเทียบกับคำตอบที่ถูกต้องต่อไป



ภาพที่ 3 ตัวอย่างโจทย์ การทำแบบทดสอบ และการตรวจคำตอบ

2.2 การเตรียมคำตอบที่ถูกต้อง

ในโจทย์แต่ละข้อ ระบบฯ จะต้องดำเนินการหาผลที่ถูกต้องเตรียมไว้ เพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบคำตอบ กับของผู้ทำแบบทดสอบ โดยการดำเนินการหาผล จะต้องนำรีเลชันที่เตรียมไว้เฉพาะของแบบทดสอบนั้นๆ มาดำเนินการหาผลที่ถูกต้อง ตามวิธีการดำเนินการของพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ที่กำหนดไว้ในแต่โจทย์

ดังนั้น ระบบจะต้องมีข้อมูลแต่ละรีเลชัน การกำหนดการดำเนินการของแต่ละโจทย์ แล้วทำการดำเนินการหาผลกับรีเลชัน นำผลที่ได้แยกเป็นคุณลักษณะประจำ และทูเปิล เพื่อเตรียมไว้นำไปตรวจคำตอบกับของผู้ทำแบบทดสอบต่อไป

2.3 การเปรียบเทียบคำตอบ

การเปรียบเทียบคำตอบ เป็นการนำคำตอบของผู้ทำแบบทดสอบ มาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนคุณลักษณะประจำ และส่วนทูเปิล โดยใช้วิธีอินเตอร์เซกชันเซต

ตัวอย่างการเปรียบเทียบคำตอบคุณลักษณะประจำ

กำหนดให้แต่ละคุณลักษณะประจำเป็นสมาชิกในเซต เมื่อนำเซตของคุณลักษณะประจำที่เป็นคำตอบของผู้ทำแบบทดสอบ (กำหนดเป็นเซต A) มาอินเตอร์เซกชันกับ เซตของคุณลักษณะประจำที่เป็นคำตอบที่ถูกต้อง (กำหนดเป็นเซต B) จะได้เซตคุณลักษณะประจำที่ผู้ทำแบบทดสอบตอบถูกต้อง (A ∩ B) ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

n(A ∩ B) คือ จำนวนคุณลักษณะประจำที่ผู้ทำแบบทดสอบตอบถูกต้อง

n(A — B) คือ จำนวนคุณลักษณะประจำที่ผู้ทำแบบทดสอบตอบนอกเหนือจากคำตอบที่ควรตอบ

n(B) คือ จำนวนคุณลักษณะประจำที่เป็นคำตอบที่ถูกต้อง

จำนวนคุณลักษณะประจำที่ตอบถูก (c) หาได้จาก จำนวนที่ผู้ทำแบบทดสอบตอบถูกต้อง ลบด้วย จำนวนที่ผู้ทำแบบทดสอบตอบนอกเหนือจากคำตอบที่ควรตอบ เพื่อป้องกันการตอบแบบหว่านคำตอบ (c = n(A ∩ B) - n(A —B))

การคิดอัตราส่วนที่ตอบถูกต้อง หาได้จาก จำนวนที่ตอบถูก หารด้วย จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง (a/n(B))

ในส่วนของการเปรียบเทียบคำตอบ จะทราบว่า ผู้ทำแบบทดสอบทำถูกหรือไม่ พร้อมคิดคะแนน ในกรณีที่ทำผิดระบบฯ ได้เพิ่มส่วนเฉลยคำตอบที่ถูกต้องไว้ด้วย เพื่อให้ผู้ทำแบบทดสอบได้ทราบคำตอบที่ถูกต้อง สามารถใช้เป็นแนวทางในการหาผลที่ถูกต้องในโอกาสต่อไป

แสดงตัวอย่างโจทย์ การทำแบบทดสอบ และการตรวจคำตอบ ดังภาพที่ 3

จากภาพที่ 3 เป็นตัวอย่างโจทย์ข้อ 2 และข้อ 4 ซึ่งแต่ละข้อในแบบทดสอบจะแบ่งออกเป็นหมายเลขข้อของโจทย์ โจทย์คำถาม พื้นที่เตรียมข้อมูล และพื้นที่คำตอบ ซึ่งพื้นที่เตรียมข้อมูล เริ่มจากข้อความเตรียมข้อมูล จนถึงก่อนกรอบของข้อความคำตอบของข้อ (หมายเลขข้อนั้น) เป็นพื้นที่ที่เตรียมไว้ให้ผู้ทำแบบทดสอบได้คัดลอกรีเลชันที่เกี่ยวข้องมาวาง และดำเนินการตามโจทย์ได้ตามต้องการ ซึ่งจะไม่มีผลกับข้อมูลต้นฉบับ และไม่มีผลใดๆกับการตรวจคำตอบของระบบฯ

ส่วนพื้นที่คำตอบ เป็นพื้นที่ที่ผู้ทำแบบทดสอบจะต้องหาผลตามโจทย์ที่กำหนด และนำรีเลชันที่ได้จัดเป็นรูปแบบตารางนำมาวางไว้ด้านล่างนอกกรอบของของข้อความ คำตอบของข้อ (หมายเลขข้อนั้น) ซึ่งระบบจะนำไปใช้ตรวจว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง ซึ่งจะแสดงคะแนน และ คำตอบที่ถูกต้องไว้ ท้ายตารางนั้นๆ ด้วย

จากตัวอย่างโจทย์ข้อ 2 เป็นโจทย์เกี่ยวกับการเลือกคุณลักษณะประจำ (□) และอินเตอร์เซกชัน (∩) ระหว่างรีเลชัน R4 กับ R3 ซึ่งผู้ทำแบบทดสอบหาผลได้อย่างถูกต้อง

จากตัวอย่างโจทย์ข้อ 4 เป็นโจทย์เกี่ยวกับการเลือกคุณลักษณะประจำ (□) และเชื่อมกันแบบเกินขอบเขตขวา (right outer join) ระหว่างรีเลชัน R3 กับ R2 ซึ่งผู้ทำแบบทดสอบหาผลมีทั้งส่วนที่ถูก และส่วนที่ผิด ตัวอย่างที่ทำผิด เช่น มีการตอบ null, null, null, C, ช รวม 2 ทูเปิล แต่คำตอบที่ถูกต้องจะต้องมีเพียงทูเปิลเดียว ดังนั้นการตรวจคำตอบจึงให้คะแนนที่ถูกต้องเพียง 1 ทูเปิล และอีก 1 ทูเปิลนั้นจึงเป็นคำตอบที่ผิด เป็นต้น

ลำดับของคุณลักษณะประจำ ไม่มีผลกับข้อมูล ตามกฎของระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของ C.J. Date (Date, 2001) ดังนั้น ในตัวอย่างโจทย์ข้อ 4 ที่ผู้ทำแบบทดสอบเรียงลำดับ R3.ชื่อ R3.ส่วนสูง R3.อายุ R2.เพศ R2.ชื่อ ซึ่งไม่ตรงกับคำตอบที่ถูกต้องที่ได้เตรียมไว้ ระบบก็ไม่ได้พิจารณาว่าผิดแต่อย่างใด

ผลการวิจัย

จากระบบการสร้างแบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ นำไปทดลองกับนักศึกษาจำนวน 54 คน โดยให้ทำแบบทดสอบ Algebra ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 อย่างละ 2 ครั้ง ห่างกันประมาณ 1 สัปดาห์ โดยให้ทำแบบทดสอบชุดละ 60 นาที เมื่อหมดเวลาทำแบบทดสอบ ระบบใช้เวลาตรวจชุดที่ 1 และชุดที่ 2 โดยเฉลี่ยแบบทดสอบละ 87.83 และ 122.10 วินาที ตามลำดับ รวมใช้เวลาตรวจแบบต่อเนื่องทั้งหมด 6 ชั่วโมง 17 นาที 24 วินาที ซึ่งเป็นกรณีที่ใช้หน่วยประมวลผลเพียงหน่วยเดียว แต่ถ้าใช้หลายหน่วยประมวลผล (multi-processor) ตรวจแบบขนานกัน ก็จะใช้เวลาน้อยลงเป็นจำนวนเท่าของหน่วยประมวลผลที่ได้ใช้ แสดงคะแนนผลการสอบดังตารางที่ 1

แบบทดสอบ Algebra ชุดที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการสอบครั้งที่ 2 กับครั้งที่ 1 พบว่า ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยลง 0.85% แต่คะแนนน้อยที่สุด เพิ่มขึ้น 9.33%

ตารางที่ 1 คะแนนผลการสอบ

แบบทดสอบ	จำนวนผู้ทำแบบทดสอบ	ค่าเฉลี่ยการตรวจ (วินาที)	ครั้งที่สอบ	คะแนนเฉลี่ย	*	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนมากที่สุด	คะแนนน้อยที่สุด
Algebra ชุดที่ 1	54	87.83	1	71.62%		13.72	97.26%	21.89%
			2	70.77%	-0.85%	15.84	100%	31.23%
Algebra ชุดที่ 2	54	122.10	1	36.52%		26.85	94.57%	0%
			2	56.10%	19.58%	26.97	96.63%	3.29%

* เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยกับครั้งก่อนหน้า

แบบทดสอบ Algebra ชุดที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการสอบครั้งที่ 2 กับครั้งที่ 1 พบว่า ได้คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 19.58% และคะแนนน้อยที่สุด ก็เพิ่มขึ้นจากเดิมที่ได้ 0% ซึ่งหมายถึงทำไม่ได้คะแนน หรือทำผิดทุกข้อ มาเป็น 3.29% ที่หมายถึงพอจะทำได้บ้างบางข้อ

อภิปรายผล

จากการทดลองในครั้งที่ 1 ให้นักศึกษาจำนวน 54 คน ทำแบบทดสอบ Algebra ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ชุดละ 60 นาที นักศึกษาจะต้องฝึกปฏิบัติเรื่อง Algebra เวลารวมโดยประมาณ 120 นาที โดยอนุญาตให้นักศึกษาปรึกษากันได้ เพราะแบบทดสอบของแต่ละคนที่ได้รับไม่เหมือนกัน แต่ห้ามทำแทนกัน โดยห้ามจับเมาส์หรือคีย์บอร์ดของเพื่อน

ซึ่งผู้สอนมีหน้าที่เพียงดูแลความเรียบร้อยเท่านั้น และเมื่อหมดเวลาทำแบบทดสอบ ระบบก็จะทำการตรวจให้โดยอัตโนมัติ เวลาโดยประมาณ 3 ชั่วโมงหลังหมดเวลาทำแบบทดสอบ นักศึกษาและผู้สอนก็จะทราบผลการทำแบบทดสอบครบทุกคน

อันเนื่องมาจากระบบตรวจคำตอบมีการเฉลยส่วนที่ถูกต้องไว้ด้วย ทำให้นักศึกษาทราบข้อผิดพลาดของตนเอง และอยากแก้ตัวใหม่ ประกอบกับระบบสร้างแบบทดสอบจะสร้างแบบทดสอบใหม่ที่ไม่ใช่โจทย์ซ้ำเดิม และการทำแบบทดสอบอีกครั้งก็ไม่เป็นภาระตรวจงานเพิ่มเติมของผู้สอน จึงกำหนดให้นักศึกษาจำนวน 54 คนกลุ่มเดิมนั้น ทำแบบทดสอบ Algebra ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 อีกครั้ง เป็นครั้งที่ 2 เพื่อเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ทบทวนความรู้อีกครั้ง ตรวจสอบข้อผิดพลาดเดิม ตั้งใจที่จะไม่ทำผิดพลาดซ้ำอีก มีการศึกษาหาความรู้จากโจทย์ใหม่เพิ่มเติม พยายามปรึกษากับเพื่อนที่ทำถูกต้อง ทำให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันกับเพื่อนในกลุ่มเรียนด้วยกันอย่างมีมิตรไมตรีอันดี เพื่อให้ตนทำแบบทดสอบครั้งใหม่ ได้คะแนนที่มากขึ้น จึงทำให้การสอบครั้งที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยที่ดีขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1

แนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น จากการทดลองที่ได้ใช้แบบทดสอบ 2 ครั้ง ก็เพียงพอสำหรับผู้ทำแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ตามคะแนนที่กำหนด แต่สำหรับผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ สามารถคัดกรองเฉพาะผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ มาทบทวนบทเรียนใหม่ เพื่อให้มั่นใจว่า เมื่อทำแบบทดสอบใหม่อีกครั้ง เป็นครั้งที่ 3 จะสามารถฝึกปฏิบัติให้ผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดได้ หรือการออกแบบแบบทดสอบใหม่ โดยมีจำนวนจุดประสงค์ และจำนวนข้อใน 1 แบบทดสอบน้อยลง เพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียนที่อาจมีสมาธิไม่มากพอ ที่จะทำแบบทดสอบหลายๆ จุดประสงค์อย่างต่อเนื่อง

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาระบบสร้างแบบทดสอบพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ และตรวจคำตอบโดยอัตโนมัติ รวม 13 เรื่อง โดยแบ่งเป็นแบบทดสอบ 2 ชุด ชุดละ 7 ข้อ นำไปให้นักศึกษาจำนวน 54 คน ทำแบบทดสอบคนละ 2 ชุด ชุดละ 2 ครั้ง ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนของการสอบครั้งที่ 2 กับครั้งที่ 1 พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนแบบทดสอบชุดที่ 1 ลดลง 0.85% แต่แบบทดสอบชุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยคะแนนเพิ่มขึ้น 19.58% ที่แสดงถึงมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยคะแนนในแบบทดสอบชุดที่ 1 จะลดลง ซึ่งลดลงเพียงเล็กน้อย อันอาจเกิดจากผู้ทำแบบทดสอบประมาท รีบร้อนจนทำให้หาผลผิดพลาดไปบ้าง แต่คะแนนต่ำสุดมีค่าเพิ่มขึ้น 9.33% ที่แสดงว่ามีการพัฒนาเพิ่มขึ้นจากเดิมที่ได้ต่ำที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความร่วมมือจากนักศึกษาเอกวิทยาการคอมพิวเตอร์/58 (บางส่วน) วิทยาการคอมพิวเตอร์/59 และเทคโนโลยีสารสนเทศ/59 กลุ่ม 1 ที่ได้ทำแบบทดสอบ ช่วยตรวจทานความถูกต้อง และฝึกปฏิบัติหาผลได้อย่างถูกต้องตามกำลังความสามารถ อันจะส่งผลให้ประสบความสำเร็จในการศึกษาในขั้นที่สูงขึ้นต่อๆ ไป

เอกสารอ้างอิง

อุไรวรรณ์ รักผกาวงศ์. (2560). **ระบบจัดการฐานข้อมูล.** มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม:พิษณุโลก. หน้า 41-61.

อุไรวรรณ์ รักผกาวงศ์ และพงษ์เทพ รักผกาวงศ์. การสร้างแบบทดสอบคำสั่งสืบค้นข้อมูล และตรวจคำตอบโดยอัตโนมัติ. อยู่ระหว่างการตีพิมพ์.

Date C.J., Darwen H. (2000). **Foundation for Future Database Systems**. America: Addison-Wesley.

Date C.J. (2001). **The Database Relational Model**. America: Addison-Wesley.

Churcher C. (2012). **Beginning Database Design**. (2nd). America: Apress.

Elmasri R., Navathe S.B. (2003). **Fundamentals of Database Systems**. (4th). Boston: Addison-Wesley.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชากลีบบัว
PRODUCT DEVELOPMENT OF TEA FROM LOTUS BLOSSOM TEA

พิมพ์ชนก พริกบุญจันทร์[1*] คำรบ สมะวรรธนะ[1]ประภาศิริ ใจผ่อง[1] พรนัชชา หอมมาลี[1]และอุเทน กรีพรต[1]
[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร/มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[*]corresponding author e-mail : pimchanok5512@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการผลิตชาจากกลีบบัว โดยแปรผันการอบกลีบบัวที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลาในการอบเท่ากับ 60, 90 และ 120 นาที และเวลาในการคั่วเท่ากับ 0 ,5,10 และ 15 นาที ผลการศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ พบว่าอุณหภูมิและเวลาการอบ เวลาในการคั่วมีผลให้ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สภาวะที่ดีที่สุดสำหรับการผลิตชากลีบบัว คือการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที และคั่วนาน 10 นาที ให้ชาที่มีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ร้อยละ 70±0.41 0.287±0.00 ตามลำดับ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 39.76±0.00 mg GAE/g

คำสำคัญ : ชา ดอกบัว สารประกอบฟีนอลิก

Abstract

This reach was investigated to produce powder tea from lotus blossom. The drying of lotus blossom was varied at 60 and 70 $^{\circ}$C for 60, 90 and 120 minutes and roasted for 0, 5, 10 and 15 minutes. The samples were analyzed to determine quality parameters. The results showed that temperature and time for drying, and roasting time were affected on moisture content, water activity and total phenolic were significant differences ($p\leq0.05$). The sample was dried at 60 $^{\circ}$C for 120 minutes and roasted 10 minutes provided the best condition. The result revealed that moisture content, water activity and total phenolic content were 70% and 0.287 and 39.76 mg GAE/g

Keywords : tea, lotus, Phenolic

บทนำ

ชา *(Camellia sinesis)* เป็นพืชที่นิยมนำใบและดอกมาผลิตเป็นเครื่องดื่ม เนื่องจาก ใบชามีสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มฟลาโวนอยด์และสารประกอบโพลีฟีนอลสูง เครื่องดื่มชา คือ การนำใบ ยอดอ่อน และก้านของต้นชามาผ่านกรรมวิธีแปรรูปเพื่อชงดื่ม นอกจากนี้ชายังหมายรวมถึง เครื่องดื่มกลิ่นหอมที่ทำจากพืชตากแห้งชนิดต่างๆ นำมาชงหรือต้มกับน้ำร้อน ชาเป็นเครื่องดื่มที่มีการบริโภคมากที่สุดเป็นอันดับ 2 รองจากน้ำเปล่า สำหรับคำว่า ชาสมุนไพรนั้น หมายถึง น้ำที่ชงจากสมุนไพร ใบไม้ ดอกไม้ หรือผลไม้ของพืชอื่นๆ ที่ไม่มีส่วนผสมจากต้นชา นอกจากชาที่เป็นเครื่องดื่มที่รู้จักกันแล้วได้มีการศึกษากรรมวิธีการผลิตชาจากพืชสมุนไพรหลายชนิดมาทำเป็นเครื่องดื่ม เช่น ใบเตยหอม ใบกระเพรา ตะไคร้ ฟ้าทะลาย-โจร ใบบัวบก ใบสะระแหน่และขิง ชาสมุนไพรทุกชนิดมีแทนนิน โดยฟ้าทะลายโจรมีแทนนินสูงสุดร้อยละ 20.96 ส่วนชาผงใบเตยมีปริมาณน้องที่สุดร้อยละ 8.14 (กุลยา, 2545) ชาหญ้าหนวดแมว (อนุธิดา, 2550) ชาจากใบบัวบก (สุภวรรณ และคณะ, 2013) จิรพร และสาวิณี (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องดื่มสมุนไพรฝางเสริมคอลลาเจน พบว่าน้ำสมุนไพรฝางเสริมคอลลาเจน 1,000 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภคได้รับการยอมรับมากที่สุด เมื่อเก็บรักษาน้ำสมุนไพรฝางเสริมคอลลาเจน ที่ 2-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ 14 องศาบริกซ์ มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง และค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5- 6 สำหรับค่าสี L*, a*, b* มีค่าคงที่ในวันที่ 0 ถึง 2 และมีค่าลดลงในวันที่ 4 ถึง 14 วัน มีอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ 7 วัน ในการเก็บรักษา 2- 5 องศาเซลเซียส

วชิระ และคณะ (2011) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ชาดอกขี้เหล็กผสมดอกเก๊กฮวยพร้อมดื่ม ด้วยการศึกษาสัดส่วนของดอกขี้เหล็กกับดอกเก๊กฮวยและชนิดของสารให้ความหวานที่เหมาะสมในการผลิตชาพร้อมดื่ม พบว่าอัตราส่วนระหว่างชาดอกขี้เหล็กกับดอกเก๊กฮวยที่ 9 ต่อ 1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด และใช้น้ำตาลทรายเป็นสารให้ความหวานที่ในการผลิตผลิตภัณฑ์ชาดอกขี้เหล็กผสมดอกเก๊กฮวยพร้อมดื่ม

บัวเป็นพืชในวงศ์ Nymphaeaceae พบได้ทั่วไปทั้งในเขตร้อนและเขตหนาว สามารถแบ่งออกได้ 2 วงศ์ คือ Nelumbonaceae ได้แก่ ปทุมชาติหรือบัวหลวง (lotus) และ Nymphacceae พวกบัวอุบลชาติ (waterlily) หรือบัวก้านอ่อน อุบลชาติสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 สกุล คือ *Nymphaea, Barclaya, Nuphar, Euryale, Ondianea* และ *Victoria* (สุชาดา และคณะ, 2550) บัวเป็นพืชที่เพาะปลูกและดูแลรักษาง่าย จากการศึกษาวิจัยพบว่า ดอกบัวประกอบไปด้วย 1,2,3,4,6-Pentagalloylglucose, myricetin-3-O-rhamnoside (myricitrin), myricetin-30-O-(600-p-coumaroyl) glucoside, nympholide A, nympholide B ซึ่งช่วยในเรื่องของการบำรุงหัวใจโดยช่วยลดการบีบตัวของหัวใจ ให้ความสดชื่น มีฤทธิ์ในการลดคลอเรสเตอรอล ช่วยแก้อาการร้อนใน เป็นต้น นอกจากนี้มีรายงานถึงปริมาณและชนิดของสารประกอบในกลุ่มของฟีนอล เช่น ฟลาโวนอยด์ ในส่วนของใบและดอก (สุดารัตน์, 2551; Fossen, 1998) โดยสารประกอบกลุ่มฟีนอล มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้มากกว่าวิตามินอี และวิตามินซี (Rice-Evan et al. 1997)

ดังนั้น จากสรรพคุณของกลีบบัวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ เทอร์พีนอยด์และ แทนนิน รวมถึงความนิยมในการบริโภคชา งานวิจัยนี้จึงนำกลีบดอกบัวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เป็นผงชาสำหรับชงดื่ม และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส เพื่อให้ได้ชากลีบบัวที่มีคุณภาพดี ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกประเภทชงดื่มสำหรับผู้รักสุขภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำดอกบัวสายสีแดง *(Nymphaea lotus* L.) หรือชื่อสามัญว่า Red Water lily มาล้างให้สะอาด แยกส่วนที่เป็นกลีบดอกแช่ในสารละลายคลอรีนในรูปของโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ที่ความความเข้มข้น 65 % นาน 5 นาทีและล้างออกด้วยน้ำสะอาด หั่นเป็นชิ้นประมาณ 1 เซนติเมตร

2. ศึกษากระบวนการอบที่มีผลต่อชากลีบบัว

นำกลีบบัวจากการเตรียมตัวอย่างมาอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาเวลาการอบที่ 60, 90 และ 120 นาที จากนั้นนำไปผันแปรระยะเวลาการคั่วที่ 0 , 5, 10 และ 15 นาที เมื่อครบเวลานำไปปั่นให้มีขนาดเล็กด้วยเครื่องปั่น จากนั้นบรรจุในถุงบรรจุชา และนำมาตรวจสอบคุณภาพ

2.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

2.2 ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

2.3 ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic content) ด้วยวิธี Folin-ciocalteu method ตามวิธีในรายงานของ Samavardhana et al. (2015)

3. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ชงน้ำชาในอัตราส่วนผงชากลีบบัว 1 กรัมต่อ น้ำร้อน 125 มิลลิลิตร ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 100 คน ทดสอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale (Meilgaard and Carr, 1999) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลการวิจัย

เมื่อนำกลีบบัวที่ผ่านการเตรียมมาศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตชากลีบบัวผง โดยมีปัจจัยศึกษา 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิการอบที่ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการอบที่ 60, 90 และ 120 นาที และเวลาในการคั่วที่ 0, 5, 10 และ 15 นาที จากนั้นนำมาศึกษาปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผงชากลีบบัวที่อุณหภูมิ เวลาการอบและในการคั่วแตกต่างกัน

อุณหภูมิการอบ (องศาเซลเซียส)	เวลาการอบ (นาที)	เวลาการคั่ว (นาที)	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณน้ำอิสระ
60	60	0	13.840±1.83e	0.651±0.00e
		5	5.825±1.09hi	0.392±0.00i
		10	5.990±2.09gh	0.372±0.01ij
		15	3.565±0.30jklm	0.331±0.00k
	90	0	8.550±0.60f	0.518±0.00f
		5	2.670±0.56lmn	0.278±0.00l
		10	3.415±0.14jklm	0.286±0.00l
		15	1.590±0.45n	0.292±0.00l
	120	0	8.055±1.39fg	0.484±0.00g
		5	2.965±0.09klmn	0.288±0.00l
		10	2.170±0.41mn	0.287±0.00l
		15	2.210±0.56mn	0.277±0.00l
70	60	0	49.495±0.26a	0.970±0.00a
		5	28.480±0.49b	0.885±0.04b
		10	16.195±0.17d	0.736±0.00d
		15	6.415±0.44gh	0.453±0.00h
	90	0	23.915±0.12c	0.804±0.00c
		5	5.155±0.04hij	0.364±0.00j
		10	4.535±0.12ijk	0.348±0.00jk
		15	4.555±0.55ijk	0.349±0.00jk
	120	0	6.875±0.16gh	0.330±0.03k
		5	4.025±0.21jkl	0.270±0.02l
		10	6.675±0.31gh	0.293±0.01l
		15	3.405±0.03jklm	0.285±0.01l

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของผงชากลีบบัวที่อุณหภูมิ เวลาการอบและในการคั่วแตกต่างกัน

อุณหภูมิการอบ (องศาเซลเซียส)	เวลาการอบ (นาที)	เวลาการคั่ว (นาที)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (mg GAE/g)
60	60	0	159.200±11.00klmn
		5	293.520±45.41abc
		10	250.365±10.75bcdef
		15	264.190±57.19bcde
	90	0	167.720±27.93jklmn
		5	245.260±18.22bcdefg
		10	193.265±6.28ghijklm
		15	295.645±37.64ab
	120	0	175.995±49.75ijklmn
		5	191.795±14.84hijklm
		10	207.840±17.63fghijk

อุณหภูมิการอบ (องศาเซลเซียส)	เวลาการอบ (นาที)	เวลาการคั่ว (นาที)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (mg GAE/g)
		15	196.090±0.31ghijkl
70	60	0	141.485±3.48mn
		5	243.120±0.00cdefgh
		10	293.545±9.82abc
		15	316.640±9.40a
	90	0	128.430±5.10n
		5	222.930±4.97efghi
		10	238.675±8.38defgh
		15	279.370±5.50abcd
	120	0	195.805±5.24ghijkl
		5	217.105±4.80efghij
		10	149.045±0.65lmn
		15	169.265±4.36jklmn

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

อภิปรายผล

จากตารางที่ 1 พบว่า อุณหภูมิ เวลาในการอบแห้ง และเวลาในการคั่วมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผงชากลีบบัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที และไม่ผ่านการคั่ว ให้ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระสูงที่สุด ร้อยละ 49.495 และ 0.970 ตามลำดับ สำหรับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที และคั่ว 15 นาที มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 120 นาที และคั่ว 5 นาที ให้ปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.270 เนื่องจากอุณหภูมิ เวลาในการอบแห้ง และเวลาในการคั่ว เป็นขั้นตอนการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ เพื่อให้น้ำมีการระเหยเป็นไอน้ำออกสู่ภายนอก ทำให้ผิวนอกแห้งและมีการเคลื่อนที่ของไอน้ำจากภายในอาหารออกมาภายนอก (นิธิยา, 2549) ส่งผลให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงมากน้อยแตกต่างกันตามอุณหภูมิและระยะเวลาการอบและเวลาการคั่ว นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย ทั้งนี้ลักษณะของผงชากลีบบัวที่ได้จะมีลักษณะแห้งกรอบ กลีบดอกมีการหดตัวและมีกลิ่นหอมของดอกบัว เมื่อนำผลิตภัณฑ์ชากลีบบัวที่ผ่านการอบมาศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (ตารางที่ 2) พบว่า มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างอุณหภูมิ เวลาในการอบ และเวลาในการคั่วต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที และคั่ว 15 นาที ผงชากลีบบัวมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลิกสูงที่สุดอยู่ที่ 316.640 ±9.40 mg GAE/g และการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที และไม่ผ่านการคั่ว จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลิกต่ำที่สุดอยู่ที่ 128.430±5.10 mg GAE/g

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชากลีบบัวโดยอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที และคั่วเป็นเวลา 10 นาที และนำมาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์พบว่า ผู้บริโภคจำนวน 100 คน ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ผงชากลีบบัว 100 เปอร์เซ็นต์ ในการเลือกซื้อพบว่าซื้อที่ร้อยละ 90 ไม่แน่ใจร้อยละ 8 และไม่ซื้อร้อยละ 2 โดยพิจารณาคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นดอกบัว และความชอบโดยรวม ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่จะพิจารณาจากคุณลักษณะในด้านของ สี มากที่สุดและรองลงมาเป็นลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

การผลิตผงชากลีบบัวสายสีแดง โดยใช้อุณหภูมิการอบที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที และคั่วเป็นเวลา 10 นาที ให้ผงชาที่มีมีสารประกอบโพลีฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด โดยผงชากลีบบัวที่ผลิตได้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.06±0.27 ปริมาณน้ำอิสระ 0.385±0.189 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลิก 39.76±0.00 mg GAE/g การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ชากลีบบัวพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ และเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่ร้อยละ 90

เอกสารอ้างอิง

กุลยา จันทร์อรุณ. (2545). **กรรมวิธีการผลิตชาสมุนไพร**. งานวิจัย. สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.

จิรพร สวัสดิการ และสาวิณี แก้วเกตุ. (2558). **การพัฒนาเครื่องดื่มสมุนไพรฝางเสริมคอลลาเจน**. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “สร้างสรรค์และพัฒนา เพื่อก้าวหน้าสู่ประชาคมอาเซียน” ครั้งที่ 2 วันที่ 18-19 มิถุนายน 2558 ณ วิทยาลัยนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา.

วชิระ สิงห์คง, บุณยกฤต รัตนพันธุ์, อเนก หาลี และสุจิตตรา เที่ยงสันเทียะ. (2011). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาดอกขี้เหล็กผสมดอกเก๊กฮวยพร้อมดื่ม. **The Journal of Applied Science.** 10:12-22.

สุชาดา ศรีเพ็ญ, วีรญา บุญเตี้ย และวิสาขา เพียรสุภาพ. (2550). **การจำแนกพันธุ์บัว Classification of waterlily and lotus**, In IWGS annual symposium 2007 Potential development of lotus and waterlily as economic plants V. 19 July 2007, สวนหลวง ร.9.

สุดารัตน์ ขุนเมือง, มัณฑนา บัวหนอง, ณ. นพชัย ชาญศิลป์, ภูรินทร์ อัครกุลธร และเฉลิมชัย วงษ์อารี. (2551). **การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแอนโทไซยานินในดอกบัวบางสายพันธุ์ในกลุ่มอุบลชาติ**. การประชุมสัมมนาวิชาการ เรื่องการพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจของชาติ ครั้งที่ 6, 31 กรกฎาคม – 1 สิงหาคม 2551, ณ ห้องประชุมพวงพะยอม อาคารวิทยาบริการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล, สลิลลา ชาญเชี่ยว และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. (2013). การอบแห้งใบบัวบกเพื่อผลิตใบบัวบกแห้งชงดื่มด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด: จลนพลศาสตร์ ความสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพ. **KKU Research Journal**. 18: 311-324.

อนุธิดา ผายขัน. (2550). **การพัฒนาผลติภัณฑ์ชาสมุนไพรจากหญ้าหนวดแมว**. งานวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists

Fossen, T. Larsent, A. and Andersen, O.M. (1998). Anthocyanins from flowers and leaves of *Nymphaea Marliacea* cultivars. **Phytochemistry**, 12: 153-183.

Rice-Evan, C.A., Miller, N.J. and Pagange, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trend in Plant Science**. 2:152-159.

Samavardhana, K., Supawititpattana, P., Jitrepotch, N., Rojsuntornkitti, K. and Kongbangkerd, T. (2015). Effects of extracting conditions on phenolic compounds and antioxidant activity from different grape processing byproducts. **International Food Research Journal**, 22:1169-1179.

ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่การให้บริการขนส่งสาธารณะจังหวัดนครสวรรค์
A SPATIAL DATABASE FOR PUBLIC TRANSPORTATION SERVICES IN NAKHON SAWAN PROVINCE

พุทธพร ไสว* และ อาสาฬห์ อุตตาลกาญจนา
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์
*corresponding author e-mail : puttaporn@nsru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะยกระดับการให้บริการข้อมูลขนส่งสาธารณะให้เป็นมาตรฐาน โดยการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่การให้บริการขนส่งสาธารณะในเขตจังหวัดนครสวรรค์ ด้วยการบูรณาการรูปแบบข้อมูลจีทีเอฟเอส (General Transit Feed Specificatio: GTFS) เข้ากับข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินงานปัจจุบัน พัฒนาเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ตามขั้นตอนวงจรชีวิตการพัฒนาระบบฐานข้อมูล ด้วยฐานข้อมูลรหัสเปิด Postgre SQL/PostGIS และโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์รหัสเปิด Quantum GIS (QGIS) ในจัดการฐานข้อมูล สืบค้น แสดงผลข้อมูล จากนั้นจึงส่งออกข้อมูลเพื่อเผยแพร่ข้อมูลเปิดและสารสนเทศด้วยโปรแกรมเสริม QGIS Cloud plugin และ Google My Maps การประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจการใช้งานฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และการเผยแพร่สารสนเทศโดยผู้โดยสารระบบขนส่งสาธารณะในเขตจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 100 คน พบว่าประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับดีที่ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.90 และผลประเมินความพึงพอใจระบบและการเผยแพร่สารสนเทศมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีที่ระดับคะแนน 3.81 และ 3.88 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ ขนส่งสาธารณะ จีทีเอฟเอส ข้อมูลเปิด

Abstract

This research aims to improve public transport data provision service level in standard format by implementing spatial database of public transportation service in Nakhon Sawan province. The General Transit Feed Specification (GTFS) data standard, which is the general data format of public transportation, and current practice data were integrated to develop spatial database by applying database life cycle (DBLC) approach. The spatial database was implemented by using an open source database, PostgreSQL/PostGIS, as well as an open source geographic information system, Quantum GIS (QGIS), was used as a tool for manipulate, retrieve, visualize, and export information from spatial database providing the open transit data and information to passengers using QGIS Cloud plugin and Google My Maps programs. The efficiency and satisfaction of the spatial database system and its products were evaluated by 100 passengers who travel in Nakhon Sawan Area. The finding showed that the system efficiency is at the high level of 3.90. And the satisfaction of spatial database and open transit data and information publishing were at the high level of 3.81 and 3.88, respectively.

Keywords: spatial database, public transportation, GTFS, open data

บทนำ

ระบบขนส่งสาธารณะของประเทศไทยในช่วงเวลาที่ผ่านมาถูกลดบทบาทลงอย่างมาก เนื่องจากราคารถยนต์ส่วนบุคคลที่ลดลงประชาชนส่วนใหญ่จึงสามารถครอบครองเป็นเจ้าของ ส่งผลให้การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับการขาดประสิทธิภาพและมาตรฐานของการให้บริการระบบขนส่งสาธารณะ ทำให้การเดินทางเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและไม่ได้รับความนิยม แต่ทว่าประชากร 1 ใน 3 ของประเทศยังคงมีฐานะยากจน (ธนพล สราญจิตร์, 2558) การเดินทางรูปแบบนี้จึงยังคงมีความสำคัญและเป็นทางเลือกในการใช้ชีวิตในสังคม ในทางตรงกันข้ามระบบขนส่งสาธารณะกลับเป็น

ทางเลือกหลักในการเดินทางของคนส่วนใหญ่ในประเทศที่พัฒนาแล้ว เนื่องจากการเดินทางเป็นไปอย่างสะดวกและรวดเร็ว สามารถลดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ซึ่งเป็นการลดการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม หนึ่งปัจจัยการให้บริการข้อมูลที่มีประสิทธิภาพและมาตรฐานครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ เวลาในการให้บริการ เที่ยบรถ อัตราค่าโดยสาร ลดความยุ่งยากในเดินทางและการตัดสินใจ

ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial database) ถูกนำมาใช้ในการให้บริการข้อมูลระบบขนส่งสาธารณะ เพื่อจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งบนพื้นโลก (Geo location) เช่น เส้นทางเดินรถ ตำแหน่งจุดรับ-ส่งผู้โดยสาร สถานีขนส่ง ฯลฯ การประมวลผล ตลอดจนการเผยแพร่ข้อมูล กระทรวงคมนาคมและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้เริ่มนำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่มาใช้จัดเก็บข้อมูลการขนส่งในประเทศไทยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการดำเนินงานของหน่วยงาน (สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม, 2560) ซึ่งข้อมูลที่จัดเก็บเป็นข้อมูลระดับประเทศมากกว่าข้อมูลระดับท้องถิ่น การใช้งานในระดับท้องถิ่น การให้บริการข้อมูลระบบขนส่งสาธารณะในรูปแบบและมาตรฐานที่ต่างกันของหน่วยงานต่างๆ กลับสร้างความซับซ้อนของการใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะในหลายประเทศ

Tri-County Metropolitan Transportation District of Oregon (TriMet) และบริษัท Google, Inc. เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าว เกิดความร่วมมือในการพัฒนามาตรฐานข้อมูลระบบขนส่งสาธารณะจีทีเอฟเอส (General Transit Feed Specification: GTFS) ขึ้นในปี ค.ศ. 2005 (Antrim, 2015) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเก็บข้อมูลระบบขนส่งสาธารณะของเมือง Portland, Oregon ด้วยรูปแบบมาตรฐานข้อมูลที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และสามารถนำไปใช้แสดงผลบนแผนที่ Google maps เพื่อให้ผู้โดยสารสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและง่ายต่อการค้นหา (McHugh, 2013) เพื่อยกระดับการให้บริการข้อมูลระบบขนส่งสาธารณะให้เกิดขึ้นในวงกว้าง เมืองสำคัญหลายเมืองได้ทำการประยุกต์ใช้มาตรฐานข้อมูลเพื่อให้บริการผู้โดยสาร อาทิ San Francisco, Mexico city และ Portland (Eros et al., 2014; Ferris et al., 2009) ปัจจุบันได้มีผู้เผยแพร่ข้อมูลแล้วมากกว่า 1,000 ราย ให้บริการข้อมูลกว่า 6,200 เมืองจากทั่วทุกมุมโลก (Antrim and Barbeau, 2013) ถูกรวบรวมเพื่อให้ผู้สนใจสามารถนำไปใช้งานในเว็ปไซต์ Gtfs-data-exchange.com, Transitfeeds.com ฯลฯ

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงช่องว่างของการให้บริการข้อมูลระบบขนส่งสาธารณะจังหวัดนครสวรรค์ จึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่โดยการประยุกต์ใช้มาตรฐานข้อมูลระบบขนส่งสาธารณะ จีทีเอฟเอสบูรณาการกับข้อมูลในปัจจุบัน จัดเก็บรวบรวมและเผยแพร่สารสนเทศในรูปแบบที่เป็นมาตรฐานสากล ง่ายต่อการนำใช้งานและสนับสนุนการเดินทางของผู้โดยสารและการดำเนินงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดการพัฒนาการให้บริการระบบขนส่งสาธารณะของจังหวัดนครสวรรค์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ดำเนินงานตามขั้นตอนของวงจรชีวิตของการพัฒนาระบบฐานข้อมูล (Database Life Cycle: DBLC) (วิไลภรณ์ ศรีไพศาล, 2553) ประกอบด้วย การศึกษาเบื้องต้นเพื่อการออกแบบฐานข้อมูล แบ่งเป็นการศึกษาข้อมูลการดำเนินการปัจจุบัน ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร สถานีขนส่งผู้โดยสาร เว็บไซต์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และสำรวจภาคสนามสำหรับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ ในส่วนของข้อมูลรูปแบบ GTFS เก็บรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์ของเมืองหรือหน่วยงานที่ประยุกต์ใช้และเผยแพร่ข้อมูลในรูปแบบ GTFS การออกแบบฐานข้อมูลโดยการประยุกต์รูปแบบ GTFS กับข้อมูลปัจจุบัน การจัดทำและนำเข้าฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Quantum GIS (QGIS) ทำงานร่วมกับฐานข้อมูล PostgreSQL/PostGIS การทดสอบและประเมินผลโดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบจากผู้โดยสารระบบขนส่งสาธารณะในเขตจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 100 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง นำมาวิเคราะห์ผลโดยการคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การนำฐานข้อมูลไปใช้งาน (Operation) และการบำรุงรักษาฐานข้อมูล (Maintenance)

ผลการวิจัย

1. การศึกษาเบื้องต้นเพื่อการออกแบบฐานข้อมูล (Feasibility Study for Database Design)

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการบูรณาการรูปแบบข้อมูลระบบขนส่งสาธารณะจีทีเอฟเอสกับข้อมูลปัจจุบัน เพื่อรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่และข้อมูลที่ต้องจัดเก็บเพิ่มเติม ผลการรวบรวมข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานข้อมูล GTFS และข้อมูลปัจจุบัน

ที่	รูปแบบข้อมูล GTFS		ข้อมูลปัจจุบัน		ลักษณะข้อมูล
	แฟ้มข้อมูล	Required	ชื่อข้อมูล	แหล่งที่มา	
1	agency	Required	ผู้ให้บริการ	ผู้ให้บริการเดินรถ	ข้อมูลมีอยู่ (Available data)
2	routes	Required	เส้นทาง	พระราชกิจจานุเบกษา	
3	trips	Required	เที่ยวการเดินรถ	ใบอนุญาตประกอบการเดินรถ	
4	fare_attributes	Optional	ค่าโดยสาร	ใบอนุญาตประกอบการเดินรถ	
5	fare_rules	Optional	อัตราค่าโดยสาร	ใบอนุญาตประกอบการเดินรถ	
6	frequencies	Optional	ความถี่	ใบอนุญาตประกอบการเดินรถ	
7	stop_times	Required	เวลาหยุดรถ	ใบอนุญาตประกอบการเดินรถ	
8	stops	Required			ข้อมูลไม่สมบูรณ์ (Missing data)
9	transfers	Optional			
10	feed_info	Optional	-	-	
11	calendar	Required			
12	calendar_dates	Optional			
13	shapes	Optional			

2. การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design)

การวิเคราะห์ความต้องการระบบสามารถนำมาออกแบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ดังนี้

2.1 โครงสร้างระบบ (System Structure)

ในการวิจัยนี้มุ่งศึกษาการใช้งานผ่านโปรแกรมรหัสเปิด (Open Source) ประกอบด้วยระบบฐานข้อมูล PostgreSQL/PostGIS ใช้จัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ เชื่อมต่อกับโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ QGIS เพื่อจัดการ สืบค้นและแสดงผลข้อมูล แล้วเผยแพร่ข้อมูลที่จัดเก็บในรูปแบบแผนที่กระดาษ แผนที่อินเทอร์เน็ตด้วย QGIS Cloud และเผยแพร่ผ่านระบบแผนที่ Google My Maps ของบริษัท Google, Inc. ดังภาพที่ 1

2.2 โครงสร้างข้อมูล

การศึกษาโครงสร้างข้อมูลแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1) การออกแบบในระดับความคิด (Conceptual Design) เป็นการกำหนดโครงสร้างหลักๆ ของข้อมูลโดยยังไม่คำนึงถึงรูปแบบฐานข้อมูล ดังภาพที่ 2

2) การออกแบบในระดับตรรกะ (Logical Design) เป็นการนำเอาโครงสร้างที่ออกแบบไว้ในระดับความคิดมาปรับปรุงให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลเชิมสัมพันธ์ แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (Entity-Relationship Diagram: ERD) ดังภาพที่ 3

3) การออกแบบในระดับกายภาพ (Physical Design) เป็นการปรับปรุงโครงสร้างให้เป็นไปตามโครงสร้างของโปรแกรมที่นำมาใช้งาน เป็นการกำหนดข้อมูลที่จะจัดเก็บลงในฐานข้อมูลจริงในระบบฐานข้อมูลรหัสเปิด PostgreSQL/PostGIS

3. การจัดทำและนำเข้าฐานข้อมูล (Implementation and Migration)

3.1 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

การจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลตามโครงสร้างที่ออกแบบนั้น จะทำการจัดเก็บข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และส่งออกข้อมูลในรูปแบบ Comma-separated values (.csv) เพื่อรอการนำเข้าในฐานข้อมูล และในส่วนของข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น เส้นทางการให้บริการ จุดรับ-ส่งผู้โดยสาร จะทำการเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรม QGIS ในรูปแบบ Shapefile (.shp)

3.2 การสร้างฐานข้อมูลและตาราง (Database and Table Creation)

การสร้างฐานข้อมูลสามารถใช้งานผ่าน GUI ของโปรแกรม pgAdmin III ที่ติดตั้งมาพร้อมกับระบบฐานข้อมูล PostgreSQL ได้โดยตรงดังภาพที่ 4(ก) จากนั้นทำการสร้างตารางตามโครงสร้างข้อมูลที่ออกแบบด้วยคำสั่ง SQL ใน SQL editor ดังภาพที่ 4(ข)

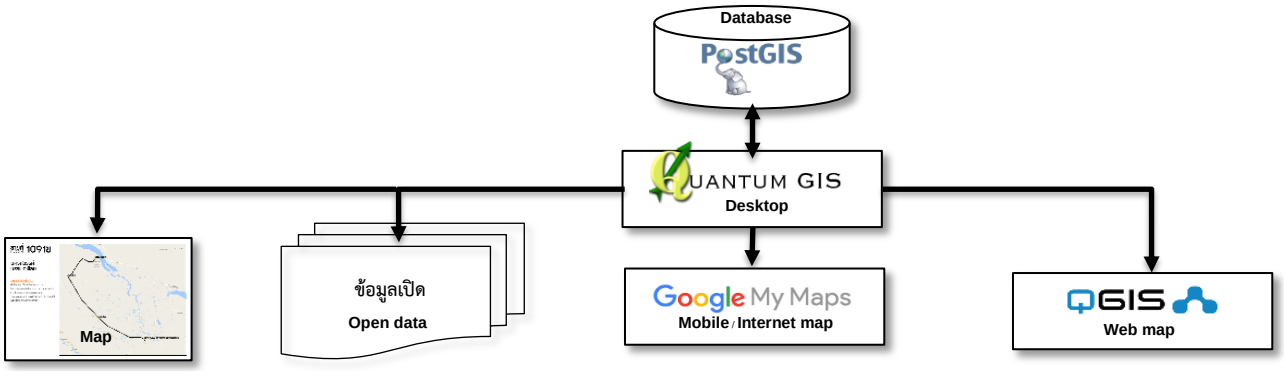
3.3 การนำข้อมูลเข้าในฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Data Migration)

การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถทำได้โดยใช้โปรแกรมเสริม (Plugin) PostGIS Shapefile Import/Export Manager โดยทำการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลจากนั้นเลือกไฟล์ที่จัดเก็บข้อมูล ดังภาพที่ 4(ค) และนำเข้าข้อมูลเชิงบรรยายในฐานข้อมูลโดยใช้คำสั่ง SQL

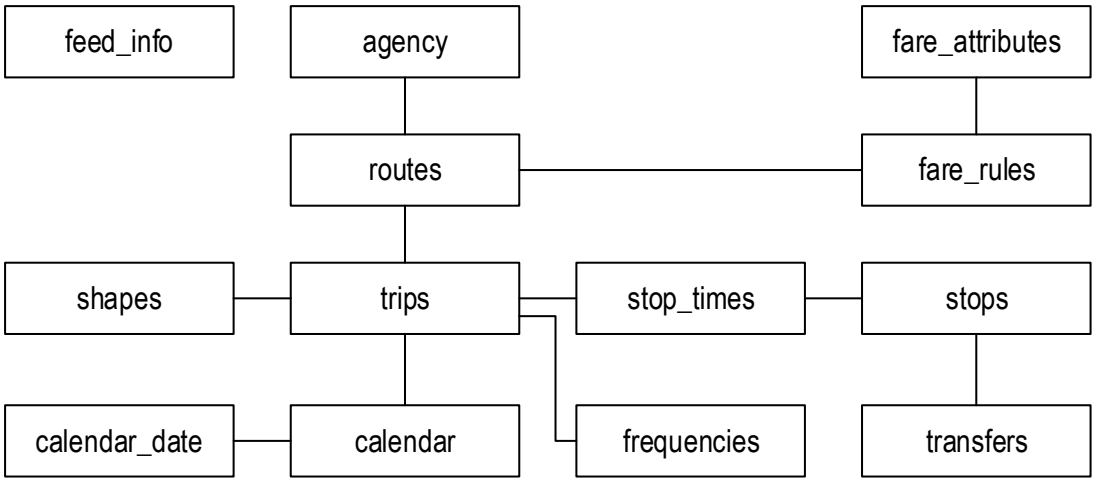
4. การทดสอบและประเมินผล (Testing and Evaluation)

ผลการทดสอบการทำงานของระบบผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความสามารถในการทำงานของระบบตลอดจนความถูกต้องของข้อมูลที่นำเข้าในระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ ผลการทดสอบพบว่าข้อมูลที่นำเข้าและระบบมีความสามารถตรงตามความต้องการระบบ สามารถจัดเก็บ เรียกดู ประมวลผล และนำเสนอผลได้อย่างเหมาะสมการ

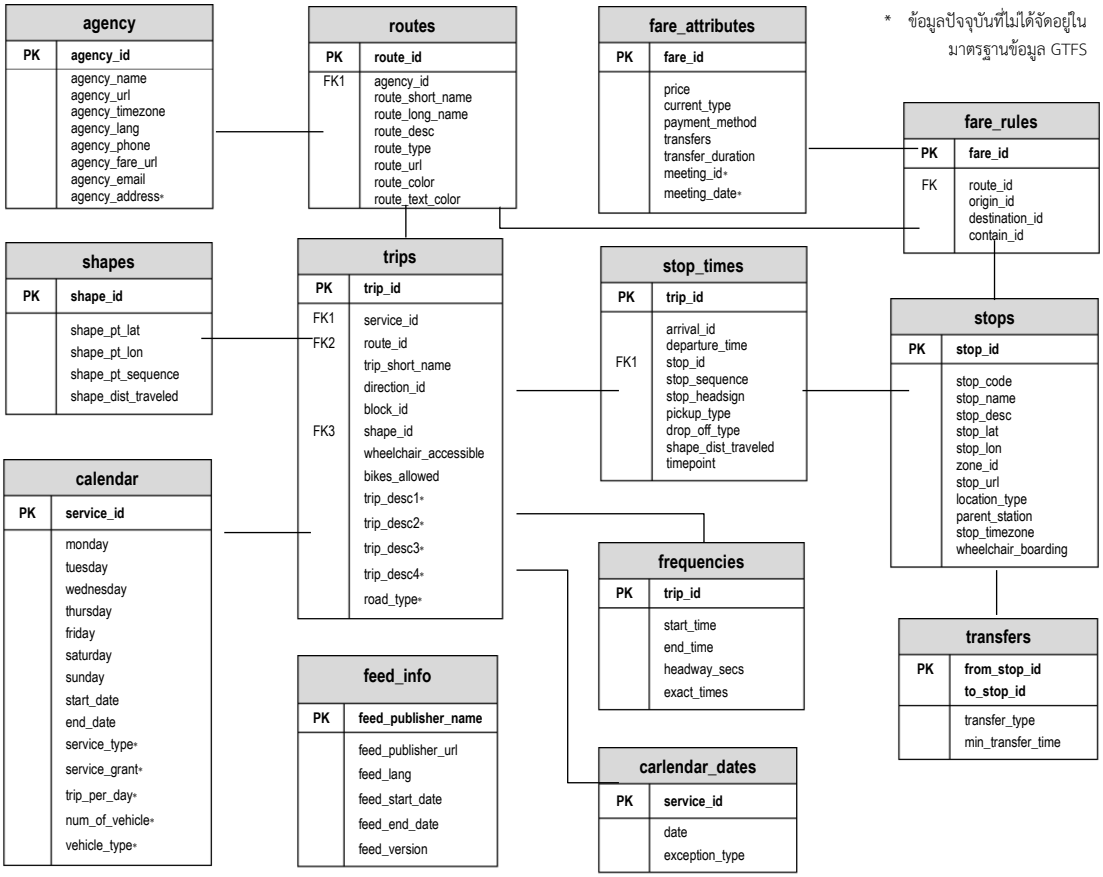
การประเมินผลถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การประเมินประสิทธิภาพของระบบและการประเมินความพึงพอใจ โดยในการประเมินประสิทธิภาพของระบบได้ทำการประเมินผลรวม 5 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถ ด้านความถูกต้อง ด้านการใช้งานระบบ ด้านประสิทธิภาพ และด้านความปลอดภัยของระบบ โดยผู้โดยสารรถสาธารณะในเขตจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 100 คน ผลการประเมินพบว่าประสิทธิภาพของระบบอยู่ในเกณฑ์ดี มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 โดยคะแนนการประเมินทั้ง 5 ด้านของระบบอยู่ในระดับดี ด้านความสามารถมีผลการประเมินสูงสุด ในขณะที่ด้านความปลอดภัยมีผลการประเมินต่ำที่สุด รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2



ภาพที่ 1 โครงสร้างระบบ (System structure)



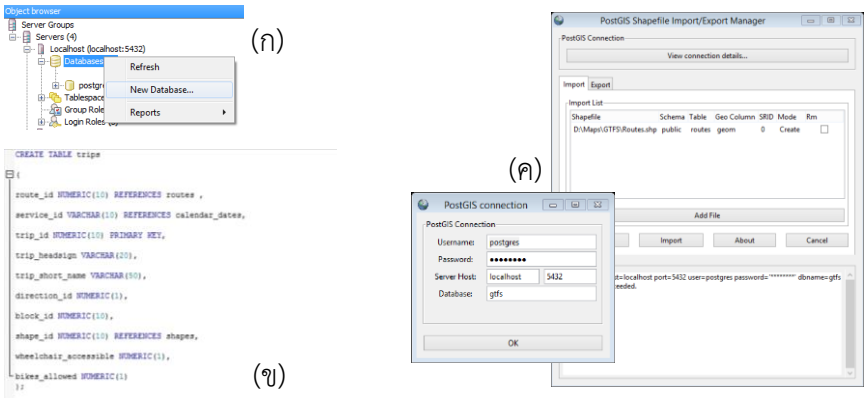
ภาพที่ 2 โครงสร้างข้อมูล (Data model)



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (ER diagram)

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

รายการประเมิน	ระดับคะแนนประสิทธิภาพของระบบ	
	$\bar{x}$	S.D.
1. ด้านความสามารถ	4.00	0.82
2. ด้านความถูกต้อง	3.94	0.88
3. ด้านการใช้งาน	3.91	0.76
4. ด้านประสิทธิภาพ	3.91	0.83
5. ด้านความปลอดภัย	3.53	0.80



ภาพที่ 4 (ก) การสร้างฐานข้อมูล (ข) การสร้างตาราง และ (ค) การนำข้อมูลเข้าในฐานข้อมูล

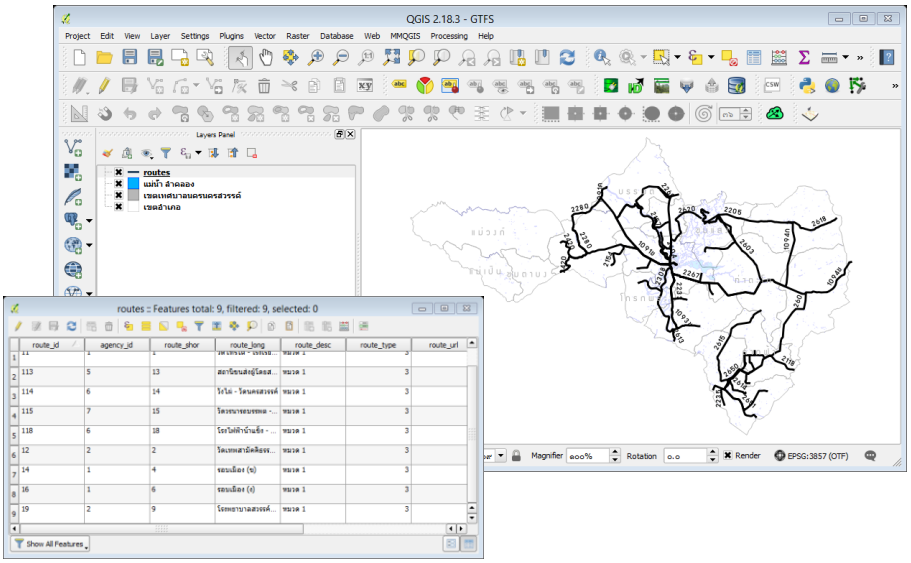
การประเมินความพึงพอใจการใช้งานแบ่งเป็นความพึงพอใจระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และการเผยแพร่สารสนเทศระบบขนส่งสาธารณะ ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้โดยสารรถโดยสารสาธารณะในจังหวัดนครสวรรค์แบบสอบถาม ผลการประเมินพบว่าระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่มีความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 3.81 ในขณะที่การเผยแพร่สารสนเทศระบบขนส่งสาธารณะมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.88 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ			
	ระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่		การเผยแพร่สารสนเทศ	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
1. ความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล	3.82	0.95	3.76	0.66
2. ความเป็นปัจจุบันของข้อมูล	3.82	0.81	4.06	0.82
3. ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูล	3.53	0.80	4.04	0.73
4. ข้อมูลเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและการตัดสินใจ	4.00	0.50	4.00	0.78
5. ความเหมาะสมของรูปแบบที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล	3.71	0.85	3.78	0.89
6. ความสะดวกและไม่ซับซ้อนของระบบ	3.82	1.01	3.72	0.83
7. ประสิทธิภาพและความเร็วในการตอบสนองของระบบ	3.59	0.80	3.58	0.88
8. ความง่ายในการค้นหาตำแหน่งปัจจุบัน	3.94	0.83	3.96	0.88
9. ความง่ายในการค้นหาสถานที่ที่ต้องการ	3.71	0.85	3.92	0.80
10. ความง่ายในการค้นหาวิธีการเดินทาง	4.12	0.78	3.98	0.71

5. การนำฐานข้อมูลไปใช้งาน (Operation)

การจัดการข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรม QGIS ต้องทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูล เลือกชั้นข้อมูลที่สนใจ เพื่อเรียกดู จัดการ แก้ไข หรือแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านทางหน้าจอของโปรแกรม (QGIS Browser) หรือข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) ด้วย Filed Calculator หรือ Search Query Builder ภาพที่ 5(ก)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 (ก) การจัดการฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม QGIS และ (ข) การนำเสนอและเผยแพร่ข้อมูล

จากนั้นทำการนำเสนอและเผยแพร่ข้อมูลในรูปแบบที่เหมาะสม โปรแกรม QGIS สามารถส่งออกข้อมูล (Export) จากฐานข้อมูลได้หลายรูปแบบ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการเผยแพร่สารสนเทศระบบขนส่งสาธารณะจังหวัดนครสวรรค์ เพื่อให้ผู้โดยสารสามารถเลือกใช้งานตามความต้องการใน 4 รูปแบบ ประกอบด้วยแผนที่ระบบขนส่งสาธารณะ (Transit map) แผนที่อินเทอร์เน็ต (Internet map) ด้วย QGIS Cloud แผนที่บน Google My Maps และข้อมูลเปิดและสารสนเทศ (Open transit data and information) ภาพที่ 5(ข)

6. การบำรุงรักษาฐานข้อมูล (Maintenance and Evolution)

การบำรุงรักษาฐานข้อมูลเป็นการปรับปรุงระบบและข้อมูลที่จัดเก็บให้มีความถูกต้องและเป็นปัจจุบันเพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของระบบ ซึ่งในการวิจัยได้ทำการปรับปรุงระบบตามข้อเสนอแนะจากการประเมินมาทำการแก้ไขและปรับปรุงระบบให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังได้จัดทำรายละเอียดข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและบำรุงรักษาฐานข้อมูลในอนาคต

อภิปรายผล

ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินงานวิจัยพบว่าจุดรับ-ส่งบางจุดอยู่ในสถานที่ที่ยากต่อการจดจำ ทำให้การกำหนดชื่อจุดรับ-ส่ง (stops) อาจไม่ชัดเจน ผู้โดยสารอาจไม่ทราบตำแหน่งที่แน่นอนของป้ายหยุดรถโดยสารประจำทางจึงต้องกำหนดชื่อหรืออธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้ง่ายต่อการจดจำ นอกจากนี้ข้อมูลของใบอนุญาตเดินรถประจำทางที่จัดเก็บโดยสำนักงานขนส่งเป็นข้อมูลโดยรวม ต้องทำการจัดทำข้อมูลเที่ยวรถ (trips) เวลาหยุดรถ (stop_times) ความถี่ในการให้บริการ (frequencies) ขึ้นมาใหม่เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน

อีกหนึ่งอุปสรรคที่พบในระหว่างการสอบถามความพึงพอใจผู้โดยสารระบบขนส่งสาธารณะพบว่าผู้โดยสารส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับการอ่านแผนที่ การใช้แผนที่อินเทอร์เน็ต ตลอดจนการใช้แผนที่บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ร่วมกับเทคโนโลยีระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ผู้วิจัยได้ทำการอธิบายหลักการทำงานพื้นฐานและสาธิตวิธีการทำงานก่อนการประเมินให้กับผู้ประเมินส่วนใหญ่ ซึ่งก่อนการเผยแพร่และใช้งานจริงผู้วิจัยต้องจัดทำคู่มือการใช้งานเพิ่มเติมรวมไปถึงการออกแบบสารสนเทศที่เผยแพร่ให้ง่ายต่อการเข้าใจยิ่งขึ้น

นอกจากปัญหาและอุปสรรคข้างต้นแล้ว อีกหนึ่งความท้าทายของงานวิจัยนี้คือการนำข้อมูลเปิดมาตรฐาน GTFS ของระบบขนส่งสาธารณะจังหวัดนครสวรรค์ไปพัฒนาความร่วมมือ (Partnership) กับบริษัท Google, Inc. เพื่อนำข้อมูลไปแสดงใน Google Maps ในอนาคต เพื่อเพิ่มช่องทางในการเข้าถึงข้อมูลของผู้โดยสารในวงกว้าง ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้

นักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างชาติที่คุ้นเคยกับการค้นหาข้อมูลการเดินทางด้วยโปรแกรม Google Maps สอดคล้องกับ Eros et al. (2014) และ Ferris et al. (2009) ที่นำรูปแบบข้อมูลจีทีเอฟเอสมาใช้ในการให้บริการข้อมูลระบบขนส่งสาธารณะ นอกเหนือจากการพัฒนาความร่วมมือกับบริษัทผู้ให้บริการแผนที่แล้วข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูลเชิงพื้นที่นี้ยังสามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนาเป็นโปรแกรมวางแผนการเดินทาง Trip planner เพื่อใช้ในการวางแผนและตัดสินใจก่อนการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะ จังหวัดนครสวรรค์ในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินงานตามขั้นตอนวงจรชีวิตของการพัฒนาฐานข้อมูล ในขั้นตอนการออกแบบระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่การให้บริการขนส่งสาธารณะจังหวัดนครสวรรค์ได้ทำการออกแบบโครงสร้างระบบโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมรหัสเปิด (Open source) ประกอบด้วยระบบฐานข้อมูล PostgreSQL/PostGIS โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ QGIS มาทำงานร่วมกันทดแทนการใช้งานโปรแกรมลิขสิทธิ์ และออกแบบการเผยแพร่ข้อมูลในรูปแบบแผนที่ระบบขนส่งสาธารณะ แผนที่อินเทอร์เน็ตด้วยโปรแกรม QGIS Cloud แผนที่บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยโปรแกรม Google My Maps และข้อมูลเปิดข้อมูลปัจจุบัน และในรูปแบบมาตรฐาน GTFS เพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้ใช้งานเลือกใช้งานตามความต้องการและความเหมาะสม ในส่วนของโครงสร้างข้อมูลผู้วิจัยได้ทำการบูรณาการข้อมูลปัจจุบันเข้ากับมาตรฐานข้อมูล GTFS โดยมีการจัดเก็บข้อมูลปัจจุบันที่มีความจำเป็นในการดำเนินงานเพิ่มเติมลงในโครงสร้างข้อมูล ซึ่งผลการออกแบบนี้ช่วยให้ข้อมูลถูกจัดเก็บในมาตรฐานสากลง่ายต่อการนำไปใช้งานในขณะเดียวกันยังสามารถสนับสนุนการดำเนินงานในปัจจุบัน

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่มีขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมข้อมูลด้วยโปรแกรมตารางงาน Microsoft Excel การสร้างฐานข้อมูลและตารางจำนวน 13 ตารางตามโครงสร้างข้อมูลที่ออกแบบ และการนำเข้าข้อมูลในฐานข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมเสริม PostGIS Shapefile Import/Export Manager และข้อมูลเชิงบรรยายด้วยคำสั่ง SQL script

ผลการทดสอบระบบและข้อมูลที่จัดเก็บโดยทำการทดลองใช้งาน พบว่าระบบและข้อมูลที่จัดเก็บสามารถแสดงผลและประมวลผลได้อย่างเหมาะสมและตรงตามความต้องการของระบบ จากนั้นจึงทำการประเมินประสิทธิภาพทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถ ด้านความถูกต้อง ด้านการใช้งาน ด้านประสิทธิภาพ และด้านความปลอดภัยโดยผู้ใช้งานระบบ ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบพบว่าทุกด้านอยู่ในระดับดี โดยด้านความสามารถมีคะแนนสูงสุด ในขณะที่ด้านความปลอดภัยมีคะแนนต่ำสุดเนื่องจากระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นยังมิได้มีการกำหนดสิทธิผู้ใช้งาน ทำให้ผู้ใช้งานทุกคนมีสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลเท่าเทียมกัน และผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่จากผู้โดยสารระบบขนส่งสาธารณะในเขตจังหวัดนครสวรรค์ พบว่าความพึงพอใจระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมีคะแนนเท่ากับ 3.81 และการเผยแพร่สารสนเทศระบบขนส่งสาธารณะมีระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีที่ระดับคะแนน 3.88

ข้อมูลที่ส่งออกข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อให้บริการข้อมูลแก่ผู้โดยสารจะช่วยให้ผู้โดยสารสามารถวางแผนและตัดสินใจก่อนการเดินทาง ผู้ประกอบการเดินรถสามารถนำไปใช้ในการขยายเส้นทาง หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ในการเพิ่มพื้นที่การให้บริการในเขตที่รับผิดชอบ การนำระบบฐานข้อมูลไปประยุกต์ใช้เป็นหนึ่งวิธีในการการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในจังหวัดนครสวรรค์ให้มีมาตราฐาน เพื่อส่งเสริมการใช้งานขนส่งสาธารณะ ประหยัดค่าใช้จ่าย ค่าเชื้อเพลิง ลดปัญหาการจราจรและลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดีด้วยการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ และได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสำนักงานขนส่งจังหวัดนครสวรรค์ ผู้ประกอบการเดินรถ ตลอดจนความร่วมมือจากผู้โดยสารรถสาธารณะในการทำแบบประเมินความพึงพอใจในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

วิไลภรณ์ ศรีไพศาล. (2553). **แนวทางการพัฒนาระบบฐานข้อมูล**. เข้าถึงได้จาก **:** http://www.stabundamrong.go.th/web/book/53/b6_53.pdf. (สืบค้นเมื่อ : 8 กุมภาพันธ์ 2560).

สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม. (2560). **ระบบภูมิสารสนเทศกระทรวงคมนาคม**. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นจาก http://gisportal.mot.go.th/gisportal58. (สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2560).

Antrim A. (2015). **GTFS Today, and Tomorrow.** [Online], Available HTTP: http://trilliumtransit.com /2015/12/10/gtfs-today-and-tomorrow on 06/09/2016.

Antrim, A. and Barbeau, S. J. (2013). **The Many Uses of GTFS Data–Opening the Door to Transit and Multimodal Applications**. Location-Aware Information Systems Laboratory at the University of South Florida, 4.

Dondo, C. and Rivett, U. (2004). Spatial Information Systems in Managing Public Transport Information. **South African Journal of Information Management**.

Eros, E., Mehndiratta, S., Zegras, C., Webb, K., & Ochoa, M. (2014). Applying the General Transit Feed Specification to the Global South: Experiences in Mexico City, Mexico and Beyond. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, (2442), 44-52.

Ferris, B., Watkins, K., & Borning, A. (2009). Onebusaway: A Transit Traveler Information System. **International Conference on Mobile Computing, Applications, and Services** (pp. 92-106). Springer Berlin Heidelberg.

Google Developers. (2017). **GTFS Static Overview**. [Online], Available HTTP: https:// developers. google.com/transit/gtfs/ on 06/02/2017.

McHugh, B. (2013). **Pioneering Open Data Standards: The GTFS Story**. Beyond Transparency: Open Data and the Future of Civic Innovation (2013): 125-135.

สมบัติทางเคมี-กายภาพและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีการต่างกัน

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND BIOACTIVE CONTENTS OF COCONUT OIL PRODUCED FROM DIFFERENT EXTRACTION PROCESSES

กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ์[1*] ชลกร อมรพิมล[1]และ สมจิตต์ ปาละกาศ[2]
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
[*]corresponding author e-mail : krongchan@buu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบสมบัติทางเคมี-กายภาพ และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันมะพร้าว ที่ผลิตด้วยรูปแบบการสกัดที่ต่างกัน คือ การบีบเย็น การหมักแบบให้ความร้อนไม่สูงที่อุณหภูมิ 45-60 องศาเซลเซียส การเคี่ยวร้อน และการหมักตามธรรมชาติที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48-168 ชั่วโมง ผลการศึกษา พบว่า น้ำมันมะพร้าวที่ได้มีความใส ไม่มีสีและมีกลิ่นเล็กน้อย ยกเว้น น้ำมันที่ได้จากการเคี่ยวร้อนที่มีกลิ่นมากกว่าการสกัดด้วยวิธีการอื่นๆ ทั้งนี้ การสกัดด้วยวิธีการบีบเย็นให้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวสูงสุด เท่ากับ 25.58±1.23 มิลลิลิตรต่อเนื้อมะพร้าว 100 กรัม อย่างไรก็ตาม วิธีการสกัดไม่มีผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่า น้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีการเคี่ยวร้อนให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 9.95±0.04 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำมัน100 กรัม และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่าเท่ากับ 3.07±0.01 มิลลิโมลาร์ของโทรล็อกซ์ต่อน้ำมัน100 กรัม

คำสำคัญ : น้ำมันมะพร้าว การสกัดน้ำมันมะพร้าว คุณภาพน้ำมันมะพร้าว สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

In this work, different extraction methods of coconut oil form coconut meat have been conducted including cold compression, fermentation at moderate temperature (45-60 °C), hot stew and natural fermentation at room temperature with different fermentation times (48-168 hours). Physico-chemical properties and bioactive contents of coconut oil have been investigated. The results revealed that almost extraction methods gave transparent coconut oil with slightly odor except hot stew method that gave oil with more color and odor. Cold compression gave the highest oil volume of 25.58±1.23 ml/100g of coconut meat. Different extraction method did not affect significantly difference of free fatty acid contents. Oil extraction with hot stew gave the highest total phenolic compound and DPPH antioxidant activity of 9.95±0.04 mgGAE/100 g oil and 3.07±0.01 mMTrolox/ 100 g oil, respectively.
Keywords: coconut oil, oil extraction method, coconut oilquality, phenolic compound, antiradical activity

บทนำ

น้ำมันมะพร้าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการใช้ประโยชน์ทั้งส่วนประกอบในอาหาร ด้านสุขภาพและความงามของมนุษย์มาเป็นเวลา ทั้งนี้น้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้ไม่เกิดการหืนเนื่องจากในน้ำมันมะพร้าวประมาณร้อยละ 80 เป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัว เมื่อถูกความร้อนจะไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเหมือนน้ำมันพืชชนิดอื่น เนื่องจากมีวิตามินอีซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ปริมาณมาก มีกรดลอริกในปริมาณสูงซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างภูมิคุ้มกัน โดยสามารถเปลี่ยนเป็นโมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) ชนิดโมโนลอริน (monolaurin) เช่นเดียวกับที่พบในน้ำนมมารดาทำหน้าที่สำคัญในการสร้างภูมิคุ้มกันให้กับทารก โดยสารโมโนลอรินจะทำหน้าที่เป็นสารปฏิชีวนะ ที่ทำลายเชื้อโรคทุกชนิดได้ที่ดีกว่ายาปฏิชีวนะที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ยีสต์ โปรโตซัว และไวรัส ซึ่งยาปฏิชีวนะไม่สามารถฆ่าได้ เนื่องจากมีเกราะที่เป็นไขมันห่อหุ้ม (lipid-coated membrane) แต่น้ำมันมะพร้าวสามารถละลายเกราะไขมันนั้น ทำให้โมโนลอรินเข้าไปฆ่าเชื้อโรค

ได้ อีกทั้งสารปฏิชีวนะในน้ำมันมะพร้าวไม่ก่อให้เกิดพิษต่อมนุษย์ โดยจะถูกสร้างขึ้นได้ในร่างกายของมนุษย์เมื่อรับประทานอาหารที่มีกรดลอริก โดยไม่ส่งผลเสียต่อแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้อีกด้วย นอกจากนี้ได้มีประโยชน์จากการนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้ในการรักษาคนป่วยที่มีปัญหาการย่อยไขมันและการดูดซึมแคลเซียมและแมกนีเซียม การใช้ประโยชน์เพื่อรักษาโรคผิวหนังและโรคติดเชื้อ รวมทั้ง ได้ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง เช่น ครีมบำรุง โลชั่น สบู่ ผลิตภัณฑ์บำรุงผม เป็นต้น Santos, *et al.,* 2005; Ogbolu *et al.,* 2007; German and Dillard, 2004; Nevin and Rajamohan, 2004; Nevin and Rajamohan, 2006; Nevin and Rajamohan, 2008; Villarino, 2007)

งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของน้ำมันมะพร้าวซึ่งได้รับความนิยมนำมาใช้กันเป็นอย่างสูงในหลายรูปแบบในปัจจุบัน ซึ่งได้มีกระบวนการสกัดน้ำมันมะพร้าวที่แตกต่างกันหลายวิธี วิธีการสกัดที่แตกต่างกันอาจส่งผลต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพ ค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันมะพร้าวสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ที่ได้จากกระบวนการสกัดด้วยวิธีต่างๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำกะทิ

นำมะพร้าวแก่จัด ซื้อจากตลาดพื้นเมือง นำมาขูดและสกัดน้ำกะทิด้วยการคั้นมือ โดยใช้เนื้อมะพร้าวขูดต่อน้ำ ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ใช้ผ้าขาวบางกรอง เพื่อแยกน้ำกะทิจากกากมะพร้าว น้ำกะทิที่มีลักษณะขาวข้นบรรจุไว้ในภาชนะปิดสนิท

2. การสกัดน้ำมันมะพร้าว

2.1 การสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีการหมักแบบธรรมชาติ

นำน้ำกะทิปริมาตร 500 มิลลิลิตร ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 1000 มิลลิลิตร หมักไว้ตามธรรมชาติที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ถึง 168 ชั่วโมง แต่ละการทดลองทำ 3 ซ้ำ เมื่อครบกำหนดเวลาการหมักนำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ลอยอยู่ด้านบน เพื่อใช้งานในขั้นตอนถัดไป พร้อมทั้งบันทึกปริมาตร สีและกลิ่นที่ได้

2.2 การสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีการเคี่ยวร้อน

นำน้ำกะทิมาทำให้ร้อน บนเตาแผ่ความร้อนไฟฟ้า โดยให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 90–110 องศาเซลเซียส เคี่ยวให้น้ำที่ผสมอยู่กับน้ำมันระเหยออกจนได้น้ำมันมะพร้าวลอยอยู่ชั้นบนและส่วนของตะกอนอยู่ก้นภาชนะนำส่วนของน้ำมันไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ลอยอยู่ด้านบน เพื่อใช้งานในขั้นตอนถัดไป พร้อมทั้งบันทึกปริมาตร สีและกลิ่นที่ได้

2.3 การสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีการบีบเย็น

นำเนื้อมะพร้าวขูด มาอบด้วยตู้อบไอร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เพื่อลดปริมาณความชื้นในเนื้อมะพร้าวให้มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 10-20 จากนั้นบีบน้ำมันมะพร้าวด้วยเครื่องบีบแบบสกรู นำมากรองเพื่อเอากากและตะกอนออก นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ลอยอยู่ด้านบน เพื่อใช้งานในขั้นตอนถัดไป พร้อมทั้งบันทึกปริมาตร สีและกลิ่นที่ได้

2.4 การสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีการหมักแบบให้ความร้อนไม่สูง

นำน้ำกะทิปริมาตร 250 มิลลิลิตร ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร นำไปหมักในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ระดับอุณหภูมิต่างกันในช่วง 45 - 60 องศาเซลเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำน้ำมันมะพร้าวที่ได้มาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ลอยอยู่ด้านบน เพื่อใช้งานในขั้นตอนถัดไป พร้อมทั้งบันทึกปริมาตร สีและกลิ่นที่ได้หลอดปั่นเหวี่ยง

3. การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันมะพร้าว

3.1 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Acid Value; A.V.)(ดัดแปลงจาก นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ ใช้เทคนิคการตรวจสอบการสลายตัวและการหืนของไขมันและน้ำมัน โดยเตรียมตัวทำละลายผสมที่เป็นกลางที่ได้จากเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟีนอฟทาลีนความเข้มข้นร้อยละ1 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และไตเตรตให้เป็นกลางด้วยสารละลายโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ละลายตัวอย่างน้ำมันปริมาณ 2 กรัม ในตัวทำละลายผสมที่เป็นกลาง และไตเตรตด้วยสารละลายโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จนกระทั่งได้สารละลายสีชมพู ซึ่งคงตัวนานกว่า 15 วินาที

และใช้น้ำมันปาล์มเป็นตัวควบคุมเชิงบวก

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

3.2.1 การเตรียมตัวอย่างโดยการสกัดด้วยเมทานอล (ดัดแปลงจาก Kapila*et al.,* 2009)

ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่าง ทำโดยนำน้ำมันมะพร้าว 5.0 กรัม ใส่ลงในหลอดปั่นเหวี่ยงเติมเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร1 มิลลิลิตร นำไปเขย่าเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที แยกส่วนของสารละลายเมทานอล ออกแล้วเติมเมทานอลอีก 1 มิลลิลิตร ทำการสกัดซ้ำ 3 ครั้ง ก่อนจะเก็บตัวอย่างไว้ในที่มืดและนำไปวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

3.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Marina*et al.,*2009)

ใช้ตัวอย่างสารสกัดฟีนอลิกปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติม Folin-ciocalteu reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัวที่ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลร้อยละ 80 เป็นตัวควบคุมและเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เป็นปริมาณสมมูลกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid equivalents; GAE) ต่อน้ำมัน 100 กรัม

3.2.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (ดัดแปลงจาก Kapila *et. al.,* 2009)

เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ที่ละลายอยู่ในเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างสารสกัดฟีนอลิก 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปเก็บในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยการคำนวณค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูล DPPH ที่เทียบเป็นปริมาณสมมูลกับสารมาตรฐานโทรล็อกซ์ในระดับ มิลลิโมลาร์ของโทรล็อกซ์ต่อน้ำมัน 100 กรัม (mMTrolox/ 100 g oil)

ผลการวิจัย

จากการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การเคี่ยวร้อน การบีบเย็น การหมักแบบธรรมชาติ และการหมักแบบให้ความร้อนไม่สูง จากนั้นนำน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้มาตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

1. คุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างน้ำมันมะพร้าว

จากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพจากการสังเกตพบว่า สีและกลิ่นของตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวซึ่งสกัดด้วยวิธีการเคี่ยวร้อน จะให้น้ำมันมะพร้าวที่ได้จะมีสีเหลืองใส และมีกลิ่นหอมของน้ำมันมะพร้าวมากที่สุด ส่วนวิธีการบีบเย็นจะให้กลิ่นหอมของมะพร้าวน้อยสุด แต่น้ำมันมะพร้าวที่ได้จะมีลักษณะใส และไม่มีสี สำหรับวิธีการหมักแบบให้ความร้อนไม่สูงและการหมักแบบธรรมชาติจะให้คุณสมบัติของสี และกลิ่น ไม่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตโดยวิธีการสกัดแตกต่างกัน

วิธีการสกัด	ลักษณะ	กลิ่น
การหมักแบบให้ความร้อนไม่สูง 45 - 60 องศาเซลเซียส	ใส ไม่มีสี	++
บีบเย็น	ใส ไม่มีสี	+
เคี่ยว	ใส สีเหลือง	+++
การหมักแบบธรรมชาติ 48 - 168 ชั่วโมง	ใส ไม่มีสี	++

เหตุ การหมาย เปรียบเทียบในกลุ่มตัวอย่างน้ำมันมะพร้าว โดย + คือ หอมน้อย++ คือ หอมปานกลาง +++ คือ หอมมาก

2. ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้ด้วยวิธีการแตกต่างกัน

จากการตรวจวัดปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการสกัดน้ำมันด้วยวิธีแตกต่างกัน พบว่าการสกัดด้วยวิธีบีบเย็นให้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวสูงสุดเท่ากับ 25.58±1.23 มิลลิลิตรต่อเนื้อมะพร้าว 100 กรัม ส่วนวิธีการหมักแบบให้ความร้อนไม่สูงที่

อุณหภูมิ 45-60 องศาเซลเซียส ส่วนการหมักแบบธรรมชาติที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง และ168 ชั่วโมง พบว่าให้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณตัวอย่างของน้ำมันมะพร้าว

ตัวอย่างน้ำมันมะพร้าว	ปริมาณน้ำมัน (มิลลิลิตร/ เนื้อมะพร้าว 100 กรัม)
การหมักที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส	20.33±2.13
การหมักที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	21.25±0.90
การหมักที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส	20.42±1.28
การหมักที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	21.42±3.09
การบีบเย็น	25.58±1.23
การเคี่ยวร้อน	20.83±2.12
การหมักแบบธรรมชาติที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง	18.58±0.63
การหมักแบบธรรมชาติที่ระยะเวลา 168 ชั่วโมง	19.75±0.25

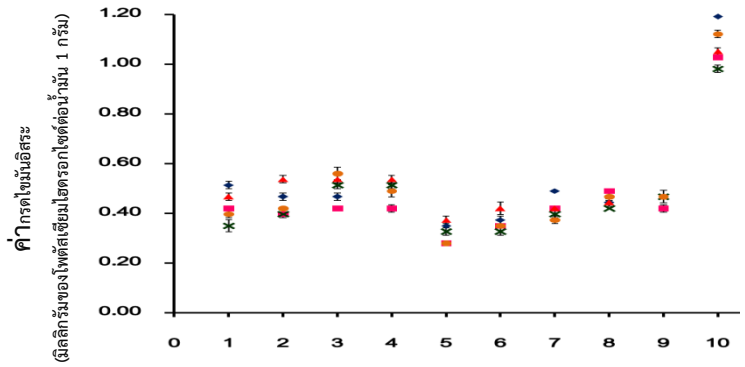
หมายเหตุ : ค่าที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ย (± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของการศึกษา 3 ซ้ำ

3.ผลของปริมาณกรดไขมันอิสระของตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีต่างกัน

ในการเปรียบเทียบผลของปริมาณกรดไขมันอิสระในตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดในแต่ละวิธี โดยใช้น้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ใช้และน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วเป็นตัวควบคุม พบว่าที่ระยะเวลา 0-504 ชั่วโมง ปริมาณกรดไขมันอิสระในตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ใช้มีค่าไม่แตกต่างกันทั้งนี้การสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีบีบเย็นมีปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยที่สุดโดยมีค่าระหว่าง 0.28-0.35 มิลลิกรัม ของโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันมะพร้าว 1 กรัม เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างน้ำมันทุกชนิดที่ใช้ในการทดลองทั้งน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันปาล์ม จากการทดลองได้ใช้น้ำมันปาล์ม เป็นตัวควบคุม พบว่าน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว (น้ำมันมีสีน้ำตาลเข้ม ตะกอนสีดำ มีกลิ่นหืน) มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงถึง 0.98 -1.19 (<±0.02) มิลลิกรัมของโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันปาล์ม 1 กรัม ส่วนน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากวิธีการหมักแบบให้ความร้อนไม่สูง การเคี่ยวร้อน การหมักแบบธรรมชาติที่ระยะเวลา 48 และ 168 ชั่วโมง และน้ำปาล์มที่ยังไม่ได้ใช้ (น้ำมันสีเหลือง ไม่มีตะกอน ไม่มีกลิ่นหืน) มีปริมาณกรดไขมันอิสระไม่แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 1 จากการคำนวณเป็นร้อยละกรดไขมันอิสระพบว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีบีบเย็นมีร้อยละกรดไขมันอิสระน้อยที่สุด โดยมีค่าคิดเป็น 0.10-0.13 (<±0.01) ส่วนน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วมีร้อยละกรดไขมันอิสระมากที่สุดคิดเป็น 0.45-0.54 สำหรับตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการหมักแบบให้ความร้อนไม่สูง การเคี่ยวร้อน การหมักแบบธรรมชาติที่ระยะเวลา 48 และ 168 ชั่วโมง และน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ใช้ พบว่ามีร้อยละกรดไขมันอิสระไม่แตกต่างกัน

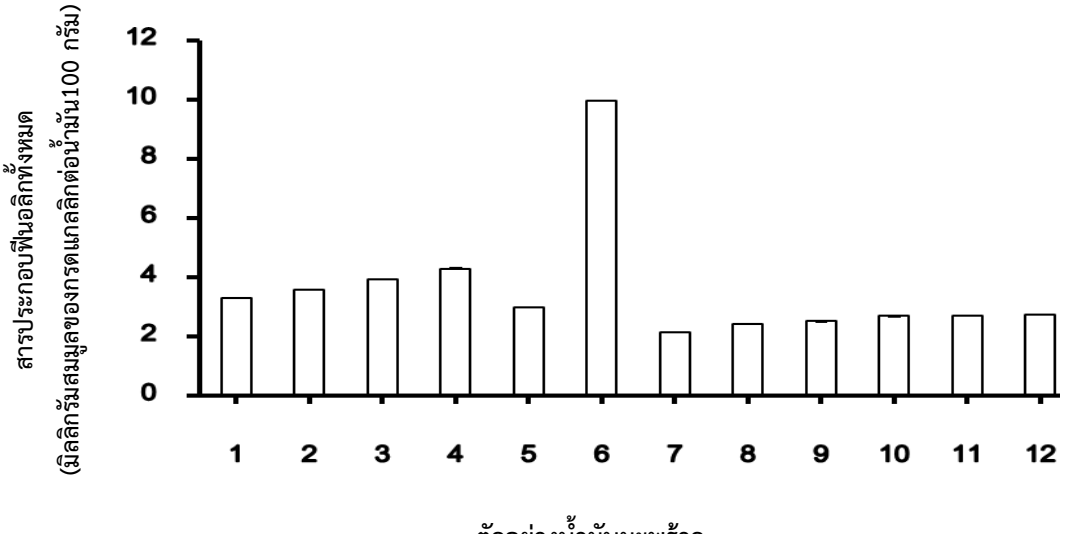
4. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีต่างกัน

จากการตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบว่า น้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยการเคี่ยวร้อนจะให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 9.95±0.04 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำมันมะพร้าว 100 กรัม ส่วนการหมักแบบให้ความร้อนไม่สูง พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจะเพิ่มขึ้น และมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 4.30±0.15 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำมันมะพร้าว 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในการหมักแบบธรรมชาติซึ่งได้ตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ระยะเวลาหมัก 48, 72, 96, 120, 144 และ 168 ชั่วโมง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สำหรับน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีการบีบเย็นพบว่ามีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าวิธีการหมักแบบธรรมชาติ แต่มีค่าน้อยกว่าการหมักแบบให้ความร้อนไม่สูงที่อุณหภูมิ 45-60 องศาเซลเซียส และน้อยกว่าวิธีการสกัดน้ำมันแบบเคี่ยวร้อนอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ก) และร้อยละกรดไขมันอิสระ (ข) ของตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่ระยะเวลาต่าง ๆ โดย 0 ชั่วโมง(◆) 24 ชั่วโมง(■) 168 ชั่วโมง (▲) 336 ชั่วโมง(✕) และ 504 ชั่วโมง (●)

1 คือ การหมักที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
2 คือ การหมักที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
3 คือ การหมักที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
4 คือ การหมักที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
5 คือ การบีบเย็น
6 คือ การเคี่ยวร้อน
7 คือ การหมักที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง
8 คือ การหมักที่ระยะเวลา 168 ชั่วโมง
9 คือ น้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ใช้
10 คือ น้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว



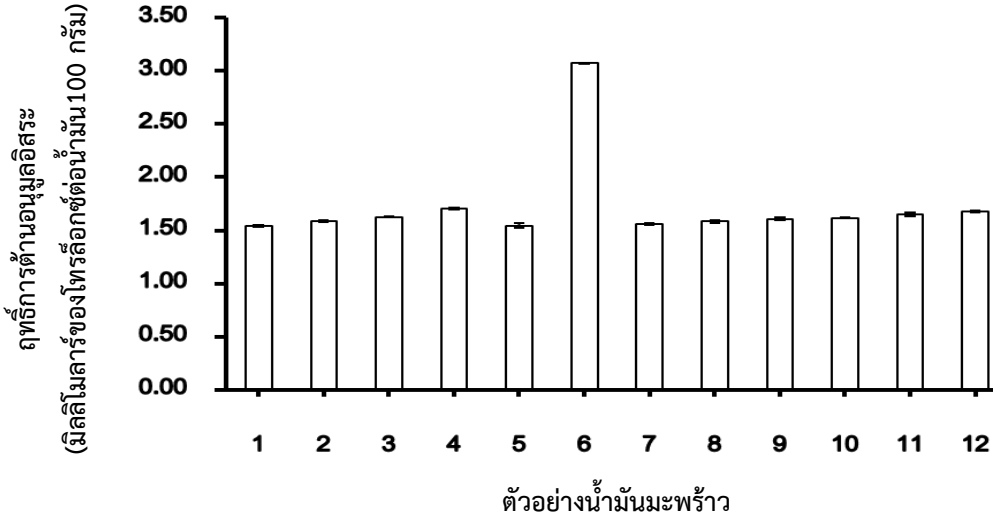
ภาพที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากวิธีการสกัดแตกต่างกันโดย

1 คือ การหมักที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
2 คือ การหมักที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
3 คือ การหมักที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
4 คือ การหมักที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
5 คือ การบีบเย็น
6 คือ การเคี่ยวร้อน
7 คือ การหมักธรรมชาติที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง
8 คือ การหมักธรรมชาติที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง
9 คือ การหมักธรรมชาติที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง
10 คือ การหมักธรรมชาติที่ระยะเวลา 120 ชั่วโมง
11 คือ การหมักธรรมชาติที่ระยะเวลา 144 ชั่วโมง
12 คือ การหมักธรรมชาติที่ระยะเวลา 168 ชั่วโมง

5. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และร้อยละการยับยั้งของตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีต่างกัน

ในการตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและร้อยละการยับยั้งด้วยวิธี DPPH พบว่าตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการเคี่ยวร้อนมีฤทธิ์การต้านอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ สูงสุดเท่ากับ 3.07±0.01 มิลลิโมลาร์ของโทรล็อกซ์ต่อน้ำมันมะพร้าว 100 กรัม ดังแสดงในภาพที่ 3 ส่วนการหมักแบบให้ความร้อนไม่สูง พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น เป็นผลทำให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 1.71±0.01 มิลลิโมลาร์ของโทรล็อกซ์ต่อน้ำมันมะพร้าว 100 กรัม ที่

อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากการเปรียบเทียบน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีการบีบเย็นและการสกัดด้วยวิธีการหมักแบบธรรมชาติที่ระยะเวลา 48-168 ชั่วโมง พบว่ามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน โดยระยะเวลาของการหมักแบบธรรมชาติที่เพิ่มมากขึ้นจะมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเมื่อคิดเป็นร้อยละการยับยั้ง พบว่าตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการเคี่ยวร้อนมีร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 70.49 ±0.12 ส่วนการหมักแบบให้ความร้อนไม่สูงที่อุณหภูมิ 45-60 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นร้อยละการยับยั้งจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยการหมักแบบให้ความร้อนไม่สูงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 39.15±0.26 ส่วนวิธีการบีบเย็น และการหมักแบบธรรมชาติที่ระยะเวลา 48-168 ชั่วโมง พบว่าระยะเวลาของการหมักแบบธรรมชาติที่เพิ่มมากขึ้นจะมีร้อยละการยับยั้งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



ภาพที่ 3 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากวิธีการสกัดแตกต่างกันโดย

1 คือ การหมักที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
2 คือ การหมักที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
3 คือ การหมักที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
4 คือ การหมักที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
5 คือ การบีบเย็น
6 คือ การเคี่ยวร้อน
7 คือ การหมักธรรมชาติที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง
8 คือ การหมักธรรมชาติที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง
9 คือ การหมักธรรมชาติที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง
10 คือ การหมักธรรมชาติที่ระยะเวลา 120 ชั่วโมง
11คือ การหมักธรรมชาติที่ระยะเวลา 144 ชั่วโมง
12คือ การหมักธรรมชาติที่ระยะเวลา 168 ชั่วโมง

อภิปรายผล

ในการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของสีและกลิ่นในตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวพบว่า น้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีการเคี่ยวร้อน ให้กลิ่นหอมมาก แต่สีของน้ำมันมะพร้าวที่ได้มีสีเหลืองใส ซึ่งเป็นกลิ่นที่หอมมากเกินไปและสีเหลือง ไม่ได้รับความนิยม ส่วนน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยการบีบเย็นจะให้กลิ่นหอมของมะพร้าวน้อยที่สุด ลักษณะใส และไม่มีสี ซึ่งได้รับความนิยมในตลาดมากกว่า สำหรับการสกัดด้วยการหมักแบบให้ความร้อนไม่สูงที่อุณหภูมิ 45-60 องศาเซลเซียส และการหมักแบบธรรมชาติที่ระยะเวลา 48-168 ชั่วโมง จะให้คุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของสี และกลิ่นไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้จากการสังเกตตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการสกัดทุกวิธี เมื่อเก็บไว้ในภาชนะปิดสนิทเป็นเวลามากกว่า 3 วัน สีของน้ำมันมะพร้าวจะยังคงเดิม และจะให้ลิ่นหอมของมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันมะพร้าวคือ วิธีการหมักแบบธรรมชาติ ซึ่งวิธีนี้จะได้กลิ่นหอมและสีของมะพร้าวที่ยอมรับได้ อีกทั้งมีต้นทุนในการผลิตต่ำ และง่ายต่อการผลิตน้ำมัน แต่ทั้งนี้จะให้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวน้อยกว่าการสกัดโดยวิธีการบีบเย็น อีกทั้งการบีบเย็นนั้นจะใช้ระยะเวลาในการสกัดสั้นกว่า จึงเป็นวิธีการสกัดที่เหมาะสมต่อการผลิตในระดับอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันมะพร้าว ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อมะพร้าวขูดจะถูกทำให้แห้งจนมีร้อยละความชื้นประมาณ 10-20 ถูกนำมาเข้าเครื่องบีบอัดอย่างแรงทำให้น้ำมันมะพร้าวที่อยู่ในเนื้อมะพร้าวขูดแยกตัวออกมาทันที โดยไม่ต้องเสียเวลาทำการหมักหัวกะทิเพื่อให้ได้เป็นน้ำมันมะพร้าว อีกทั้งข้อดีของการสกัดด้วยวิธีการบีบเย็นนอกจากจะให้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวสูง ผลิตได้รวดเร็ว ยังมีอายุการเก็บรักษานาน เนื่องจากมีน้ำปนเปื้อนน้อยมาก และมีวิตามินอี ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและช่วยต้านการหืนของน้ำมันทำให้อายุการเก็บของน้ำมันมะพร้าวยาวนาน

เพิ่มขึ้น ส่วนข้อเสียของวิธีการบีบเย็น คือใช้ต้นทุนในการผลิตสูง ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ร้อยละการยับยั้ง และให้กลิ่นน้ำมันมะพร้าวน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ (ณรงค์ โฉมเฉลา, 2548)

ในการตรวจสอบปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันมะพร้าวเพื่อวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบการหืนเบื้องต้น ซึ่งพบว่าการหืนของน้ำมันมะพร้าวขึ้นอยู่กับวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวว่ามีความบริสุทธิ์มากน้อยเพียงใด ถ้าน้ำมันมะพร้าวมีความบริสุทธิ์มากปริมาณกรดไขมันอิสระจะน้อยมากเช่นกัน ซึ่งการหืนของน้ำมันมะพร้าวทั่วไปเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ปฏิกิริยาเกิดสารคีโตน และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม และ ศิริวรรณ เนติวรานนท์, 2532) จากการวิจัยได้นำน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้ทุกวิธีมาตั้งทิ้งไว้ให้สัมผัสกับอากาศ เพื่อตรวจสอบตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากวิธีการสกัดแตกต่างกัน และน้ำมันปาล์มทั้งที่ใช้แล้ว และยังไม่ได้ใช้ พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดโดยวิธีบีบเย็นจะมีค่ากรดไขมันอิสระ และร้อยละกรดไขมันอิสระน้อยสุดที่ระยะเวลา 0-504 ชั่วโมง โดยไม่พบการเกิดกลิ่นหืน ส่วนน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีอื่นๆ และน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ใช้มีค่ากรดไขมันอิสระน้อยกว่าน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดมาแล้ว (มากกว่า 50 ครั้ง) ซึ่งจะมีกลิ่นหืนสูงกว่า ทั้งนี้ในการวิจัยครั้งนี้ได้สนใจวิธีการเคี่ยวร้อนซึ่งใช้อุณหภูมิสูง พบว่ามีค่ากรดไขมันอิสระต่ำกว่าน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วหรือน้ำมันปาล์มที่ผ่านความร้อน แสดงว่าน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการเคี่ยวร้อนยังคงมีความเสถียรต่ออุณหภูมิสูง ๆ ได้ และเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่นเดียวกับรายงานของ Kapila และคณะ (2009) พบว่าน้ำมันมะพร้าวมีความเสถียรต่ออุณหภูมิสูงและเสถียรต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ เป็นเพราะน้ำมันมะพร้าวประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวสูงถึงร้อยละ 80 ด้วยคุณสมบัติของกรดไขมันอิ่มตัวนี้ทำให้น้ำมันมะพร้าวเกิดการหืนยากกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น สำหรับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันมะพร้าว ถ้าเป็นน้ำมันมะพร้าวสำหรับบริโภคจะต้องเป็นน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธี (น้ำมันที่ผ่านกระบวนการ RBD) ซึ่งต้องมีค่ากรดไขมันอิสระไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัมของโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันมะพร้าว 1 กรัม ส่วนถ้าเป็นน้ำมันมะพร้าวธรรมชาติ (น้ำมันที่ผ่านกระบวนการบีบอัด หรือผ่านความร้อน) ค่ากรดไขมันอิสระต้องไม่เกิน 4 มิลลิกรัมของโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันมะพร้าว 1 กรัม ในกรณีน้ำมันมะพร้าวสำหรับอุตสาหกรรม (น้ำมันมะพร้าวที่ไม่ใช้บริโภค) ค่ากรดไขมันอิสระต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมของโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันมะพร้าว 1 กรัม (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548) ทั้งนี้น้ำมันมะพร้าวที่ได้ทำการวิจัยซึ่งสกัดด้วยวิธีต่างๆ กัน มีค่ากรดไขมันอิสระผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดสำหรับการตรวจสอบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีแตกต่างกันพบว่าการเคี่ยวร้อนเป็นวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวที่ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด ทั้งนี้เมื่ออุณหภูมิของน้ำกะทิสูงขึ้นจะทำให้น้ำที่รวมตัวอยู่กับน้ำมัน (emulsion) ระเหยออกระหว่างกระบวนการเคี่ยวร้อน และอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยทำให้เกิดการรวมตัวของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเข้าไปในส่วนของน้ำมันมะพร้าวได้มากขึ้น (Kapila *et al.,* 2009) โดยอุณหภูมิและระยะเวลาของการหมักที่สูงขึ้น จะทำให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อคำนึงถึงทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าไม่คุ้มทุนในเรื่องค่าใช้จ่ายกับระยะเวลาที่เสียไปในการผลิตน้ำมันมะพร้าว เพื่อให้ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ดังนั้นวิธีการเคี่ยวร้อน จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตน้ำมันมะพร้าว เพื่อให้ได้สารประกอบฟีนอลิกในปริมาณสูง จากการตรวจสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดด้วยความร้อนสูง มีฤทธิ์การต้านอนุมูล DPPH และมีร้อยละการยับยั้งสูงขึ้นตามปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแปรผันตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับรายงานชอง Kapila และคณะ (2009)

สรุปผลการวิจัย

ในการเปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าว พบว่า วิธีการหมักจะให้คุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นเหมาะสม คือ ใส ไม่มีสี และมีกลิ่นหอมของน้ำมันมะพร้าวที่ยอมรับได้ ต้นทุนในการผลิตต่ำและง่ายต่อการผลิต แต่ไม่เหมาะในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งควรใช้วิธีการบีบเย็น ซึ่งทำได้ง่ายรวดเร็ว มีสีและกลิ่นที่ได้รับการยอมรับเช่นเดียวกัน อีกทั้งได้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ มีค่ากรดไขมันอิสระน้อยที่สุด จึงไม่พบกลิ่นหืนเมื่อเก็บรักษาไว้ถึง 504 ชั่วโมง ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาของน้ำมันมะพร้าวยาวนานกว่าวิธีอื่น ๆส่วนการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีการเคี่ยวร้อน ซึ่งจะใช้อุณหภูมิสูงมีส่วนช่วยให้สารประกอบฟีนอลิกเข้าไปในส่วนของน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้นระหว่างกระบวนการสกัดน้ำมัน จึงมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่น ๆ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ โฉมเฉลา.(2548). **บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อสุขภาพ และความงาม**. การประชุมวิชาการ กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ http://www.thaicam.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=304:2010-08-04-04-48-22&catid=71:2009-09-20-11-54-09&Itemid=120.

บรรจบ ชุณหสวัสดิกุล และณรงค์ โฉมเฉลา. (2551). **น้ำมันมะพร้าวรักษาโรค.** กรุงเทพฯ : รวมทรรศน์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2548). **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม และ ศิริวรรณ เนติวรานนท์. (2532). การเหม็นหืนของน้ำมันมะพร้าว. **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาวิทยาศาสตร์).** 23(3), 260-266.

German J. B. & Dillard C. J. 2004. Saturated fats: What dietary intake? **American Journal of Clinical Nutrition,** 80, p. 550–559.

Kapila, N. S., Chamil D. H. & Sagarika E. (2009). Comparison of the phenolic-dependent antioxidant properties of coconut oil extracted under cold and hot conditions. **Food Chemistry**. 114, 1444–1449.

Marina, A. M., Che Man, Y. B., Nazimah, S. A. H., & Amin, I. (2009).Chemical Properties ofVirgin Coconut Oil. **American Oil Chemists Society**. 86, 301–307.

Nevin K.G. & Rajamohan T. 2004. Beneficial effects of virgin coconut oil on lipid parameters and in vitro LDL oxidation. **Clinical Biochemistry,** 37, p. 830– 835.

Nevin K.G. & Rajamohan T. 2006. Virgin coconut oil supplemented diet increases the antioxidant status in rats. **Food Chemistry,** 99(2), p. 260-266.

Nevin K.G. & Rajamohan T. 2008 Influence of virgin coconut oil on blood coagulation factors, lipid levels and LDL oxidation in cholesterol fed Sprague–Dawley rats. **J. of Clinical Nutrition and Metabolism**, 3(1), p. 1-8.

Ogbolu D.O., Oni A.A., Daini O.A. & Oloko A.P. 2007. *In vitro* antimicrobial properties of coconut oil on *Candida* species in Ibadan, Nigeria. **J Med Food** , 10(2), p. 384-387.

Santos R.R., Laygo R.C., Payawa D.A.l, Tiu E.G.G., Sampang A.L.S. & Urian J.P.C. 2005. The antioxidant effect of virgin coconut oil on Lipid peroxidation. **Phil. J. Internal Medicine**, 43, p. 199-204.

Villarino B.J., Dy L.M. & Lizada Ma C.C. 2007. Descriptive sensory evaluation of virgin coconut oil and refined, bleached and deodorized coconut oil. **LWT - Food Science and Technology**, 40 (2), p. 193-199.

การพัฒนาสบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าว
DEVELOPMENT OF HARD SOAP FROM GAC FRUIT EXTRACT

ศิริรัตน์ พันธ์เรือง* วิษณุ ธงไชย และ เฉลิมพร ทองพูน
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : sirirat_p@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส และพัฒนาสบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าว ได้คัดเลือกฟักข้าวจากเขตจังหวัดพิษณุโลก โดยนำเยื่อหุ้มเมล็ดและเนื้อ มาสกัดด้วย 95% เอทานอล ด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง นำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธีดีพีพีเอช พบว่าสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดเนื้อ มีค่าร้อยละ 50 ของการยับยั้ง (IC_{50}) เท่ากับ 132.18 ± 5.60 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม และ 734.14 ± 10.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ ทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วยวิธีโดพาโครม พบว่าสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ด มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสดีกว่าสารสกัดเนื้อฟักข้าว มีค่าร้อยละ 50 ของการยับยั้ง (IC_{50}) เท่ากับ 49.21 ± 1.20 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม และ 58.00 ± 3.25 ไมโครกรัมมิลลิกรัม ตามลำดับ ได้คัดเลือกสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดนำไปพัฒนาสบู่ก้อน โดยใช้สารสกัด 0.03% โดยน้ำหนัก พบว่าตำรับสบู่ก้อนที่พัฒนาแล้ว ผลการทดสอบผ่านมาตรฐานทุกข้อ

คำสำคัญ : ฟักข้าว สบู่ ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

Abstract

The objectives of this study were to study anti-oxidant, anti-tyrosinase enzyme activities and to develop of hard soap from Gac fruit extract. Gac fruit was selected from Phitsanulok province. The crude extracts from the Gac aril and Gac pulp fruit were extracted by 95% ethanol with ultrasonic extraction. The extract was tested to determine its free radical scavenging activities by DPPH method. The results showed that the crude extracts of Gac aril possessed higher antioxidant activities than Gac pulp with the IC_{50} values of 132.18 ± 5.60 µg/ml and 734.14 ± 10.50 µg/ml, respectively. The crude extracts were assayed for enzyme tyrosinase inhibition by dopachrome method. The results showed that the crude of Gac aril possessed higher enzyme tyrosinase inhibition than Gac pulp with the IC_{50} values of 49.21 ± 1.20 µg/ml and 58.00 ± 3.25 µg/ml, respectively. The development of Gac aril extract as hard soap was also studied. The Gac aril extract development in hard soap showed best quality which contained 0.03% Gac aril crude extract. The results showed that pass the tested.

K**eywords :** Gac fruit, soap, anti-oxidant, anti-tyrosinase

บทนำ

ปัจจุบันผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางส่วนใหญ่ในประเทศไทย นิยมนำพืชหรือสมุนไพรไทยมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสมุนไพรส่วนใหญ่ค่อนข้างปลอดภัยมีผลข้างเคียงน้อย ราคาถูก ฟักข้าว เป็นพืชอีกหนึ่งชนิดที่ได้รับความสนใจ เนื่องจากเป็นพืชพื้นบ้านที่มีมานานในแถบชนบททั่วทุกภาคของประเทศไทย ปัจจุบันมีรายงานวิจัยเกี่ยวกับฟักข้าวที่มีคุณประโยชน์ กล่าวคือ ในเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีแดงในผลฟักข้าว มีสารพฤกษเคมีในกลุ่มแคโรทีนอยด์สูง โดยเฉพาะสารไลโคฟีน และสารเบต้าแคโรทีน ได้มีการศึกษาวิจัยเป็นผลิตภัณฑ์เวชสำอางลดริ้วรอย โดยเยื่อหุ้มเมล็ดของฟักข้าวมีปริมาณเบต้าแคโรทีน มากกว่าแครอท 10 เท่า มีไลโคฟีนมากกว่ามะเขือเทศ 12 เท่า ได้มีการสกัดเอาสารสำคัญเหล่านี้เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำเครื่องสำอางสำหรับใช้บนใบหน้า เนื่องจากสารสำคัญเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556)

จากการสำรวจความต้องการของผู้ประกอบการ ผู้ผลิตสบู่ฟักข้าว พบว่าผู้ประกอบการต้องการพัฒนาสบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าว โดยต้องการทราบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ด และเนื้อฟักข้าว เพื่อคัดเลือกสารสกัดมาใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ เดิมใช้สารสกัดจากเนื้อฟักข้าว จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะแก้ปัญหาให้กับผู้ประกอบการ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส จากสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดและเนื้อฟักข้าว และคัดเลือกสารสกัดเพื่อพัฒนาสบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าว เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อแก้ไขปัญหาให้กับผู้ประกอบการ และเพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การสกัดสารสำคัญ ด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง (ดัดแปลงจาก ศิริรัตน์และคณะ, 2557) โดยใช้เยื่อหุ้มเมล็ดและเนื้อฟักข้าว ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง(จนแห้งสนิท) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 50 กรัม แล้วเติมตัวทำละลาย 95% เอทานอล ให้ท่วมตัวอย่างแล้วนำไปสกัดด้วยเครื่องคลื่นเสียงความถี่สูง เป็นเวลา 8 ชั่วโมง กรองตัวอย่างด้วยผ้าขาวบาง แล้วกรองผ่านสำลี นำไประเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dryer) ได้สารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดและเนื้อฟักข้าว จากนั้นคำนวณหาร้อยละผลผลิตสุทธิ (% Yield) ของสารสกัด

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธีดีพีพีเอช (ดัดแปลงจาก Hatano และคณะ, 1989) โดยทดสอบสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดและเนื้อฟักข้าว โดยชั่งสารสกัดตัวอย่างประมาณ 10 มิลลิกรัม เติมเอทานอลบริสุทธิ์ ปริมาตรเป็น 1 มิลลิลิตร แล้วเจือจางสารละลายตัวอย่าง ด้วยเอทานอลบริสุทธิ์ ลงมา 8 ความเข้มข้น ปิเปตสารละลายตัวอย่างแต่ละความเข้มข้น 100 ไมโครลิตร ใส่ในหลุม (microliter plate) ในแต่ละความเข้มข้นเติมสารละลายดีพีพีเอช 100 ไมโครลิตร สารละลายเปล่า (blank) ของสารละลายตัวอย่างใช้สารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่าง ๆ 100 ไมโครลิตร ผสมกับเอทานอลบริสุทธิ์ 100 ไมโครลิตร ตัวควบคุม (control) ประกอบด้วยน้ำกลั่น 100 ไมโครลิตร และดีพีพีเอช 100 ไมโครลิตร สารละลายเปล่าของตัวควบคุม (blank control) ใช้น้ำกลั่น 100 ไมโครลิตรผสมกับเอทานอลบริสุทธิ์ 100 ไมโครลิตร เขย่าให้สารผสมเข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง ไมโครเพลท (microplate reader spectrophotometer) และคำนวณหาค่าร้อยละการยับยั้ง (%inhibition) จากสูตร

$$\% \text{ inhibition} = \frac{[\text{ OD.control} - \text{OD.sample }]}{\text{OD.control}} \times 100$$

เมื่อ OD.control = ค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ของน้ำกลั่นผสมกับดีพีพีเอช (DPPH)

OD.sample = ค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ของตัวอย่างผสมกับดีพีพีเอช (DPPH)

เมื่อได้ร้อยละการยับยั้ง (% inhibition) แล้วเขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับร้อยละการยับยั้ง (%inhibition) แล้วหาค่า IC_{50} หรือความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถทำลายดีพีพีเอช (DPPH) ไปครึ่งหนึ่ง ทำการทดสอบกับสารสกัดทุกตัว รวมทั้งวิตามินซี (ascorbic acid) ซึ่งเป็นสารมาตรฐาน

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ด้วยวิธีโดพาโครม (ดัดแปลงจาก Masuda และคณะ, 2005) ทดสอบสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดและเนื้อฟักข้าว โดยชั่งสารสกัดตัวอย่างทั้งหมด ตัวอย่างละ 10 มิลลิกรัม เติมเอทานอลบริสุทธิ์ ปริมาตรเป็น 1 มิลลิลิตร แล้วทำการเจือจางสารละลายลงมา 8 ความเข้มข้น ทำการแบ่งกลุ่มสารทดสอบใส่ในหลุม 96 well plate ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณสารที่ใช้ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

หลุม	**ปริมาณสารที่ใช้(ไมโครลิตร)**		
	บัฟเฟอร์ฟอสเฟต **(Phosphate buffer) 1/15 โมล (pH 6.8)**	**เอนไซม์ไทโรซิเนส 46 หน่วยต่อมิลลิลิตร**	**สารสกัดฟักข้าว**
A (Control)	120	40	-
B (Blank Control)	160	-	-
C (Sample)	80	40	40

หลุม	ปริมาณสารที่ใช้(ไมโครลิตร)		
	บัฟเฟอร์ฟอสเฟต (Phosphate buffer) 1/15 โมล (pH 6.8)	**เอนไซม์ไทโรซิเนส 46 หน่วยต่อมิลลิลิตร**	**สารสกัดฟักข้าว**
D (Blank Sample)	120	-	40

เมื่อเติมสารครบทุกหลุม บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที แล้วเติมสารละลาย L-dopa ความเข้มข้น 2.5mM ปริมาตร 40 ไมโครลิตร ลงในสารละลายทุกหลุมตามตาราง และบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่อเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 475 นาโนเมตร ด้วยเครื่องไมโครเพลท (Microplate reader spectrophotometer) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดโคจิก (Kojic acid) และคำนวณหาค่าร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส จากสูตร

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{(A-B)-(C-D)}{(A-B)} \times 100$$

เมื่อ A, B, C, D คือค่าดูดกลืนแสงของหลุม A, B, C, D ตามลำดับ จากนั้นคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสที่ร้อยละ50 (IC_{50}) จากกราฟระหว่างร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส และความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

การพัฒนาสบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าว ทำโดยการคัดเลือกสารสกัดฟักข้าว จากเยื่อหุ้มเมล็ดหรือเนื้อฟักข้าว ที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส หรือฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด โดยเลือกใช้ปริมาณ 2 เท่าของค่าร้อยละ 50 ของการยับยั้ง (IC_{50}) มาพัฒนาตำรับสบู่ก้อน และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ โดยการสังเกตลักษณะทั่วไป คือ ต้องเป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม ให้ฟองเมื่อละลายน้ำ ทดสอบคุณสมบัติทางเคมี โดยการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสบู่ก้อนที่ดีควรอยู่ในช่วง pH 8-10 พิมพร, (2529) และประเมินความคงตัว ด้วยวิธีทดสอบในอุณหภูมิต่ำและสูงสลับกัน(Freeze and Thaw cycle) โดยการนำสบู่มาใส่ตู้เย็นที่ประมาณ 4 °C เปนเวลา 48 ชั่วโมง แลวนำมาใสตูอบที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำเช่นเดิมไปเรื่อยๆ จำนวน 6 รอบ แล้วบันทึกผลจากการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพโดยการสังเกตจากลักษณะทั่วไป คือ ต้องเป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม ให้ฟองเมื่อละลายน้ำ

ผลการวิจัย

จากการสกัดสารสำคัญจากเยื่อหุ้มเมล็ดและเนื้อฟักข้าว แล้วนำสารสกัดมาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส และพัฒนาสบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าว ได้ผลการวิจัยเป็นลำดับดังต่อไปนี้

การสกัดสารสำคัญจากเยื่อหุ้มเมล็ดและเนื้อฟักข้าว ได้ลักษณะทางกายภาพและร้อยละผลผลิตสุทธิ (% Yield) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะทางกายภาพ และร้อยละผลผลิตสุทธิ (% Yield) ของสารสกัดฟักข้าว

ชนิดของสารสกัด	ลักษณะทางกายภาพ	ร้อยละผลผลิตสุทธิ (% Yield)
เยื่อหุ้มเมล็ด	สีส้มแดง	8.65
เนื้อ	สีเหลือง	1.93

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ของสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดและเนื้อฟักข้าว ซึ่งรายงานผลเป็นร้อยละ 50 ของการยับยั้ง (IC_{50}) จากการทดสอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยร้อยละ 50 ของการยับยั้ง (IC_{50}) ของสารสกัดฟักข้าว

ชนิดของสารสกัด	ร้อยละ 50 ของการยับยั้งอนุมูลอิสระ (IC_{50}) (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ร้อยละ 50 ของการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (IC_{50}) (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)
เยื่อหุ้มเมล็ด	132.18 ± 5.60	49.21 ± 1.20
เนื้อ	734.14 ± 10.50	58.00 ± 3.25
สารมาตรฐานวิตามินซี	5.18 ± 0.20	-
สารมาตรฐานโคจิก	-	1.30 ± 0.10

การพัฒนาสบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าว ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการคัดเลือกสารสกัด จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส พบว่าสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดมีฤทธิ์ดีกว่าสารสกัดจากเนื้อฟักข้าว ดังนั้นสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว จึงถูกคัดเลือกเพื่อนำมาใช้เป็นสารสำคัญในการพัฒนาตำรับสบู่ก้อน โดยใช้ปริมาณสารสกัด 0.03% ของตำรับ (2 เท่าของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ IC_{50}=132.18 ± 5.60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) โดยใช้ตำรับสบู่ก้อนจากผู้ประกอบการ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของสบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าว โดยทดสอบสบู่ก้อนเมื่อเตรียมเสร็จใหม่ๆ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของสบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าว

ลำดับที่	รายละเอียด	ผลการทดสอบ
1	ต้องเป็นก้อน	เป็นก้อน
2	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
3	ให้ฟองเมื่อละลายน้ำ	ให้ฟองเมื่อละลายน้ำ
4	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	10.00

การทดสอบความคงตัว โดยการนำสบู่ก้อนทดสอบในอุณหภูมิต่ำและสูงสลับกัน จำนวน 6 รอบ แล้วสังเกตลักษณะทั่วไป และความเป็นกรด-ด่าง บันทึกผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบสบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าว หลังจากทดสอบความคงตัว

ลำดับที่	รายละเอียด	ผลการทดสอบ
1	ต้องเป็นก้อน	เป็นก้อน
2	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
3	ให้ฟองเมื่อละลายน้ำ	ให้ฟองเมื่อละลายน้ำ
4	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	10.00

อภิปรายผล

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช และทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วยวิธีโดพาโครมของสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดและเนื้อฟักข้าว พบว่าเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีฤทธิ์ดีที่สุด จากการศึกษาของ Ishida และคณะ, (2004) พบว่าผลสุกของฟักข้าวอุดมไปด้วยสารสีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่ให้สีเหลือง ส้มและส้มแดง สารสีเหล่านี้พบมากที่เยื่อหุ้มเมล็ดซึ่งมีปริมาณสารไลโคปีน และเบต้าแคโรทีนสูง ส่วนในเนื้อฟักข้าวมีสารเบต้าแคโรทีน แต่ไม่พบปริมาณสารไลโคปีนอยู่เลย เช่นเดียวกับงานวิจัยของจันทร์แรม, (2554) ได้พัฒนาสารสกัดจากผลฟักข้าว คือ เปลือก เนื้อ และเยื่อหุ้มเมล็ด พบว่าในสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดมีสารเบต้าแคโรทีน และสารแอลฟา-โทโคฟีรอลในปริมาณสูงที่สุด และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนอื่นๆของฟักข้าว และพบว่าสารสกัดฟักข้าวอย่างน้อย 2-3 ตัวอย่างมีฤทธิ์โดดเด่นในการต้านอนุมูลอิสระมีฤทธิ์ป้องกันสารพันธุกรรมหรือ ดีเอ็นเอในเซลล์ จากการทำอันตรายของอนุมูลอิสระชนิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้สูงถึง 65% และจากรังสีอัลตราไวโอเลตหรือแสงยูวีได้ 20% Kubola และ Siriamornpun, (2011) ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากเปลือก เนื้อ เยื่อหุ้ม

เมล็ด และเมล็ดฟักข้าว พบว่าในเยื่อหุ้มเมล็ดมีปริมาณไลโคปีน เบต้าแคโรทีน และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด จากงานวิจัยของพัชริน, (2555) พบว่าในเยื่อหุ้มเมล็ดมีปริมาณสารไลโคพีน และเบต้าแคโรทีนสูง จึงได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงพันธุ์ฟักข้าวให้มีผลผลิตของเยื่อหุ้มเมล็ดสูงขึ้น ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฏฐิณี ,(2554) ได้นำเยื่อหุ้มเมล็ดมาสกัดน้ำมัน พบสารไลโคปีน เบต้าแคโรทีน และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง จึงนำสารสกัดน้ำมันจากเยื่อหุ้มเมล็ดมาพัฒนาตำรับเครื่องสำอางชะลอความแก่ Leevutinun และคณะ, (2015) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเอนไซม์ไทโรซิเนสในสารสกัดฟักข้าว พบว่าเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเอนไซม์ไทโรซิเนสสูง เมื่อนำมาเตรียมเป็นตำรับครีม และทดสอบในอาสาสมัคร พบว่าอาสาสมัครไม่มีการระคายเคือง ผิวมีความชุ่มชื้น เรียบเนียนขึ้น มีประสิทธิภาพเป็นครีมต่อต้านริ้วรอย ดังนั้นสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวจึงเป็นสมุนไพรที่น่าสนใจในการนำมาใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่ก้อน เพื่อต่อต้านริ้วรอย และให้ผิวขาวใสอย่างเป็นธรรมชาติ

จากปัญหาของผู้ประกอบการ ผลิตภัณฑ์สบู่ฟักข้าว เดิมผลิตภัณฑ์สบู่ผสมสารสกัดจากเนื้อฟักข้าว ปริมาณสารสกัดที่เติมลงในสบู่ไม่ทราบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ หรือฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสหรือไม่ ดังนั้นงานวิจัยจึงได้พัฒนาสบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าวให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐาน และใช้สารสกัดที่มีฤทธิ์ดีที่สุด

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์สบู่ก้อนเดิม กับสบู่ก้อนที่พัฒนา

ลำดับที่	รายละเอียด	สบู่ก้อนเดิม	สบู่ก้อนที่พัฒนา
1	สารสกัดที่ใช้	เนื้อ	เยื่อหุ้มเมล็ด
2	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	ไม่ทราบฤทธิ์	ทราบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส
3	คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และความคงตัว	ไม่ทราบ	ทราบ และผ่านมาตรฐานทุกข้อ

ข้อเสนอแนะ ควรมีการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพในทุกรอบการผลิต เนื่องจากสมุนไพรมีปริมาณสารสำคัญไม่คงที่ ทดสอบการระคายเคืองของผิว และควรมีสำรวจความพึงพอใจของอาสาสมัครในการใช้ผลิตภัณฑ์

สรุปผลการวิจัย

จากการสกัดสารสำคัญในเยื่อหุ้มเมล็ดและเนื้อฟักข้าว ด้วย 95% เอทานอล โดยใช้วิธีสกัดด้วยเครื่องคลื่นเสียงความถี่ พบว่าในเยื่อหุ้มเมล็ด สารสกัดที่ได้มีสีส้มแดง ร้อยละผลผลิตสุทธิ (% Yield) เท่ากับ 8.65 ในเนื้อฟักข้าว สารสกัดที่ได้มีเหลือง ร้อยละผลผลิตสุทธิ (% Yield) เท่ากับ 1.93

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช (DPPH method) พบว่าสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีค่าร้อยละ 50 ของการยับยั้ง (IC_{50}) เท่ากับ 132.18 ± 5.60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และในสารสกัดเนื้อฟักข้าว มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีค่าร้อยละ 50 ของการยับยั้ง (IC_{50}) เท่ากับ 734.14 ± 10.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี มีค่าร้อยละ 50 ของการยับยั้ง IC_{50} เท่ากับ 5.18±0.20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

จากทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ด้วยวิธีโดพาโครม (Dopachrome method) พบว่าสารสกัดเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส มีค่าร้อยละ 50 ของการยับยั้ง (IC_{50}) เท่ากับ 49.21 ± 1.20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และในสารสกัดเนื้อฟักข้าว มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส มีค่าร้อยละ 50 ของการยับยั้ง (IC_{50}) เท่ากับ 58.00 ± 3.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดโคจิก (kojic acid) ซึ่งมีค่าร้อยละ 50 ของการยับยั้ง (IC_{50}) เท่ากับ 1.30±0.10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

จากการสกัดสารสำคัญ และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ของสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด และเนื้อฟักข้าว พบว่าเยื่อหุ้มเมล็ดได้ร้อยละผลผลิตสุทธิ (% Yield) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงกว่าสารสกัดเนื้อฟักข้าว ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่ก้อนจากสารสกัดฟักข้าว จึงคัดเลือกสารสกัดจากเยื่อหุ้มเมล็ดมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยใช้ปริมาณสารสกัด 0.03% ของตำรับ (2 เท่าของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ IC_{50}=132.18

ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) โดยใช้ตำรับสบู่ก้อนจากผู้ประกอบการ และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี พบว่าผลการทดสอบผ่านมาตรฐานทุกข้อ

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ทุนวิจัยเพื่อพัฒนานวัตกรรมเชิงพาณิชย์ กองทุนพัฒนาการวิจัยและบริหารจัดการงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ 2560 ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณหลักสูตรสาขาวิชาเคมี และศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่สนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ และสถานที่สำหรับดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จันทร์แรม แสนคา. (2554). **การศึกษาฤทธิ์ชีวภาพของสารสกัดจากผลฟักข้าว.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเภสัชศาสตร์ชีวภาพ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

ณัฏฐิณี นันตาลิต. (2554). **การพัฒนาเครื่องสำอางลดเลือนริ้วรอยจากน้ำมันของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวในอนุภาคไขมันระดับนาโน**. วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พิมพร ศรีฉัตราภิมุข. (2529). **เครื่องสำอางเพื่อความสะอาด.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พัชริน ส่งศรี. (2555). ฟักข้าวพืชพื้นบ้านคุณค่าสูงเพื่อสุขภาพ. **แก่นเกษตร**, 40(1), 1-6.

ศิริรัตน์ พันธ์เรือง, วิษณุ ธงไชย, และเฉลิมพร ทองพูน. (2557). ศึกษาวิธีการสกัดและทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดมะขามป้อม. **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร**, 8, 245-250.

สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. **มหัศจรรย์ฟักข้าว พืชมูลค่าแห่งภูมิปัญญา.** สัมมนาวิชาการ.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2556.

Hatano, T., Edamatsu, R., Hiramatsu, M., Mori, A., Fugita, Y., Yasuhara, T., & Okuda, T. (1989). Effect of the interaction of tannin with co-existing substances VI. Effect of tannins and related polyphenols on superoxide anion radical and on 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. **Chem. Pharm. Bull**, 32, 2016 – 2021.

Ishida, B. K., C. Turner, M. H. Chapman and T. A. McKeon. 2004. Fatty acid and carotenoid-composition of Gac (Momordica cochinchinensis Spreng) fruit. **J. Agric. Food Chem**, 52, 274–279.

Kubola, J., & Siriamornpun, S. (2011). Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (Momordica cochinchinensis Spreng). **Food chemistry**, *127*(3), 1138-1145.

Leevutinun, P., Krisadaphong, P., & Petsom, A. (2015). Clinical evaluation of Gac extract (Momordica cochinchinensis) in an antiwrinkle cream formulation. **Journal of cosmetic science,** *66*(3), 175-187.

Masuda, T., Yamashita, D., Takeda, Y., & Yonemori, S. (2005). Screening for tyrosinase inhibitors among extract of seashore plant and identification of potent inhibitors from Garcinia subelliptica. **JSBBA**, 69, 197-201.

ระบบฐานข้อมูลร้านเช่าแบบเสา,แบบคาน,นั่งร้าน กรณีศึกษาร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก
DATABASE SYSTEM FOR PILLAR, SHOULDER POLE AND SCAFFOLDING RENTAL : A CASE STUDY OF YUNG THONG CONSTRUCTION DESIGN SHOP PHITSANULOK

ปฏิภาณ โพธิ์จันทร์[*1] และ สิวินีย์ ศรีสร้อยทองสุก[2]
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : Beever@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลการเช่าแบบเสา แบบคาน นั่งร้าน กรณีศึกษาร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก ระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหา และจัดเก็บข้อมูล ต่อไปนี้ ข้อมูลผู้เช่าแบบก่อสร้าง ข้อมูลแบบก่อสร้างและนั่งร้าน การคิดค่าปรับกรณีที่มีการส่งคืนแบบล่าช้า ข้อมูลการเช่าแบบก่อสร้างและนั่งร้าน ข้อมูลผู้ดูแลระบบ ข้อมูลเงินเดือนพนักงาน รวมไปถึง รายงานต่างๆ ผู้พัฒนาใช้ภาษา PHP ในการเขียนโปรแกรม ใช้ MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล จากผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ระบบโดยใช้โปรแกรม SPSS พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจระบบอยู่ในระดับมาก ระบบมีความสะดวก รวดเร็ว ทันสมัย สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ รวมไปถึงสามารถแก้ไขปัญหาจากระบบเดิมได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : แบบก่อสร้าง ระบบฐานข้อมูล ร้านเช่า

Abstract

This study aims to design and develop a database system for pillar, shoulder pole and scaffolding rental at Yung Thong Construction Design Shop Phitsanulok. The system can add, delete, edit and store data as construction tenant, construction model and scaffolding, the charge for the event of delivery delays, information for construction and scaffolding, information administrator, information salary staff including a report. The developer applied the PHP programming language, MySQL as database management systems. The developer applied the PHP programming language, MySQL as database management systems. The satisfaction evaluation system by users use SPSS Program, found that users were satisfied with the system at a high level. Because of its convenience, fast, up-to-date and able to response the need of users and this system can resolve the problem of the old system effectively.

Keywords : construction model , database system , rental

บทนำ

ปัจจุบันร้านยุงทองแบบก่อสร้างเป็นบริษัทที่ให้บริการเช่าแบบก่อสร้างต่างๆ ทั้งแบบเสา แบบคาน และนั่งร้าน ในแต่ละวันมีลูกค้าเข้ามาใช้บริการจำนวนมาก ทำให้การจัดเก็บข้อมูลลูกค้าและข้อมูลการเช่าแบบเกิดความไม่เป็นระบบ พนักงานมีการจดบันทึกข้อมูลผิดพลาดอยู่บ่อยครั้ง ข้อมูลลูกค้าและข้อมูลการเช่าแบบเกิดการสูญหาย ยากต่อการสืบค้นข้อมูล และไม่สามารถคิดค่าปรับได้ในกรณีที่ลูกค้าส่งคืนแบบก่อสร้างล่าช้า เพราะมีผู้ดูแลข้อมูลเพียงคนเดียว เพื่อแก้ไขปัญหาของระบบการทำงานดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบฐานข้อมูลร้านเช่าแบบเสา,แบบคาน,นั่งร้าน ขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลผู้เช่า ข้อมูลแบบก่อสร้าง ข้อมูลประเภทแบบก่อสร้าง ข้อมูลการเช่าแบบก่อสร้าง และการ

ส่งคืนแบบก่อสร้าง ข้อมูลผู้ดูแลระบบ การคิดค่าปรับในกรณีที่มีการสร้างแบบล่าช้า และรายงานต่างๆ เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล ง่ายต่อการสืบค้นหาข้อมูลต่างๆ และทำให้การทำงานเป็นระบบมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กาญจนา (2558) ทำวิจัยเรื่องระบบฐานข้อมูลร้านเช่าชุด ระบบสามารถเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลผู้เช่า ข้อมูลการเช่าชุด รวมถึง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐชภัสร์ (2556) ทำวิจัยเรื่อง ระบบบริหารจัดการร้านเช่าหนัง ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลหนัง และการสืบค้นข้อมูล ตรงกับด้านประสิทธิภาพ และประโยชน์ของระบบผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในเรื่องระบบข้อมูลเป็นหมวดหมู่ ความถูกต้องและแม่นยำ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กำหนดวัตถุประสงค์ในการวิจัยเรื่องระบบฐานข้อมูลร้านเช่าแบบเสา,แบบคาน,นั่งร้าน กรณีศึกษาร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก การกำหนดวัตถุประสงค์เป็นขั้นตอนของการกำหนดขอบเขตของงานวิจัยสาเหตุของปัญหาจากการดำเนินงานในปัจจุบันความเป็นไปได้กับการสร้างระบบงานใหม่การกำหนดความต้องการระหว่างนักวิเคราะห์ระบบกับผู้ใช้งาน
2. ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รายงานการศึกษาวิจัย วิทยานิพนธ์ บทความเว็บไซต์ต่างๆ
3. ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้ซึ่งมีข้อเกี่ยวข้องหรือเกี่ยวกับการวิจัยระบบฐานข้อมูลร้านเช่าแบบเสา, แบบคาน, นั่งร้าน กรณีศึกษาร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก โดยข้อมูลเหล่านี้ได้จากการสัมภาษณ์ นายสุพจน์ เนียมหอม
4. การวิเคราะห์เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์การดำเนินงานของระบบปัจจุบัน โดยการนำข้อกำหนดที่ได้จากขั้นตอนแรกมาวิเคราะห์รายละเอียด เพื่อทำการพัฒนาเป็นแบบจำลองซึ่งประกอบด้วย
    - 4.1 สร้างแผนภาพกระแสข้อมูลของระบบ (Data Flow Diagram)
    - 4.2 คำอธิบายการประมวลผลข้อมูล
    - 4.3 สร้างแผนภาพ E-R Diagram (Entity Relationship Diagram)
    - 4.4 ออกแบบฐานข้อมูล (Database Design)
    - 4.5 ออกแบบอินพุตและเอาต์พุต (Input and Output Design)
    - 4.6 ออกแบบหน้าจอติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface Design)
5. ทำระบบฐานข้อมูลร้านเช่าแบบเสา,แบบคาน,นั่งร้าน กรณีศึกษาร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก โดยใช้ PHP ในการเขียนโปรแกรม และ MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล
6. ทำการทดสอบระบบ เป็นขั้นตอนของการทดสอบระบบก่อนที่จะนำไปปฏิบัติการใช้งานจริง ด้วยการสร้างข้อมูลจำลองเพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบหากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นก็จะย้อนกลับไปในขั้นตอนของการพัฒนาโปรแกรมใหม่
7. ทำการแก้ไขและปรับปรุงระบบให้สมบูรณ์
8. ทำการประเมินผลความพึงพอใจ โดยโปรแกรม SPSS ของนายสุพจน์ เนียมหอม
9. จัดทำเอกสารรายงานการวิจัย

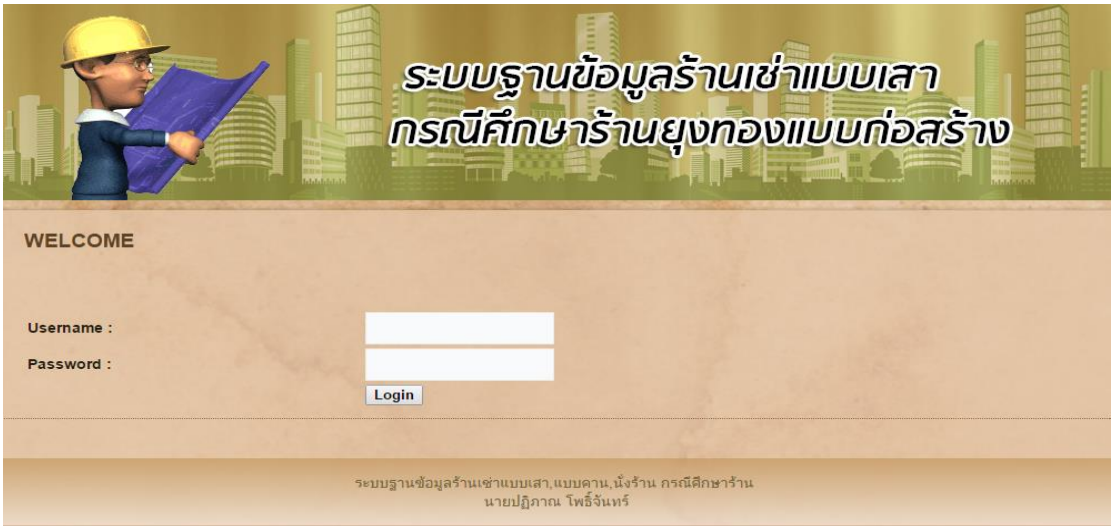
ผลการวิจัย

จากระบบงานเดิมของร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก ผู้วิจัยได้จัดทำระบบร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก ซึ่งระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหา จัดเก็บข้อมูลต่างๆ รวมถึงรายงานด้านต่างๆ เช่น ข้อมูลผู้เช่าแบบก่อสร้าง, ข้อมูลแบบก่อสร้างและนั่งร้าน, การคิดค่าปรับกรณีที่มีการส่งคืนแบบล่าช้า, ข้อมูลการเช่าแบบก่อสร้างและนั่งร้าน, ข้อมูลผู้ดูแลระบบ, ข้อมูลเงินเดือนพนักงาน รวมไปถึง รายงานต่างๆ เพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน ซึ่งระบบมีส่วนของการทำงานดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนของการจัดการข้อมูลผู้ดูแลระบบ
ส่วนที่ 2 ส่วนของการจัดการข้อมูลลูกค้า (ผู้เช่าแบบ)
ส่วนที่ 3 ส่วนของการจัดการข้อมูลแบบก่อสร้าง
ส่วนที่ 4 ส่วนของการจัดการข้อมูลพนักงาน
ส่วนที่ 5 ส่วนของการจัดการข้อมูลการเช่าแบบก่อสร้าง

ส่วนที่ 6 ส่วนของการจัดการข้อมูลการส่งคืนแบบก่อสร้าง
ส่วนที่ 7 ส่วนของการจัดการข้อมูลค่าปรับกรณีส่งคืนแบบก่อสร้างล่าช้า
ส่วนที่ 8 ส่วนของรายงานต่อไปนี้

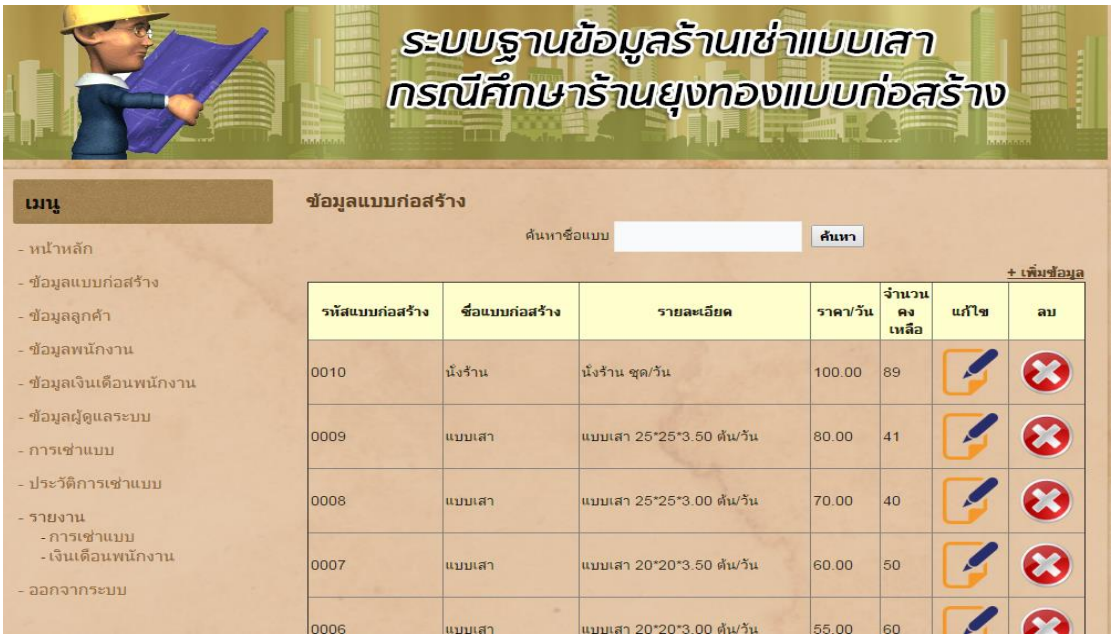
- รายงานข้อมูลลูกค้า (ผู้เช่าแบบ)
- รายงานข้อมูลเงินเดือนพนักงาน
- รายงานข้อมูลประวัติการเช่าแบบก่อสร้าง



ภาพที่ 1 ส่วนของการจัดการข้อมูลผู้ดูแลระบบ โดยในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบใช้ในการ Login เข้าระบบ โดยการกรอก Username และ Password เพื่อการเข้าใช้งานระบบ



ภาพที่ 2 ส่วนของการจัดการข้อมูลลูกค้า (ผู้เช่าแบบ) เป็นหน้าที่ใช้ในการจัดการข้อมูลลูกค้าที่มาใช้บริการ โดยผู้ดูแลระบบเป็นผู้เพิ่ม ลบ แก้ไข และค้นหาข้อมูลลูกค้า



ภาพที่ 3 ส่วนของการจัดการข้อมูลแบบก่อสร้าง เป็นหน้าที่ใช้ในการจัดการข้อมูลแบบก่อสร้าง โดยผู้ดูแลระบบเป็นผู้เพิ่ม ลบ แก้ไข และค้นหาข้อมูลแบบก่อสร้าง



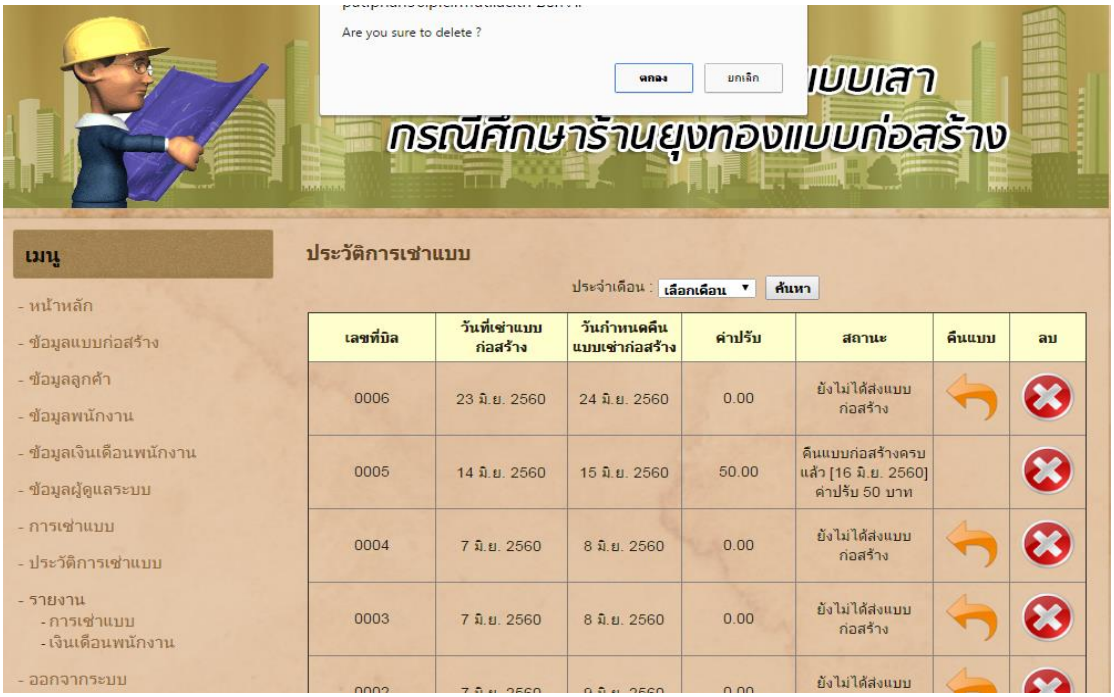
ภาพที่ 4 ส่วนของการจัดการข้อมูลพนักงาน เป็นหน้าที่ใช้ในการจัดการข้อมูลพนักงาน โดยผู้ดูแลระบบเป็นผู้เพิ่ม ลบ แก้ไข และค้นหาข้อมูลพนักงาน



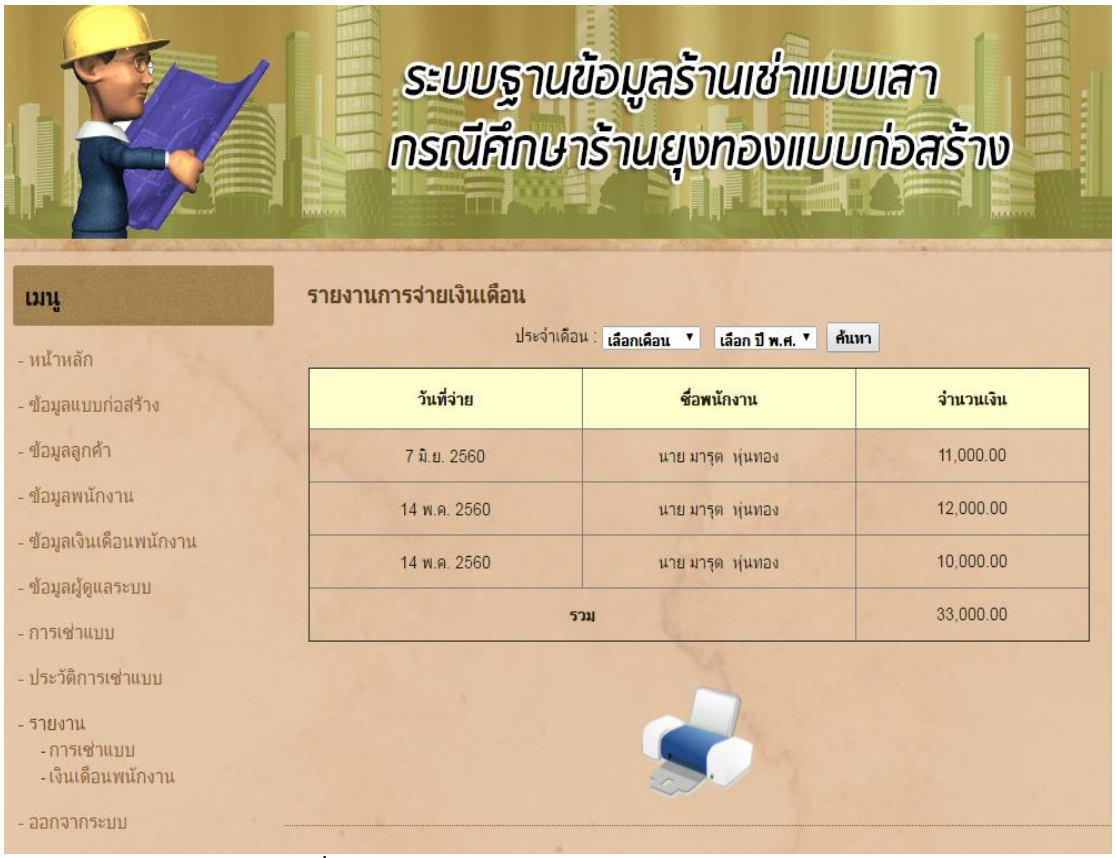
ภาพที่ 5 ส่วนของการจัดการข้อมูลการเช่าแบบก่อสร้าง เป็นหน้าที่ใช้ในการจัดการข้อมูลการเช่าแบบก่อสร้าง โดยผู้ดูแลระบบเป็นผู้บันทึกข้อมูลการเช่าแบบก่อสร้าง ว่ามีลูกค้ารายใดมาขอเช่าแบบก่อสร้างอะไรบ้าง จำนวนเท่าไหร่ และราคาการเช่าแบบทั้งหมดเท่าไหร่



ภาพที่ 6 ส่วนของการจัดการข้อมูลการส่งคืนแบบก่อสร้าง เป็นหน้าที่ใช้ในการจัดการข้อมูลการส่งคืนแบบก่อสร้าง โดยผู้ดูแลระบบเป็นผู้บันทึกข้อมูลการส่งคืนแบบก่อสร้าง



ภาพที่ 7 ส่วนของการจัดการข้อมูลค่าปรับกรณีส่งคืนแบบก่อสร้างล่าช้า เป็นหน้าที่ใช้ในการตรวจสอบประวัติการส่งคืนแบบก่อสร้าง ถ้ามีลูกค้ารายใดส่งคืนแบบก่อสร้างล่าช้า ระบบจะสามารถคิดค่าปรับได้



ภาพที่ 8 ส่วนของการจัดการรายงานข้อมูลเงินเดือนพนักงาน
เป็นหน้าที่ใช้ในการดูรายงานการมาทำงานของพนักงาน เพื่อใช้ในการจ่ายเงินเดือนพนักงาน



ภาพที่ 9 ส่วนของการจัดการข้อมูลประวัติการเช่าแบบ เป็นหน้าที่ใช้ในการดูประวัติการเช่า และการส่งคืนแบบก่อสร้างของลูกค้า ว่ามีลูกค้ารายใดยังไม่ได้ส่งแบบก่อสร้างคืนให้กับทางร้าน

อภิปรายผล

จากการศึกษาระบบฐานข้อมูลร้านเช่าแบบเสา,แบบคาน,นั่งร้าน กรณีศึกษาร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก สามารถอภิปรายผลการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

รูปแบบระบบฐานข้อมูลร้านเช่าแบบเสา,แบบคาน,นั่งร้าน กรณีศึกษาร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ โดยกระบวนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ได้มาจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบได้พัฒนาขึ้นสามารถเก็บข้อมูลผู้ดูแลระบบ สามารถเก็บข้อมูลเช่าทั้งหมดได้ สามารถเก็บข้อมูลแบบก่อสร้างสามารถเก็บข้อมูลประเภทแบบก่อสร้าง สามารถเก็บข้อมูลการเช่าแบบก่อสร้าง รวมถึงรายงานการเช่าแบบ รายงานเงินเดือนพนักงาน และมีการออกแบบหน้าจอให้ใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน และระบบมีความทันสมัย เป็นปัจจุบัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กาญจนา (2558) ทำวิจัยเรื่องระบบฐานข้อมูลร้านเช่าชุด ระบบสามารถเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลผู้เช่า ข้อมูลการเช่าชุด รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐชภัสร์ (2556) ทำวิจัยเรื่องระบบบริหารจัดการร้านเช่าหนัง ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลหนัง และการสืบค้นข้อมูล ตรงกับด้านประสิทธิภาพ และประโยชน์ของระบบผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในเรื่องระบบข้อมูลเป็นหมวดหมู่ ความถูกต้องและแม่นยำ

สรุปผลการวิจัย

จากการทำโครงงานทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบฐานข้อมูลร้านเช่าแบบเสา,แบบคาน,นั่งร้าน กรณีศึกษาร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก พบว่าระบบฐานข้อมูลร้านเช่าแบบเสา,แบบคาน,นั่งร้าน กรณีศึกษาร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก พบว่ามีประสิทธิภาพในการใช้งาน การเก็บข้อมูลผู้เช่าแบบก่อสร้าง ข้อมูลแบบก่อสร้าง ข้อมูลประเภทแบบก่อสร้าง ข้อมูลการเช่า-คืนแบบก่อสร้าง ข้อมูลผู้ดูแลระบบ รายงานเงินเดือนพนักงานประจำเดือน และรายงานการเช่าแบบประจำเดือน เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานต่อผู้ใช้ระบบฐานข้อมูลร้านเช่าแบบเสา,แบบคาน,นั่งร้าน กรณีศึกษาร้านยุงทองแบบก่อสร้าง ซึ่งระบบงานที่พัฒนาออกมานั้นโดยมีการจัดการทำงาน ดังนี้

1.1 ผู้ดูแลระบบสามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลผู้เช่าแบบก่อสร้าง ข้อมูลแบบก่อสร้าง ข้อมูลประเภทแบบก่อสร้าง ข้อมูลการเช่าแบบก่อสร้าง ข้อมูลผู้ดูแลระบบ รายงานเงินเดือนพนักงานประจำเดือน และรายงานการเช่าแบบประจำเดือน สามารถมีการเรียกดูได้อย่างรวดเร็ว

1.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบฐานข้อมูลร้านเช่าแบบเสา,แบบคาน,นั่งร้าน กรณีศึกษาร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในระบบซึ่งง่ายต่อการใช้งาน ระบบข้อมูลเป็นหมวดหมู่ รูปแบบและวิธีการประมวลผล เข้าใจได้ง่าย ความถูกต้อง แม่นยำ ครบถ้วนของข้อมูล การจัดรูปแบบและองค์ประกอบของเว็บง่ายต่อการอ่าน และการใช้งาน, รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษร เหมาะสมและอ่านง่าย มีการออกแบบหน้าจอให้ใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน ระบบมีความทันสมัยเป็นปัจจุบัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณร้านยุงทองแบบก่อสร้าง จ.พิษณุโลก และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลก ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา จันทรรัก และ นันทฉัตร วันเพ็ง. (2556). **ระบบฐานข้อมูลร้านเช่าชุด**. แหล่งที่มา:http://systemanaly.weebly.com/uploads/2/9/3/6/29364313, 13 กรกฎาคม 2560

นัฐชภัสร์ อินทราประสิทธิ์. (2555). **ระบบออนไลน์สำหรับบริหารจัดการร้านเช่าหนังสือและโปรโมชั่น**. งานค้นคว้าอิสระ, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, กรุงเทพมหานคร.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2549). **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ(Systems Analysis and Design)**. ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพมหานคร. 416 น.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2551). **ระบบฐานข้อมูล**. ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพ. 432 น.

ความคิดเห็นของประชาชนต่อสภาพแวดล้อมในชุมชนบริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ในเขตตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

OPINIONS OF PEOPLE ON ENVIRONMENT OF COMMUNITIES AROUND THE LANDFILL SITE IN TAMBON THA PHOE, MUANG, PHITSANULOK

เดชาธร แสงคำ[1*] , สุภาวดี น้อยน้ำใส[1/]
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
[*] Corresponding author e-mail : Dechatorn.s@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของประชาชนต่อสภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยในตำบลท่าโพธิ์ จังหวัดพิษณุโลก โดยเครื่องมือที่ใช้ศึกษาและเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ ตัวแทนครัวเรือนประชากรตัวอย่าง 228 ครัวเรือน และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่ประชาชนมีความคิดเห็นว่าสภาพแวดล้อมของชุมชนในปัจจุบันเหมือนกับช่วง 5 ปีที่ผ่านมา คิดเป็นร้อยละ 56.1 โดยผลกระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อมในชุมชนภาพรวมอยู่ในระดับน้อย ($\bar{x}$ =1.32±0.80) ได้แก่ ปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชน (1.51±1.13) รองลงมาคือ ปัญหาอากาศเสีย (1.36±0.83) ปัญหาทัศนียภาพที่ไม่น่าดู (1.36±0.93) ปัญหาการระบายน้ำ (1.32±0.88) ปัญหาด้านเสียงดังรบกวนจากพาหนะ (1.16±0.67) ปัญหาพาหะนำโรค (1.12±0.58) ปัญหาความคล่องตัวของการจราจร (1.11±0.55) ปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ (1.03±0.28) ตามลำดับ และข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการป้องกันและควบคุมปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าวได้ในอนาคต

คำสำคัญ : ความคิดเห็น ผลกระทบสิ่งแวดล้อม สถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย

Abstract

This research has an objective to study the opinion of people about environmental around the landfill area in Tha pho sub-district, Phitsanulok Province. The studies and data collection tools were questionnaires. The 228 households agent was sampled and then all statistical data were analyzed by using percentages, mean and standard deviation. It was found that most public opinion for the local community environment in the current is the same as past five years with 56.1%. By the overview of environmental impact in community was at low level ($\bar{x}$ =1.32±0.80) toward many problems such as wastewater in community (1.51±1.13) followed by air pollution (1.36±0.83), unattractive appearance problem (1.36±0.93), spoiled water drainage (1.32±0.88), noise pollution (1.16±0.67), disease problem through a carrier organism (1.12±0.58), traffic mobility (1.11±0.55), and soil deterioration (1.03±0.28), respectively. All this data that was studied can be used as guideline to prevent and control environmental problems in the future.

Keywords : opinion, environmental impact, Landfill area

บทนำ

เนื่องจากสังคมไทยได้มีการเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ และภาคอุตสาหกรรม รวมถึงวิทยาการเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่ออำนวยความสะดวกและเป็นการตอบสนองความต้องการของประชาชน ประกอบกับจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลทำให้มีอัตราการใช้ที่ดินเพื่อผลิตเครื่องอุปโภค บริโภค และสร้างที่อยู่อาศัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดเศษสิ่งของเหลือใช้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ พลาสติก กระป๋อง ภาชนะบรรจุอาหาร โฟม เป็นต้น (ดวงใจ, 2556) โดยในแต่ละปีขยะมูลฝอยในประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยทั้งประเทศ พบว่า ขยะมูลฝอยชุมชนในปี พ.ศ. 2559 เกิดขึ้นประมาณ 27.04 ล้านตัน (ประมาณ 74,073 ตันต่อวัน) (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) โดยปัจจุบันคนไทย 1 คน สามารถสร้างขยะมูลฝอยโดยเฉลี่ย 1.14 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน โดยในการจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบัน องค์ปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ 7,777 แห่ง มีเมือง 4,545 แห่งเท่านั้น ที่ให้บริการเก็บขนนำไปกำจัด เป็นจำนวน 13.6 ล้านตัน (ร้อยละ 50 ของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น) โดยถูกกำจัดในสถานที่กำจัดอย่างถูกต้องเป็นจำนวน 9.59 ล้านตัน (ร้อยละ 36) และถูกกำจัดที่สถานที่กำจัดไม่ถูกต้อง จำนวน 11.69 ล้านตัน (ร้อยละ 43) ส่วนการคัดแยกเพื่อนำไปใช้ประโยชน์มีเพียง 5.76 ล้านตัน (ร้อยละ 21) เท่านั้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

สำหรับพื้นที่กำจัดขยะมูลฝอยในจังหวัดพิษณุโลก ได้มีหน่วยงานเทศบาลนครเมืองพิษณุโลก รับผิดชอบดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีฝังกลบ แต่เดิมมีบ่อฝังกลบขยะเก่าอยู่แล้วที่ตำบลบึงกอก อำเภอบางระกำ แต่ปัจจุบันสถานที่ดังกล่าวไม่สามารถรองรับขยะมูลฝอยจากหน่วยงานเทศบาลต่างๆ อย่างถาวรในปีพ.ศ. 2558 จึงต้องทำการปิดบ่อฝังกลบขยะมูลฝอย ส่งผลให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องดำเนินการเตรียมหาสถานที่ในการรองรับปริมาณขยะมูลฝอยแห่งใหม่เพื่อเตรียมรับมือกับปัญหาขยะล้นเมือง (สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดพิษณุโลก, 2557) และเมื่อในปีพ.ศ. 2557 จนถึงปัจจุบัน กำนันเชิด กรมพุกได้เปิดพื้นที่ให้ดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอยแก่หน่วยงานเทศบาลต่างๆ จำนวน 7 แห่ง ได้แก่ เทศบาลตำบลพลายชุมพล เทศบาลตำบลหัวรอ เทศบาลตำบลบ้านคลอง อบต.เขาสมอแข อบต.บึงพระ อบต.วัดจันทร์ และอบต.ท่าทอง ซึ่งแต่ละหน่วยงานได้มีการดำเนินการเก็บขนลำเลียงขยะมูลฝอยจากบ้านเรือนมากำจัดในพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย โดยตั้งอยู่หมู่ที่ 11 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก มีพื้นที่ 15 ไร่ (สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดพิษณุโลก, 2557) ซึ่งพื้นที่โดยรอบบ่อฝังกลบขยะมูลฝอยดังกล่าวอยู่ติดกับนาข้าว อาจทำให้เกิดปัญหาน้ำชะมูลฝอยปนเปื้อนและแพร่กระจายของโลหะหนักสู่พื้นที่นาข้าว แหล่งน้ำผิวดินและใต้ดินบริเวณข้างเคียงได้ อีกทั้งสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยอยู่ห่างจากวัดและโรงเรียนบ้านโป่งหม้อข้าว เพียงแค่ 1 กิโลเมตร จึงทำให้พื้นที่ดังกล่าวได้ถูกชาวบ้านร้องเรียนว่าก่อให้เกิดผลกระทบในด้านกลิ่นไม่พึงประสงค์ ซึ่งการดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอยในพื้นที่ดังกล่าวที่ผ่านมาอาจยังไม่เป็นไปตามหลักการทางวิชาการที่ได้ออกแบบไว้ จึงทำให้มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารพิษสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนในชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณข้างเคียงได้ (พัชรี และอุไวรรณ, 2554) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความคิดเห็นของประชาชนต่อผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของชุมชนบริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ นำไปเป็นแนวทางในการวางแผนเพื่อลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของชุมชน รวมถึงเป็นแนวทางในการเฝ้าระวังเพื่อส่งเสริมและคุ้มครองสุขภาพของประชาชนภายในชุมชนให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

สอบถามความคิดเห็นของประชาชนในชุมชนต่อสภาพแวดล้อม โดยรอบบริเวณสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชาชนที่ศึกษาได้แก่ ตัวแทนครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในชุมชนและตัวแทนครัวเรือนที่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับการได้รับผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ในรัศมี 5 กิโลเมตร ได้แก่ บ้านดอน บ้านนาโพธิ์แดง ซึ่งอยู่ในตำบลวัดจันทร์ บ้านวังกุ่ม อยู่ในตำบลบางระกำ บ้านท่าโพธิ์ บ้านวังส้มซ่า บ้านวังส้มซ่า บ้านวังวน บ้านคลองคู บ้านยาง บ้านยางเอน บ้านแขก บ้านคลองหนองเหล็ก บ้านห้วยกระทิง บ้านในไร่ ซึงอยู่ในตำบลท่าโพธิ์ บ้านท่าทองบ้านกอก บ้านจุฬา บ้านท่าทองออก บ้านจูงนาง บ้านท่าทองตก บ้านไร่ บ้านหนองหัวยาง วังกระบาก ต้น

หว้า ซึ่งอยู่ในตำบลท่าทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมาจากการคำนวณขนาดตัวอย่างจากสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างเพื่อประมาณค่าเฉลี่ยของประชากรที่ทราบขนาดประชากรที่ทราบขนาดประชากร (อรุณ, 2548) ดังสมการ

$$n = \frac{[NZ^2_{\alpha/2}\sigma^2]}{[e^2(N-1)+Z^2_{\alpha/2}\sigma^2}$$

โดย

n = ขนาดตัวอย่าง

N = จำนวนประชากรที่ศึกษา

σ^2 = ค่าความแปรปรวนของตัวแปรที่ใช้คำนวณขนาดตัวอย่าง

e = ความกระชับของการประมาณค่า (การศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ไม่เกิน 2% ของค่าเฉลี่ย)

การศึกษานี้จะใช้ตัวแปรค่าเฉลี่ยผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตโดยรวมจากการศึกษาของ (อมาวสี, 2550) ที่ทำการศึกษาผลกระทบของการกำจัดขยะมูลฝอยจากสถานที่กำจัดขยะเทศบาลเมืองร้อยเอ็ดต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนที่อาศัยบริเวณใกล้เคียง พบว่าค่าเฉลี่ยของผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตโดยรวมคือ 3.27 ± 0.51 ดังนั้นจึงได้ค่าความแปรปรวนของตัวแปรผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตโดยรวม (σ^2) คือ (0.51) โดยกำหนดค่าความกระชับ (e) ที่ 2% ของค่าเฉลี่ยผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตโดยรวม ได้ขนาดตัวอย่าง 228 คน จากจำนวนประชากร 8,922 ครัวเรือน

วิธีการสุ่มตัวอย่างกรณีสำรวจแบบสอบถาม ตัวแทนครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย หลังคาเรือนละ 1 คน ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป โดยมีวิธีการสุ่มตัวอย่างด้วยแบบสอบถามในกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว จะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยการเลือกสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ

เครื่องมือที่ใช้และวิธีการ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ เป็นแบบสอบถามที่ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับความคิดเห็นของประชาชนต่อสภาพแวดล้อมบริเวณรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย รวมถึงรับฟังข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เสนอขึ้นเพื่อนำไปแก้ไขภายในอนาคต โดยสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลจากแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ได้มาจากการค้นคว้าจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม

2. สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบเลือกตอบ (check list) ประกอบด้วยข้อมูล เพศ ศาสนา อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน ลักษณะที่อยู่อาศัย และระยะเวลาการอาศัยอยู่ในชุมชน

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ประกอบด้วยข้อมูลสภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบชุมชนในด้านต่างๆ ได้แก่ ปัญหาด้านทัศนียภาพไม่น่าดูในชุมชน ปัญหาขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลภายในชุมชน อากาศเสีย เช่น กลิ่นเหม็น ฝุ่นละออง เขม่าควัน ปัญหาการระบายน้ำ ปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชน ปัญหาเสียงดังรบกวนจากพาหนะต่างๆ ปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ ปัญหาพาหนะนำโรค และปัญหาความคล่องตัวของการจราจร

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการสภาพแวดล้อมของชุมชนโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย จังหวัดพิษณุโลก

การทดสอบเครื่องมือ

ก่อนการนำแบบสอบถามไปใช้นั้น ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการศึกษากับแบบสอบถาม (Index of Item Objective Congruence : IOC) ตรวจสอบโดยให้เกณฑ์ในการพิจารณาข้อคำถามดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน -1 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

ในการพิจารณาค่าความเที่ยงตรงมีหลักการดังนี้

ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 – 1.00 มีค่าความเที่ยงตรงใช้ได้

ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ ต่ำกว่า 0.50 ยังใช้ไม่ได้ ต้องปรับปรุง

ซึ่งได้ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงของข้อคำถามและนำมาหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถามหรือค่าสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะให้เรียบร้อยจากนั้นนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cornbach's Alpha Method) โดยได้นำแบบสอบถามไปทดสอบกับกลุ่มประชากรตัวอย่างจำนวน 30 ชุด ซึ่งแบบสอบถามที่ดีและมีความเหมาะสมจะต้องมีค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 0.80 ขึ้นไป และมีค่าไม่เกิน 1

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มประชากรตัวอย่างเกี่ยวกับความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อสภาพแวดล้อม โดยจะใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ อัตราส่วนร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากนั้นนำแบบสอบถามที่ได้รับจากการสอบถามความคิดเห็นของประชาชนไปวิเคราะห์ตามระดับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้รับผลกระทบแล้วนำมาแปลความหมายการประสบปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน ซึ่งดำเนินการจำแนกออกเป็น 3 ระดับโดยการหาค่าความกว้างของอันตรภาคชั้นสามารถหาได้จากสูตร

$$\text{ช่องกว้างของอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

$$= \frac{3-1}{3}$$

$$= 0.66$$

การแปรข้อมูล

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.34 – 3.00 หมายถึง ประสบปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.67 – 2.33 หมายถึง ประสบปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.66 หมายถึง ประสบปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับน้อย

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ประชาชนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 57.9 และเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 42.1 เป็นชาวศาสนาพุทธ คิดเป็นร้อยละ 100 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 41-50 คิดเป็นร้อยละ 56.6 รองลงมา คือ ช่วงอายุ 31-40 คิดเป็นร้อยละ 35.1 ช่วงอายุ 21-30 คิดเป็นร้อยละ 4.4 และช่วงอายุ 50-60 คิดเป็นร้อยละ 3.9 ตามลำดับ โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่จะเป็นตัวแทนของครัวเรือน มีสถานภาพสมรส คิดเป็นร้อยละ 61.4 รองลงมา คือ หย่าร้าง คิดเป็นร้อยละ 21.9 และสถานะโสด คิดเป็นร้อยละ 16.7 ซึ่งกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาอยู่ในระดับมัธยมต้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 31.1 รองลงมา คือ การศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 25.9 มีการศึกษาอยู่ในระดับมัธยมปลาย คิดเป็นร้อยละ 25.4 มีการศึกษาอยู่ในระดับอนุปริญญา คิดเป็นร้อยละ 10.5 มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 3.9 และไม่มีการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 3.1 โดยอาชีพหลักของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่จะประกอบธุรกิจส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 40.4 รองลงมา คือ ประกอบอาชีพเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 29.4 เป็นนักเรียน/นิสิต คิดเป็นร้อยละ 11.8 ประกอบอาชีพรับราชการ ร้อยละ 6.6 เกษียณ/ว่างงาน คิดเป็นร้อยละ 4.4 ประกอบอาชีพพนักงานเอกชนร้อยละ 3.9 และว่างงาน คิดเป็นร้อยละ 3.5 โดยส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือนสูงสุดอยู่ในช่วง 10,001-15,000 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 39.9 รองลงมา คือ ในช่วง 5,001-10000 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 28.1 ในช่วง 15,001-20,000 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 19.3 ในช่วง 20,001-25,000 ร้อยละ 7.5 และมีรายได้ต่ำกว่า 5,000 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 5.3 ซึ่งลักษณะที่อยู่อาศัยจะเป็นบ้านเดี่ยว คิดเป็นร้อยละ 66.7 ร้านสะดวกซื้อ คิดเป็นร้อยละ 23.2 และร้านอาหาร คิดเป็นร้อยละ 10.1 โดยกลุ่มตัวอย่างที่เป็นคนที่ตั้งรกรากมาตั้งแต่บรรพบุรุษ ร้อยละ 78.1 และย้ายมาจากที่อื่น คิดเป็นร้อยละ 21.9 โดยย้ายมาจากที่อื่นต่ำกว่า 10 ปี คิดเป็นร้อยละ

17.1 และย้ายจากที่อื่นมากกว่า 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 4.8 โดยประชากรกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดไม่เคยคิดที่จะย้ายครอบครัวไปอยู่ที่อื่น กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว คิดเป็นร้อยละ 55.7 โดยเป็นโรคหัวใจ คิดเป็นร้อยละ 17.5 โรคเบาหวาน คิดเป็นร้อยละ 11.0 โรคความดัน คิดเป็นร้อยละ 27.2 ประชากรตัวอย่างมีที่ตั้งของบ้านห่างจากสถานที่ฝังกลบ ขยะมูลฝอยในช่วง 1-10 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 60.5 และช่วง 10-20 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 39.5

2. ความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมโดยบริเวณรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

สถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยท่าโพธิ์ได้เปิดดำเนินการมา 5 ปี ซึ่งผลจากการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยท่าโพธิ์ พบว่า ประชาชนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าสภาพแวดล้อมของชุมชนเทียบกับ 5 ปีที่ผ่านมาเหมือนเดิม คิดเป็นร้อยละ 56.1 รองลงมาระบุว่าสภาพแวดล้อมดีขึ้น คิดเป็นร้อยละ 32.9 และสภาพแวดล้อมแย่ลง คิดเป็นร้อยละ 11 ส่วนผลการวิเคราะห์การประสบปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า ภาพรวมประสบปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับน้อย ($\overline{X}$ =1.32±0.80) เมื่อพิจารณาในรายแต่ละด้านโดยเรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยพบว่า ด้านที่ประสบปัญหาในระดับปานกลาง คือ ปัญหาขยะมูลฝอย/สิ่งปฏิกูลภายในชุมชน ($\overline{X}$ =1.92±1.38) ด้านที่ประสบปัญหาในระดับน้อย คือ ปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชน ($\overline{X}$ =1.51±1.13) รองลงมาคือ ปัญหาอากาศเสีย ($\overline{X}$ =1.36±0.83) ปัญหาทัศนียภาพไม่น่าดูในชุมชน ($\overline{X}$ =1.36±0.93) ปัญหาเสียงดังรบกวนจากพาหนะต่างๆ ($\overline{X}$ =1.16±0.67) ปัญหาพาหนะนำโรค ($\overline{X}$ =1.12±0.58) ปัญหาความคล่องตัวของการจราจร ($\overline{X}$ =1.11±0.55) ปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ ($\overline{X}$ =1.03±0.28) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมไม่พึงประสงค์ในชุมชน โดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ส่วนใหญ่ยังอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดี เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ไม่ได้รับผลกระทบ เมื่อพิจารณาผลกระทบสภาพแวดล้อมจากอากาศเสีย ส่วนใหญ่ประชาชนในชุมชนจะไม่ได้รับผลกระทบ คิดเป็นร้อยละ 82.5 ส่วนประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากอากาศเสีย คิดเป็นร้อยละ 17.5ด้านปัญหาทัศนียภาพไม่น่าดูในชุมชน คิดเป็นร้อยละ 86.4 ส่วนประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากด้านปัญหาทัศนียภาพไม่น่าดูในชุมชนได้รับผลกระทบ คิดเป็นร้อยละ 13.6 เมื่อพิจารณาผลกระทบสภาพแวดล้อมจากการระบายน้ำ คิดเป็นร้อยละ 87.7 ส่วนประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากการระบายน้ำคิดเป็น ร้อยละ 12.3 เมื่อพิจารณาผลกระทบสภาพแวดล้อมจากน้ำเน่าเสียในชุมชน ส่วนใหญ่ประชาชนจะไม่ได้รับผลกระทบสภาพแวดล้อมจากน้ำเน่าเสีย คิดเป็นร้อยละ 82.9 ส่วนประชาชนในชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเน่าเสียในชุมชนเพียง 17.1 เมื่อพิจารณาผลกระทบสภาพแวดล้อมจากเสียงดังรบกวนจากพาหนะต่างๆ ประชาชนส่วนใหญ่ไม่ได้รับผลกระทบด้านเสียงรบกวน คิดเป็นร้อยละ 94.7 ส่วนประชาชนในชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากเสียงดังรบกวน คิดเป็นร้อยละ 5.3 เท่านั้น เมื่อพิจารณาผลกระทบสภาพแวดล้อมจากดินเสื่อมคุณภาพ ส่วนใหญ่ประชาชนจะไม่ได้รับผลกระทบสภาพแวดล้อมจากดินเสื่อมคุณภาพ คิดเป็นร้อยละ 99.1 ส่วนประชาชนในชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากดินเสื่อมคุณภาพ คิดเป็นร้อยละ 0.9 เมื่อพิจารณาผลกระทบสภาพแวดล้อมจากปัญหาพาหนะนำโรค ส่วนใหญ่ประชาชนจะไม่ได้ผลกระทบจากปัญหาพาหนะนำโรค คิดเป็นร้อยละ 96.1 ส่วนประชาชนในชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาพาหนะนำโรค คิดเป็นร้อยละ 3.6 เมื่อพิจารณาผลกระทบสภาพแวดล้อมจากความคล่องตัวของการจราจร ส่วนใหญ่ประชาชนจะไม่ได้รับผลกระทบสภาพแวดล้อมจากความคล่องตัวของการจราจร คิดเป็นร้อยละ 96.5 ส่วนประชาชนในชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากความคล่องตัวของการจราจร คิดเป็นร้อยละ 3.5 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สภาพแวดล้อมของชุมชนโดยรอบบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ไม่ได้รับผลกระทบ (%)	ได้รับผลกระทบ (%)			($\overline{X}$ ± S.D)	ระดับ
		มาก	ปานกลาง	น้อย		
ปัญหาทัศนียภาพที่ไม่น่าดูในชุมชน	86.4	-	4.4	9.2	1.36±0.93	น้อย
ปัญหาขยะมูลฝอย/สิ่งปฏิกูลภายในชุมชน	69.3	-	-	30.7	1.92±1.38	ปานกลาง
ปัญหาอากาศเสีย	82.5	3.9	8.8	4.8	1.36±0.83	น้อย
ปัญหาการระบายน้ำ	87.7	-	4.4	7.9	1.32±0.88	น้อย
ปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชน	82.9	-	-	17.1	1.51±1.13	น้อย
ปัญหาเสียงดังรบกวนจากพาหนะต่างๆ	94.7	-	-	5.3	1.16±0.67	น้อย

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ไม่ได้รับผลกระทบ (%)	ได้รับผลกระทบ (%)			($\bar{X}$ ± S.D)	ระดับ
		มาก	ปานกลาง	น้อย		
ปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ	99.1	-	-	0.9	1.03±0.28	น้อย
ปัญหาพาหนะนำโรค	96.1	-	-	3.6	1.12±0.58	น้อย
ปัญหาความคล่องตัวของการจราจร	96.5	-	-	3.5	1.11±0.55	น้อย
ภาพรวมของปัญหาสิ่งแวดล้อม					**1.32±0.80**	**น้อย**

3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการสภาพแวดล้อมของชุมชนโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย

จากการสอบถามความคิดเห็นของประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเด็นต่างๆ พบว่าประชาชนที่ไม่ได้แสดงความคิดเห็น จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 17.5 และประชาชนที่ได้แสดงความคิดเห็น จำนวน 188 คน คิดเป็นร้อยละ 82 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความคิดเห็นของประชาชนต่อการจัดการสภาพแวดล้อมในชุมชนโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ด้านการบริหารจัดการขยะมูลฝอย

ข้อเสนอแนะ	ความถี่	ร้อยละ
1. การให้ความรู้และการสร้างจิตสำนึกเพื่อลดปริมาณขยะในครัวเรือนและชุมชน เช่น การคัดแยกขยะก่อนทิ้ง	138	60.5
2. การจัดการขยะแบบครบวงจร (การรวบรวม การลำเลียงขนถ่ายขยะมูลฝอย การนำไปใช้ประโยชน์)	39	17.1
3. การวางแผนและพัฒนาแบบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของประชาชนเพื่อให้ทราบสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและเตรียมการรอรับผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต	11	4.8

อภิปรายผล

จากการสอบถามความคิดเห็นของประชาชนต่อสภาพแวดล้อมในชุมชนบริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยในเขตตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ผลการวิจัยพบว่า ปัญหาสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับน้อย ($\bar{X}$ 1.32±0.80) เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านโดยเรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย พบว่าด้านที่มีปัญหาในระดับปานกลาง คือ ปัญหาขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล ($\bar{X}$ =1.92±1.38) ปัญหาในระดับน้อย คือ ปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชน ($\bar{X}$ =1.51±1.13) ปัญหาอากาศเสีย ($\bar{X}$ 1.36±0.83) ปัญหาทัศนียภาพที่ไม่น่าดูในชุมชน ($\bar{X}$ =1.36±0.93) ปัญหาการระบายน้ำ ($\bar{X}$ =1.32±0.88) ปัญหาเสียงดังรบกวนจากพาหนะ ($\bar{X}$ =1.16±0.67*)* ปัญหาพาหนะนำโรค ($\bar{X}$ =1.12±0.58) ปัญหาความคล่องตัวของการจราจร ($\bar{X}$ =1.11±0.55) ปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ ($\bar{X}$ =1.03±0.28) ซึ่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชนที่อาศัยโดยรอบบริเวณฝังกลบขยะมูลฝอยจะอยู่ในระดับน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในปัจจุบันและสถานที่ตั้งของชุมชน อาจเป็นเพราะชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยและระบบจัดการขยะมูลฝอยของหน่วยงานภาครัฐที่มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับวิสัยทัศน์ของจังหวัดพิษณุโลกที่ได้กล่าวว่า เมืองสวยใสไร้มลพิษ (Clean and Green City) เป็นโครงการที่มุ่งสร้างความเปลี่ยนแปลงด้านการจัดการขยะชุมชนสู่กระบวนการพัฒนาและยกระดับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนให้มีประสิทธิภาพโดยมีเป้าหมายเพื่อให้สามารถนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 และจัดการขยะมูลฝอยอย่างถูกหลักวิชาการไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ทางหน่วยงานรัฐจึงได้เร่งจัดทำร่างแผน “ประเทศไทย ไร้ขยะ” เพื่อการจัดการขยะต้นทางในชุมชนให้น้อยลง พร้อมรณรงค์ลดปริมาณขยะมูลฝอยภายใต้หลักการ 3Rs คือ การใช้น้อย การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ พร้อมดำเนินการตามหลักการประชารัฐและให้ส่วนราชการที่เกี่ยวข้องออกข้อบัญญัติท้องถิ่นในด้านการบริหารจัดการขยะมูลฝอยและช่วยกันขับเคลื่อนให้แต่ละพื้นที่สะอาด และปราศจากขยะมูลฝอย โดยให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเข้าร่วมโครงการร่วมกันกำหนดข้อสัญญาร่วมกันดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล เพื่อให้ประชาชนในท้องถิ่นมีสุขภาพอนามัยที่ดี

และเป็นระเบียบเรียบร้อย ตลอดจนเพื่อให้การบริการจัดการขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นไปด้วยความประหยัด คุ้มค่า ครอบคลุมพื้นที่กว้างขวางที่สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างเต็มศักยภาพ (สำนักพิษณุโลกฮอตนิวส์. 2559) จึงทำให้ประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบบริเวณสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยได้รับผลกระทบสิ่งแวดล้ออยู่ในระดับน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของศรีสุดา และสมชาย (2553) ที่ได้ศึกษาคุณภาพชีวิตของประชาชนในอำเภอนครชัยศรี พบว่าประชาชนส่วนใหญ่จะประสบปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับน้อย จึงเป็นสาเหตุทำให้ประชาชนในอำเภอนครชัยศรีมีคุณภาพชีวิตที่ดีและทำให้ไม่ได้รับความเดือดร้อนจากสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบสิ่งแวดล้อมในชุมชนบริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยเฉพาะปัญหาด้านขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลที่จัดอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในชุมชนบริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยในเขตตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เช่นเดียวกับผลการศึกษาของพัชรี (2554) พบว่าขยะมูลฝอยเป็นแหล่งแพร่เชื้อโรค ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น และการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการเผาจะส่งกลิ่นเหม็นรบกวนทำให้อากาศเป็นพิษ กลุ่มตัวอย่างระบุว่ามักจะมีกลิ่นเหม็นในช่วงอากาศเย็นๆ หรือในช่วงหลังฝนตก โดยจะได้กลิ่นมาเป็นระยะๆ โดยเฉพาะในเวลากลางคืน รวมทั้งในเวลากลางวันชาวบ้านระบุว่า ได้รับกลิ่นเหม็นและรบกวนความเป็นอยู่ของคนในชุมชน ทั้งนี้กลิ่นเหม็นจะขึ้นอยู่กับระยะห่างของชุมชนกับสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย กิจกรรมในสถานที่ฝังกลบมูลฝอยด้วย หากมีการขุดหรือโกยมูลฝอยจะส่งผลให้มีกลิ่นรุนแรงมากขึ้น อีกทั้งสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยยังเป็นแหล่งกำเนิดแมลงและสัตว์นำโรค ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคติดต่อต่างๆ ในชุมชน ชุมชนที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ บ้านขุนช้าง โดยมีปริมาณแมลงวันที่มีมากในช่วงฤดูร้อน ได้สร้างความเดือดร้อนน่ารำคาญ และเสี่ยงต่อผลกระต่อสุขภาพที่มีแมลงวันเป็นพาหะ และแมลงหวี่ที่เป็นพาหะนำโรค เพราะกองมูลฝอยเป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรคขนาดใหญ่ที่บริเวณใกล้เคียง ทำให้เทศบาลนครขอนแก่นต้องหาแนวทางอื่นในการจัดการ เช่น การส่งเสริมการลดปริมาณมูลฝอย เป็นต้น ในขณะที่ผลการศึกษาของวีระชัย (2549) ที่ได้ศึกษาคุณภาพชีวิตของประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้สถานที่กำจัดมูลฝอยของเทศบาลเมืองมหาสารคาม ซึ่งระบุว่าคุณภาพชีวิตรายข้อของประชาชนซึ่งอาศัยอยู่ใกล้สถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นอาจมีสาเหตุมาจากกลิ่นเหม็นควันไฟ การรบกวนจากสัตว์และจากสถานที่กำจัดมูลฝอย เป็นต้น ทำให้น้ำเสียจากกองขยะมูลฝอยไหลปนเปื้อนดินบริเวณรอบๆ ทำให้เกิดมลพิษของดินได้ (กิตติ, 2553) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงต้องมีแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นโดยมีการพัฒนาการฝังกลบขยะมูลฝอยให้ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล เพื่อลดปัญหากลิ่นรบกวน และลดปริมาณพาหนะนำโรค อีกทั้งควรมีระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม ตลอดจนทำการปรับปรุงภูมิทัศน์โดยรอบบริเวณสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ซึ่งจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น จะเห็นได้ว่าสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก มีระบบการจัดการมูลฝอยที่ดี จึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับน้อย แต่ก็ยังประสบปัญหาสิ่งแวดล้อมในด้านขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลในชุมชน ดังนั้นเทศบาลนครพิษณุโลกหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรมีมาตรการในการจัดการ และวางแผนในการเตรียมการรองรับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในชุมชนต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ผลการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนต่อสภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบ พบว่า ประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนมีทุกเพศ ทุกวัย ทุกระดับการศึกษา และทุกอาชีพ โดยจะเห็นได้ว่า ภาพรวมปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านโดยเรียงลำดับตามค่าเฉลี่ย พบว่า ด้านที่มีปัญหาในระดับน้อยคือ ปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชน ปัญหาอากาศเสีย ปัญหาทัศนียภาพไม่น่าดูในชุมชน ปัญหาการระบายน้ำ ปัญหาเสียงดังรบกวนจากพาหนะต่างๆ ปัญหาพาหนะนำโรค ปัญหาความคล่องตัวของการจราจร และปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงจำเป็นต้องมีวิธีป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อมชุมชนที่อาจเกิดขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากผู้ช่วยศาสตร์ตราจารย์ ดร. ปิยะดา วชิระวงศกร อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และผู้ช่วยศาสตร์ตราจารย์ วิภาดา ศรีเจริญ อาจารย์สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ และอาจารย์ ดร. ศรัญญา ทองสุข อาจารย์สาขาวิชาสถิติประยุกต์ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณกำนันเชิด ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ ประชาชนในชุมชนตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง

จังหวัดพิษณุโลกที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดียิ่งในการช่วยตอบแบบสอบถามสำหรับข้อมูลวิจัยในครั้งนี้จึงทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2559). **ปริมาณขยะมูลฝอย 2559**. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2560, จาก http://www.environnet.in.th/archives/4109.

กิตติ ชยางคกุล. (2553). ผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการจัดการขยะมูลฝอย ศึกษากรณีการจัดการขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลคลองสามอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย**, 6(1): 154-165.

ดวงใจ ปินตามูล. (2556). การจัดการขยะมูลฝอยแบบมีส่วนร่วมของประชาชนในองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านโสก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์. **วารสารราชภัฏเพชรบูรณ์สาร**, 15(2): 17-24.

พัชรี ศรีกุตา และอุไรวรรณ อินทร์ม่วง. (2554). การประเมินผลกระทบทางสุขภาพของชุมชนที่อาศัยอยู่รอบบริเวณสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น : **วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 4(2): 9-20.

วีระชัย อิ่มน้ำขาว. (2549). **คุณภาพชีวิตของประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้สถานที่กำจัดมูลฝอยของเทศบาลเมืองมหาสารคาม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต**, สาขาวิชาการพยาบาลชุมชน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศรีสุดา มีชำนาญ และสมชาย ลักขณานุรักษ์. (2553). **คุณภาพชีวิตของประชาชนในอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม : วารสารศิลปกรศึกษาศาสตร์วิจัย** 1(2): 269-307.

สุรพล หล้าอ่อน และอรุณ มันอาษา. (2551). **อบรมการให้ความรู้เกี่ยวกับการทิ้งขยะของเด็กภายในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กวัดธรรมมงคล.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดพิษณุโลก. (2557). **บ่อขยะเปิดใหม่จังหวัดพิษณุโลก.** สืบค้นเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2560, จาก http://pr.prd.go.th/phitsanulok/ewt_news.php?nid.

สำนักพิษณุโลกฮอตนิวส์. (2559). สืบค้นเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2561, จาก https://www.phitsanulokhotnews.com/2016/07/07/88187.

อมาวสี บัวทองจันทร์. (2550). **ผลกระทบของการกำจัดขยะมูลฝอยจากสถานที่กำจัดขยะเทศบาลเมืองร้อยเอ็ดต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนที่อาศัยบริเวณใกล้เคียง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชานโยบายสาธารณะ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อรุณ จิรวัฒน์กุล. (2548). **ชีวสถิติสำหรับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ.** ภาควิชาชีวสถิติและประชากรศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 314 หน้า.

การสำรวจและการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของปลาแม่น้ำน่าน ในเขตพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก

SURVEY AND UTILIZATION OF BIODIVERSITY FROM FISH IN THE NAN RIVER, PHITSANULOK PROVINCE

ประภาศิริ ใจผ่อง* และพิมพ์ชนก พริกบุญจันทร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : jprapasiri@hotmail.com

บทคัดย่อ

จากการสำรวจความหลากชนิดและการใช้ประโยชน์ของปลาในแม่น้ำน่าน อำเภอพรหมพิราม และอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ทำการสำรวจ 2 ฤดูกาล คือดูร้อน ต้นเมษายนและพฤษภาคม และฤดูฝนเดือนกันยายน ในปี พ.ศ. 2559 พบปลาทั้งหมด 20 วงศ์ (Families) 38 ชนิด (Species) โดยพบว่า วงศ์ปลากด (Begrudge) มากที่สุดรวม 7 ชนิด รองลงมา คือ วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) และวงศ์ปลาสวาย (Pangasiidae) พบ 4 ชนิด วงศ์ปลาเนื้ออ่อน (Siluridae) วงศ์ปลาช่อน (Channidae) พบ 3 ชนิดตามลำดับ ส่วนการใช้ประโยชน์ด้านอาหารของปลาในแม่น้ำน่าน พบว่า แต่ละชุมชนทราบวิธีการรับประทานปลาที่แตกต่างกันในลักษณะของปลาทั้งตัว ปลาสับ ปลาบดละเอียดและปลาหั่นชิ้น ตามลักษณะของการประกอบอาหาร และสามารถเลือกวัตถุดิบที่เข้ากันได้กับปลาแต่ละชนิดมาประกอบอาหารให้ได้รสชาติอาหารที่กลมกล่อมแตกต่างกันแต่ละท้องถิ่น และกลายเป็นอาหารที่มีเอกลักษณ์ รสชาติเฉพาะตัวของพื้นที่ โดยพบรายการอาหารจากปลาที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในแต่ละชุมชน จำนวน 26 รายการอาหาร

คำสำคัญ : ความหลากหลาย แม่น้ำน่าน จังหวัดพิษณุโลก

Abstract

Survey on diversity of fish in the Nan River in Phromphirom and Muang Districts, Nan River Phitsanulok Province. were performed from April May and September 2016. Eight orders, 20 families, 38 Species of fishes were collected. Family Begrudge (7 species) were the highest abundance of fish composition by number and along with Cyprinidae, Pangasiidae, (4 species) and Siluridae, Channidae (3 species). For the use of fishes in Nan river, each community knows how to consume fishes in whole, chopped, minced or in pieces as required for food cooking. The community can also select ingredients to be used with fishes to cook foods with good tastes and unique to their community. There were 26 types of similar foods from fishes found in the community

keywords : diversity, Nan River, Phitsanulok Province

บทนำ

แม่น้ำน่านตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 34,682.04 ตร.กม. พื้นที่ครอบคลุม 11 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร พะเยา แพร่ น่าน เลย สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ ลักษณะลุ่มน้ำวางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15°42′เหนือ ถึง เส้นรุ้งที่ 18°37′เหนือ และระหว่างเส้นแวง

ที่ 99° 51′ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 101°21′ตะวันออก มีทิศเหนือของลุ่มน้ำติดกับลุ่มน้ำโขง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำเจ้าพระยา ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำป่าสัก และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำน่าน

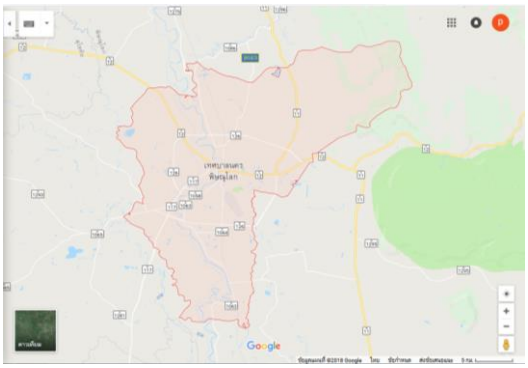
แม่น้ำน่านมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาหลวงพระบาง ซึ่งเป็นเส้นแบ่งเขตแดนไทย-ลาว มีความสูงอยู่ที่ระดับ 220 เมตร รทก. จากนั้นไหลผ่านที่ราบระหว่างหุบเขาในเขตอำเภอเมือง และอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน หุบเขาทางด้านตะวันตกและตะวันออกทั้งสองด้านนี้เป็นต้นกำเนิดของลำน้ำสาขาหลายสาย ที่ราบบริเวณนี้จะมีระดับความสูงประมาณ 180-220 เมตร รทก. จากนั้นแม่น้ำน่านจะไหลผ่านหุบเขาลงสู่อ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ พื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำน่านจะเป็นที่ราบสองฝั่งแม่น้ำซึ่งจัดได้ว่าเป็นทุ่งราบผืนใหญ่ที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย จากจังหวัดพิษณุโลก แม่น้ำน่านจะไหลเคียงคู่กับแม่น้ำยมลงมาจนบรรจบกันที่อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ จากนั้นจะไหลผ่านบึงบอระเพ็ดทางฝั่งซ้าย ก่อนจะบรรจบกับแม่น้ำปิง ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของแม่น้ำเจ้าพระยา

จะเห็นได้ว่าแม่น้ำน่านเป็นแม่น้ำที่ไหลผ่านหลายจังหวัดตั้งแต่ภาคเหนือตอนบนจนถึงนครสวรรค์ จึงนับได้ว่าแม่น้ำน่านเป็นสายน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งถือเป็นทุนทางธรรมชาติที่มีความสำคัญเพื่อการใช้ประโยชน์ของชุมชนตามลุ่มน้ำ ในการวิจัยนี้เป็นการสำรวจความหลากชนิดของปลาในแม่น้ำน่านนเขตจังหวัดพิษณุโลก จึงเป็นการสร้างฐานข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญให้กับชุมชนและท้องถิ่นเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการการอนุรักษ์แม่น้ำและทรัพยากรปลา นอกจากนี้ยังนำไปสู่แนวทางการวิจัยและพัฒนาทางด้านการเพาะเลี้ยงปลาของลุ่มน้ำ แห่งนี้ เพื่อให้ปลาแม่น้ำยังคงมีอยู่และเพียงพอต่อความต้องการด้านอาหารและการเกื้อกูลซึ่งกันและกันระหว่างคนในชุมชนต่าง ๆต่อไป ตลอดจนการใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารของปลาแต่ละชนิดที่อาศัยในแม่น้ำน่าน งานวิจัยนี้ยังช่วยส่งเสริมความร่วมมือระหว่างภาครัฐ คือ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม กรมประมง และชุมชนลุ่มน้ำน่าน

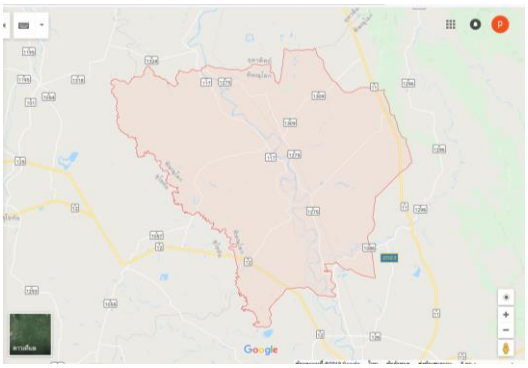
วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสำรวจพันธุ์ปลา

1.1 กำหนดจุดสำรวจและทำการสำรวจชนิดของปลาที่พบบริเวณลุ่มน้ำน่าน และลำน้ำสาขา ครอบคลุมพื้นที่ อ.เมือง อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก โดยพิจารณาจากลักษณะทางระบบนิเวศวิทยาที่มีลักษณะสภาพพื้นที่คล้ายคลึงกัน และแตกต่างกัน โดยแบ่งเป็นระบบนิเวศแม่น้ำสายหลัก ลำน้ำสาขา กำหนดจุดสำรวจจุดเดียวทุกครั้ง และทำการเก็บตัวอย่างให้ได้ครอบคลุมทุกระบบนิเวศ โดยเลือกหมู่บ้านที่มีท่าปลาขึ้นซึ่งชาวบ้านจับมาขายต่อให้กับพ่อค้าคนกลางเป็นตัวแทนของการศึกษาความหลากชนิดของปลา



รูปที่ 1 พื้นที่ในการสำรวจชนิดของปลาที่พบบริเวณลุ่มน้ำน่าน และลำน้ำสาขา ครอบคลุมพื้นที่ อ. เมือง จ. พิษณุโลก



รูปที่ 2 พื้นที่ในการสำรวจชนิดของปลาที่พบบริเวณลุ่มน้ำน่าน และลำน้ำสาขา ครอบคลุมพื้นที่ อ. พรหมพิราม จ. พิษณุโลก

1.2 ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างปลา 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ต้นเมษายนและพฤษภาคม พ.ศ. 2559 และฤดูฝน เดือนกันยายน พ.ศ. 2559 โดยเก็บตัวอย่างด้วยการซื้อตัวอย่างปลาจากพ่อค้าคนกลาง ที่รับซื้อปลาจากชาวบ้านที่จับปลาด้วยอุปกรณ์ตาข่าย เบ็ด และลอบ ตามตลาดชุมชน เช่น ตลาดปลามะขามสูง ตลาดปลาชุมชนพรมพิราม ตลาดปลาวังเป็ด ตลาดโคกมะตูม และตลาดใต้ โดยช่วงเวลาเก็บตัวอย่างประมาณ เวลา 7.30 น. เก็บตัวอย่างปลาชนิดละไม่ต่ำกว่า 5 ตัว

2. ศึกษาในห้องปฏิบัติการ

2.1 การจำแนกชนิดของปลา นำตัวอย่างปลาที่รักษาสภาพด้วยการน๊อคด้วยความเย็น และนำตัวอย่างปลามาตรวจสอบชนิดและระบุว่าอยู่ในวงศ์ใด โดยใช้เอกสารต่อไปนี้ ในการตรวจสอบ ได้แก่ Smith (1945); Rainboth (1996); Kottelat (2001) และ Vidthayanon(2008) รวมทั้งเอกสารที่เป็นคำบรรยายครั้งแรก (original description) ของชนิดปลาที่เกี่ยวข้อง โดยบัญชีรายชื่อชนิดปลาที่สำรวจพบจัดลำดับทางอนุกรมวิธานตามระบบของ Nelson (2006)

2.2 การวัดความยาวลำตัวและชั่งน้ำหนักปลา นำตัวอย่างปลาที่ได้มาวัดความยาวลำตัวทั้งหมด (Total length, TL; เซนติเมตร) คือ วัดจากปลายจงอยปาก (snout) ถึงปลายสุดของหาง และความยาวส่วนหยักลึกของหาง (Fork length, FL; เซนติเมตร) ชั่งน้ำหนัก (weight, W; กรัม) และถ่ายภาพตัวอย่างปลาด้วยกล้องดิจิตอล บันทึกรายละเอียด ได้แก่ สถานที่เก็บตัวอย่าง วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง ชื่อท้องถิ่น ชื่อสามัญ และการใช้ประโยชน์ปลาแม่น้ำน่านทางด้านอาหาร

3. วิเคราะห์การใช้ประโยชน์ปลาแม่น้ำน่านทางด้านอาหาร

ทำการเก็บและรวบรวมข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์ปลาแม่น้ำน่านทางด้านอาหารด้วยการศึกษาจากการใช้ประโยชน์ปลาตามวัฒนธรรมท้องถิ่น

ผลการวิจัย

จากการสำรวจความหลากหลายของชนิดปลาในพื้นที่การศึกษา อำเภอเมือง และ อำเภอพรหมพิราม ในช่วง 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ต้นเมษายนและพฤษภาคม และฤดูฝนเดือนกันยายน ในปี พ.ศ. 2559 พบปลาทั้งหมด 20 วงศ์ (Families) 38 ชนิด (Species) สำรวจพบ วงศ์ปลากด (Begrudge) มากที่สุดรวม 7 ชนิด รองลงมา คือ วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) และวงศ์ปลาสวาย (Pangasiidae) พบ 4 ชนิด วงศ์ปลาเนื้ออ่อน (Siluridae) วงศ์ปลาช่อน (Channidae) พบ 3 ชนิด วงศ์ปลาดุก (Clariidae) วงศ์ปลากระทิง (Mastacembelidae) พบ 2 ชนิด วงศ์ปลาแป้นแก้ว (Ambassidae) วงศ์ปลาเข็ม (Hemiramphidae) วงศ์ปลากะทุงเหว (Needdle Fish) วงศ์ปลาหมูแท้ (Cobitidae) วงศ์ปลาไหลนา (Synbranchidae) วงศ์ปลาหมอช้างเหยียบ (Pristolepididae) วงศ์ปลาหมอสี (Cichlidae) วงศ์ปลาบู่หิน (Odontobutidae) วงศ์ปลาบู่ทราย (Eleotridae) วงศ์ปลาตะกรับ (Scatophagidae) วงศ์ปลาหมอ (Anabantidae) วงศ์ปลาหมอตาล (Helostomatidae) และวงศ์ปลากดทะเล (Ariidae) พบวงศ์ละ 1 ชนิด (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ชื่อสามัญ ชื่อท้องถิ่น ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อวงศ์ ที่พบในแม่น้ำน่าน ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก

ชื่อวงศ์/ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ชื่อท้องถิ่น
วงศ์ปลากด (Begrudge)		
1. *Mystus nigriceps*	Twospot catfish	แขยงจุด
2. *Mystus bocourti*	Bocourt's river catfish	แขยงธง
3. *Mystus singaringan*	Long-fatty finned mystus	แขยงใบข้าว
4. *Mystus multiradiatus*	Iridescent mystus	แขยงข้างลาย
5. *Pseudomystus siamensis*	Asian bumblebee catfish	แขยงหิน
6. *Hemibagrus wyckioides*	Asian redtail catfish	กดคัง
7. *Hemibagrus nemurus*	Yellow mystus	กดเหลือง
วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae)		
8. *Barbonymus gonionotus*	Silver barb	ตะเพียนขาว
9. *Henicorhynchus siamensis*	Siamese mud carp	สร้อยขาว
10. *Rosbora tornieri*	Silver rasbora	ซิวควาย
11. *Paralaubuca riveroi*	Siames river abramine	แปบควาย
วงศ์ปลาสวาย (Pangasiidae)		
12. *Pangasianodon gigas*	Mekong giant catfish	บึก
13. *Pangasianodon hypophthalmus*	Striped catfish	สวาย
14. *Pangasius larnaudii*	Black ear catfish	เทโพ
15. *Pangasius macronema*	Siamensis pangasius	สังกะวาดเหลือง
วงศ์ปลาเนื้ออ่อน (Siluridae)		
16. *Kryptopterus cryptopterus*	-	ปีกไก่, ขาไก่
17. *Micronema apogon*	Commom sheatfish	น้ำเงิน
18. *Ompok bimaculatus*	Butter catfish	ชะโอน
วงศ์ปลาช่อน (Channidae)		
19. *Channa striata*	Snake head fish	ช่อน
20. *Channa lucius*	Blotched snakehead	กะสง
21. *Channa micropeltes*	Giant snake-head fish	ชะโด
วงศ์ปลาดุก (Clariidae)		
22. *Clarias macrocephalus*	Broadhead catfish	ดุกอุย
23. *Clarias batrachus*	Batrachian walking catfish	ดุกด้าน
วงศ์ปลากระทิง (Mastacembelidae)		
24. *Macrognathus siamensis*	Peacock eel	หลด
25. *Mastacembelus favus*	Tire track eel	กระทิง
วงศ์ปลาแป้นแก้ว (Ambassidae)		
26. *Parambassis siamensis*	Siamese glassfish	แป้นแก้ว, กระจก
วงศ์ปลาเข็ม (Hemiramphidae)		

ชื่อวงศ์/ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ชื่อท้องถิ่น
27. *Dermogenys siamensis*	Silver or platinum halfbeaks	เข็ม
วงศ์ปลากะทุงเหว (Needdle Fish)		
28. *Xenentodon cancila*	Freshwater Garfish	กระทุงเหว
วงศ์ปลาหมูแท้ (Cobitidae)		
29. *Acantopsis choirorhynchos*	Horseface loach	รากกล้วย
วงศ์ปลาไหลนา (Synbranchidae)		
30. *Monopterus albus*	Swamp eel	ไหลนา
วงศ์ปลาหมอช้างเหยียบ (Pristolepididae)		
31. *Pristolepis fasciata*	Striped tiger leaffish	หมอช้างเหยียบ
วงศ์ปลาหมอสี (Cichlidae)		
32. *Oreochromis mossambicus*	Mozambique tilapia	ปลาหมอเทศ
วงศ์ปลาบู่หิน (Odontobutidae)		
33. *Neodontobutis aurarmus*	-	บู่หิน
วงศ์ปลาบู่ทราย (Eleotridae)		
34. *Oxyeleotris marmorata*	Marble goby	บู่ทราย
วงศ์ปลาตะกรับ (Scatophagidae)		
35. *Scatophagus argus*	Spotted scats	ตะกรับ
วงศ์ปลาหมอ (Anabantidae)		
36. *Anabas testudineus*	Climbing perch	หมอไทย
วงศ์ปลาหมอตาล (Helostomatidae)		
37. *Helostoma temminckii*	Kissing gourami	หมอตาล
วงศ์ปลากดทะเล (Ariidae)		
38. *Nemapteryx caelata*	Engraved catfish	กดแดง

เมื่อดำเนินการสำรวจด้านการใช้ประโยชน์จากปลาชนิดต่างๆ ในแม่น้ำน่าน ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก พบว่าชนิดปลาที่ประชาชนในพื้นที่นำมาใช้ประโยชน์จะเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นปลาที่ใช้บริโภคซึ่งพบขายทั่วไปในตลาดทั้งในรูปแบบปลาสด และแปรรูป โดยวงศ์ของปลาที่ประชาชนนำไปใช้ประโยชน์ลำดับแรก ได้แก่ วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) รองลงมาได้แก่ วงศ์ปลาเนื้ออ่อน (Siluridae) และวงศ์ปลากด (Begrudge) ทำให้ทราบว่าจังหวัดพิษณุโลกมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรจากแม่น้ำ ที่สามารถนำไปประกอบเป็นอาหารได้มากมายหลากหลายชนิด โดยมีรูปแบบการใช้ประโยชน์จากปลาแตกต่างกัน ในลักษณะของปลาทั้งตัว ปลาสับ ปลาบดละเอียดและปลาหั่นชิ้น ตามลักษณะของรายการอาหาร และมีรายการอาหารจากปลาที่พบในแม่น้ำน่านใกล้เคียงกันในแต่ละชุมชน จำนวน 26 รายการอาหาร โดยคนในแต่ละชุมชนจะทราบดีว่า จะรับประทานปลาแต่ละชนิดอย่างไรให้มีรสชาติอร่อย และเลือกวัตถุดิบที่เข้ากันได้กับปลาแต่ละชนิดมาทำอาหารซึ่งจะทำให้ได้รสชาติอาหารที่กลมกล่อมขึ้น รายการอาหารหลากหลายชนิดนี้ถ่ายทอดวิธีการปรุง โดยการซึมซับ ไม่มีการสอนทางด้านอาหารที่เป็นระบบ เมื่อเห็นปู่ย่าตายายพ่อแม่สู่ลูกหลานปรุงอาหารก็เกิดการจดจำไปเองโดยอัตโนมัติ

อภิปรายผล

ชนิดปลาในแม่น้ำน่านบริเวณพื้นที่การศึกษา อำเภอเมือง และ อำเภอพรหมพิราม ที่ทำการสำรวจความหลากหลายของในช่วง 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ต้นเมษายนและพฤษภาคม และฤดูฝนเดือนกันยายน ในปี พ.ศ. 2559 พบปลาทั้งหมด 20

วงศ์ 38 ชนิด โดยสำรวจพบวงศ์ปลากด (Begrudge) มีจำนวนชนิดมากที่สุด เนื่องจากในประเทศไทยมีการแพร่กระจายของปลาวงศ์นี้จำนวนมาก จัดเป็นปลาหนังวงศ์ที่พบมากชนิดที่สุดของไทย โดยพบมากกว่า 25 ชนิด และจัดเป็นปลาเศรษฐกิจที่สำคัญ นิยมนำมาบริโภคบ่อยครั้ง รองลงมา คือ วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) วงศ์ปลาสวาย (Pangasiidae) วงศ์ปลาเนื้ออ่อน (Siluridae) และวงศ์ปลาช่อน (Channidae) ซึ่งผลการศึกษาใกล้เคียงกับการศึกษาของ อมรชัย (2551) ซึ่งทำการศึกษาความหลากชนิดของปลาในลุ่มแม่น้ำว้าซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาของแม่น้ำน่านตอนบน พบการแพร่กระจายพันธุ์ปลาทั้งสิ้น 13 วงศ์ 43 ชนิด แต่ในแม่น้ำน่านตอนบน วงศ์ที่มีจำนวนชนิดมากที่สุดคือวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในลุ่มแม่น้ำน่านตอนบนมีสภาพแหล่งน้ำตามคุณลักษณะของพื้นที่ต้นน้ำ นั่นคือ มีกระแสน้ำเชี่ยว น้ำมีความใส จึงพบปลาในวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) ที่หลากหลายชนิดมากที่สุด ซึ่งปลาในวงศ์นี้ถือเป็นวงศ์ที่โดดเด่นมากที่สุดในน้ำจืด (Nelson,2006) แตกต่างจากสภาพแม่น้ำน่านในจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งถือเป็นส่วนลุ่มน้ำตอนล่าง สภาพการไหลของน้ำจะช้ากว่าลุ่มน้ำตอนบน เนื่องจากร่องน้ำที่ขยายกว้างขึ้นจากกระบวนการทับถมของตะกอนจากการพัดพาของน้ำเมื่อความเร็วของน้ำลดลง ฉะนั้นสภาพแหล่งน้ำจะมีน้ำไหลช้าและมีดินตะกอน ซึ่งเป็นสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการอยู่อาศัยของปลา:ซึ่งมีพฤติกรรมมักกบดานอยู่กับพื้น

สำหรับด้านการใช้ประโยชน์จากปลาชนิดต่างๆ ในแม่น้ำน่าน ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก พบว่าปลาที่ประชาชนนำไปใช้ประโยชน์ลำดับแรก ได้แก่ วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) รองลงมาได้แก่ วงศ์ปลาเนื้ออ่อน (Siluridae) และในวงศ์ปลากด (Begrudge) ซึ่งเป็นปลาที่ประชาชนในพื้นที่นำมาใช้ประโยชน์จะเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และเป็นปลาที่ใช้บริโภคซึ่งพบขายทั่วไปในตลาดทั้งในรูปแบบปลาสด และแปรรูป สอดคล้องกับสภาวะการประมงในแถบพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งชาวประมงพื้นบ้านส่วนใหญ่จะทำการประมงด้วยเครื่องมือขนาดเล็ก เช่น ข่าย ลอบ และเบ็ด เป็นต้น ส่วนกลุ่มชาวประมงที่มีศักยภาพทางเงินทุนจะนิยมใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง ได้แก่ โพงพาง ช้อนสนั่น และยอขันช่อ ซึ่งปลาที่จับได้มากว่าร้อยละ 75 เป็นปลากลุ่มปลาเศรษฐกิจ เช่น ปลากดเหลือง ปลาปึกไก่ ปลาตะเพียนขาว และปลาแปบควาย (จินตนา, 2558) ซึ่งปลาดังกล่าวพบจำหน่ายมากตามท้องตลาด ประชาชนหาซื้อเพื่อนำไปบริโภคได้ง่าย

การพบปลาที่หลากหลายในแม่น้ำน่านบริเวณพื้นที่อำเภอเมือง และ อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก จำนวนถึง 38 ชนิด แสดงให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรมีมาตรการในการอนุรักษ์เพื่อให้คงไว้ซึ่งสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลาเหล่านี้ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ในการสำรวจความหลากหลายของชนิดปลาในพื้นที่การศึกษา อำเภอเมือง และ อำเภอพรหมพิราม ในช่วง 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ต้นเมษายนและพฤษภาคม และฤดูฝนเดือนกันยายน ในปี พ.ศ. 2559 พบปลาทั้งหมด 20 วงศ์ 38 ชนิด วงศ์ปลาที่มีความหลากชนิดมาที่สุด คือ วงศ์ปลากด สำหรับด้านการใช้ประโยชน์จากปลาชนิดต่างๆ พบว่าปลาที่ประชาชนนำไปใช้ประโยชน์ลำดับแรก ได้แก่ วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) ซึ่งเป็นปลาที่ประชาชนในพื้นที่นำมาใช้ประโยชน์จะเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และเป็นปลาที่ใช้บริโภค ทำให้ทราบว่าจังหวัดพิษณุโลกมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรจากแม่น้ำ ที่สามารถนำไปประกอบเป็นอาหารได้มากมายหลากหลายชนิด โดยมีรูปแบบการใช้ประโยชน์จากปลาแตกต่างกัน ในลักษณะของปลาทั้งตัว ปลาสับ ปลา บดละเอียดและปลาหั่นชิ้น ตามลักษณะของรายการอาหาร และมีรายการอาหารจากปลาที่พบในแม่น้ำน่านใกล้เคียงกันในแต่ละชุมชน จำนวน 26 รายการอาหาร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ สำหรับทุนอุดหนุนการทำวิจัยในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จินตนา บุญทองช่วย. (2558). **วิถีชีวิตคนทุ่งสุโขทัยกับการทำประมง.** กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการทรัพยากรประมงน้ำจืด กรมประมง.

อมรชัย ล้อทองคำ. (2551). **ความหลากชนิดของปลาในลุ่มแม่น้ำน่าน (ระบบเจ้าพระยา) ในเขตจังหวัดน่าน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Kottelat, M. 1991. (2001). Fishes of Laos. **Gunaratne Offset Ltd**., Sri Lanka.

Nelson, J.S. (2006). **Fishes of the world. 4 ed. John Wiley and Son**, Inc., New York.

Rainboth, W.J. (1996). **FAO species identification field guide for fishery purposes, Fish of the Cambodian Mekong. Food and Agriculture Organization of the United Nations** (FAO),Rome.

Smith, H.M. (1945). **The Freshwater Fish of Siam or Thailand.** United States Government PrintingOffice, Smithosonion Institution. Bull. No. 188,Washinhton.

Vidthayanon, C. (2005). **Thailand Red Data: Fishes.** Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. Bangkok, Thailand.

ระดับความดังเสียงบริเวณโรงเรียนที่มีการจราจรหนาแน่นในเขต อ.เมือง จ.พิษณุโลก
NOISE LEVEL AT SCHOOLS IN HEAVY TRAFFIC AREAS, MUANG PHITSANULOK

ณัชชานนท์ ดอนเขียวไพร นัทวัน สุโพธิ์แสน* และธันวดี ศรีธาวิรัตน์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
*Corresponding author e-mail : Nattawan.s@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับเสียงบริเวณโรงเรียนที่อยู่ใกล้ถนนที่มีการจราจรหนาแน่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานขององค์กรอนามัยโลก(WHO)โดยทำการศึกษาจากโรงเรียน 3 แห่ง คือ โรงเรียนเทศบาล 3 วัดท่ามะปราง โรงเรียนวัดศรีวิสุทธารามและโรงเรียนอนุบาลโรจนวิทย์ โดยแต่ละพื้นที่ทำการตรวจวัดระดับเสียงในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนช่วงเช้า07.30-08.30 น. และช่วงเย็นในเวลา 15.30-16.30 น. เพื่อหาค่าเฉลี่ยระดับเสียง 1 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่าระดับเสียงเฉลี่ยในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยโรงเรียนทั้ง 3 มีระดับเสียงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 70.34- 74.71 เดซิเบล(เอ) ซึ่งค่าที่ได้ไม่เกินมาตรฐานที่ 85 เดซิเบล(เอ)ตามที่องค์กรอนามัยโลกกำหนด

คำสำคัญ : มลพิษทางเสียง โรงเรียน ระดับเสียงเฉลี่ย เดซิเบล(เอ)

Abstract

The purpose of this study was to investigate sound levels at schools in heavy traffic areas, Muang Phitsanulok and compared it with the standard of World Health Organization (WHO). Three sound measurement sites were Tamaprang municipality school, Watsriwisuttharam school and Rojanawit school. The sound pressure level (leq)1 hours was measurement during the period of 7.30-8.30 am in morning session and 3.30-4.30 pm in evening session. Result showed that no significant differences were observed between the sound levels of the morning and evening sessions at a significance level of 0.05. It was found that the sounds level were in the range of 70.34- 74.71 dB(A). When compare the benchmarks set by the WHO, all measurement points do not exceed the standards at 85 dB(A).

Keywords: noise, school, Leq, dB(A)

บทนำ

ปัญหามลพิษทางเสียงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญโดยเฉพาะกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และเมืองหลักซึ่งเป็นศูนย์กลางความเจริญทางด้านเศรษฐกิจ ทำให้มีการขยายตัวอย่างมากในด้านอุตสาหกรรม และกิจกรรมการก่อสร้างต่างๆทั้งอาคารที่อยู่อาศัย สำนักงาน ระบบการคมนาคมขนส่ง ระบบสาธารณูปโภค รวมทั้งการเพิ่มขึ้นของยานพาหนะ ปัญหาเสียงดังบริเวณริมถนนอาจเกิดจากการรวมตัวกันของยานพาหนะจำนวนมากภายในบริเวณหนึ่ง ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพระดับเสียงในสภาพแวดล้อมบริเวณดังกล่าวมีค่าเกินกว่า 70 เดซิเบล(เอ) ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพระดับเสียงและอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) เสียงที่ดังมากๆ และติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกาย บุคคลที่ทำงานในโรงงานที่มีเสียงดังจะทำให้เกิดเป็นโรคหัวใจ โรคหู โรคจมูกมากกว่าบุคคลที่ทำงานในบริเวณที่เงียบสงบ เสียงดังมากจะทำลายสุขภาพร่างกายและจิตใจ รบกวนการนอนหลับพักผ่อน ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพลดลง เกิดความเครียด มีผลต่อระบบประสาทหูโดยตรงก่อให้เกิดการสูญเสียการได้ยินเป็นอันตรายต่อเยื่อแก้วหู อาจทำให้เกิดอาการหูหนวกและหูตึงในที่สุด (กรมควบคุมมลพิษ,2550; รัฐพล อ้นแฉ่ง,2554)

ปัจจุบันจังหวัดพิษณุโลกเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการพัฒนาความเจริญทุกด้านอย่างรวดเร็ว มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจรวมถึงแหล่งท่องเที่ยว จึงทำให้มีนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ นิยมเข้ามาท่องเที่ยวในจังหวัดพิษณุโลกเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการจราจรที่หนาแน่น ซึ่งปัญหามลพิษทางเสียงในสภาวะแวดล้อมของโรงเรียนที่อยู่ใกล้กับบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น เป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญ และเสียงที่เกิดจากกิจกรรมโดยรอบโรงเรียนสามารถส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอนของครูและนักเรียน เช่น เด็กนักเรียนไม่มีสมาธิในการเรียน เกิดความรำคาญไม่สบายใจ เกิดความผิดพลาดในการทำงาน และอาจทำให้หูตึงและหูหนวกได้ ถ้าได้รับฟังเสียงที่ดังมากเป็นเวลานานอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อทรัพยากรมนุษย์ที่จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดระดับเสียงบริเวณโรงเรียนที่อยู่ใกล้ถนนที่มีการจราจรหนาแน่นในเขตอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาและหาแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

1.โรงเรียนเทศบาล 3 วัดท่ามะปราง (site 1) ถนนที่ตัดผ่านมีขนาด 4 ช่องทางการจราจร บริเวณหน้าโรงเรียนมีคลินิกรักษาโรค ร้านค้ามากมาย อยู่ใกล้โรงพยาบาลรวมแพทย์และโรงพยาบาลพิษณุเวช และใกล้กับโรงเรียนอีก 1 แห่ง การจราจรค่อนข้างหนาแน่น

2.โรงเรียนอนุบาลโรจนวิทย์ (site 2) ถนนที่ตัดผ่านเป็นถนนมีขนาด 2 ช่องทางการจราจร ตรงข้ามกับโรงเรียนเป็นโรงพยาบาลพุทธชินราช ติดกับศูนย์การค้าปทุมทอง มีโรงเรียนกวดวิชา และเป็นย่านการค้า ใกล้กับวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีพุทธชินราชและโรงพยาบาลพิษณุเวช

3.โรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม (วิไลราษฎร์อุปถัมภ์) (site 3) ถนนที่ตัดผ่านมีขนาด 8 ช่องทางการจราจรซึ่งอยู่ใกล้กับ 5 แยกโคกมะตูมที่มีการจราจรหนาแน่น บริเวณรอบใกล้กับโรงพยาบาลกรุงเทพพิษณุโลก ธนาคารหลายสาขา ร้านค้ามากมาย ใกล้กับวิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลกและศูนย์ราชการ (ดังรูปที่ 1)

วิธีการวิจัย

เครื่องมือวัดระดับความดังเสียง (Sound Level Meter รุ่น SL-4023SD Type 2) เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ระบบดิจิตอลในการบอกระดับความเข้มของเสียงเป็นตัวเลข สามารถใช้วัดในสถานที่ต่างๆได้ ช่วงของการวัดเสียง 40 – 110 dBA และมีการปรับเทียบเครื่องวัดเสียง Sound Level Calibrator นำเครื่องมือไปวัดความดังเสียงในบริเวณที่ศึกษา โดยตั้งไมโครโฟนสูงจากพื้นประมาณ 1.2-1.5 เมตร ห่างจากผนังอาคารหรือกำแพงประมาณ 3.5 เมตร วัดระดับความดังเสียงที่จุดเก็บตัวอย่าง 3 จุด โดยที่จะทำการตรวจวัดตัวอย่างละ 1 สัปดาห์/เดือน เป็นเวลาทั้งหมด 2 เดือน ตรวจวัดชั่วโมงเร่งด่วนซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือช่วงเช้าเวลา 07.30-08.30 น. และช่วงเย็นเวลา 15.30-16.30 น. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยใช้สถิติมาตรฐาน และวิเคราะห์ตามระเบียบวิธีทางสถิติ



รูปที่ 1พื้นที่ศึกษา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ปริมาณการจราจร

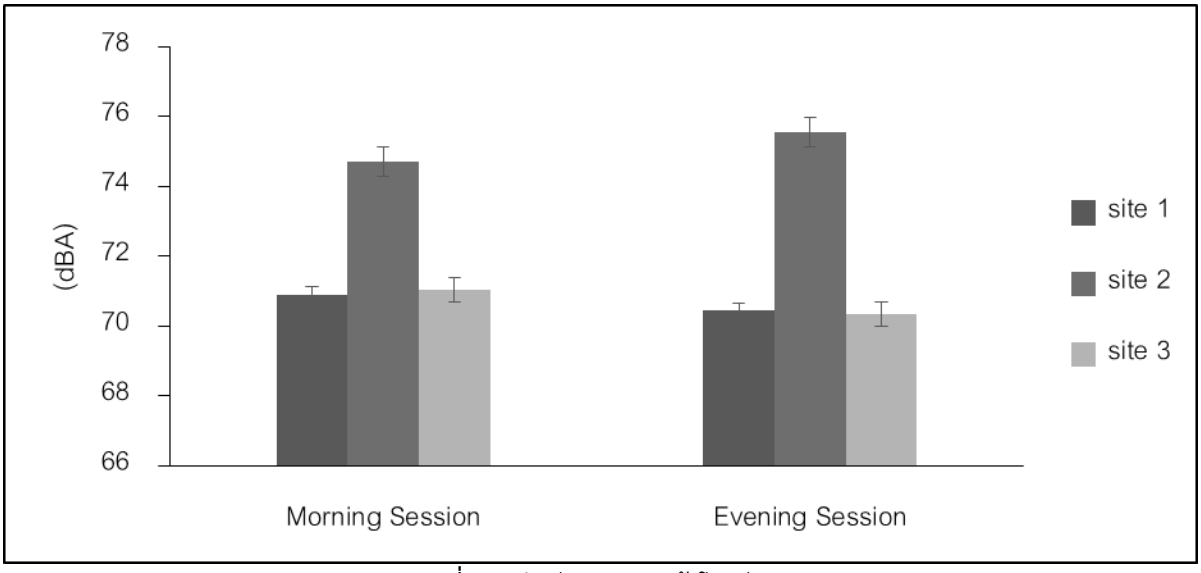
การตรวจวัดระดับความดังเสียงในบริเวณหน้าโรงเรียน 3 แห่ง ใน อ.เมือง จ.พิษณุโลก ในระยะเวลา 2 เดือน คือ เดือนสิงหาคม – กันยายน พ.ศ.2560 ได้ทำการตรวจนับรถที่สัญจรผ่านหน้าโรงเรียนในชั่งโมงเร่งด่วนช่วงเช้าเวลา 07.30 – 08.30 น. พบว่ารถจักรยานยนต์มากสุด รองลงมาคือรถยนต์ รถบัสโดยสารและรถ 3 ล้อ ตามลำดับ พบว่ารถที่สัญจรผ่านหน้าโรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม(วิไลราษฎร์อุปถัมภ์)มีจำนวนมากที่สุดคือจำนวน 2,510 คัน รองลงมาคือโรงเรียนอนุบาลโรจน์วิทย์ จำนวน 1,828 คัน และโรงเรียนเทศบาล 3 วัดท่ามะปราง จำนวน 1,817 คัน ส่วนในชั่วโมงเร่งด่วนช่วงเย็นเวลา 15.30 – 16.30 น.พบว่าโรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม(วิไลราษฎร์อุปถัมภ์) มากที่สุดจำนวน 2,611 คัน รองลงมาคือโรงเรียนเทศบาล 3 วัดท่ามะปราง จำนวน 2,158 คัน และโรงเรียนอนุบาลโรจน์วิทย์ จำนวน 1,922 คัน (ดังตารางที่ 1) และเมื่อนำมาคำนวณค่าดัชนีการจราจรติดขัด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.0-0.6 ซึ่งเป็นสภาพที่กระแสจราจรไหลได้แบบอิสระ (Free – Flow Conditions) โดยไม่ถูกรบกวนจากปัจจัยอื่นและผู้ขับขี่มีอิสระในการควบคุมรถสูง

ตารางที่1ปริมาณการจราจรถนนหน้าโรงเรียนในชั่วโมงเร่งด่วน (คัน/ชั่วโมง)

ชนิดรถ	โรงเรียนเทศบาล 3 วัดท่ามะปราง		โรงเรียนอนุบาลโรจนวิทย์		โรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม (วิไลราษฎร์อุปถัมภ์)	
	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น
รถจักรยานยนต์	1,128	1,297	1,286	1,307	1,056	1,094
	(62.1%)	(60.1%)	(50.2%)	(50.0%)	(57.8%)	(56.9%)
รถยนต์	667	843	1,246	1,271	747	809
	(36.7%)	(39.0%)	(48.7%)	(48.7%)	(40.9%)	(42.1%)
รถ 3 ล้อ	4	6	16	15	9	4
	(0.2%)	(0.3%)	(0.6%)	(0.6%)	(0.5%)	(0.4%)
รถบัสโดยสาร	18	12	12	18	16	15
	(1.1%)	(0.6%)	(0.5%)	(0.7%)	(0.8%)	(0.6%)
รวม	1,817	2,158	2,560	2,611	1,828	1,922

ระดับความดังเสียง

จากการตรวจวัดระดับความดังเสียงในชั่วโมงเร่งด่วนช่วงเช้าเวลา 07.30 – 08.30 น. พบว่าโรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม(วิไลราษฎร์อุปถัมภ์)มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 74.71 เดซิเบล(เอ) รองลงมาคือโรงเรียนอนุบาลโรจน์วิทย์มีค่าเฉลี่ยคือ 71.03 เดซิเบล(เอ) และโรงเรียนเทศบาล 3 วัดท่ามะปรางมีค่าเฉลี่ยคือ 70.88 เดซิเบล(เอ) ตามลำดับ ส่วนในชั่วโมงเร่งด่วนช่วงเย็นเวลา 15.30 – 16.30 น โรงเรียนที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ โรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม(วิไลราษฎร์อุปถัมภ์)มีค่าเฉลี่ยคือ 75.43 เดซิเบล(เอ) รองลงมาคือโรงเรียนเทศบาล 3 วัดท่ามะปรางมีค่าเฉลี่ยคือ 70.43 เดซิเบล(เอ) และโรงเรียนอนุบาลโรจน์วิทย์มีค่าเฉลี่ยคือ 70.34 เดซิเบล(เอ) ตามลำดับ (ดังรูปที่ 2)ระดับเสียงเฉลี่ยในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งระดับเสียงยังไม่เกินค่ามารฐานที่ 85 เดซิเบล(เอ) ตามที่องค์กรอนามัยโลก (WHO) กำหนด



รูปที่2 ระดับเสียงบริเวณหน้าโรงเรียน

การเปรียบเทียบการศึกษานี้กับการวัดระดับเสียงในพื้นที่อื่นๆ พบว่าระดับเสียงจราจรบริเวณหน้าโรงเรียนมีค่าอยู่ในช่วง 70.34 – 75.54 เดซิเบล(เอ) ซึ่งมีระดับเสียงต่ำกว่าบริเวณถนนในเขตกรุงเทพมหานครโดยเห็นได้ว่าระดับเสียงเฉลี่ยที่สูงที่สุดคือบริเวณสามแยกบางกะปิ เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร ระดับเสียงเฉลี่ยเท่ากับ 80.9 เดซิเบล(เอ) (ประวรดา, 2552) ภาพรวมของระดับเสียงเฉลี่ยบริเวณหน้าโรงเรียนที่มีการจราจรหนาแน่นในจังหวัดพิษณุโลกนั้นยังถือว่าต่ำกว่าในเขตกรุงเทพมหานครอยู่มาก (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่2 ระดับเสียงเฉลี่ยบริเวณหน้าโรงเรียนที่มีการจราจรหนาแน่นในจังหวัดพิษณุโลกและเขตกรุงเทพมหานคร

สถานที่	ระดับเสียงเฉลี่ย (dBA)	อ้างอิง
โรงเรียนเทศบาล 3วัดท่ามะปราง, พิษณุโลก	70.66	การศึกษานี้
โรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม(วิไลราษฎร์อุปถัมภ์)	75.13	การศึกษานี้
โรงเรียนอนุบาลโรจนวิทย์, พิษณุโลก	70.69	การศึกษานี้
สถานีตำรวจโชคชัย, กรุงเทพมหานคร	77.70	ประวรดา(2552)
แยกห้วยขวาง, กรุงเทพมหานคร	75.10	ประวรดา (2552)
แยกราชประสงค์, กรุงเทพมหานคร	77.70	ประวรดา (2552)
สามแยกบางกะปิ, กรุงเทพมหานคร	80.90	ประวรดา (2552)
ถนนพิบูลสงคราม, กรุงเทพมหานคร	72.70	พุทธพงษ์ และคณะ(2555)
ถนนวงศ์สว่าง, กรุงเทพมหานคร	76.30	พุทธพงษ์ และคณะ(2555)
ถนนรัชโยธิน, กรุงเทพมหานคร	76.70	พุทธพงษ์ และคณะ(2555)

เสียงส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดเสียงมาจากเครื่องยนต์ ล้อยาง และการไหลเวียนของอากาศ ทั่วไปแล้วรถบรรทุกจะให้เสียงที่ดังกว่ารถยนต์นั่ง รถยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำแต่ความเร็วของเครื่องยนต์สูงจะให้ระดับเสียงสูง สำหรับรถที่วิ่งด้วยความเร็วสูงความดังของเสียงส่วนใหญ่จะมาจากการสัมผัสระหว่างล้อยางกับพื้นถนน เช่น รถที่วิ่งตามถนนสายหลักที่มีการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้ ชนิดและประเภทของรถยนต์ ความเร็วของยานพาหนะ ระยะทาง ลักษณะของการจราจร ปริมาณการจราจร ความกว้างของถนน สภาพผิวของผิวถนน ความลาดชันของถนน เป็นต้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ระดับเสียงเฉลี่ยบริเวณหน้าโรงเรียนที่มีการจราจรหนาแน่นมีค่าอยู่ในช่วง 70.34 – 75.54 เดซิเบล(เอ) ซึ่งระดับเสียงดังกล่าว ยังไม่เกินค่าระดับเสียงมาตรฐานที่ 85 เดซิเบล(เอ) ตามที่องค์กรอนามัยโลกกำหนดไว้ แต่การฟังเสียงดังเป็น

เวลานานอาจเกิดอันตรายได้โดยเฉพาะกับเด็ก ซึ่งเป็นวัยที่กำลังมีพัฒนาการ กำลังเจริญเติบโต อาจจะมีอาการเจ็บป่วยหรือเป็นโรคต่างๆได้ในอนาคต เด็กที่เรียนในโรงเรียนพื้นที่ใกล้กับการจราจรที่หนาแน่น เป็นพื้นที่เสี่ยงกับมลพิษทางเสียงและมลพิษทางอากาศสูง อาจส่งผลในการลดระดับการเรียนรู้ ดังนั้นโรงเรียนควรจัดให้ห้องเรียนมีความเหมาะสมสำหรับการเรียนการสอนจึงต้องมีมาตรการเพื่อลดระดับเสียงจากเดิมซึ่งวิธีการหนึ่งที่สามารถลดระดับเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพคือการใช้กำแพงกันเสียง รวมทั้งหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรมีการจำกัดความเร็วของรถ การจำกัดการเดินรถ การจัดระบบการจราจร เพื่อให้ระดับเสียงภายในเขตพื้นที่ประเภทต่างๆ มีค่าลดลง รวมทั้งให้ความรู้ในการป้องกันตนเองจากปัญหามลพิษทางเสียง

กิตกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงเรียนเทศบาล 3 วัดท่ามะปรางวัดศรีวิสุทธาราม (วิไลราษฎร์อุปถัมภ์) และ โรงเรียนอนุบาลโรจนวิทย์เป็นอย่างมาก ที่ได้ให้ความสะดวก ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2550). การกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมคุณภาพสิ่งแวดล้อมและมาตรฐานควบคุมมลพิษจากแหล่งกำเนิด. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2550). **คู่มือวัดเสียงรบกวน.** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2553). **สถานการณ์และการจัดการมลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2552.** การควบคุมมลพิษ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ประวรดา โภชนจันทร์. (2552). มลพิษทางเสียงและสมรรถภาพการได้ยินของประชาชนและผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางเสียงบริเวณริมทางการจราจรในเขตกรุงเทพมหานคร.**วารสารเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการและงานวิจัย**. 16(1),156-168.

พุทธพงษ์ ชะรอยนุช นันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร และสรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์.2555.ผลกระทบของเสียงจากการจราจรทางถนนต่อระดับการได้ยินของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์. **รายงานการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ** ประจำปี พ.ศ. 2555, 528-533.

รัฐพล อ้นแฉ่ง. (2554). **มลพิษทางเสียงในสิ่งแวดล้อม.** นครปฐม.โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สาทิสสัณฐานและสมสัณฐานกรณีศึกษาฟังก์ชันลอการิทึม ฟังก์ชันเอกนามดีกรี N และฟังก์ชันประกอบ

HOMOMORPHISM AND ISOMORPHISM CASE STUDY FUNCTION LOGARITHM FUNCTION NOUN DEGREE N AND FUNCTION COMPOSIT

รภัส มูลโมกข์ ,วนิดา ขุนศรี[1] ,สิริกัญญา อินหันต์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์
*Corresponding author e-mail : Rapas1068@gmail.com

บทคัดย่อ

การจัดทำวิจัยคณิตศาสตร์เรื่องนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐานของฟังก์ชันลอการิทึม ฟังก์ชันประกอบ และฟังก์ชันเอกนามดีกรี n ผลการดำเนินงานพบว่าฟังก์ชัน $g:(R^+,\bullet)\to(R,+)$โดยที่ $g(x)=\log_a x$ สำหรับ$x,a\in R^+$เป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน ฟังก์ชัน $h:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$ โดยที่ $h(x)=x$ เป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐานฟังก์ชัน $f:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},+)$ โดยที่ $f(x)=x^n$ เป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐานและฟังก์ชันประกอบเป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน

คำสำคัญ : สาทิสสัณฐาน สมสัณฐาน ฟังก์ชันลอการิทึม ฟังก์ชันเอกนามดีกรี n และฟังก์ชันประกอบ

Abstract

This is mathematical research. The objective is to study the homomorphism and isomorphism of function logarithmic, function composite and function noun degree n. The results show that the function $g:(R^+,\bullet)\to(R,+)$ where $g(x)=\log_a x$ for $x,a\in R^+$ is homomorphism and isomorphism ,$h:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$ where $h(x)=x$ is homomorphism and isomorphism $f:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},+)$ where $f(x)=x^n$ is homomorphism and isomorphism . And composit function is homomorphism and isomorphism

Keywords : homomorphism isomorphism function logarithm function noun degree nand function composit

บทนำ

ในปัจจุบันคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ทำให้มีความคิดอย่างมีเหตุผลเป็นระบบ ช่วยให้คาดการณ์ ตัดสินใจ แก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม (วิมลรัตน์ ศรีสุข.2553,หน้า 74-75) การศึกษาคณิตศาสตร์มีหลายด้าน มีการศึกษาเกี่ยวกับกรุปและการสร้างฟังก์ชันที่มีโดเมนเป็นกรุปและเรนจ์เป็นอีกกรุปหนึ่ง พบว่ามีการศึกษาเรื่องนี้ และนิยามฟังก์ชันของสาทิสสัณฐานไว้ว่า $f:(G,*)\to(G,\circ)$ เป็นฟังก์ชันที่ส่งจาก G ไปยัง G' และ $(\forall a,\ b)$ โดยที่ $a,b\in G, f(a*b)=f(a)\circ f(b)$ และนิยามสมสัณฐานคือฟังก์ชัน $f:G\xrightarrow[onto]{1-1}G'$ โดยที่ f เป็นสาทิสสัณฐาน

จากผลการศึกษาผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจที่จะศึกษาความเป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐานของฟังก์ชันลอการิทึม ฟังก์ชันเอกนามดีกรี n และฟังก์ชันประกอบในงานวิจัยนี้จึงศึกษา $g:(R+,\bullet)\to(R,+)$ โดยที่ $g(x)=\log_a x$ สำหรับ $x,a\epsilon R^+$ และ g เป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐานศึกษา $h:(\mathrm{R}-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$ โดยที่ $h(x)=x$ สาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน ศึกษา $f:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$ โดยที่ $f(x)=x^n$ สาทิสสัณฐานและสมสัณฐานศึกษา $(g,+)$ เป็นกรุป เมื่อ $g(x)=\log_a x, x\in R^+$ ศึกษา $(h,\bullet)$ เป็นกรุป เมื่อ $h(x)=x$ ศึกษา $(f,\bullet)$ เป็นกรุป เมื่อ $f(x)=x^n, x\in R$ และศึกษาความเป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐานของฟังก์ชันประกอบ

วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้ศึกษาได้ศึกษาความเป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐานของฟังก์ชัน $g:(R^+,\bullet)\to(R,+)$ โดยที่ $g(x)=log_a x$ ฟังก์ชัน $h:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$ ฟังก์ชัน $f:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$ ฟังก์ชันประกอบโดยแสดงว่าฟังก์ชัน $g:(R^+,\bullet)\to(R,+)$ *ฟังก์ชัน* $h:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$ ฟังก์ชัน $f:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$ ฟังก์ชันประกอบเป็นฟังก์ชันถ่ายแบบ

และศึกษาความเป็นสมสัณฐานของฟังก์ชัน $g:(R^+,\bullet)\to(R,+)$ ฟังก์ชัน $h:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$ ฟังก์ชัน $f:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$ ฟังก์ชันประกอบโดยแสดงว่า ฟังก์ชัน $g:(R^+,\bullet)\to(R,+)$, $h:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$, $f:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$ ฟังก์ชันประกอบ เป็นฟังก์ชัน 1-1 และฟังก์ชันทั่วถึง

ผลการวิจัย

กรณีศึกษาความเป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน

กรณีศึกษา 1 ถ้า $g:(R^+,\bullet)\to(R,+)$ โดยที่ $g(x)=log_a x, a>0$ แล้ว g เป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน

(1) จะแสดงว่า g เป็นสาทิสสัณฐาน

ให้ $x,y\in R^+$จะแสดงว่า $g(x\bullet y)=g(x)+g(y)$

พิจารณา $g(x\bullet y)=log_a(xy)=log_a x+log_a y=g(x)+g(y)$

เพราะฉะนั้น g เป็นสาทิสสัณฐาน

(2) จะแสดงว่า g เป็นสมสัณฐาน

จาก(1) g เป็นสาทิสสัณฐาน

และ 1. จะแสดงว่า g เป็น ฟังก์ชัน 1-1

ให้ทุกๆ $x,y\in R^+$และ $g(x)=g(y)$ จะแสดงว่า $x=y$

จาก $g(x)=g(y)$ จะได้ $log_a x=log_a y$ และ $x=y$

นั่นคือ g เป็นฟังก์ชัน 1-1

2.จะแสดงว่า g เป็นฟังก์ชันทั่วถึงบน R

ให้ทุกๆ $y\in(R,+)$ จะได้ $x=a^y\in R^+$ โดยที่ $a>0$

พิจารณา $g(x)=log_a x$ เมื่อ $x=a^y$

$g(a^y)=log_a(a^y)=ylog_a a=y\bullet 1=y$

ดังนั้น $g(x)=y$

นั่นคือ g เป็นฟังก์ชันทั่วถึงบน R

เพราะฉะนั้น g เป็นสมสัณฐาน

สรุป จากพิจารณา (1) g เป็นสาทิสสัณฐาน และ (2) g เป็นสมสัณฐาน

กรณีศึกษา 2 ถ้า $h:(R-\{0\},\bullet)\to(R-\{0\},\bullet)$ โดยที่ $h(x)=x$ แล้ว h จะเป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน

(1) จะแสดง h เป็นสาทิสสัณฐาน

ให้ $x,y\in R-\{0\}$ จะแสดงว่า $h(x\bullet y)=h(x)\bullet h(y)$

พิจารณา $h(x)=x\bullet y=h(x)\bullet h(y)$

เพราะฉะนั้น h เป็นสาทิสสัณฐาน

(2) จะแสดง h เป็นสมสัณฐาน

จาก (1) h เป็นสาทิสสัณฐาน

และ 1. จะแสดง h เป็นฟังก์ชัน 1-1

ให้ทุกๆ $x,y\in R-\{0\}$ และ $h(x)=h(y)$ จะแสดงว่า $x=y$

จาก $h(x)=h(y)$

จะได้ว่า $x=y$

นั่นคือ h เป็นฟังก์ชัน 1-1

2. จะแสดง h เป็นฟังก์ชันทั่วถึงบน $R-\{0\}$

สำหรับทุกๆ $y \in R-\{0\}$ ให้ $y = x$ จะแสดงว่า$x \in R-\{0\}$

จะแสดงว่า $h(x) = y$

พิจารณา $h(x) = x$

$h(x) = yx = y$

ดังนั้น สำหรับทุกๆ $y \in R-\{0\}$ จะมี $x \in R-\{0\}$ โดยที่ $h(x) = y$

นั่นคือ hเป็นฟังก์ชันทั่วถึงจาก $(R-\{0\},\bullet)$ ไปยัง $(R-\{0\},\bullet)$

เพราะฉะนั้น h เป็นสมสัณฐาน

สรุป จากการพิจารณาพบว่า (1) h เป็นสาทิสสัณฐานและ (2) h เป็นสมสัณฐาน

กรณีศึกษา 3 ถ้า $f:(R-\{0\},\bullet) \to (R-\{0\},\bullet)$ โดยที่ $f(x) = x^n$แล้ว f จะเป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน

(1) จะแสดง f เป็นสาทิสสัณฐาน

ให้ $x, y \in R-\{0\}$ จะแสดงว่า $f(x \bullet y) = f(x) \bullet f(y)$

พิจารณา $f(x \bullet y) = (x \bullet y)^n$

$= (x^n) \bullet (y^n)$

$= f(x) \bullet f(y)$

เพราะฉะนั้น f เป็นสาทิสสัณฐาน

(2) จะแสดง f เป็นสมสัณฐาน

จาก (1) f เป็นสาทิสสัณฐาน

และ 1. จะแสดง f เป็นฟังก์ชัน 1-1

ให้ทุกๆ $x, y \in R-\{0\}$ และ $f(x) = f(y)$ จะแสดงว่า $x = y$

จาก $f(x) = f(y)$

จะได้ว่า $x^n = y^n$และ$\sqrt[n]{x^n} = \sqrt[n]{y^n}$

ดังนั้น $x = y$

นั่นคือ f เป็นฟังก์ชัน 1-1

2. จะแสดง f เป็นฟังก์ชันทั่วถึงบน $R-\{0\}$

สำหรับทุกๆ $y \in R-\{0\}$ ให้ $x = \sqrt[n]{y}$ จะแสดงว่า $x \in R-\{0\}$

จะแสดงว่า $f(x) = y$

พิจารณา $f(x) = x^n$

$f(\sqrt[n]{y}) = (\sqrt[n]{y})^n = y$

ดังนั้น $f(x) = y$

นั่นคือ f เป็นฟังก์ชันทั่วถึงจาก$(R-\{0\},\bullet)$ ไปยัง$(R-\{0\},\bullet)$

เพราะฉะนั้น f เป็นสมสัณฐาน

สรุป จากการพิจารณาพบว่า (1) f เป็นสาทิสสัณฐานและ (2) f เป็นสมสัณฐาน

กรณีศึกษาฟังก์ชันประกอบของสาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน

ตัวอย่างที่ 1 กำหนด $g:(R^+,\bullet) \to (R,+)$ โดยที่ $g(x) = \log_a x, a > 0$ และ $f:(R-\{0\},\bullet) \to (R-\{0\},\bullet)$ โดยที่ $f(x) = x^n$

(1) gof เป็นสาทิสสัณฐาน

$D_g = (R^+,\bullet)$ และ $R_g = (R-\{0\},\bullet)$

$gof = (R^+,\bullet) \to (R-\{0\},\bullet)$เป็นสาทิสสัณฐาน

พิสูจน์ จะแสดงว่า gof เป็นสาทิสสัณฐาน

ให้ $x, y \in R^+$

จะได้ว่า $gof(x \bullet y) = g(f(x \bullet y))$
$= g(f(x) \bullet f(y))$
$= g(f(x)) \bullet g(f(y))$

นั่นคือ gof เป็นสาทิสสัณฐาน

(2) gof เป็นสมสัณฐาน

$D_g = (R^+, \bullet)$ และ $R_g = (R - \{0\}, \bullet)$

$gof = (R^+, \bullet) \to (R - \{0\}, \bullet)$ เป็นสมสัณฐาน

พิสูจน์ จะแสดงว่า gof เป็นสมสัณฐาน

1. จะแสดงว่า gof เป็นฟังก์ชัน 1-1

ให้ทุกๆ $x, y \in R^+$

โดยที่ $gof(x) = gof(y)$
$log_a x^n = log_a y^n$
$nlog_a x = nlog_a y$
$x = y$

นั่นคือ gof เป็นฟังก์ชัน 1-1

2. จะแสดงว่า gof เป็นฟังก์ชันทั่วถึง

ให้ทุกๆ $y \in R - \{0\}$ โดยที่ $x = a^{\frac{y}{n}} \in R^+$ โดยที่ $a > 0$

พิจารณา $gof(x) = log_a \left(a^{\frac{y}{n}}\right)^n$
$= n\frac{y}{n} log_a a$
$= y$

ดังนั้น $gof(x) = y$

นั่นคือ gof เป็นฟังก์ชันทั่วถึง

จาก (1) และ (2) สรุปได้ว่าฟังก์ชันประกอบของ g, f เป็นสมสัณฐาน และสาทิสสัณฐาน

ตัวอย่างที่ 2 กำหนด $f: (R - \{0\}, \bullet) \to (R - \{0\}, \bullet)$ โดยที่ $f(x) = x^n$

และ $h: (R - \{0\}, \bullet) \to (R - \{0\}, \bullet)$ โดยที่ $h(x) = x^{(\frac{1}{n})}$

(1) hof เป็นสาทิสสัณฐาน

$D_f = (R - \{0\}, \bullet)$ และ $R_f = (R - \{0\}, \bullet)$

$hof = (R - \{0\}, \bullet) \to (R - \{0\}, \bullet)$ เป็นสาทิสสัณฐาน

พิสูจน์ จะแสดงว่า hof เป็นสาทิสสัณฐาน

ให้ $x, y \in R - \{0\}$

จะได้ว่า $hof(x \bullet y) = h(f(x \bullet y))$
$= h(f(x) \bullet f(y))$
$= h\big(f(x)\big) \bullet h(f(y))$

นั่นคือ hof เป็นสาทิสสัณฐาน

(2) hof เป็นสมสัณฐาน

$D_f = (R - \{0\}, \bullet)$ และ $R_f = (R - \{0\}, \bullet)$

$hof: (R - \{0\}, \bullet) \to (R - \{0\}, \bullet)$ เป็นสมสัณฐาน

พิสูจน์ จะแสดงว่า hof เป็นสมสัณฐาน

1. จะแสดงว่า hof เป็นฟังก์ชัน 1-1

ให้ทุกๆ $x, y \in R - \{0\}$ โดยที่ $hof(x) = hof(y)$

$$(x^n)^{\frac{1}{n}} = (y^n)^{\frac{1}{n}}$$
$$x = y$$

นั่นคือ hof เป็นฟังก์ชัน 1-1

2. จะแสดงว่า hof เป็นฟังก์ชันทั่วถึง

ให้ทุกๆ $y \in R - \{0\}$ โดยที่ $x = y^n \in R - \{0\}$

พิจารณา $hof(x) = (y^n)^{\frac{1}{n}}$

$= y$

ดังนั้น $hof(x) = y$

นั่นคือ hof เป็นฟังก์ชันทั่วถึง

จาก (1) และ (2) สรุปได้ว่าฟังก์ชันประกอบของ h, f เป็นสมสัณฐาน และสาทิสสัณฐาน

ตัวอย่างที่ 3 กำหนด $g: (R^+,\bullet) \to (R,+)$ โดยที่ $g(x) = \log_a x\,, a > 0$

และ $h: (R - \{0\},\bullet) \to (R - \{0\},\bullet)$ โดยที่ $h(x) = x^{(\frac{1}{n})}$

goh เป็นสาทิสสัณฐาน

$D_g = (R^+,\bullet)$ และ $R_g = (R - \{0\},\bullet)$

$goh = (R^+,\bullet) \to (R - \{0\},\bullet)$ เป็นสาทิสสัณฐาน

พิสูจน์ จะแสดงว่า goh เป็นสาทิสสัณฐาน

ให้ $x, y \in R^+$

จะได้ว่า $goh(x \bullet y) = g(h(x \bullet y))$

$= g(h(x) \bullet h(y))$

$= g(h(x)) \bullet g(h(y))$

นั่นคือ goh เป็นสาทิสสัณฐาน

(2) goh เป็นสมสัณฐาน

$D_g = (R^+,\bullet)$ และ $R_g = (R - \{0\},\bullet)$

$goh : (R^+,\bullet) \to (R - \{0\},\bullet)$ เป็นสมสัณฐาน

พิสูจน์ จะแสดงว่า goh เป็นสมสัณฐาน

1. จะแสดงว่า goh เป็นฟังก์ชัน

ให้ทุกๆ $x, y \in R^+$ โดยที่ $goh(x) = goh(y)$

$\log_a x^{\frac{1}{n}} = \log_a y^{\frac{1}{n}}$

$\frac{1}{n}\log_a x = \frac{1}{n}\log_a y$

$x = y$

2. จะแสดงว่า goh เป็นฟังก์ชันทั่วถึง

ให้ทุกๆ$y \in R - \{0\}$ โดยที่$x = a^{\frac{y}{n}} \in R$

พิจารณา$goh(x) = \log_a(a^{\frac{y}{n}})^n$

$= n\ \log_a(a^{\frac{y}{n}})$

$= n.\frac{y}{n}\log_a a$

$= y\log_a a$

$= y$

ดังนั้น $goh(x) = y$

นั่นคือ gof เป็นฟังก์ชันทั่วถึง

จาก (1) และ (2) สรุปได้ว่าฟังก์ชันประกอบของ g, h เป็นสมสัณฐาน และสาทิสสัณฐาน

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาความเป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐานของฟังก์ชันลอการิทึม ฟังก์ชันเอกนามดีกรี n และฟังก์ชันประกอบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ทวีชัย นิลสาลิกาและคณะที่ได้ศึกษาความเป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐานของฟังก์ชันลอการิทึม ฟังก์ชันเอกนามดีกรีไม่เกิน 3และฟังก์ชันประกอบของสาทิสสัณฐาน
พบว่าฟังก์ชันเอกนามดีกรี n เป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน และฟังก์ชันประกอบเป็นสมสัณฐาน

สรุปผลการวิจัย

ฟังก์ชัน $g: (R+,\bullet) \rightarrow (R, +)$ โดยที่ $g(x) = \log_a x$ สำหรับ $x, a \in R^+$ และ g เป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน

ฟังก์ชัน $h: (\mathrm{R} - \{0\},\bullet) \rightarrow (R - \{0\},\bullet)$ โดยที่ $h(x) = x$ สาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน

ฟังก์ชัน $f: (R - \{0\},\bullet) \rightarrow (R - \{0\},\bullet)$ โดยที่ $f(x) = x^n$ สาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน

ฟังก์ชันประกอบเป็นสาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ณัฐกชนันท์ คำบันลือ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้ให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมาโดยตลอด จนโครงงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

วิสิฐ ธัญญะวัน. (2549). **วท.ม.(การสอนคณิตศาสตร์).** กำแพงเพชร : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

วัชรี กาญจน์กีรติ. (2551). สาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชัย บุญเจือ. (2521). **พีชคณิตแอบแทรกเบื้องต้น** (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ:

ธีระพล เจริญศิลป์. (2552). **ทวิภาค**. นครสวรรค์ :มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

วิจักษ์ สมพงษ์. (2557). **ฟังก์ชันเอกโพนีเชียล.** นครสวรรค์ :มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ทวีชัย นิลสาลิกา และคณะ. (2558). **สาทิสสัณฐานและสมสัณฐาน กรณีศึกษาฟังก์ชันลอการลอทึม ฟังก์ชันเอกนามดีกรีไม่เกิน 3 ฟังก์ชันประกอบของสาทิสสัณฐาน.** นครสวรรค์ :มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ในอาคารโรงเรียนประถมศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

INDOOR FINE PARTICULATE MATTER (PM_{10}) OF PRIMARY SCHOOLS, MUANG PHITSANULOK

สุพัตรา เอี่ยมนาค ศศิภรณ์ ถาวรศักดิ์*และ ธันวดี ศรีธาวิรัตน์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author; e-mail : Sasiporn.t@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ในบรรยากาศที่อยู่ภายในห้องเรียนและภายนอกห้องเรียนของโรงเรียนประถมศึกษา ในจังหวัดพิษณุโลก โดยทำการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศปริมาตรต่ำ เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน ผลการศึกษาพบว่าโรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม (วิไลราษฎร์อุปถัมภ์) ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองภายในห้องเรียน มีค่าเท่ากับ 168.22 ± 80.57 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และภายนอกห้องเรียน มีค่าเท่ากับ 160.03 ± 53.11 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนโรงเรียนวัดยาง (มีมานะวิทยา) ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองภายในห้องเรียน มีค่าเท่ากับ 130.77 ± 63.36 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และภายนอกห้องเรียน มีค่าเท่ากับ 125.46± 40.71 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทย ที่กำหนดค่าที่ยอมรับได้ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่นละอองพบว่า เหล็ก มีค่ามากที่สุด อยู่ในช่วง 16.80 – 39.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือ สังกะสี (2.59 – 6.53 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และทองแดง (0.1– 1.28 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ส่วนแคดเมียมและตะกั่วไม่สามารถตรวจพบได้

คำสำคัญ : โรงเรียน, อาคาร, ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน, โลหะหนัก

Abstract

This research aimed to study indoor and outdoor particles smaller than 10 microns (PM_{10}) concentrations in classrooms of two primary schools of Phitsanulok. The indoor and outdoor PM_{10} were collected by a mini volume air sampler (Air metrics) for 8 hours/day. Results showed that the indoor and outdoor PM_{10} concentrations at site 1 were 168.22 ± 80.57 μg/m^3 and 160.03 ± 53.11 μg/m^3, respectively. For site 2, the indoor and outdoor PM_{10} concentrations were 130.77 ± 63.36 μg/m^3 and 125.46± 40.71 μg/m^3, respectively. The concentrations of indoor and outdoor PM_{10} of all sites were above the standard of indoor air quality of Thailand (50 μg/m^3 for 8 hours). For heavy metal analysis, Fe was found to be highest level, in range of 16.80 – 39.12 μg/m^3followed by Zn (2.59 – 6.53 μg/m^3) and Cu (0.1– 1.28 μg/m^3), respectively. However, Cd and Pb were not detectable.

Keywords : School, Building, PM_{10}, Heavy metal

บทนำ

อากาศนั้นอยู่รอบตัวเราและเป็นสิ่งที่จำเป็นมากสำหรับมนุษย์ เพราะในการดำเนินชีวิตประจำวันหรือทำกิจกรรมต่างๆ นั้น ต้องการอากาศในการหายใจเข้าไปในร่างกายเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ของร่างกาย และอากาศเหล่านั้นที่มนุษย์ใช้ในการหายใจจะต้องเป็นอากาศที่บริสุทธิ์ปราศจากการปนเปื้อนของฝุ่นละอองและโลหะหนักต่างๆ จึงจะไม่มีผลกระทบต่อร่างกายของมนุษย์ ฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญของกรุงเทพมหานคร และเมืองใหญ่ๆ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยสารมลพิษทางอากาศที่พบความเข้มข้นเกิน

มาตรฐาน ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจเป็นอันตรายมากที่สุดสำหรับผู้ที่เป็นโรคทางเดินหายใจและหลอดเลือดสูง ผู้สูงอายุ และเด็ก โดยทำให้อาการของโรคประจำตัวรุนแรงขึ้นอย่างเฉียบพลัน สำหรับบุคคลทั่วไปอาจทำให้เกิดอาการของโรคปอด หรือโรคหัวใจเมื่อได้รับในปริมาณที่มาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) เนื่องจากมนุษย์ใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ในอาคารและบ้านเรือนต่างๆ มากถึงร้อยละ 90 ดังนั้นคุณภาพอากาศภายในอาคารจึงสำคัญมากสำหรับมนุษย์ โดยเฉพาะเด็ก เพราะจะอ่อนไหวต่อคุณภาพอากาศมาก เด็กมีความแตกต่างและความเสี่ยงมากกว่าผู้ใหญ่แม้ว่าจะอยู่ในสถานที่เดียวกัน เพราะเด็กยังอยู่ในช่วงที่พัฒนาร่างกาย จึงมีอัตราการหายใจมากกว่าผู้ใหญ่ ซึ่งการหายใจเอามลพิษทางอากาศเข้าไปในร่างกายนี้อาจมีผลกระทบโดยรบกวนการทำงานและพัฒนาร่างกายของเด็กนักเรียนได้

ปัจจุบันจังหวัดพิษณุโลกเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการพัฒนาความเจริญทุกด้านอย่างรวดเร็ว มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจรวมถึงแหล่งท่องเที่ยว จึงทำให้มีนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ นิยมเข้ามาท่องเที่ยวในจังหวัดพิษณุโลกเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการจราจรที่หนาแน่น ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงเรียนประถมศึกษาในเขตพื้นที่ที่ติดกับถนนสายหลักได้ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ในบรรยากาศที่อยู่ภายในห้องเรียนและภายนอกห้องเรียน ซึ่งเป็นการติดตามสถานการณ์มลพิษทางอากาศภายในอาคารของโรงเรียนประถมศึกษา และเป็นประโยชน์ในการหามาตรการการป้องกันและแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพอากาศภายในอาคารต่อไป

วิธีการดำเนินวิจัย

พื้นที่การศึกษา

1. โรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม (วิไลราษฎร์อุปถัมภ์) (site 1) เปิดสอนตั้งแต่อนุบาล–ประถมศึกษา พื้นที่โดยรอบของโรงเรียนติดกับถนนสายหลัก 8 ช่องการจราจรและใกล้กับ 5 แยกโคกมะตูมซึ่งมีการจราจรคับคั่งตลอดทั้งวัน ตั้งอยู่ที่ถนนศรีธรรมไตรปิฎก ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลกดังแสดงในรูปที่ 1

2.โรงเรียนวัดยาง (มีมานะวิทยา) (site 2) เปิดสอนตั้งแต่ เตรียมอนุบาล–มัธยมศึกษาตอนต้น พื้นที่โดยรอบของโรงเรียนอยู่ใกล้กับถนนสายหลัก 8 ช่องการจราจร ตั้งอยู่ที่ตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลกดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 โรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม (วิไลราษฎร์อุปถัมภ์)



รูปที่ 2 โรงเรียนวัดยาง (มีมานะวิทยา)

การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเพื่อไปทำการวิเคราะห์นั้น ดำเนินการเก็บตัวอย่าง โดยเก็บภายในห้องเรียนและภายนอกห้องเรียน เป็นเวลา 2 เดือน คือ เดือนสิงหาคม – เดือนกันยายน 2560 ก่อนเก็บตัวอย่างต้องนำกระดาษกรองใยแก้วขนาด 47 มิลลิเมตร ไปอบความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง (Mettler Toledo รุ่น AG) ก่อนจะนำไปวัดค่าฝุ่น โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศปริมาตรต่ำ (Tactical Air Sampler (TAS) S/N : 6890) เป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่ 08.00 – 16.00 น. นำกระดาษกรองออกจากเครื่อง พับกระดาษครึ่งหนึ่งตามแนวยาวให้ด้านที่มีฝุ่นพับเข้าหากัน ใส่กระดาษกรองในถุงซิปแล้วนำไปใส่โถดูดความชื้น เพื่อนำกลับไปวิเคราะห์ตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการทางสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยสูตรที่ใช้ในการคำนวณทำการวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า10 ไมครอน ดังนี้

$$PM_{10}(\mu g/m^3) = \frac{[w_2(g) - w_1(g)] \times 10^6}{V_s}$$

โดยที่

PM_{10}	=	ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
W_1	=	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง(กรัม)
W_2	=	น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (กรัม)
V_s	=	ปริมาตรของอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (หน่วยลูกบาศก์เมตร) ณ อุณหภูมิ 298 องศาเคลวิน ความดัน 1013.25 มิลลิบาร์
10^6	=	เปลี่ยนหน่วยกรัมเป็นไมโครกรัม

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในฝุ่น PM_{10}

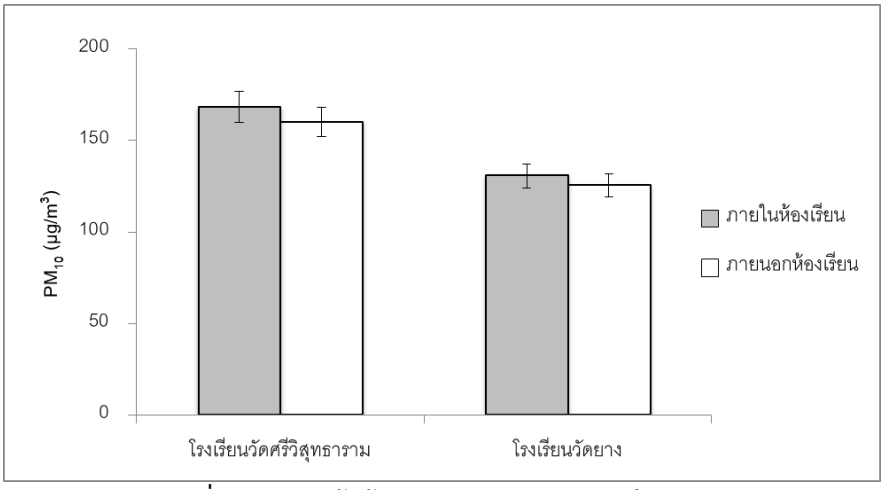
การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในฝุ่น PM_{10} ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectroscopy (AAS) โดยนำกระดาษกรองที่ได้จากการตรวจวัดแล้วเก็บในโถดูดความชื้น 24 ชั่วโมง แล้วนำมาตัด 1 ใน 4 ของกระดาษแล้ว วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักโดวิธีการย่อยด้วยกรด ไนตริก 5 มิลลิลิตรในน้ำ 50 มิลลิลิตร ย่อยด้วยความร้อนให้เหลือ 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปใส่ขวดโพลีเอททีลีน แล้วนำไปฉีดวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง AAS

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในห้องเรียนและภายนอกห้องเรียนทั้งสองโรงเรียน ใช้ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมงต่อวัน ได้ผลการทดลองดังนี้ โรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม ภายในห้องเรียนมีค่า 168.22 ± 80.57 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และภายนอกห้องเรียนมีค่า 160.03 ± 53.11 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในและนอกอาคาร (I/O ratio) มีค่าเท่ากับ 1.13 ส่วนโรงเรียนวัดยาง ภายในห้องเรียนมีค่า 130.77± 36.63 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และภายนอกห้องเรียนมีค่า 125.46± 40.71 ไมโครกรัมต่อ

ลูกบาศก์เมตร และมีค่า I/O ratio เท่ากับ 1.14 (ดังรูปที่ 3) พบว่าฝุ่นละอองภายในห้องเรียนสูงกว่าภายนอกห้องเรียน ทั้งสองโรงเรียนมีฝุ่นเกินค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในอาคาร ตามร่างประกาศกรมอนามัย เรื่องมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทย ที่กำหนดค่าที่ยอมรับได้ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

โดยจะเห็นว่าค่าฝุ่นภายในห้องจะมีค่ามากกว่าภายนอกห้องเรียนทั้งสองโรงเรียนเนื่องจากในห้องเรียนใช้ชอล์กในการเขียนกระดานทำให้เกิดฝุ่น การระบายและการถ่ายเทของอากาศในห้องเรียนไม่ดีนัก เพราะมีอาคารที่ติดกันทั้งสองโรงเรียน ทำให้ไม่ค่อยมีลมผ่าน และการรักษาความสะอาดที่ไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดการสะสมของฝุ่นละออง รวมทั้งสภาพที่ตั้งที่สัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม และแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองจากกิจกรรมต่างๆ และติดมากับเสื้อผ้าและรองเท้าของผู้ใช้อาคาร ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอนของโรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม มีค่ามากกว่าโรงเรียนวัดยาง เนื่องจากโรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม นั้นอยู่ติดกับถนนสายหลักใกล้ห้าแยกไฟแดง ทำให้อาจมีฝุ่นจากการจราจรของรถในถนนที่มีการจราจรอย่างหนาแน่นตลอดวัน (ดังตารางที่ 1)



รูปที่ 3 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{10} ของโรงเรียน

ตารางที่ 1 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ($\mu g/m^3$)

ตัวอย่าง	โรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม			โรงเรียนวัดยาง		
	ภายในห้องเรียน	ภายนอกห้องเรียน	I/O ratio	ภายในห้องเรียน	ภายนอกห้องเรียน	I/O ratio
1	130.27	77.34	1.68	36.63	40.71	0.90
2	142.48	138.41	1.03	40.71	93.63	0.43
3	89.56	138.41	0.65	113.98	183.19	0.62
4	73.27	162.84	0.45	109.91	148.18	0.74
5	48.85	187.26	0.26	61.06	73.27	0.83
6	113.98	128.64	0.89	158.77	61.06	2.60
7	251.57	109.55	2.30	215.76	85.49	2.52
8	227.23	186.65	1.22	187.26	150.62	1.24
9	288.09	150.13	1.92	170.42	198.82	0.86
10	170.42	162.30	1.05	121.73	178.53	0.68
11	215.05	186.65	1.15	206.94	142.02	1.46
12	267.80	292.15	0.92	146.07	190.71	0.77
ค่าเฉลี่ย	168.22	160.03	1.13	130.77	125.46	1.14
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	80.57	53.11	0.59	61.37	55.38	0.71
ค่าสูงสุด	288.09	292.15	2.3	215.76	198.82	2.6
ค่าต่ำสุด	48.85	77.34	0.26	36.63	40.71	0.43

การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) กับการศึกษาในพื้นที่อื่นๆ

จากการศึกษาคุณภาพอากาศ PM_{10}ในอาคารในโรงเรียนประถมศึกษา ในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก พบว่าค่าเฉลี่ย PM_{10} โรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม ภายในห้องเรียนมีค่า 168.22 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และภายนอกห้องเรียนมีค่า 160.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีค่า I/O ratio เท่ากับ 1.14 และ โรงเรียนวัดยาง PM_{10} ภายในห้องเรียนมีค่า 130.77 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และภายนอกห้องเรียนมีค่า 125.46 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีค่า I/O ratio เท่ากับ 1.14 จึงส่งผลให้เกิดฝุ่นละอองภายในห้องเรียนสูงกว่าภายนอกห้องเรียน ทั้งสองโรงเรียนนั้นมีค่าเกินค่ามาตรฐาน ตามร่างประกาศกรมอนามัย เรื่องมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทยที่กำหนดค่าที่ยอมรับได้ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การศึกษาในพื้นที่อื่นพบว่างานวิจัยของยศกิต เรืองทวีป (2552) ที่ศึกษาปริมาณปริมาณ PM_{10} ภายในห้องเรียนของโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวง ซึ่งอยู่ใกล้กับอุตสาหกรรมโรงโม่หินและโรงเรียนสนามพุทธาวาส ซึ่งอยู่ไกลออกไปจากโรงโม่หิน อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี พบว่าโรงเรียนที่อยู่ใกล้กับอุตสาหกรรมโรงโม่หิน มีปริมาณ PM_{10} ภายในห้องเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 302 ± 250 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าสูงกว่าการศึกษาครั้งนี้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะการทำงานของโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษาคือ โรงโม่หินมีลักษณะการทำงานที่ต่อเนื่องทุกวัน ทำให้เกิดปริมาณฝุ่นสะสมในอากาศได้จำนวนมาก เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ปิยนุช ชัยพฤติตานนท์ (2556) ศึกษาปริมาณ PM_{10} ภายในอาคารเรียนของวิทยาลัยการอาชีพพนมทวน พบว่าปริมาณ PM_{10} เท่ากับ 91 ± 48 - 1,084 ± 1002 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าการศึกษาครั้งนี้ อาจเนื่องมาจากสภาพห้องเรียนภายในอาคารเรียนของทางวิทยาลัยมีระบบระบายอากาศภายในไม่ดีพอและมีแหล่งกำเนิดฝุ่นจากเครื่องจักร และกิจกรรม เช่น การเจาะโลหะ การไสไม้ ในห้องปฏิบัติการอุตสาหกรรม และการศึกษาอัตราส่วนระหว่างคุณภาพอากาศภายในและนอกอาคาร (I/O ratio) ถูกนำมาใช้แพร่หลายเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในและนอกอาคาร (Chen & Zhao 2011;Pellizzari, et al.,2001) โดยในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าทั้ง 2 โรงเรียน มีค่าเฉลี่ยของ I/O ratio อยู่ในช่วง 1.13 – 1.14 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแหล่งกำเนิดของฝุ่น PM_{10} มาจากภายในห้องเรียน เช่น ฝุ่นชอล์กในการเขียนกระดานดำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pellizzari, et al. (2001) ที่ตรวจวัดฝุ่นละอองในบ้านเรือนในเมือง Indianapolis ประเทศสหรัฐอเมริกา พบค่า I/O ratio ของ PM_{10} เท่ากับ 2.3 โดยแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองในบ้านเรือนมาจากการเผาไหม้เช่น การใช้เตาผิงก็ส่งผลให้ค่า I/O ratio สูง เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Colbeck et al. (2010) ที่ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในและนอกอาคารในบ้านเรือนของประเทศปากีสถาน พบว่า ค่า I/O ratio ของ PM_{10} เท่ากับ 1.71-1.74 ซึ่งเป็นค่าที่สูงเนื่องจากมีการใช้ถ่านไม้ในการทำอาหารในครัวเรือน จึงส่งผลให้เกิดฝุ่นละอองภายในบ้านสูง

ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอน (PM_{10})

ผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในอาคารเรียนของโรงเรียนประถมศึกษาทั้งสองแห่ง ได้แก่ โรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม และโรงเรียนวัดยาง โดยศึกษาวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่นละออง PM_{10} ได้แก่ ทองแดง (Cu) แคดมียม (Cd) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) และ ตะกั่ว (Pb) โดยพบปริมาณโลหะหนักดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของฝุ่นละออง PM_{10} ($\mu g/m^3$)

Heavy metal	โรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม		โรงเรียนวัดยาง	
	ภายในห้องเรียน	ภายนอกห้องเรียน	ภายในห้องเรียน	ภายนอกห้องเรียน
Fe	25.14	24.30	26.76	26.50
Zn	4.05	3.75	4.06	4.43
Cu	0.11	0.14	0.10	0.11
Pb	ND	ND	ND	ND
Cd	ND	ND	ND	ND

*หมายเหตุ ND คือ Non detectable ไม่สามารถตรวจพบได้

จากผลการศึกษาพบว่าโลหะหนักใน PM_{10} ภายในห้องเรียนและภายนอกห้องเรียนแตกต่างกัน ซึ่งสาเหตุมาจากการจราจร คมนาคมขนส่งตลอดทั้งวัน รวมถึงโครงสร้างอาคาร ลักษณะของอาคารและเฟอร์นิเจอร์ในอาคารเรียน ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองและโลหะหนักต่างๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดการสะสมของมลพิษและแพร่กระจายต่อผู้ใช้อา คารส่ง

ผลกระทบต่อสุขภาพของนักเรียน ครู และพนักงานผู้ที่ทำงานในอาคารเรียนนั้นได้ สังกะสีที่ปนเปื้อนในอากาศภายในอาคารอาจเกิดจากวัสดุ อุปกรณ์หลังคา เฟอร์นิเจอร์ที่ผุกร่อน ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสังกะสีในบรรยากาศได้ (Latif et al, 2011) การปนเปื้อนของเหล็กอาจมาจากโครงสร้างอาคาร สีทาอาคารที่หลุดออกมา อีกประการหนึ่งอาจมาจากอนุภาคของฝุ่นละอองที่มาจากดิน หิน ทรายที่มีส่วนประกอบของแร่เหล็กที่มีการปนเปื้อนในธรรมชาติ (Latif et al, 2011) ส่วนสาเหตุที่พบแคดเมี่ยมเนื่องจากสภาพแวดล้อม โครงสร้างอาคาร เฟอร์นิเจอร์และสีที่หลุดร่อนออกมา ทำให้เกิดการปนเปื้อนของแคดเมียมในฝุ่นละอองได้ (Latif et al, 2011)

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณภาพอากาศ PM_{10}ในอาคารในโรงเรียนประถมศึกษา ในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก พบว่าค่าเฉลี่ย PM_{10}โรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม ภายในห้องเรียนมีค่า 168.22 ± 80.57 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และภายนอกห้องเรียนมีค่า 160.03 ± 53.11 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่า I/O ratio เท่ากับ 1.13 และโรงเรียนวัดยาง PM_{10} ภายในห้องเรียนมีค่า 130.77 ± 63.36ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และภายนอกห้องเรียนมีค่า 125.46 ± 40.71 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่า I/O ratio เท่ากับ 1.14 PM_{10}ทั้งสองโรงเรียนนั้นมีค่าเกินค่ามาตรฐาน ตามร่างประกาศกรมอนามัย เรื่องมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทย ที่กำหนดค่าที่ยอมรับได้ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักภายในห้องเรียนและภายนอกห้องเรียนทั้งสองโรงเรียนตรวจพบมากที่สุดคือ เหล็ก อยู่ในช่วง 16.80 – 39.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรรองลงมาคือ สังกะสี มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 2.59 – 6.53 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และทองแดง มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0 – 1.28 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แคดเมียมและตะกั่ว ไม่สามารถตรวจพบได้

ดังนั้นโรงเรียนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรหามาตรการแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร รวมทั้งป้องกันการสะสมของฝุ่นละอองและการรักษาความสะอาด ควรมีการตรวจสุขภาพของนักเรียน ครู พนักงานที่ต้องอยู่ในอาคารเป็นระยะเวลานานเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงเรียนวัดศรีวิสุทธาราม (วิไลราษฎร์อุปถัมภ์) และ โรงเรียนวัดยาง (มีมานะ) เป็นอย่างสูง ที่ได้อำนวยความสะดวกในเก็บตัวอย่างวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Chen, C., & Zhao, B. (2011). Review of relationship between indoor and outdoor particles: I/O ratio, infiltration factor and penetration factor. **Atmospheric Environment,** 45(2), 275-288.

Colbeck, I., Nasir, Z. A., & Ali, Z. (2010).Characteristics of indoor/outdoor particulate pollution in urban and rural residential environment of Pakistan. **Indoor Air,** 20(1), 40-51.

Latif, M.T., Baharudina, N.H., Nora Z. M., & Mokhtar M.B. (2011). Lead in PM_{10} and Indoor Dust around School and Preschool in Seiangor. **The Journal of Indoor and Built Environment,** 20:346-353.

Pellizzari, E. D., Clayton, C. A., Rodes, C. E., Mason, R. E., Piper, L. L., Fort, B., et al. (2001). Particulate matter and manganese exposures in Indianapolis, Indiana. **Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology,** 11(6), 423-440.

กรมควบคุมมลพิษ. (2555). **มาตรฐานคุณภาพอากาศ.**กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร.

กรมอนามัย. (2558). **ร่างเอกสารท้ายประกาศ ประกาศกรมอนามัย เรื่อง มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทย.** สำนักพิมพ์กรมอนามัย, กรุงเทพมหานคร.

ปิยนุช ชัยพฤติตานนท์. (2556). **การประเมินการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองของบุคลากรและนักศึกษาใน วิทยาลัยการอาชีพพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ยศกิต เรืองทวีป. (2552). **การศึกษาปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากโรงโม่หินที่มีต่อสุขภาพของ นักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนในตำบลทุ่งหลวง อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ฤทธิ์ของปูนแดงต่อการฟักและการตายของลูกน้ำยุงลายบ้าน (AEDES AEGYPTI)
EFFECT OF RED LIME ON HATCHING AND MORTALITY OF AEDES AEGYPTI LARVAE

สุจิณณา ปัญญาวิชา และ อรวรรณ วนะชีวิน*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เชียงราย
*Corresponding author e-mail : orawan.wan@crru.ac.th

บทคัดย่อ

การควบคุมการแพร่พันธุ์ของยุงลายมีความสำคัญต่อการควบคุมการระบาดของโรคไข้เลือดออก ทรายอะเบทถูกใช้อย่างแพร่หลายในการกำจัดลูกน้ำยุงแต่การใช้งานผิดวิธีเป็นการเพิ่มโอกาสการต้านสารเคมีของลูกน้ำยุงลาย จากภูมิปัญญาชาวบ้านพบว่าการใส่ปูนแดงในโอ่งน้ำมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเพาะพันธุ์ของยุงลายได้ดี ในการศึกษานี้จึงสนใจศึกษาผลของปูนแดงต่อการฟักของไข่ยุงลายและการตายของลูกน้ำยุงระยะต่างๆ โดยทำการศึกษาผลของปูนแดงความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.8 กรัม/ลิตร ผลการศึกษาพบว่าปูนแดงที่ความเข้มข้น 0.05 - 0.4 กรัม/ลิตร ส่งผลลดร้อยละการฟักของไข่ยุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและยืดระยะเวลาในการเริ่มฟัก ในขณะที่ในชุดปูนแดงความเข้มข้น 0.8 กรัม/ลิตร ไม่พบการฟักของไข่ยุงตลอดเวลาการศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าปูนแดงมีฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงระยะที่ 1 ได้ดี แต่มีประสิทธิภาพน้อยมากในการฆ่าลูกน้ำยุงระยะอื่นๆ ในขณะที่ไม่พบการตายของระยะตัวโม่งจากทุกชุดการทดสอบรวมถึงชุดควบคุมทรายอะเบท

คำสำคัญ: ปูนแดง ลูกน้ำยุงลาย การฟักของไข่ยุง การตายของลูกน้ำยุง

Abstract

Controlling of mosquito breeding is important for regulation of Dengue fever outbreak. Using of Abate is widespread for killing of mosquito larvae, though unsuitable used would increase chemical resistance. According to folk wisdom, putting of red lime into water tank resulted in effective controlled of mosquito breeding. Thereby, the study aimed to examine effects of red lime on mosquito hatching and larvicidal activity. Effect of red lime powder at 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 and 0.8 g/L are tested. Data indicated that red lime during 0.05-0.4 g/L dramatically and significantly decreased mosquito hatching and extended start date of hatching. Interestingly, red lime at 0.8 g/L totally inhibited hatching as same as Abate. For larvicidal activity, red lime was effective to first star larvae, though it exhibited poor effect to second and third stage larvae. On the other hand, all tested group included Abate did not affect to pupae.

Keywords: red lime, mosquito larvae, mosquito hatching, larvicidal activity

บทนำ

โรคไข้เลือดออก เป็นโรคหนึ่งที่ยังเป็นปัญหาอย่างต่อเนื่องในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในประเทศไทย ประเทศอินโดนีเซีย และประเทศพม่า โดยในประเทศไทยยังพบรายงานการติดเชื้อของผู้ป่วยเพิ่มสูงขึ้นเป็นระยะทุกๆ 3-5 ปี จากข้อมูลสถานการณ์โรคไข้เลือดออกปี 2560 พบผู้ป่วยจำนวน 53,190 คน มีผู้เสียชีวิตจำนวน 63 คน คิดเป็น อัตราป่วยตาย ร้อยละ 0.12 (สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง, 2561) โรคดังกล่าวมีสาเหตุมาจากการติดเชื้อไวรัสเดงกี (Dengue virus)

ซึ่งมียุงลายเป็นพาหะนำโรค ประเทศไทยในประเทศไทยมียุงลายมากกว่า 100 ชนิด แต่ที่เป็นพาหะนำโรคไข้เลือดออกมีอยู่ 2 ชนิด คือ ยุงลายบ้าน *(Aedes aegypti)* ซึ่งเป็นพาหะหลัก และยุงลายสวน *(A. albopictus)* ยุงลายพบได้มากในเขตชุมชน โดยเฉพาะในบริเวณที่มีประชากรหนาแน่นและการคมนาคมสะดวก เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีแหล่งน้ำให้ยุงแพร่พันธุ์เป็นจำนวนมาก โดยตัวเมียจะวางไข่ในแหล่งกักน้ำ เช่น กะลา กระป๋อง ยางรถยนต์เก่า ถังเก็บน้ำ ถาดรองแอร์ แก้วรองขาโต๊ะแจกัน เป็นต้น (วริศรา แผ้วเกษม, 2559) การระบาดของโรคไข้เลือดออก มียุงลายเป็นพาหะที่สำคัญ โดยยุงตัวเมียจะกัดและดูดเลือดของผู้ป่วยซึ่งมีเชื้อไวรัสเดงกี เชื้อจะเข้าไปฟักตัวเพิ่มจำนวนในยุงหลังจากนั้นยุงจะมีเชื้อไวรัสอยู่ในตัวตลอดอายุของมัน (ประมาณ 1-2 เดือน) และสามารถถ่ายทอดเชื้อให้คนที่ถูกมันกัดได้ ยุงลายเป็นยุงที่อาศัยอยู่ภายในบ้านและบริเวณบ้าน มักออกหากินเวลากลางวัน โดยทั่วไปโรคนี้จะพบมากในฤดูฝน และจะพบเด็กติดเชื้อได้มากกว่าเนื่องจากเด็กมักอยู่ในบ้านมากกว่าฤดูอื่นๆ และยุงลายมีการแพร่พันธุ์มากในฤดูฝน แต่ในเมืองใหญ่ๆ เช่น กรุงเทพฯ อาจพบโรคนี้ได้ตลอดปี (นารถลดา ขันธิกุล และคณะ, 2555) การควบคุมการแพร่พันธุ์ของยุงลายเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมการระบาดของโรคไข้เลือดออกโดยการควบคุมการแพร่พันธุ์ของยุงลายสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การควบคุมโดยวิธีทางกายภาพ ชีวภาพ และการใช้สารเคมีต่าง ๆ โดยวิธีการกำจัดลูกน้ำยุงที่นิยมใช้ทั่วไป คือการใช้ทรายทรายอะเบท (สารทีมีฟอส) ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่าย หรือได้รับแจกจากหน่วยงานทางสาธารณสุข อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีโดยการขาดความเข้าใจที่ถูกต้องในการใช้งานนั้นก่อให้เกิดผลเสียตามมา อาจก่อความเป็นพิษในระยะยาวและการตกค้างในแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังเริ่มมีการรายงานการดื้อต่อสารเคมีเช่น ทีมีฟอส ไพรีทรอยด์ ของทั้งลูกน้ำยุงลายและยุงลายตัวเต็มวัยในบางพื้นที่ของประเทศไทยและประเทศใกล้เคียง (Jirakanjanakit N. et al, 2007, Koou S.Y. et al., 2014, Poupardin, R. et al., 2014, อุรุญากร และคณะ, 2558) ดังนั้นการใช้วิธีการกำจัดลูกยุงและยุงลายโดยทางเลือกอื่นๆควรถูกนำมาใช้งานควบคู่ไปด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุม

ปูนแดงเป็นวัตถุดิบที่ได้มาจากธรรมชาติ มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย จากภูมิปัญญาชาวบ้านพบว่าการปั้นปูนแดงเป็นก้อนกลมและหย่อนลงน้ำ สามารถควบคุมความชุกของยุงลายได้ดีทั้งยังไม่มีกลิ่นเหม็นและไม่ก่อให้เกิดตุ่มคันจากการแพ้เหมือนกับการใช้ทรายอะเบท (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2555) จากรายงานการศึกษาก่อนหน้ายังพบว่าการใช้ปูนแดงในโอ่งน้ำยังสามารถลดค่าความชุกของยุงต่อครัวเรือน (House index, HI) และ ความชุกของยุงต่อภาชนะ (Container index, CI) ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ประไพศรี หอมเนียม และคณะ, 2555) อย่างไรก็ตามยังไม่พบรายงานการศึกษาที่แสดงให้เห็นฤทธิ์ของปูนแดงต่อการมีชีวิตของยุงลายบ้านแต่ละระยะอย่างชัดเจน ด้วยเหตุนี้ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีความสนใจในการศึกษาฤทธิ์ของปูนแดงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการฟักตัวของไข่ยุง และการตายของลูกน้ำยุงระยะต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการปูนแดงในการควบคุมการแพร่พันธุ์ของยุงลายได้อย่างเหมาะสม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมลูกน้ำยุงระยะต่าง ๆ

1.1 นำไข่ยุงลาย (*Aedes aegypti*) ที่สั่งซื้อจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข มาลงฟักในกะละมังที่เติมน้ำสะอาดที่พักไว้แล้ว 2 - 3 คืน ประมาณครึ่งหนึ่งของกะละมัง โดยวางแผ่นกระดาษที่มีไข่ยุงลงไปบนผิวน้ำและให้หงายด้านที่มีไข่ยุงขึ้นด้านบน นำภาชนะเพาะเลี้ยงไปเก็บในที่ร่ม เป็นเวลา 1 - 2 วัน ลูกน้ำก็จะเริ่มฟักออกจากไข่

1.2 หลังจากไข่ฟักออกเป็นลูกน้ำยุงแล้ว ใช้อาหารสุนัขบดให้ละเอียดประมาณ 1 ช้อนชา โรยไปในน้ำ ให้อาหารวันละ 1 ครั้ง ภายในระยะเวลา 1 สัปดาห์ ลูกน้ำจะเจริญเติบโต เป็นลูกน้ำระยะที่ 1, 2, 3, และตัวโม่ง ตามลำดับ

2. การเตรียมปูนแดง

นำปูนแดงเปียกมาปั้นเป็นแท่งทรงกระบอกเล็ก ๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร นำไปตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำแท่งปูนไปบดให้ละเอียดเป็นผงแล้วเก็บใส่ภาชนะที่มิดชิด เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

3. การทดสอบฤทธิ์ของปูนแดงต่อการฟักของไข่ยุงลาย

3.1 ละลายปูนแดงในน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้ปูนแดงความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8 กรัม/ลิตร พักสาระละลายไว้ 10 นาที เพื่อให้ปูนแดงละลายอย่างทั่วถึง มีชุดการทดสอบทรายอะเบท 0.1 กรัม/ลิตร และชุดการทดลองน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม

3.2 นำไข่ยุงจำนวน 25 ฟองจากแผงกระดาษที่เตรียมไว้ใส่ลงไปในแต่ละชุดการทดลอง ไข่ยุงจะลอยอยู่บนผิวน้ำ

3.3 สังเกตการณ์ฟักของลูกน้ำยุงโดยใช้แว่นขยายและบันทึกผลการฟักของไข่ยุงทุก ๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 11 วัน (สิ้นสุดการศึกษาเมื่อในชุดการทดลองควบคุมพบลูกน้ำยุงลายเจริญเติบโตจนถึงระยะตัวโม่ง)

4. การทดสอบฤทธิ์ของปูนแดงต่อการตายของลูกยุงระยะต่าง ๆ

4.1 แบ่งกลุ่มลูกน้ำยุงระยะที่ 1, 2, 3 ออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 25 ตัว และระยะตัวโม่ง 10 ตัว ใส่ในน้ำปริมาณ 50 มิลลิลิตร และใช้ทรายอะเบท 0.02 กรัม กับน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม ซึ่งแต่ละชุดการทดลองประกอบด้วย 3 ซ้ำย่อย

4.2 ละลายปูนแดงปริมาณ 0.01, 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.16 กรัม ในน้ำปริมาณ 150 มิลลิลิตร เพื่อเตรียมทดสอบกับลูกน้ำยุงแต่ละระยะ

4.3 เทน้ำที่มีลูกน้ำยุงผสมกับสารละลายปูนแดงที่เตรียมไว้ (ความเข้มข้นสุดท้ายของปูนแดงเท่ากับ 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, และ 0.8 กรัม/ลิตร) สังเกตและบันทึกผลการตายของลูกยุงในแต่ละชุดโดยนับจำนวนลูกยุงที่ตายที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ร้อยละการฟักของไข่ยุงคำนวณได้ดังสมการ

$$\text{ร้อยละการฟักของไข่ยุง} = \frac{\text{จำนวนไข่ยุงที่ฟักได้}}{\text{จำนวนไข่ยุงทั้งหมด}} \times 100$$

5.2 ร้อยละการตายของลูกน้ำยุงระยะต่าง ๆ สามารถคำนวณหาได้ดังสมการ

$$\text{ร้อยละการตายของลูกน้ำยุง} = \frac{\text{จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย}}{\text{จำนวนลูกน้ำยุงทั้งหมด}} \times 100$$

5.3 ค่าความเข้มข้นปูนแดงที่สามารถลดร้อยละการฟักของลูกน้ำยุงได้ร้อยละ 50 (Inhibition concentration 50, IC50) และค่าความเข้มข้นปูนแดงที่สามารถฆ่าลูกน้ำยุงระยะที่ 1 ได้ร้อยละ 50 (Lethal concentration 50, LC50) คำนวณจากการวิเคราะห์แบบโพรบิท (Finney, D.J., 1952)

6. การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายปูนแดง

นำสารละลายปูนแดงที่เตรียมแต่ละชุดการทดลองไปทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter โดยแต่ละชุดการทดลองทำการวัดค่าจำนวน 3 ซ้ำ

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

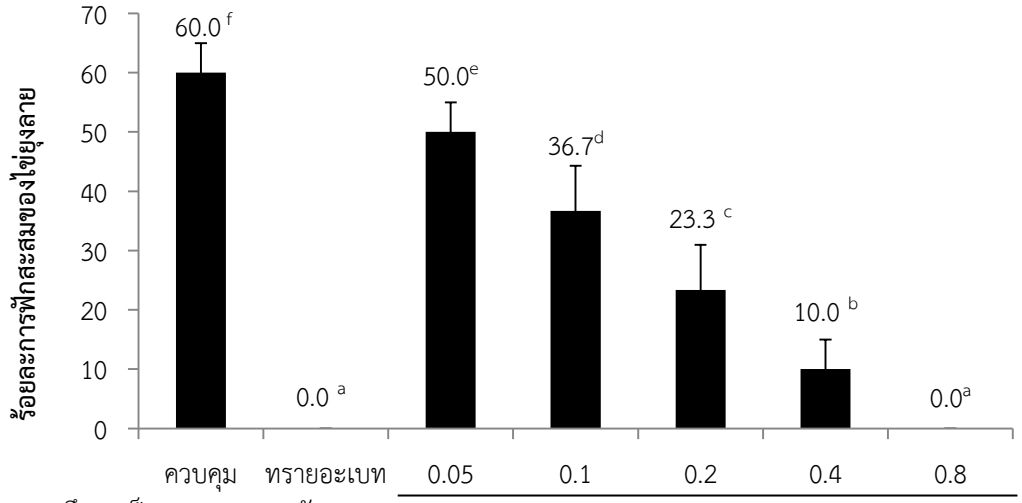
การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าร้อยละการฟักของไข่ยุงและร้อยละการตายของลูกน้ำยุงระยะที่ 1 ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS โดยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) การวิเคราะห์ความแตกต่างของร้อยละเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองใช้วิธีการทดสอบ Duncan's multiple range test ข้อมูลแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$

ผลการวิจัย

ผลของปูนแดงต่อการฟักของไข่ยุงลาย

จากการศึกษาผลของปูนแดงความเข้มข้น 0.05 - 0.8 กรัม/ลิตร ต่อการฟักของลูกยุงเป็นระยะเวลาทั้งหมด 11 วันพบว่าร้อยละการฟักไข่สะสม (ภาพที่ 1) ในชุดการทดลองด้วยทรายอะเบทไม่พบการฟักของลูกน้ำตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา โดยที่ชุดควบคุมน้ำเปล่าพบลูกน้ำยุงฟักมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 60 ในขณะที่ชุดการทดลองปูนแดง 0.05 - 0.4 กรัม/ลิตร มีร้อยละการฟักน้อยลงเรื่อย ๆ โดยมีค่าร้อยละการฟักสะสมเท่ากับ 50, 36.7, 23.3 และ 10 ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองปูนแดง 0.8 กรัม/ลิตร ไม่พบการฟักของไข่ยุงตลอดระยะเวลาการศึกษา เมื่อเทียบให้ร้อยละการฟักของชุดการทดลองควบคุมเท่ากับร้อยละ 100 ค่าความเข้มข้นปูนแดงที่ส่งผลยับยั้งการฟักของไข่ยุงได้ครึ่งหนึ่งหรือ IC_{50} จะมีค่าเท่ากับ 0.141 กรัม/ลิตร เมื่อพิจารณาถึงความไวในการฟักของไข่ยุงพบว่าจากการทดลองไข่ยุงมีการฟักออกเป็นลูกน้ำยุงภายใน 6 วันแรกเท่านั้น (ตารางที่ 1) โดยในชุดการทดสอบควบคุมน้ำเปล่ามีการเริ่มฟักของลูกน้ำยุงเร็วที่สุดโดยมีการเริ่มฟักตั้งแต่วันที่ 1 ของการศึกษา (ร้อยละ30) และมีการฟักของไข่ยุงต่อเนื่องเรื่อย ๆ ในวันที่ 2 (ร้อยละ 11.67) ในวันที่ 3 (ร้อยละ 11.67) และวันที่ 4 (ร้อยละ 6.67) ในขณะที่ปูนแดงความเข้มข้น 0.05 และ 0.1 กรัม/ลิตร ส่งผลให้ยุงเริ่มมีการฟักในวันที่ 3 (ร้อยละ 20.00 และ 21.67 ตามลำดับ) ปูนแดง 0.2 กรัม/ลิตร ไข่เริ่มฟักในวันที่ 4 (ร้อยละ 11.67) และปูนแดง 0.4 กรัม/ลิตร มีการเริ่มฟักช้าที่สุดคือในวันที่ 5 ของการทดลอง (ร้อยละ 6.67)

จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าในสารละลายปูนแดงที่ความเข้มข้น 0.05 - 0.4 กรัม/ลิตร ไข่ยุงสามารถฟักออกเป็นลูกน้ำได้แต่จะทำให้ลูกน้ำยุงฟักได้ช้ากว่าชุดควบคุมน้ำเปล่า นอกจากนั้นเมื่อความเข้มข้นปูนแดงเพิ่มมากขึ้นไข่ยุงก็จะมีการฟักได้น้อยลงเรื่อย ๆ และส่งผลทำให้ระยะเวลาในการเริ่มฟักเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าปูนแดงที่ปริมาณ 0.8 กรัม/ลิตร มีประสิทธิภาพเท่าเทียมกับทรายอะเบท เนื่องจากต่างไม่พบการฟักของไข่ยุง ส่วนปูนแดงที่ความเข้มข้นอื่น ๆ มีลูกน้ำยุงฟักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมน้ำเปล่า (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ร้อยละการฟักไข่สะสมของยุงลาย หลังจากการศึกษาเป็นระยะเวลา 7 วัน
(ค่าข้อมูลเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จาก 3 ซ้ำย่อย และค่าอักษร a-f แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$)

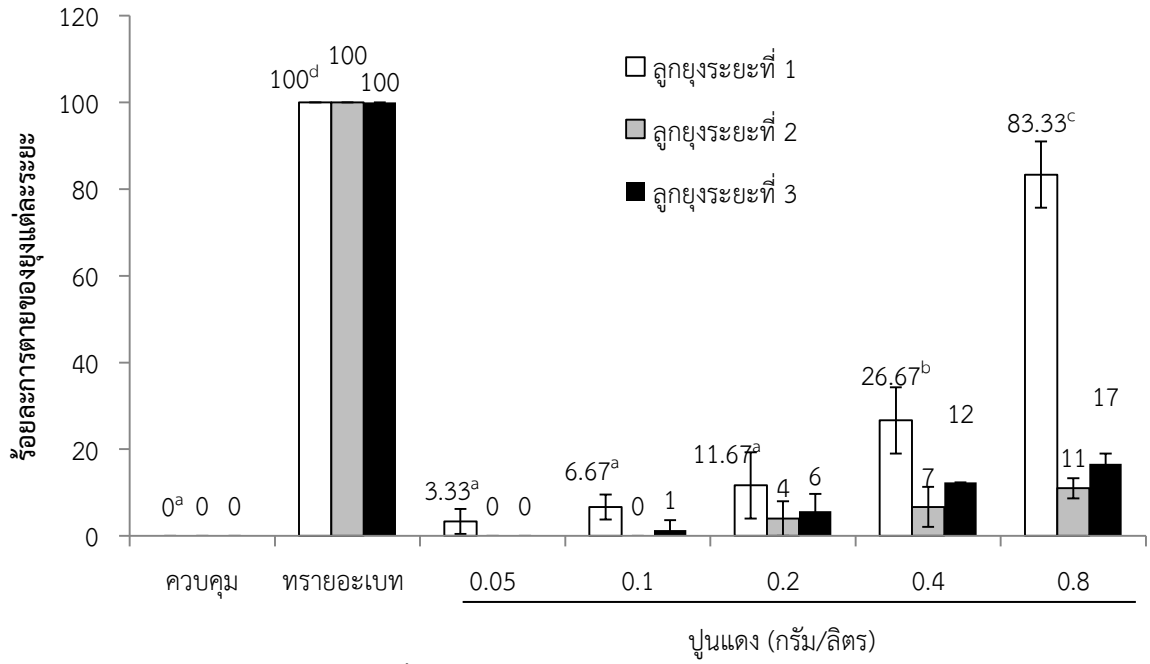
ตารางที่ 1 แสดงค่าร้อยละการฟักในแต่ละวันและร้อยละการฟักสะสมของไข่ยุง

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยร้อยละการฟักของไข่ยุงลายในแต่ละวัน						
	1	2	3	4	5	6	ค่าร้อยละเฉลี่ยรวม
น้ำ เปล่า	30.00 ± 13.23	11.67 ± 2.89	11.67 ± 7.64	6.67 ± 2.89	0.00 ± .00	0.00 ± 0.00	60.00 ± 5.00[f]
ทรายอะเบท	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00[a]
ปูนแดง 0.05 กรัม/ลิตร	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	20.00 ± 5.00	18.33 ± 2.89	11.67 ± 5.77	0.00 ± 0.00	50.00 ± 5.00[e]
ปูนแดง 0.1 กรัม/ลิตร	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	21.67 ± 10.41	10.00 ± 5.00	3.33 ± 2.89	1.67 ±2.89	36.7 ± 7.60[d]
ปูนแดง 0.2 กรัม/ลิตร	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	11.67 ±2.89	10.00 ± 8.66	1.67 ± 2.89	23.3 ± 7.60[c]
ปูนแดง 0.4 กรัม/ลิตร	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	6.67 ± 7.64	3.33 ± 2.89	10.00 ± 5.00[b]
ปูนแดง 0.5 กรัม/ลิตร	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00[a]

ผลของปูนแดงต่อการตายของลูกน้ำยุงลายแต่ละระยะ

จากการทำการศึกษาผลของปูนแดงความเข้มข้น 0.05 - 0.8 กรัม/ลิตร ต่อการตายของลูกน้ำยุงระยะที่ 1, 2, 3 และระยะตัวโม่ง ที่เวลา 12 ชั่วโมงพบว่าชุดควบคุมทรายอะเบท 0.1 กรัม/ลิตร ลูกน้ำยุงทุกระยะยกเว้นระยะตัวโม่งตายที่ร้อยละ 100 ในขณะที่ปูนแดงความเข้มข้น 0.2 - 0.8 กรัม/ลิตร ส่งผลให้ลูกน้ำยุงตายบางส่วน โดยปูนแดง 0.8 กรัม/ลิตร ทำให้ลูกน้ำยุงลายตายมากสุดเมื่อเทียบกับปูนแดงความเข้มข้นอื่น ๆ ที่ทำการศึกษา โดยส่งผลให้ลูกน้ำยุงระยะที่ 1, 2, 3 ตายร้อยละ 60, 2 และ10 ตามลำดับ (ไม่แสดงผล) อย่างไรก็ตามเห็นได้ชัดว่าปูนแดงที่ระยะเวลาทดสอบ 12 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพน้อยกว่าทรายอะเบทมากในการฆ่าลูกน้ำยุงทุกระยะ

ผลร้อยละการตายของลูกน้ำยุงแต่ละระยะที่ 24 ชั่วโมง พบว่าในชุดการทดลองปูนแดงพบลูกน้ำยุงตายเพิ่มมากขึ้นปูนแดงในทุกความเข้มข้นทดสอบมีผลต่อการตายของลูกน้ำยุง โดยเฉพาะการตายชองลูกน้ำยุงระยะที่ 1 (ไม่แสดงผล) เมื่อพิจารณาร้อยละการตายสะสมหลังการทดสอบเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 2) จะเห็นได้ว่าปูนแดงความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, และ 0.8 กรัม/ลิตร ทำให้ลูกน้ำยุงระยะที่ 1 ตายร้อยละ 3.33, 6.67, 11.67, 26.67, และ 83.33 ตามลำดับ เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติจะเห็นได้ว่าปูนแดงความเข้มข้น 0.4 และ 0.8 กรัม/ลิตร มีร้อยละการตายของลูกน้ำยุงระยะที่ 1 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุมน้ำเปล่า และจากการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นปูนแดงที่ทำให้ลูกน้ำยุงระยะที่ 1 ตายร้อยละ 50 มีค่าเท่ากับ 0.5 กรัม/ลิตร อย่างไรก็ตามปูนแดงยังมีประสิทธิภาพน้อยกว่าและต้องอาศัยระยะเวลาในการออกฤทธิ์ที่ยาวนานกว่ากลุ่มทดสอบทรายอะเบท



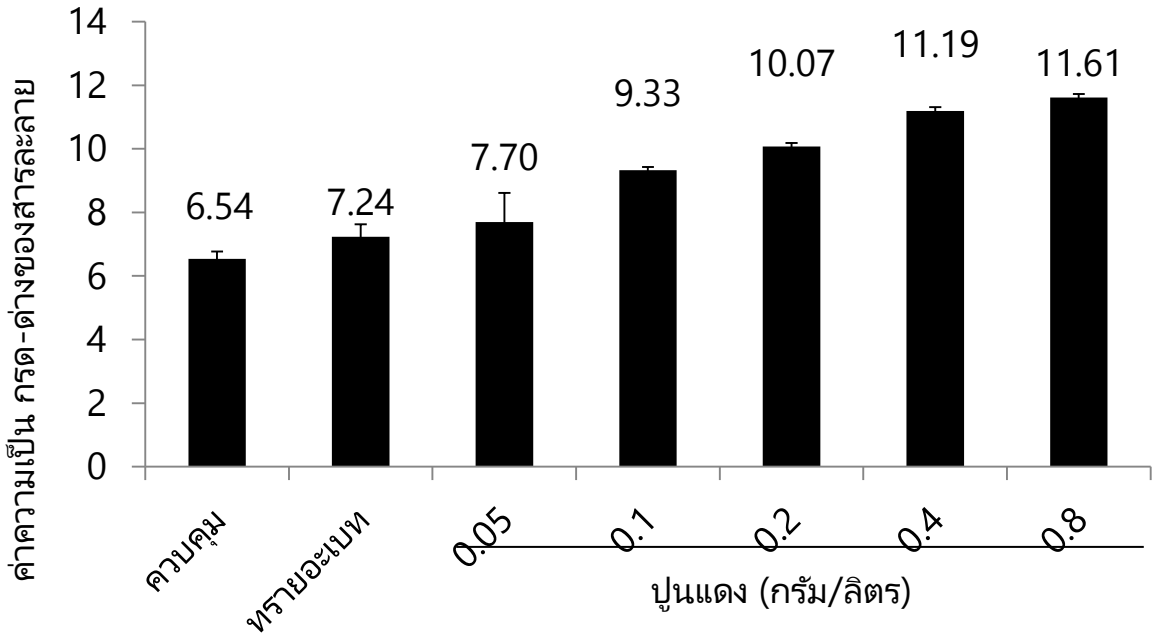
ภาพที่ 2 ร้อยละการฟักตายสะสมของลูกยุงน้ำลายแต่ละระยะ หลังการทดสอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

(**หมายเหตุ**: ไม่พบการตายของลูกน้ำยุงระยะตัวโม่งในทุกชุดการทดสอบ, ค่าข้อมูลเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จาก 3 ซ้ำย่อย และค่าอักษร a, b, c และ d แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$)

ค่าความเป็นกรด – ด่าง ของสารละลายปูนแดงที่ใช้ในการทดสอบ

เนื่องจากในการทดลองคาดว่าสภาวะความเป็นกรด-ด่างของสารละลายน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการมีชีวิตของลูกน้ำ จึงได้ทำการวัดค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายในแต่ละชุดทดสอบ ซึ่งพบว่าชุดควบคุมน้ำเปล่าและทรายอะเบทมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.54 และ 7.24 ตามลำดับ ในขณะที่ปูนแดงปูนแดงความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2,

0.4 และ 0.8 กรัม/ลิตร ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่ 7.70, 9.33, 10.07, 11.19, 11.19 และ 11.61 ตามลำดับ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายที่ใช้ในการทดสอบ
(ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่าง ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จาก 3 ซ้ำการทดลองอิสระ)

อภิปรายผล

จากการศึกษาผลของปูนแดงต่อการฟักของไข่ยุงลายพบว่าในสารละลายปูนแดงความเข้มข้นต่าง ๆ ไข่ยุงสามารถฟักออกเป็นลูกน้ำยุงได้ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นปูนแดงที่สูงขึ้นทำให้ไข่ยุงฟักได้น้อยลงเรื่อย ๆ ในขณะที่ชุดควบคุมน้ำเปล่าพบลูกน้ำยุงฟักมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 60 ซึ่งปูนแดงความเข้มข้น 0.8 กรัม/ลิตร และชุดควบคุมทรายอะเบทไม่พบไข่ยุงที่สามารถฟักออกเป็นลูกน้ำได้เลย ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของประไพรศรี หอมเนียม และคณะ (2555) ซึ่งได้ศึกษาการกำจัดลูกน้ำยุงลาย โดยใช้ปูนกินหมากตากแห้ง ผสมน้ำในโอ่งก่อนหน้าที่จะมียุงมาวางไข่ เปรียบเทียบกับการใช้ทรายอะเบท โดยใช้ปูนแดงความเข้มข้น 0.25 - 0.5 กรัม/ลิตร ซึ่งจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ค่า HI คือ จำนวนบ้านที่สำรวจพบลูกน้ำใน 100 บ้าน และค่า CI คือจำนวนภาชนะที่สำรวจพบลูกน้ำใน 100 ภาชนะ มีค่าลดลงจาก 12.49 และ 5 เป็น 2.08 และ 0.21 ตามลำดับ การลดลงของค่าดังกล่าวนั้นแสดงให้เห็นว่าปูนแดงสามารถลดโอกาสการวางไข่ของยุงลายได้ ซึ่งส่งผลให้ความชุกยุงลายลดลง

นอกจากนี้ผู้วิจัยที่ทดสอบปูนแดงต่อการฟักของไข่ยุงแล้ว ยังทดสอบว่าปูนแดงสามารถฆ่าลูกน้ำยุงระยะต่าง ๆ ได้หรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยทดสอบปูนแดงที่ความเข้มข้น 0.05 - 0.8 กรัม/ลิตร ในการฆ่าลูกน้ำยุงแต่ละระยะ ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานว่าการใช้ปูนที่ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างสูงขึ้นมีผลทำให้ลูกน้ำยุงตายได้ แต่จากการทดลองเห็นแล้วว่าการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดด่างไม่มีความสัมพันธ์ต่อการตายของลูกน้ำยุงโดยเฉพาะระยะที่ 2 และ 3 และระยะตัวโม่ง ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ สานนท์ เลาหบุตร (2545) ที่ระบุว่าค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายปูนแดงที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าลูกน้ำยุงลายที่อัตราส่วนต่างๆไม่มีผลในการฆ่าลูกน้ำยุงและตัวโม่งของยุงลายได้ โดยในการศึกษาครั้งนี้พบว่าปูนแดงมีประสิทธิภาพดีในการกำจัดลูกน้ำระยะที่ 1 เท่านั้น ซึ่งปูนแดง 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.8 กรัม/ลิตร มีประสิทธิภาพฆ่าลูกน้ำยุงระยะที่ 1 ตายร้อยละ 3.33, 6.67, 11.67, 26.67 และ 83.33 ตามลำดับ แต่มีประสิทธิภาพน้อยมากในการกำจัดลูกน้ำยุงระยะที่ 2 กับ ระยะที่ 3 ซึ่งผลการศึกษาที่ได้มีความขัดแย้งกับการรายงานของสา

นนท์ เลาหบุตร (2545) ที่พบว่าประสิทธิผลของสารละลายปูนแดงในการกำจัดลูกน้ำยุงและตัวโม่งของยุงลายพบว่าปูนแดงในช่วง ความเข้มข้น 1.2 – 4.4 มิลลิกรัม/ลิตร มีความเหมาะสมที่สุดในการกำจัดลูกน้ำยุงลายโดยสามารถกำจัดลูกน้ำยุงลายได้ร้อยละ 91.50 – 100 โดยในการศึกษาคาดว่าฤทธิ์ของปูนแดงในการฆ่าลูกน้ำยุงน่าจะมีสาเหตุมาจากฝ้าของปูนแดงที่ลอยอยู่เหนือน้ำที่มีความหนาแน่นต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นผิวน้ำในภาชนะที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งเมื่อฝ้าครอบคลุมผิวน้ำทั้งหมดจะทำให้ลูกน้ำไม่สามารถหายใจได้ซึ่งส่งผลทำให้ลูกน้ำตาย โดยจากการรายงานการกำจัดลูกน้ำยุงด้วยลักษณะของฝ้าที่เกิดขึ้นมีความคล้ายคลึงกับผลการศึกษาของ เจริญ ภาระธัญญา และคณะ (2544) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของผลมะกรูดในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านภายในห้องปฏิบัติการ พบว่าการตายของลูกน้ำยุงลายมีความสัมพันธ์กับขนาดของพื้นผิวน้ำในภาชนะ ซึ่งน้ำมันมะกรูด 1 ผลสามารถครอบคลุมพื้นผิวน้ำ ในภาชนะได้ประมาณ 38.5 ตารางนิ้ว สามารถฆ่าลูกน้ำได้ 100% รองลงมาคือพื้นที่ผิว 50.28 ตารางนิ้ว สามารถฆ่าลูกน้ำได้ 93.33% ในขณะที่การศึกษานี้มีพื้นที่ผิวน้ำในภาชนะเท่ากับ 7.79 ตารางนิ้ว แต่ฝ้าที่เกิดขึ้นที่จากปูนแดงทุกความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบไม่สามารถครอบคลุมผิวน้ำได้ทั้งหมดได้เนื่องจากมีปริมาณปูนแดงไม่มากพอ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของปูนแดงต่อการฟักของไข่ยุงลายพบว่าความเข้มข้นปูนแดงที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มลดร้อยละการฟักของไข่ยุงและยืดเวลาเริ่มฟัก โดยมีค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการฟักได้ร้อยละ 50 เท่ากับ 0.141 กรัม/ลิตร และปูนแดงความเข้มข้น 0.8 กรัม/ลิตร สามารถยับยังการฟักของไข่ยุงได้ทั้งหมด

จากการศึกษาผลของปูนแดงต่อการตายของลูกน้ำยุงระยะต่างๆ และระยะตัวโม่ง พบว่าปูนแดงความเข้มข้น 0.05 – 0.8 กรัม/ลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าลูกน้ำระยะที่ 1 ได้ดีส่งผลให้ลูกน้ำระยะที่ 1 ตายร้อยละ 3.33, 6.67, 11.67, 26.67 และ 83.33 ตามลำดับ และมีค่าความเข้มข้นที่สามารถฆ่าลูกน้ำยุงได้ร้อยละ 50 เท่ากับ 0.5 กรัม/ลิตร อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาพบว่าปูนแดงในช่วงความเข้มข้นดังกล่าวมีประสิทธิภาพน้อยมากในการกำจัดลูกน้ำยุงลูกน้ำยุงระยะที่ 2 และ 3 เมื่อเทียบกับทรายอะเบท นอกจากนี้ยังพบว่าทุกชุดการทดลองปูนแดงรวมถึงชุดควบคุมทรายอะเบทไม่มีประสิทธิภาพในการฆ่าลูกยุงระยะตัวโม่ง ด้วยเหตุนี้จึงควรมีการทดสอบปูนแดงที่ความเข้มข้นที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อศึกษาถึงความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการควบคุมยุงลายระยะอื่นๆ ที่ชัดเจนเพื่อประโยชน์ในการนำปูนแดงไปใช้ในการควบคุมการแพร่พันธุ์ของยุงลายได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Finney, D. J., (1952). Probit analysis (2nd Ed), **Journal of the Institute of Actuaries**, 78(3), 388-390.

Jirakanjanakit, N., Saengtharatip, S., Rongnoparut, P., Duchon, S., Bellec, C., & Yoksan, S. (2007). Trend of temephos resistance in Aedes (Stegomyia) mosquitoes in Thailand during 2003–2005. **Environmental entomology**, *36*(3), 506-511.

Koou, S. Y., Chong, C. S., Vythilingam, I., Ng, L. C., & Lee, C. Y. (2014). Pyrethroid resistance in Aedes aegypti larvae (Diptera: Culicidae) from Singapore. **Journal of medical entomology**, *51*(1), 170-181.

Poupardin, R., Srisukontarat, W., Yunta, C., & Ranson, H. (2014). Identification of carboxylesterase genes implicated in temephos resistance in the dengue vector Aedes aegypti. **PLoS neglected tropical diseases,** *8*(3), e2743.

เจริญ ภาระธัญญา. (2544). **ประสิทธิภาพของผลมะกรูดในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน.** *วารสาร กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.* 16(1). 3 – 4.

นารถลดา ขันธิกุล. วรรณภา สุวรรณเกิด. อังคณา แซ่เจ๊ง. ประยุทธ สุดาทิพย์. รุ่งระวี ทิพย์มนตรี. และ ศรีสุชา เชาว์พร้อม (2555). **รูปแบบการพยากรณ์การระบาดโรคไข้เลือดออก ใน 8 จังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย.** (รายงานการวิจัยสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต) สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 10 กรมควบคุมโรค. กระทรวงสาธารณสุข.

ประไพศรี หอมเนียม. สามารถ ปัตตาเทสัง และ ประเสริฐ เก็มประโคน (2558). **การพัฒนารูปแบบการดำเนินงานกำจัดลูกน้ำยุงลายโดยใช้ปูนกินหมาก กรณีศึกษาตำบลห้วยหิน อำเภอหนองหงส์ จังหวัดบุรีรัมย์.** *วารสารวิชาการสาธารณสุข*, 24(3), 436 – 440.

วริศรา แผ้วเกษม. (2559). **การฆ่าลูกน้ำยุงลายด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด**. (รายงานการวิจัยวิทยาศาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. เชียงราย.

สานนท์ เลาหบุตร. (2555). **ประสิทธิผลของสารละลายปูนแดงในการกำจัดทำลายลูกน้ำและตัวโม่งของยุงลาย.** (วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหิดล.กรุงเทพมหานคร.

สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง. (2561) สถานการณ์โรคไข้เลือดออก สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2561 จาก http://www.thaivbd.org/n/dengues?moduleสถาณการ์โรคไขข้เลือดออกtype&week&year=2561

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (2555) **ปูนแดงจากภูมิปัญญา ฆ่าลูกน้ำยุงลาย** สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2560 จาก http://www.thaihealth.or.th/Content/16665 ปูนแดงจากภูมิปัญญา ฆ่าลูกน้ำยุงลาย.html

อุรุญากร จันทร์แสง และผู้แต่งคนอื่นๆ. (2558) **การติดตามการดื้อยาของยุงลายพาหะนำโรคไข้เลือดออกระดับ พันธุกรรม ในสภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม The Monitoring of target Site Resistance in field Populations of Aedes aegyti in situation of Environment and Climate Changes**. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์:ม.ป.ท.

ผลของสารสกัดหยาบจากลูกใต้ใบต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*

EFFECT OF EGG WOMAN (*PHYLLANTHUS* SPP.) CRUDE EXTRACTS ON INHIBITION OF *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*

วรดา แซ่ลี[1] มนตรา ศรีษะแย้ม[1] วราภรณ์ ผาลี[2] ภรภัทร สำอางค์[3] ทิพย์วรินทร์ ริมลาดวน[4] และอรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์[5]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

คณะวิทยาศาสตร์และศิลปะศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

*corresponding author e-mail : siriangkanakun@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของลูกใต้ใบ ได้แก่ ใบ ลำต้น และรากที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน คือ น้ำกลั่นและเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 25 50 70 และ 95 ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดจากส่วนใบและลำต้นที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 และ 50 ตามลำดับสามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้ดีที่สุด และสารสกัดจากส่วนของรากที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 เท่านั้นที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้ สารสกัดจากส่วนของใบและรากที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum inhibitory concentration, MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (Minimum bactericidal concentration, MBC) เท่ากับ 3.91 และ 7.81 mg/ml ตามลำดับ และสารสกัดจากส่วนของลำต้นที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50 มีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 15.63 และ 31.25 mg/ml ตามลำดับ

คำสำคัญ : ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ลูกใต้ใบ *Staphylococcus aureus*

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of crude extracts from various parts of egg woman (*Phyllanthus amarus*) including leaves, trunk and roots extracted with different solvents; distilled water and 25, 50, 70 and 95% ethanol on growth inhibition of *Staphylococcus aureus* ATCC25923. The result shown that the leaf and trunk extracted with 95 and 50% ethanol, respectively exhibited highest antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* ATCC25923. Only the 50% ethanol extract of *P. amarus* roots can efficiently inhibit the growth of *Staphylococcus aureus* ATCC25923, among root extracts. Minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) from various parts of *P. amarus* extracts were further performed by broth dilution and agar dilution technique, respectively. Both leaf and root extracted with 95% ethanol had Minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) values as 3.91 and 7.81 mg/ml, respectively, while trunk extracted with 50% ethanol had MIC and MBC equal to 15.63 และ 31.25 mg/ml, respectively.

Keywords : antimicrobial activity, *Phyllanthus amarus*, *Staphylococcus aureus*

บทนำ

Staphylococcus aureus เป็นแบคทีเรียรูปร่างกลม แกรมบวก พบได้ตามผิวหนังและรูจมูก เป็นสาเหตุสำคัญของการติดเชื้อที่ผิวหนัง บาดแผล และยังทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ความรุนแรงของโรคที่เกิดจากการติดเชื้อ *Staphylococcus aureus* จะขึ้นอยู่กับปริมาณของเชื้อหรือสารพิษ (enterotoxin) ที่ขับออกมา และสารพิษยังมีความสามารถในการทนความร้อนได้ดีจึงทำให้มีแนวโน้มที่จะพบผู้ป่วยที่ได้รับเชื้อ *Staphylococcus aureus* เพิ่มมากขึ้น (นิติพงษ์ ศิริวงศ์ และเอกชัย ชูเกียรติโรจน์, 2552; สำนักระบาดวิทยา, 2560) โดยทั่วไปเมื่อผู้ป่วยที่ได้รับเชื้อนี้จะทำให้มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย และปวดท้อง ในรายที่มีอาการรุนแรงจะทำให้สูญเสียน้ำมากแต่มักไม่ทำให้เสียชีวิต จากการสำรวจขององค์กรอนามัยโลกในปี 2013 พบว่ามีผู้ป่วยกว่า 2 ล้านคนเสียชีวิตจากโรคท้องร่วงเฉียบพลัน โดยสาเหตุหนึ่งเกิดจากการปนเปื้อนของเชื้อ *Staphylococcus aureus* (WHO, 2000) ปัจจุบันมียาแผนปัจจุบันที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ แต่อย่างไรก็ตามยาแผนปัจจุบันมีความอันตรายจากฤทธิ์ข้างเคียงและมีความเป็นพิษมากกว่าการใช้สมุนไพร นอกจากนี้การใช้ยาแผนปัจจุบันยังทำให้เกิดการดื้อยาได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สมุนไพร ดังนั้นการหาสารสกัดจากธรรมชาติที่มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้

ลูกใต้ใบ (*Phyllanthus amarus*) เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน และพบกระจายอยู่ทั่วไปตามภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย เป็นพืชล้มลุกที่มีผลเป็นลูกกลม มีขนาดเล็กเรียงไปตลอดก้าน จัดอยู่ในตระกูล Euphorbiaceae ลูกใต้ใบมีสรรพคุณในการรักษาโรคได้หลากหลาย ได้แก่ ช่วยลดไข้ แก้ไอ แก้นิ่ว แก้ท้องเสีย แก้ฝี และแก้โรคเบาหวาน เป็นต้น และยังมีการรายงานว่าลูกใต้ใบมีฤทธิ์ต้านไวรัสตับอักเสบบีและมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ (Yeh et al., 1993) นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนใบและรากของต้นลูกใต้ใบที่ผ่านการสกัดด้วยน้ำมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียบางชนิดได้ (Dhandapani et al., 2007) อย่างไรก็ตามการใช้สารสกัดหยาบจากลูกใต้ใบเพื่อศึกษาความสามารถในยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ยังคงมีการศึกษาไม่มากนักโดยเฉพาะอย่างยิ่งฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคต่อผลของตัวทำละลายที่ใช้สกัดที่แตกต่างกัน ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จากส่วนต่าง ๆ ของลูกใต้ใบที่ใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันในการสกัด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดหยาบจากลูกใต้ใบ

นำลูกใต้ใบที่เก็บมาจากหมู่บ้านพลายชุมพล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก มาล้างทำความสะอาด แยกแต่ละส่วนของลูกใต้ใบ ได้แก่ ส่วนใบ ลำต้น และราก จากนั้นนำไปล้างทำความสะอาดและอบให้แห้งด้วยเตาอบไอร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 2 วัน นำตัวอย่างไปปั่นให้ละเอียดจนมีลักษณะเป็นผง ชั่งแต่ละส่วนของลูกใต้ใบให้มีน้ำหนัก 20 กรัม ผสมกับตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำกลั่น เอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 25 50 70 และ 95 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร (อัตราส่วนสมุนไพร:ตัวทำละลาย 1:15) นำตัวอย่างไปหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมงพร้อมทั้งเขย่า จากนั้นนำไปกรองด้วยผ้าขาวบางและกรองซ้ำด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำส่วนใสไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) จนได้สารละลายที่ข้นเหนียว นำสารสกัดที่ได้ใส่ไว้ในขวดสีชาและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C

2. **การเตรียมแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC25923**

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ด้วยอาหาร nutrient broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาเจือจางให้ได้แบคทีเรียที่ความเข้มข้นประมาณ 10^8 colony forming unit (CFU) ต่อมิลลิลิตร โดยเทียบกับ McFarland's standard No. 0.5

3. การทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC25923

ทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของลูกใต้ใบด้วยวิธี agar disc diffusion โดยใช้สำลีพันก้านที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจุ่มลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรียมา swap ให้ทั่วอาหาร nutrient agar รอให้ผิวหน้าอาหารแห้งประมาณ 3-5 นาที ใช้คีมคีบปลอดเชื้อ (sterile forcep) คีบเอาแผ่นกระดาษกลม (paper disc) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6 มิลลิเมตรและที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ววางลงบนอาหารเพาะเชื้อให้แนบติดกับผิวหน้าอาหาร ดูดสารสกัดหยาบที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของลูกใต้ใบปริมาตร 10 µl หยดลงในแผ่นกระดาษกลมโดยใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อเป็นตัวควบคุมเชิงลบ (negative control) และยาปฏิชีวนะ chloramphenicol เป็นตัวควบคุมเชิงบวก (positive control) หยดลงในแผ่นกระดาษกลม จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อ่านผลโดยการวัดบริเวณส่วนใส (clear zone) ที่เกิดขึ้นรอบแผ่นกระดาษกลม รายงานผลเป็นมิลลิเมตร

4. การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดลูกใต้ใบแต่ละส่วนที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum inhibitory concentration, MIC)

ทดสอบหาค่า MIC ของเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC25923 จากสารสกัดแต่ละส่วนของลูกใต้ใบด้วยวิธี broth dilution technique โดยเริ่มจากนำหลอดทดลองที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 10 หลอด ดูดอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient broth ใส่ในหลอดที่ 2-10 หลอดละ 1 ml ดูดสารสกัดที่ต้องการศึกษาลงในหลอดที่ 1 และ 2 หลอดละ 1 ml จากนั้นดูดหลอดที่ 2 จำนวน 1 ml ใส่ลงในหลอดที่ 3 ทำซ้ำทำนองเดียวกันนี้ไปจนถึงหลอดที่ 9 สำหรับหลอดที่ 9 เมื่อผสมสารสกัดและอาหารเลี้ยงเชื้อเข้ากันได้ดีแล้วดูดสารละลายทิ้งไป 1 ml หลอดที่ 10 จะมีแต่อาหารเลี้ยงเชื้อเพียงอย่างเดียวไม่มีสารสกัดและใช้หลอดที่ 10 เป็น positive control จากนั้นเติมเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ลงไปในทุกหลอด หลอดละ 1 ml แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง การอ่านผล MIC ให้สังเกตความขุ่นของเชื้อที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอดเปรียบเทียบกับ positive control

5. การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดลูกใต้ใบแต่ละส่วนที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (Minimum bactericidal concentration; MBC)

จากค่า MIC สามารถนำมาหาค่า MBC ได้ด้วยวิธี agar dilution technique โดยนำหลอดที่อาหารเลี้ยงเชื้อไม่ขุ่นทุกหลอดไปเพาะเชื้อบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ไม่พบการเจริญของเชื้อบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อจะเป็นค่า MBC

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการคำนวณทางสถิติ

ผลการวิจัย

1. การทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC25923 จากของส่วนต่าง ๆ ของลูกใต้ใบ

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC25923 โดยใช้สารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของลูกใต้ใบ ได้แก่ ใบ ลำต้น และราก ที่สกัดด้วยน้ำกลั่น และเอทานอลที่ความเข้มข้น ต่าง ๆ คือร้อยละ 25 50 70 และ 95 จากผลการทดลองพบว่าในส่วนของใบที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดส่วนใบที่ใช้ตัวทำละลายอื่น ๆ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 1) สารสกัดหยาบจากส่วนของใบที่ผ่านการสกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 70 สามารถยับยั้งเชื้อ

Staphylococcus aureus ATCC25923 ได้ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้ดีกว่าการใช้ chloramphenicol ($p\leq0.05$) ขณะที่การใช้เอทานอลร้อยละ 25 ส่งผลให้สารสกัดจากใบมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียต่ำที่สุด ($p\leq0.05$)

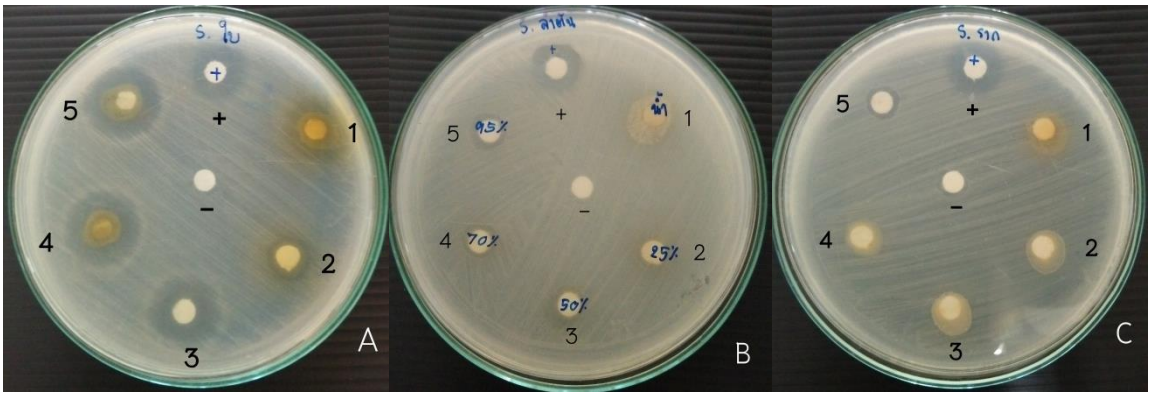
ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางของ inhibition zone (mm) ของสารสกัดลูกใต้ใบจากส่วนต่าง ๆ ที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923

ส่วนต่าง ๆ ของลูกใต้ใบ	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส (mean ± S.D., mm)					
	น้ำกลั่น	25% EtOH	50% EtOH	70% EtOH	95% EtOH	chloramphenicol
ใบ	17.90±0.36^{b}	12.50±0.50^{d}	18.17±1.44^{b}	18.00±1.00^{b}	21.17±1.32^{a}	15.06±0.87^{c}
ลำต้น	-	-	8.60±0.10^{b}	7.67±0.05^{c}	7.70±0.10^{c}	15.06±0.87^{a}
ราก	-	-	-	-	8.17±1.54^{b}	15.06±0.87^{a}

– หมายถึง ไม่เกิดวงใส

อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมภ์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ในส่วนของสารสกัดลูกใต้ใบจากส่วนของลำต้นพบว่าการใช้เอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้ดีที่สุด ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวทำละลายอื่น ๆ ในส่วนของรากพบเพียงการใช้เอทานอลที่ร้อยละ 95 เท่านั้นที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้ และยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งต่ำกว่าการใช้ chloramphenicol ($p\leq0.05$) โดยสังเกตความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียดังกล่าวได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลของสารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของลูกใต้ใบต่อการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923**;** A = สารสกัดลูกใต้ใบจากส่วนใบ; B = สารสกัดลูกใต้ใบจากส่วนลำต้น; C = สารสกัดลูกใต้ใบจากส่วนราก; + = chloramphenicol เป็น positive control; - = น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อเป็น negative control; 1 = สารสกัดหยาบที่ผ่านการสกัดด้วยน้ำกลั่น; 2 = สารสกัดหยาบที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 25; 3 = สารสกัดหยาบที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50; 4 = สารสกัดหยาบที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70; 5 = สารสกัดหยาบที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95

2. ผลการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดลูกใต้ใบแต่ละส่วนที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum inhibitory concentration, MIC)

จากการทดสอบสารสกัดลูกใต้ใบจากส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ใบ ลำต้น และรากที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 พบว่าสารสกัดจากส่วนใบ ลำต้น และรากที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 50 และ 95 ตามลำดับ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้ดีที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบกับตัวทำละลายอื่น ๆ ดังนั้นจึงเลือกสารสกัดดังกล่าวมาทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้ จากตารางที่ 2 พบว่าหลอดทดลองที่เติมสารสกัดจากส่วนใบและรากที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 หลอดสุดท้ายที่ไม่ขุ่นคือหลอดที่มีความเข้มข้นของสารสกัดจากส่วนใบและรากเท่ากับ 3.91 mg/ml และสารสกัดจากลำต้นที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50 หลอดสุดท้ายที่ไม่ขุ่นคือหลอดที่มีความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากับ 15.63 mg/ml ดังนั้นค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดจากส่วนใบและรากที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 มีค่าเท่ากับ 3.91 mg/ml และค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดจากส่วนลำต้นที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50 มีค่าเท่ากับ 15.63 mg/ml

ตารางที่ 2 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้

สารสกัดจากลูกใต้ใบ	ค่า MIC (mg/ml)
ใบที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95	3.91
ลำต้นที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50	15.63
รากที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95	3.91

3. การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดลูกใต้ใบแต่ละส่วนที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (Minimum bactericidal concentration; MBC)

จากค่า MIC สามารถนำมาหาค่า MBC ได้โดยนำหลอดที่ไม่มีความขุ่นจากการทดสอบหาค่า MIC นำไป spread plate ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient agar จากตารางที่ 3 พบว่าสารสกัดจากส่วนใบและรากที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 ที่มีค่าความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากับ 7.81 mg/ml เมื่อนำไปทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วไม่พบเชื้อขึ้น และสารสกัดจากส่วนลำต้นที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50 ที่มีค่าความเข้มข้นของสารสกัด 31.25 mg/ml เมื่อนำไปทดสอบไม่พบเชื้อขึ้นเช่นกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารสกัดจากส่วนใบและรากที่ระดับ 7.81 mg/ml และความเข้มข้นของสารสกัดจากส่วนลำต้นที่ระดับ 31.25 mg/ml เป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้

ตารางที่ 3 แสดงค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้

สารสกัดจากลูกใต้ใบ	ค่า MBC (mg/ml)
ใบที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95	7.81
ลำต้นที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50	31.25
รากที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95	7.81

อภิปรายผล

จากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC25923 โดยใช้สารสกัดจากลูกใต้ใบส่วนใบ ลำต้น และราก ที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำกลั่น และเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 25 50 70 และ 95 โดยใช้ disc diffusion techniques พบว่าสารสกัดจากส่วนใบของลูกใต้ใบที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 25 50 70 และ 95 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Dhandapani et al. (2007) ที่พบว่าสารสกัดส่วนใบของลูกใต้ใบที่สกัดด้วยน้ำกลั่นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากส่วนใบของต้นลูกใต้ใบมีอัลคาลอยด์ แทนนิน ฟลาโวนอยด์และซาโปนินเป็นองค์ประกอบ (Adegoke et al., 2010) ซึ่งอัลคาลอยด์มีคุณสมบัติทางยาและมี

ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้ โดยอัลคาลอยด์เป็นสาเหตุทำให้องค์ประกอบของเปปทิโดไกลแคนในเซลล์ของแบคทีเรียถูกทำลายและทำให้เชื้อแบคทีเรียตายในที่สุด (Kittakoop, Mahidol & Ruchirawat, 2014; Ashshobirin, Dhartono & Ramadhany, 2014) แทนนินและฟลาโวนอยด์สามารถทำลายระบบการซึมผ่านเข้าออกของสารของเซลล์จุลินทรีย์ได้ ทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์ไม่สามารถทำกิจกรรมได้ตามปกติส่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Djais & Tope, 2017) นอกจากนี้สารฟลาโวนอยด์ยังสามารถยับยั้งการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก ยับยั้งคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเยื่อหุ้มไซโตพลาสซึมและยับยั้งกลไกการสร้างและสลายพลังงานของจุลินทรีย์ได้ จึงทำให้สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (Ulanowska et al., 2006; Cushnie & Lamb, 2005; Eumkeb & Chukrathok, 2013) และมีการรายงานว่าสารฟลาโวนอยด์มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียได้หลายชนิด ได้แก่ *Bacillus cereus, Burkholderia glumae, Erwinia nigrifluens, Klebsiella species, Vibrio logie* และ *Xanthomonas campestri* (Surendra, Bhushanam, & Ravikumar, 2012) สารซาโปนินที่เป็นองค์ประกอบในส่วนใบของลูกใต้ใบมีฤทธิ์ในการทำลายจุลินทรีย์ได้เช่นกันเนื่องจากซาโปนินจะมีหมู่ไฮดรอกซิลที่สามารถทำลายผนังเซลล์และสามารถแทรกซึมผ่านเข้าไปในเซลล์โดยการละลายชั้นไขมันของเซลล์จุลินทรีย์ (Djais & Tope, 2017) สารสกัดจากส่วนลำต้นที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50 70 และ 95 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้เช่นกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะองค์ประกอบทางพฤกษเคมีของลูกใต้ใบส่วนลำต้นมีองค์ประกอบเหมือนกับส่วนของใบคือมีอัลคาลอยด์ แทนนิน ฟลาโวนอยด์และซาโปนิน (Akin-Osanaiye, Gabriel, & Alebiosu, 2011) ส่วนสารสกัดจากส่วนรากที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 เท่านั้นที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรากมีองค์ประกอบของอัลคาลอยด์ แทนนิน และซาโปนินด้วยเช่นกัน (Dhandapani et al., 2007) และการที่สารสกัดจากส่วน ต่าง ๆ ของลูกใต้ใบที่ถูกละลายด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกันมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากความมีขั้วของตัวทำละลายแตกต่างกันโดยน้ำจะมีความมีขั้วมากกว่าเอทานอล และสารที่สกัดออกมาได้จะขึ้นอยู่กับความมีขั้วขององค์ประกอบทางพฤกษเคมีและตัวทำละลาย เมื่อนำสารสกัดลูกใต้ใบจากส่วนต่าง ๆ ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 มาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้พบว่าลูกใต้ใบจากส่วนใบและรากที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้เท่ากับ 3.91 mg/ml ส่วนสารสกัดจากส่วนลำต้นที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50 มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้เท่ากับ 15.63 mg/ml และจากการศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งหมด พบว่าสารสกัดลูกใต้ใบจากส่วนใบและรากที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้เท่ากับ 7.81 mg/ml และสารสกัดจากส่วนลำต้นที่สกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50 มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดเท่ากับ 31.25 mg/ml อย่างไรก็ตามมีการรายงานว่าสารสกัดจากลูกใต้ใบที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้ดีกว่าสารสกัดจากหญ้าใต้ใบ โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้เท่ากับ 3.91 mg/ml (บังอร ศรีพานิชกุลชัย และคณะ, 2544)

สรุปผลการวิจัย

สารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของลูกใต้ใบ ได้แก่ ใบ ลำต้น และรากมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 ได้ โดยสภาวะของสารสกัดลูกใต้ใบจากแต่ละส่วนที่เหมาะสมในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC25923 คือส่วนใบและรากที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 และส่วนลำต้นที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดจากส่วนใบและรากที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum inhibitory concentration, MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดจากส่วนใบและรากที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (Minimum bactericidal concentration, MBC) เท่ากับ 3.91 และ 7.81 mg/ml ตามลำดับ และสารสกัดจากส่วนของลำต้นที่ผ่านการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50 มีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 15.63 และ 31.25 mg/ml ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ เป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

นิติพงษ์ ศิริวงศ์ และเอกชัย ชูเกียรติโรจน์. (2552). **การดื้อยาปฏิชีวนะของ *Staphylococcus aureus*.** *สงขลานครินทร์เวช สาร, 27*(4): 347-358

บังอร ศรีพานิชกุลชัย, อัญชลี ตัตตะวะศาสตร์, ปราโมทย์ ทองกระจาย, และพิสมัย เหล่าภัทรเกษม. (2544). ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและยับยั้งไวรัสตับอักเสบบีของส่วนสกัดด้วยน้ำจากลูกใต้ใบและหญ้าใต้ใบ. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น**, *6*(2), 45-49.

สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข. (2560). **Food Poisoning**. สืบค้น 12 สิงหาคม 2560, จาก http://www.boe.moph.go.th/boedb/surdata/506wk/y60/d03_ 3160.pdf

Adegoke, A.A., Iberi, P.A., Akinpelu, D.A., Aiyegoro, O.A., & Mboto, C.I. (2010). **Studies on phytochemical screening and antimicrobial potentials of *Phyllanthus amarus* against multiple antibiotic resistant bacteria.** *International Journal of Applied Research in Natural Products, 3*(3), 6-12.

Akin-Osanaiye, C.B., Gabriel, A.F., & Alebiosu, R.A. (2011). **Characterization and antimicrobial screening of ethyl oleate isolated from *Phyllanthus Amarus* (Schum and Thonn).** *Annals of Biological Research, 2*(2): 298-305.

Ashshobirin A, Dhartono AP, Ramadhany CA. (2014). Efektifitas antibakteri ekstrak kayu siwak (*Salvadora Persica*) terhadap pertumbuhan bakteri porphyromonas gingivalis. **J BIMKGI**, *2*, 12-23.

Cushnie, T.P., & Lamb, A,J. (2005). Detection of galangin-induced cytoplasmic membrane damage in *Staphylococcus aureus* by measuring potassium loss. **Journal of Ethnopharmacology**, *101*(1-3), 243-248.

Dhandapani, R., Lakshmi, D., Balakrishnan, V., Jayakumar, S., & Kumar, A. (2007). Preliminary phytochemical investigation and antibacterial activity of *Phyllanthus amarus Schum & Thorn*. **Journal anclent science of life**, *27*(1), 1-5.

Djais, A.I., & Tope, V.Y. (2017). Effectiveness of siwak salvadora persica extract to aggregatibacter actinomycetemcomitans as one of pathogenic bacteria causing periodontal disease. **Journal of Dentomaxillofacial Science**, *2*(1), 35-39.

Eumkeb, G., & Chukrathok, S. (2013). Synergistic activity and mechanism of action of ceftazidime and apigenin combination against ceftazidime-resistant enterobacter cloacae. **Phytomedicine,** *20*(3-4), 262-269.

Kittakoop, P., Mahidol, C., & Ruchirawat, S. (2014). Alkaloids as important scaffolds in therapeutic drugs for the treatments of cancer, tuberculosis, and smoking cessation. **Current Topics in Medicinal Chemistry**, *14*(2), 239-252.

Surendra, N.S., Bhushanam, M., & Ravikumar, H. (2012). Antimicrobial activity of propolis of *Trigona* sp. and *Apis mellifera* of Karnataka, **India. Prime Journal of Microbiology Research**, *2*(2), 80-85.

Ulanowska, K., Tkaczyk, A., Konopa, G., & Wegrzyn, G. (2006). Differential antibacterial activity of genistein arising from global inhibition of DNA, RNA and protein synthesis in some bacterial strains. **Archives of Microbiology,** *184*(5), 271-278.

WHO. (2000). Global water supply and sanitation assessment. **Retrieved November**, 14, 2017, from http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/jmp2000/en/

Yeh, S.F., Hong, C.Y., Huang, Y.L., Liu, T.Y., Choo, K.B., & Chou, C.K. (1993). Effect of an extract from Phyllanthus amarus on hepatitis B surface antigen gene expression in human hepatoma cells. **Antiviral Research***, 20*(3), 185-192.

ระบบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะ กรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

Vehicles' Fuel Consumption: A Case Study of Moter Vehicles Department, Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok

วิชุดา พุทธโกษา* คัชรินทร์ ทองฟัก
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : kacharin@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลของการใช้ยานพาหนะ แผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ในการพัฒนาระบบนี้ทำให้ทราบถึงอัตราการสิ้นเปลืองของระยะทาง ซึ่งทำให้สะดวกต่อการเดินทาง โดยใช้ภาษา HTML, PHP, CSS , JavaScript ในการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อใช้ในการนำเสนอสื่อและใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL หลังจากนั้นทำการประเมินผล พบว่า ส่วนของเมนูในระบบใช้งานได้ง่าย ได้รับการอธิบายต่อผู้ใช้แต่ละหน้าของระบบ ได้รับการตกแต่งอย่างดีด้วยดีเหมาะที่จะเป็นด้านหน้าคำและประโยคได้ง่ายต่อการเข้าใจเค้าโครงหน้าเป็นเรื่องง่าย ที่จะใช้และให้คำอธิบายที่ชัดเจน ผลลัพธ์จากที่ได้วิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่ พัฒนาตามระบบที่ได้ออกแบบไว้ทดสอบระบบงาน แก้ไขปัญหา และสามารถแสดงผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ระบบ การพัฒนาระบบ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ยานพาหนะ

Abstract

This research aims to develop a database system to collect data of motor vehicles use for the Motor Vehicles Department, Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok. The developed system could report about consumption rate per distance which will be more convenient for traveling plan. HTML, PHP, CSS, and JavaScript were used to develop a web site for presenting media and data was managed with MySQL database system. After system evaluation, it was found that the system's menu was easy to use. Each page was well-explained to users, well-decorated and suitable for being the front end. Words and expressions were easy to understand. Page layout was easy to use and clearly explained. Results from analysis and design of the new system indicated that the system was developed as designed. The test run showed that the system could efficiently solve problems and present desired results.

Keywords : vehicles' fuel consumption, motor vehicles department, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok

บทนำ

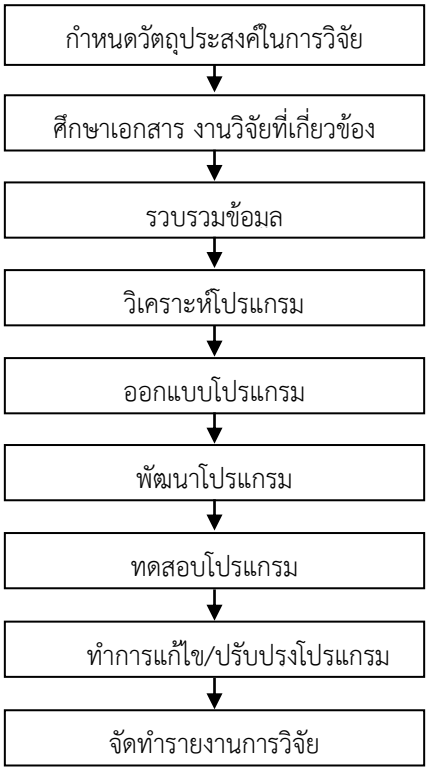
แผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก เป็นแผนกที่รับผิดชอบเกี่ยวกับยานพาหนะของมหาวิทยาลัยทั้งหมด ซึ่งเมื่อบุคลากรในมหาวิทยาลัยจะเดินทางไปราชการในสถานที่ต่าง ๆ จำเป็นต้องมาขออนุญาตใช้ยานพาหนะที่แผนก ซึ่งการทำงานในปัจจุบันนั้นจะทำการคาดคะเนระยะทางเพื่อทำเรื่องเบิกค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเลย ซึ่งผลที่ได้คือคาดคะเนผิดพลาดนั่นคือ น้ำมันไม่พอกับระยะทางที่ไปราชการทำให้เกิดเหตุการณ์น้ำมันเชื้อเพลิงหมดกลางทางหลายครั้งแล้วก็แก้ปัญหาเฉพาะหน้าไปเป็นกรณี ๆ ไป ซึ่งเป็นปัญหาของแผนกยานพาหนะเป็นอย่างมาก

คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาระบบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะ กรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ขึ้นเพื่อที่จะได้ทราบถึงการประมาณการของการเดินทางและประโยชน์หรือที่เรียกว่าทราบถึง

อัตราสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะ โดยทำการเก็บข้อมูลการขอใช้ยานพาหนะ ข้อมูลยานพาหนะ ข้อมูลสรุปรายงานการใช้ยานพาหนะประจำปีต่อเดือน และข้อมูลคนขับยานพาหนะ

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดแนวคิดขั้นตอนการดำเนินงานดังแผนภาพ โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการกำหนดวัตถุประสงค์จนถึงการจัดทำเอกสารรายงานการวิจัย



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ประชากรที่ใช้การวิจัยคือ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการขอใช้ยานพาหนะโดยทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการออกแบบระบบฐานข้อมูล ได้แก่ พนักงานแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก เท่านั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบไปด้วย การตรวจสอบและการเก็บข้อมูลขอการขอใช้ยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะ กรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลก ซึ่งมีรายละเอียดของเครื่องมือแต่ละแบบดังนี้

1) การตรวจสอบและเก็บข้อมูลขอการขอใช้ยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลก โดยมีเนื้อหา การขอยืมยานพาหนะออกไปราชการนอกพื้นที่ หรือเขตราชการต่างๆ

2) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะ กรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลก เป็นแบบสอบถามเพื่อทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบโดยมีรูปแบบของแบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ระบบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะ กรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลก และตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ / แนวทางปรับปรุงพัฒนา

ผลการวิจัย

ในการพัฒนาระบบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะ กรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลก ผู้ทำการศึกษาได้แบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบได้ผลลัพธ์และพัฒนาดังนี้

1. วิเคราะห์ระบบงานเดิม

ผู้ทำการศึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับการใช้ยานพาหนะ การคำนวณหาค่าน้ำมันต่อการวิ่งต่อหนึ่งระยะทาง โดยผู้ศึกษาได้ใช้แบบวิเคราะห์เพื่อการวิจัย **ซึ่งสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้**

1) ปัญหาที่พบจากการใช้รถของมหาวิทยาลัยฯ พบว่าข้อมูลที่คนขับรถแจ้งให้กับผู้ดูแลไม่ตรงกันโดยเฉพาะระยะทางแต่ละรอบซึ่งจุดหมายในการเดินทางเป็นสถานทีkเดียวกัน

2) ปัญหาที่พบจากการใช้รถของมหาวิทยาลัยฯพบว่าข้อมูลการใช้น้ำมันในการเดินทางแต่ละครั้งไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นสถานที่เดียวกัน

3) ปัญหาที่พบในการรายงานการใช้รถของมหาวิทยาลัยในแต่ละปี ซึ่งพบว่าการสรุปข้อมูลเป็นไปด้วยความลำบากเนื่องจากการเก็บข้อมูลที่ผ่านมาขาดข้อมูลบางส่วนที่จะนำมาสรุป เช่น ราคาน้ำมัน ณ.ช่วงเวลานั้นเป็นต้น

2. ขั้นตอนการดำเนินการของระบบใหม่

ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลซึ่งได้จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องการค้นคว้า การศึกษา และการสังเกตในลักษณะงานและในลักษณะสารสนเทศที่ผู้ใช้ได้รับรวมทั้งอุปสรรคที่พบในปัจจุบันมาเรียบเรียงเป็นลำดับขั้นตอนในการทำงานเพื่อมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และออกแบบพัฒนาระบบในขั้นต่อไป

1) งานจัดการข้อมูลคนขับยานพาหนะ (บันทึกข้อมูลที่ขับยานพาหนะ และตรวจสอบ/แก้ไขข้อมูลคนขับยานพาหนะ)

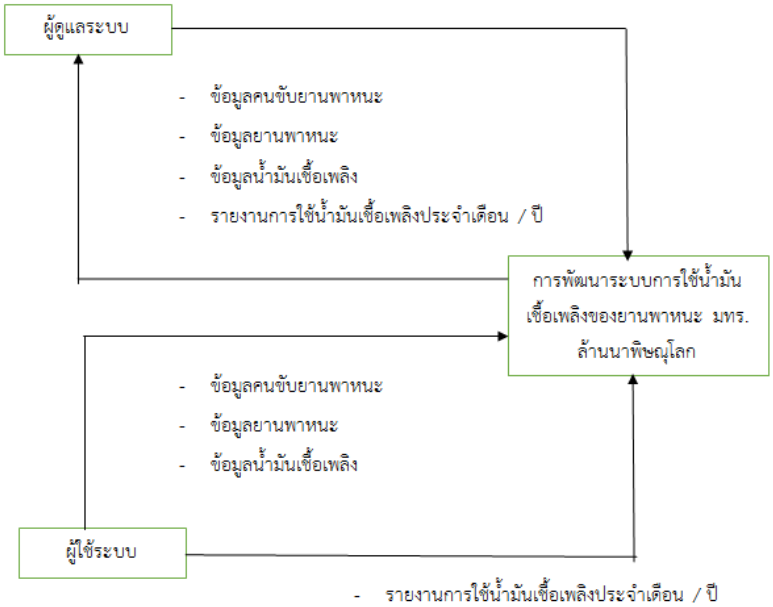
2) งานจัดการข้อมูลยานพาหนะ **(**บันมึกข้อมูลยานพาหนะ และรายละเอียดของการใช้ยานพาหนะ)

3) งานจัดการข้อมูลน้ำมันเชื้อเพลิง (บันทึกข้อมูลน้ำมันเชื้อเพลิง บันทึกข้อมูลราคาน้ำมันเชื้อเพลิงประจำเดือน/ปี รายละเอียดของน้ำมันเชื้อเพลิง/ระยะทาง และตรวจสอบ/แก้ไขข้อมูลน้ำมันเชื้อเพลิง)

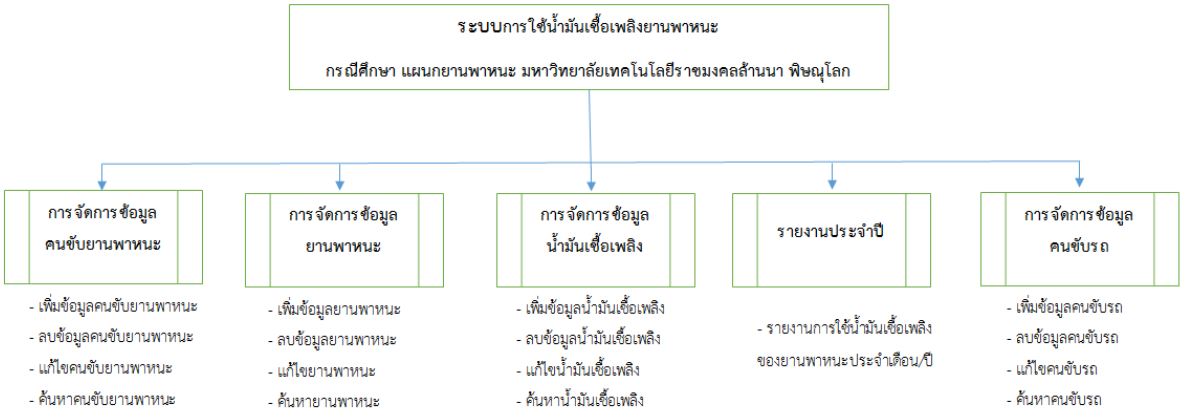
4) ข้อมูลรายงานการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประจำเดือน/ปี (สรุปรายงานการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะประจำเดือน/ปี)

3. การออกแบบระบบ

เมื่อทำการวิจัยวิเคราะห์ข้อมูลของระบบเสร็จสิ้น ได้นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้นำมาทำการออกแบบระบบ โดยแสดงดังภาพที่ 2 ถึง ภาพที่ 8 ดังนี้



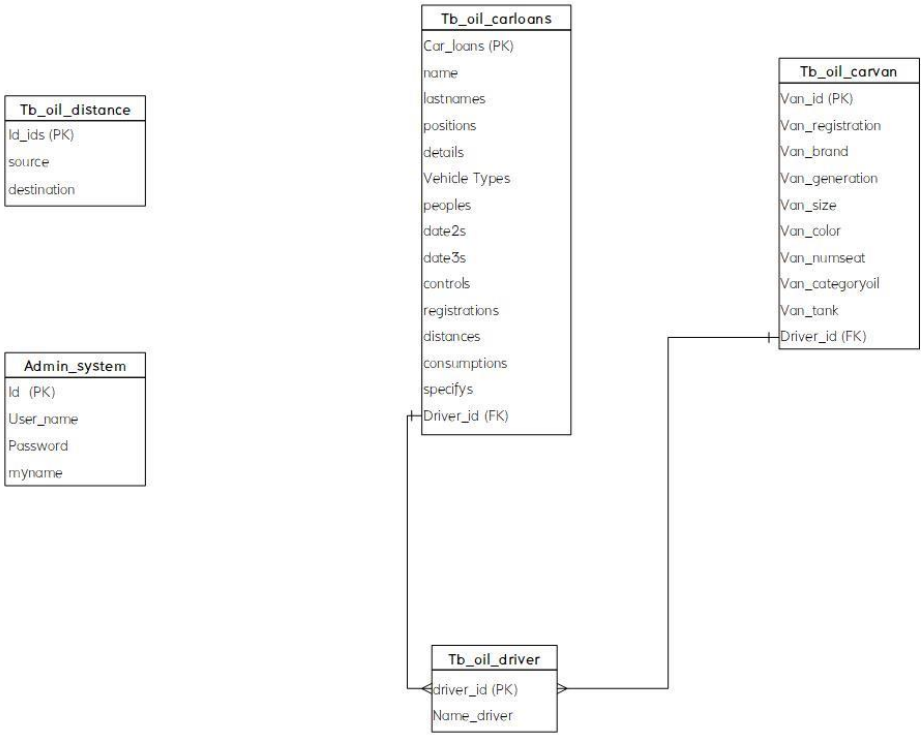
ภาพที่ 2 แผนภาพบริบท (Context Diagram) ของระบบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะ กรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนา พิษณุโลก



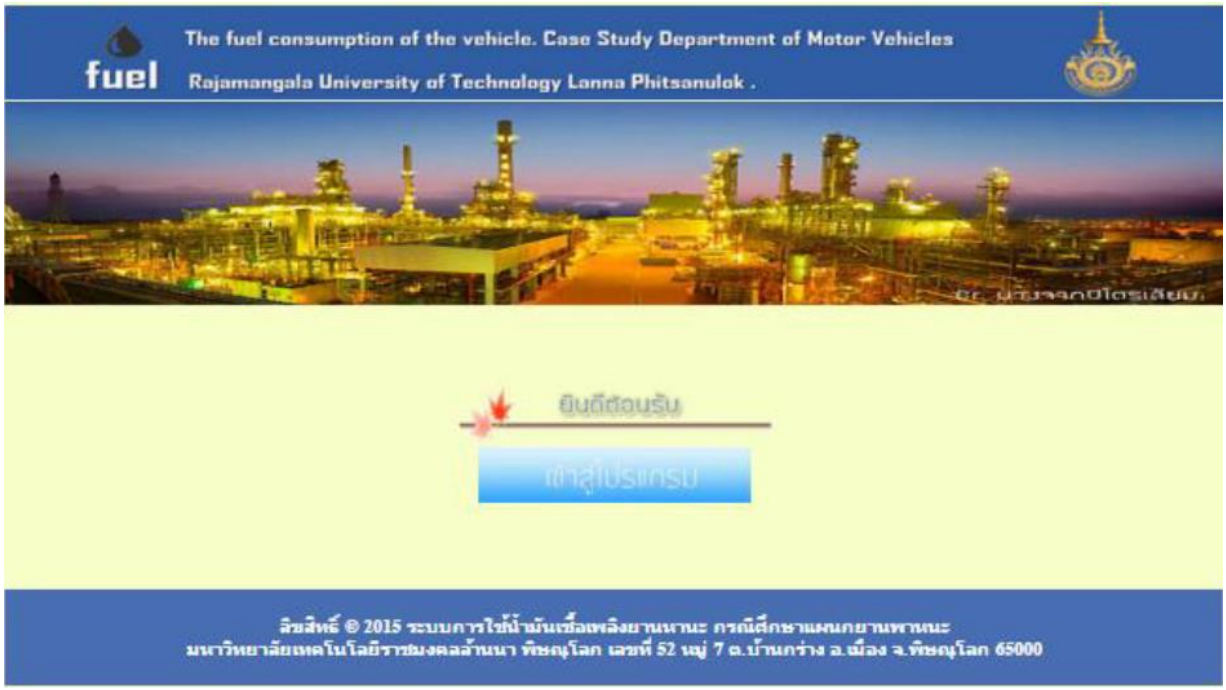
ภาพที่ 3 Process Hierarchy Chat ของระบบฯ



ภาพที่ 4 Data Flow Diagram ของระบบฯ



ภาพที่ 5 E-R Diagram ของระบบฯ



ภาพที่ 6 แสดงหน้าแรกของระบบฯ



ภาพที่ 7 แสดงหน้า CALCULATE คำนวณระยะทาง



ภาพที่ 7 แสดงหน้า CARS ข้อมูลยานพาหนะ

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาและพัฒนาระบบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะ กรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนา พิษณุโลก เป็นการพัฒนาระบบเพื่อแก้ปัญหาการทำงานของแผนกยานพาหนะ ในส่วนของการนำข้อมูลระยะทางและเส้นทางทั้งหมดหามาจาก Google Earth และการออกสำรวจระยะทางอื่นๆ เพื่อนำมาหาอัตราการสิ้นเปลือง

ของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ *กาลเวลา มูลเกตุ (2556)* ทำงานวิจัยเรื่องการพัฒนาโปรแกรมการจัดการการขนส่งโดยประยุกต์ วิธีการของ Saving Matrix กรณีศึกษา: แพ ต.โชครุ่งระวี การวิจัยมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของยานพาหนะที่ซับซ้อนและมีต้นทุนสูง เพื่อใช้ระยะทางขนส่งให้น้อยที่สุด ประหยัดที่สุด พร้อมทั้งหาแนวทางพัฒนาประสิทธิภาพของการขนส่ง โดยพัฒนาโปรแกรม Saving Matrix การวิจัยเริ่มจากการศึกษาการขนส่งแบบเดิมของกิจการ แพ ต.โชครุ่งระวี และยกตัวอย่างตารางการขนส่งในวันที่ 16 มีนาคม 2556 มาคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงและคำนวณระยะทาง จากนั้นทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สนับสนุน ระบบ Saving Matrix เพื่อนำมาใช้ด้านการขนส่ง จากนั้นนำระบบการขนส่งแบบเดิมและแบบใหม่ที่ได้จากการวิจัย มาเปรียบเทียบต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงและจำนวนระยะทาง ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ระบบงานขนส่งแบบใหม่ที่มีการพัฒนาแล้วส่งผลให้ลดต้นทุนค่าน้ำมันได้ 6,761 บาทหรือ 36.08% และยังสามารถลดระยะทางการขนส่งได้ถึง 1,543 กิโลเมตรหรือ 43.15% และ*เสกสรรค์ วินยางค์กูลและคณะ (2557)* ทำการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ตัวแบบปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน กรณีศึกษา :การจัดเส้นทางรถรางนาเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย พบว่าวิธีการที่ใช้โปรแกรมเชิงเส้นได้คำตอบของระยะทางรวมที่ 5,510 เมตร ส่วนการใช้วิธีการเปรียบเทียบการประหยัด ได้คาตอบของระยะทางรวมที่ 5,850 เมตรซึ่งวิธีการใช้โปรแกรมเชิงเส้น ในการหาคาตอบสามารถให้คาตอบที่ดีกว่า ซึ่งจะมีระยะทางรวมที่สั้นกว่า 550 เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 9.075และเมื่อเปรียบเทียบระยะทางรวมของเส้นทางเดิมที่รถรางใช้วิ่งในปัจจุบันคือ 6,060 เมตร ซึ่งจะได้คาตอบของเส้นทางที่สั้นกว่าเส้นทางเดิม

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตและแนวทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

1. ข้อมูลขอองการใช้ยานพาหนะควรใส่หมายเหตุของการไปราชการต่าง ๆ เพื่อที่จะได้สะดวกต่อการตรวจสอบความถูกต้องต่อไป

2. ควรมีการเพิ่มในส่วนของการคำนวณโดยไม่ต้องใช้หมายเลขทะเบียนรถ แต่สามารถคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองของระยะทางได้เลย

สรุปผลการวิจัย

จากการทำงานวิจัยครั้งนี้ได้พบว่าระบบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะกรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้นในการเก็บข้อมูลการขอใช้ยานพาหนะ ข้อมูลคนขับยานพาหนะ ข้อมูลรายละเอียดราคาน้ำมันแบบออนไลน์ ข้อมูลยานพาหนะ ข้อมูลสรุปรายงานการใช้ยานพาหนะประจำเดือนต่อปี และข้อมูลอื่นๆ ภายในระบบได้เป็นอย่างดี และลดการสูญหายของข้อมูลได้เป็นอย่างดี พร้อมทั้งรายงานในการคำนวณใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะกรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลก โดยมีการจัดการทำงานดังต่อไปนี้

1. ผู้ดูแลระบบหรือผู้ใช้ระบบสามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหา ข้อมูลต่างๆ ภายในระบบได้ เช่น ข้อมูลการขอใช้ยานพาหนะ ข้อมูลยานพาหนะ ข้อมูลคนขับยานพาหนะ ข้อมูลสรุปรายงานการใช้ยานพาหนะประจำเดือนต่อปี ข้อมูลราคาน้ำมันเชื้อเพลิงแบบออนไลน์ รวมทั้งสามารถตรวจสอบอัตราสิ้นเปลืองของการใช้ยานพาหนะแต่ละการเดินทางได้อย่างรวดเร็ว ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบการขอใช้ยานพาหนะหรือกิจกรรมต่างๆ ของบุคคลที่ทำการขอใช้ยานพาหนะ

2. ผู้ดูแลระบบหรือผู้ใช้ระบบสามารถแก้ข้อมูลการบันทึกการขอใช้ยานพาหนะ ค้นหาข้อมูลต่างๆ ตรวจสอบรายละเอียดของข้อมูลต่างๆ ระบบสามารถทำการคำนวณอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้อัตโนมัติ

3. ผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ระบบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะกรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลก พบว่า ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระบบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะกรณีศึกษาแผนกยานพาหนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลก ในระดับมาก โดยระบบที่สามารถใช้งานได้ง่าย ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ มีการแสดงผลข้อมูลต่างๆ อย่างถูกต้อง และมีความปลอดภัยในการจัดการข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยคำแนะนำคำปรึกษาและคอยดูแลจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์คัชรินทร์ ทองฟัก ที่ให้โอกาส คอยให้ความดูแลเอาใจใส่ แนะนำและให้ความช่วยเหลือเสมอมา ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ ประจำภาคสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ทุกๆ ท่านที่ได้ให้คำแนะนำประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ผู้จัดทำ

เอกสารอ้างอิง

กาลเวลา มูลเกตุ. (2556). **การพัฒนาโปรแกรมการจัดการการขนส่งโดยประยุกต์ วิธีการของ Saving Matrix กรณีศึกษา: แพ ต.โชครุ่งระวี.** [ออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.mlog.mut.ac.th/IS/2555/23.pdf

เสกสรรค์ วินยางค์กูล และคณะ. (2557). การประยุกต์ตัวแบบปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน กรณีศึกษา :การจัดเส้นทางรถรางนาเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.** Vol 7 No 2 (2014): กรกฎาคม - ธันวาคม 2557, 85-97.

การศึกษาชนิดสเปกตรัมดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50
The Study of Spectrum Type of Star in M50 Cluster

เปรมฤทัย ละเอียด* รณกฤต รัตนมาลา
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา นครราชสีมา
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา นครราชสีมา
*corresponding author: Ipremruethai@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 โดยทำการเก็บข้อมูลกระจุกดาว M50 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน และแสงสีที่ตามองเห็น ที่เชื่อมต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์ขนาด 70 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 2,892.023 เคลวิน ถึง 10,713.97 เคลวิน ซึ่งจัดเป็นชนิดสเปกตรัม B, A, F, G, K และ M และมีค่า Bolometric correction อยู่ระหว่าง -3.51 ถึง -0.08

คำสำคัญ : กระจุกดาว M50 กระจุกดาว กระจุกดาวเปิด

Abstract

This research was aimed to study of spectrum type of star in M50 cluster. The data were observed at Regional Observatory for the Public Nakhon Ratchasima, Nationnal Astronomical Research Institute of Thailand(Public Organization) by CCD photometer in blue and visible lights connected to a 70 cm reflecting telescope. The result of stars in M50 cluster were B, A, F, G, K and M type of spectrum and the effective temperature between 2,892.023 K and 10,713.97 K. The Bolometric correction of stars in M50 cluster calculated was between -3.51 and -0.08.

Keyword : M50 clusters, Clusters, Open clusters

บทนำ

ดาวฤกษ์เกิดจากการยุบตัวของก๊าซไฮโดรเจนอย่างมหาศาลในอวกาศ และบริเวณแกนกลางมีอุณหภูมิสูงมากจนเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ขึ้น โดยส่วนใหญ่การศึกษาดาวฤกษ์จะศึกษาจากกระจุกดาว เนื่องจากกระจุกดาวจะเป็นบริเวณที่มีดาวฤกษ์อาศัยอยู่ร่วมกันภายใต้สนามความโน้มถ่วงเดียวกัน และมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน เพราะเกิดจากกลุ่มก๊าซเดียวกัน อย่างไรก็ตามดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเดียวกันอาจมีอุณหภูมิ และชนิดสเปกตรัมแตกต่างกัน ถึงแม้เกิดจากก้อนก๊าซเดียวกันก็ตาม(บุญรักษา สุนทรธรรม, 2532)

กระจุกดาว M50 (NGC 2323) มีตำแหน่ง R.A. 07^{h} 02^{m} 47.5^{s} DEC. -08^{o} 20’ 16” (Simbad Astronomical Database, 2018) จากการศึกษาดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 จำนวน 175 ดวง ของ Claria, J.J., Piatti, A.E. และ Lapasset, E. ในปี ค.ศ.1998 พบว่ามีดาวฤกษ์พวกดาวยักษ์ (Giant) ดาวยักษ์แดง (Red Giant) อยู่ในกระจุกดาว M50 และคำนวณระยะทางได้ 940 พาร์เซก มีอายุ 100$\pm$20 เมกกะปี(Myr) (Claria, J.J., Piatti, A.E. and Lapasset, E.,1998) จากนั้น Kalirai, J.S., Fahlman, G.G., Richer, H.B. และ Ventura, P. ได้ศึกษากระจุกดาว M50 แล้วรายงานว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 มีประมาณ 2,100 ดวง มีโชติมาตรในช่วงแสงสีที่ตามมองเห็น 23 มีอายุประมาณ 130 เมกกะปี และมีระยะห่าง 1,000 พาร์เซก และยังพบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 มีดาวแคระ(Dwarf)(Kalirai, J.S., Fahlman, G.G., Richer, H.B. และ Ventura, P., 2003) ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมายังไม่มีรายงานเกี่ยวกับชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 ดังนั้นการศึกษาดาวฤกษ์ในครั้งนี้จะเป็นการศึกษาชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ โดยการเทียบอุณหภูมิยังผล (Effective temperature)

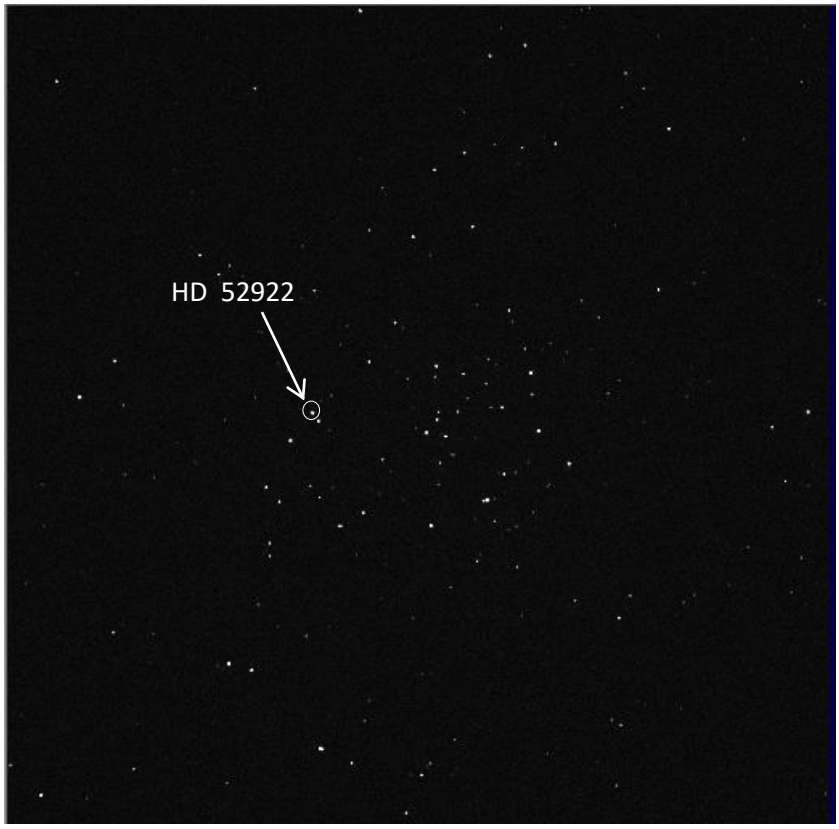
วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บข้อมูลของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 จะเก็บข้อมูล ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ (CCD photometer) ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (B) และ แสงสีที่ตามองเห็น (V) ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร ในคืนวันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 จากนั้นทำการกำจัดสัญญาณรบกวนข้อมูลภาพถ่าย (Reduction Images) ด้วยโปรแกรม IRIS แล้วทำการวัดความเข้มแสงของดาวฤกษ์ด้วยด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool โดยใช้ดาว HD 52922 (B=9.34, V=9.29) เป็นดาวเปรียบเทียบ ดังภาพที่ 1 และคำนวณอุณหภูมิยังผลจากสมการ 1 แล้วจึงจำแนกชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ และคำนวณค่า Bolometric correction คำนวณจากสมการที่ 2(Larry Bogan, 1998)

$$\frac{1}{T_{eff}} = \left(9.5230\times10^{-5}\right) + \left(1.32488\times10^{-4}\right)\left(B-V\right) \qquad (1)$$

$$BC = -8.499\,[\log(T_{eff})- 4]^4 + 13.421[\log(T_{eff})- 4]^3 - 8.131[\log(T_{eff})- 4]^2 - 3.901\,[\log(T_{eff})- 4] - 0.438 \qquad (2)$$

โดย T_{eff} คือ อุณหภูมิยังผล หน่วย เคลวิน
B-V คือ ดัชนีสี (สุพรรณี ไพรศรีจันทร์,2549)
BC คือ Bolometric correction

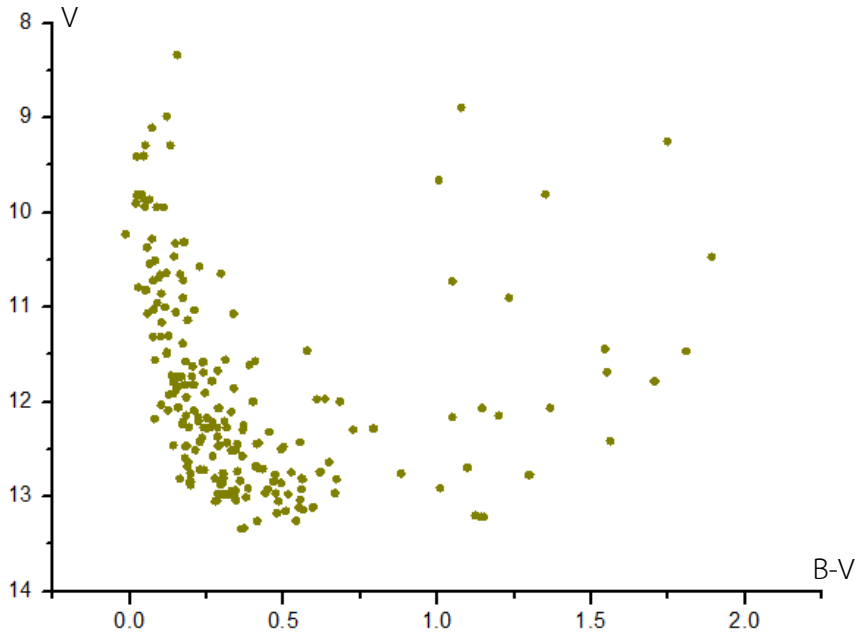


ภาพที่ 1 กระจุกดาว M50 และดาวเปรียบเทียบ

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ภาพกระจุกดาว M50 ด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool สามารถวิเคราะห์ดาวฤกษ์ได้ 377 ดวง ซึ่งข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาปรับค่าโชติมาตรปรากฏ แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีสี (B-V) และเขียนกราฟ

HR-Diagram ของกระจุกดาว M50 แสดงดังภาพที่ 2 และคำนวณหาค่าอุณหภูมิยังผล ตลอดจนจัดจำแนกชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50



ภาพที่ 2 แผนภาพ HR-Diagram ของกระจุกดาว M50

จากภาพที่ 2 แผนภาพ HR Diagram ของกระจุกดาว M50 ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในครั้งนี้ โดยแกน X เป็นค่าดัชนีสี(B-V) แลน Y เป็นค่าโชติมาตรปรากฏในช่วงความยาวคลื่นสีที่ตามองเห็น(V) พบว่าดาวฤกษ์ส่วนใหญ่อยู่ในแถบลำดับหลัก(Main sequence) และจากค่าอุณหภูมิยังผลสามารถคำนวณค่า Bolometric correction ของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 ได้อยู่ระหว่าง -3.51 ถึง -0.08

อภิปรายผล

จากค่าดัชนีสีแล้วนำมาคำนวณหาค่าอุณหภูมิยังผลจากสมการที่ 1 พบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 มีอุณหภูมิยังผลระหว่าง 2,892.023 เคลวิน ถึง 10,713.97 เคลวิน และจำแนกชนิดสเปกตรัมได้เป็น B, A, F, G, K และ M จำนวน 12 ดวง, 192 ดวง, 98 ดวง, 32 ดวง, 27 ดวง และ 13 ดวง ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ทำให้ทราบว่าดาวฤกษ์มีหลากหลายชนิดสเปกตรัมถึงจะอยู่ในกระจุกดาวเดียวกัน ซึ่งเป็นผลมาจากการก่อกำเนิด และการวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ และดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 ส่วนใหญ่อยู่ในแถบลำดับหลัก และมีค่า Bolometric correction อยู่ระหว่าง -3.51 ถึง -0.08

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 พบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 มีชนิดสเปกตรัม B, A, F, G, K และ M จำนวน 12 ดวง, 192 ดวง, 98 ดวง, 32 ดวง, 27 ดวง และ 13 ดวง ตามลำดับ ซึ่งมีอุณหภูมิยังผลอยู่ระหว่าง 2,892.023 เคลวิน ถึง 10,713.97 เคลวิน และดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M50 ส่วนใหญ่อยู่ในแถบลำดับหลัก มีค่า Bolometric correction อยู่ระหว่าง -3.51 ถึง -0.08

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2532). **ดาราศาสตร์ทั่วไป เล่ม 1.** ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุพรรณี ไพรศรีจันทร์. (2549). **สมบัติทางกายภาพของกระจุกดาวเปิด เอ็ม15**: การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลับเชียงใหม่.

Claria, J.J., Piatti, A.E. and Lapasset, E. (1998). Photometric study of the open cluster NGC2323. **Astronomy and Astrophysics Supplement Series**. 128, 131-138.

Kalirai, J.S., Fahlman, G.G., Richer, H.B. และ Ventura, P. (2003). THE CFHT OPEN STAR CLUSTER SURVEY. IV. TWO RICH, YOUNG OPEN STAR CLUSTER: NGC2168(M35) AND NGC2323(M50). **The Astronomical Journal.** 126,1402-1414.

Larry Bogan. (1998). **The Hertzsrung-Russell Diagram(HR Diagram) as related to Stellar Radius and Temperature.** Retrieved http://www.bogan.ca/astro/stars/star_lum.html.

Simbad Astronomical Data Base. (2018). Retrieved http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/.

นอน-ดีเทอร์มินิสติค ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้นสำหรับระบบพีชคณิต ชนิด $\big((n);(n)\big)$

NON-DETERMINISTIC LINEAR-HYPERSUBSTITUTIONS FOR ALGEBRAIC SYSTEMS OF TYPE $\big((n);(n)\big)$

จินตนา จูมวงษ์* และ ดารา ภูสง่า
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
*corresponding author e-mail : jintana@mju.ac.th

บทคัดย่อ

นอน-ดีเทอร์มินิสติค ไฮเพอร์สับสติติวชั่นสำหรับระบบพีชคณิตชนิด $\big((n);(n)\big)$ส่งสัญลักษณ์การดำเนินการไปยังเซตของเทอม และส่งสัญลักษณ์ของความสัมพันธ์ไปยังฟอร์มูลาที่ยังคงรักษาอันดับชั้น นอน-ดีเทอร์มินิสติค ไฮเพอร์สับสติติวชั่นสำหรับระบบพีชคณิต ชนิด $\big((n);(n)\big)$จะเรียกว่า เชิงเส้น ถ้าการส่งนี้ส่งสัญลักษณ์การดำเนินการไปยังเซตของเทอมเชิงเส้น และส่งสัญลักษณ์ของความสัมพันธ์ไปยังฟอร์มูลาเชิงเส้น บนเซตของเทอมเชิงเส้น ในงานนี้ได้แสดงว่า ส่วนขยายของนอน-ดีเทอร์มินิสติคไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้น สำหรับระบบพีชคณิตชนิด $\big((n);(n)\big)$เป็นการส่งเซตของเทอมเชิงเส้นไปยังเซตของเทอมเชิงเส้น และส่งเซตของฟอร์มูลาเชิงเส้นไปยังเซตของฟอร์มูลาเชิงเส้น เป็นผลให้ชุดของนอน-ดีเทอร์มินิสติคไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้นทั้งหมดกับการดำเนินการทวิภาคเป็นโมนอยด์

คำสำคัญ : เทอม ฟอร์มูลา ไฮเปอร์สับสติติวชัน ระบบพีชคณิต และโมนอยด์

Abstract

A non-deterministic hypersubstitution for algebraic systems of type $\big((n);(n)\big)$ maps operation symbols to set of terms and maps relational symbols to formulas over set of terms corresponding arity. A non-deterministic hypersubstitution for algebraic systems of type $\big((n);(n)\big)$ is said to be *linear* if it maps any operation symbols to a set of linear-terms and maps relational symbols to a linear formula over set of linear-terms corresponding arity. We have shown that the extension of non-deterministic linear-hypersubsttutions for algebraic systems of type $\big((n);(n)\big)$ maps sets of linear terms to sets of linear terms and linear formulas over set of linear-terms to linear formulas over set of linear-terms. As a consequence, the collection of all non-deterministic linear-hypersubstitutions for algebraic systems forms a monoid.

Keywords : term, formula, hypersubstitution, algebraic system and monoid.

บทนำ

ระบบพีชคณิต (algebraic system) ชนิด $\big((n);(n)\big)$ คือ โครงสร้าง $\underline{A} = (A; f^A, \gamma^A)$ ที่ประกอบด้วย A เป็นเซตที่ไม่เป็นเซตว่าง (non-empty set) การดำเนินการ(operations) f^A บนA ที่ซึ่ง $f^A: A^n \to A$ เป็นการดำเนินการอันดับ n และเรียก n ว่า **ลำดับชั้น** (arity) ของ f^A และ γ^A ของ **ความสัมพันธ์**(relations) บน A ที่ $\gamma^A \subseteq A^n$ เป็นความสัมพันธ์อันดับ n และ

เรียก n ว่า **ลำดับชั้น** ของ A คู่อันดับ $((n);(n))$ โดยที่เรียก $(n) = f^A$ และ $(n) = \gamma^A$ สำหรับ $n \in N$ ว่า **ชนิด**(type) ของระบบพีชคณิต A สมบัติต่างๆของระบบพีชคณิตถูกอธิบาย โดยผ่าน **เทอม** (term) และ **ฟอร์มูลา**(formula) การให้ความหมายเทอมและฟอร์มูลาต้องอาศัย **ตัวแปร**(variables) **สัญลักษณ์ของการดำเนินการ**(operation symbols) และ **สัญลักษณ์ของความสัมพันธ์**(relational symbols) (ดู[1])

ในงานนี้ต้องการแสดงว่า ส่วนขยายของนอน-ดีเทอร์มินิสติคไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้น สำหรับระบบพีชคณิตชนิด $((n);(n))$เป็นการส่งเซตของเทอมเชิงเส้นไปยังเซตของเทอมเชิงเส้น และส่งเซตของฟอร์มูลาเชิงเส้นไปยังเซตของฟอร์มูลาเชิงเส้น เป็นผลให้ชุดของนอน-ดีเทอร์มินิสติคไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้นทั้งหมดกับการดำเนินการทวิภาคเป็นโมนอยด์

วิธีดำเนินการวิจัย

ความรู้พื้นฐาน (Preliminaries)

ให้ $n \in N$ และสมมติให้ f เป็นสัญลักษณ์การดำเนินการ เราให้ $X_n := \{x_1, \dots x_n\}$

บทนิยาม 1. เทอมอันดับ n ชนิด (n) (n -ary term of type (n)) นิยามโดยอุปนัยดังนี้

1) ตัวแปร $x_i \in X_n$ ทุก $1 \le i \le n$ เป็น เทอมอันดับ n ชนิด (n)

2) ถ้า $t_1, \dots, t_n$ เป็น เทอมอันดับ n ชนิด (n) และ f เป็นสัญลักษณ์การดำเนินการ ชนิด (n)แล้ว $f(t_1, \dots, t_n)$ เป็นเทอมอันดับ n ชนิด (n)

ให้สัญลักษณ์ $W_{(n)}(X_n)$ แทนเซตของเทอมอันดับ n **ชนิด** (n) ทั้งหมด (ดู[3])

บทนิยาม 2. ให้ $n \in N$ **ซุปเปอร์โพสิชันของเทอม** (superposition of terms)

$$S^n\colon W_{(n)}(X_n) \times (W_{(n)}(X_n))^n \to W_{(n)}(X_n)$$

คือ การส่งเทอมอันดับ n กับ n ตำแหน่งของเทอมอันดับ n ไปยังเทอมอันดับ n ที่นิยามโดยอุปนัย ดังนี้

1) $S^n(x_i, t_1, \dots, t_n) := t_i$ เมื่อ $1 \le i \le n$

2) $S^n(f(s_1, \dots, s_n), t_1, \dots, t_n) := f(S^n(s_1, t_1, \dots, t_n), \dots, S^n(s_n, t_1, \dots, t_n))$

ใน [2] ได้แสดงให้เห็นว่า S^n สอดคล้องกับ (C1) (C2) และ (C3) ดังนี้

(C1) $S^n(q, S^n(t_1, s_1, \dots, s_n), \dots, S^n(t_n, s_1, \dots, s_n))$
$:= S^n(S^n(q, t_1, \dots, t_n), s_1, \dots, s_n)$
เมื่อ $q, t_1, \dots, t_n, s_1, \dots, s_n \in W_{(n)}(X_n)$

(C2) $S^n(x_i, t_1, \dots, t_n) := t_i$ เมื่อ $1 \le i \le n$

(C3) $S^n(t, x_1, \dots, x_n) := t$

ต่อไปเราจะให้นิยามเทอมเชิงเส้น n ชนิด (n) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการปรากฏตัวแปรในเทอม $t \in W_{(n)}(X_n)$ จึงกำหนดสัญลักษณ์ $var(t)$ แทนเซตของตัวแปรทั้งหมดที่ปรากฏในเทอม $t \in W_{(n)}(X_n)$

บทนิยาม 3. เทอมเชิงเส้นอันดับ n ชนิด (n) (n - ary liner term of tpye (n)) นิยามโดยอุปนัยดังนี้

1) ตัวแปร $x_i \in X_n$ ทุก $1 \le i \le n$ เป็น เทอมเชิงเส้นอันดับ n ชนิด (n)

2) ถ้า $t_1, \dots, t_n$ เป็น เทอมเชิงเส้นอันดับ n ชนิด (n) และ $var(t_j) \cap var(t_k) = \emptyset$
ทุก $1 \le j < k \le n$ แล้ว $f(t_1, \dots, t_n)$ เป็นเทอมเชิงเส้นอันดับ n ชนิด (n)

กำหนดสัญลักษณ์ $W_{(n)}^{lin}(X_n)$ แทนเซตของเทอมเชิงเส้นอันดับ n ชนิด (n) ทั้งหมด และ
$W_{(n)}^{lin}(X) := \bigcup_{n \ge 1} W_{(n)}^{lin}(X_n)$ แทนเซตของเทอมเชิงเส้นชนิด (n) ทั้งหมด

เราจะสังเกตเห็นได้ว่า $W_{(n)}^{lin}(X) \subseteq W_{(n)}(X)$ (ดู[5])

ตัวอย่าง 4. สำหรับ (n) = (2) และสัญลักษณ์การดำเนินการทวิภาค f

ให้ $X_2 = \{x_1, x_2\}$ จะได้ตัวอย่างเทอมเชิงเส้นอันดับ 2 ชนิด (2) ดังนี้

$W_{(2)}^{lin}(X_2) = \{x_1, x_2, f(x_1, x_2), f(x_2, x_1)\}$

ประพจน์ 5. ให้ $f(t_1, \dots, t_n) \in W_{(n)}^{lin}(X_n)$ และ$s_1, \dots, s_n \in W_{(n)}^{lin}(X_n)$ โดยที่ $var(s_j) \cap var(s_k) = \emptyset$ สำหรับ $1 \leq j < k \leq n$ แล้ว $S^n(f(t_1, \dots, t_n), s_1, \dots, s_n) \in W_{(n)}^{lin}(X_n)$

พิสูจน์ จากการส่ง

$$S^n(f(t_1, \dots, t_n), s_1, \dots, s_n) \coloneqq f(S^n(t_1, s_1, \dots, s_n), \dots, S^n(t_n, s_1, \dots, s_n))$$

ต้องการแสดงว่า

1) $S^n(t_j, s_1, \dots, s_n) \in W_{(n)}^{lin}(X_n)$ สำหรับ $1 \leq j \leq n$ และ

2) $var(S^n(t_j, s_1, \dots, s_n)) \cap var(S^n(t_k, s_1, \dots, s_n)) = \emptyset$ สำหรับทุก $1 \leq j < k \leq n$

1) เนื่องจาก t_j เป็นเทอมเชิงเส้น ดังนั้นตัวแปรใน X_n จะปรากฏใน t_j เพียงครั้งเดียวเท่านั้นทุก $1 \leq j \leq n$ ทำให้สามารถแทนที่ตัวแปรเหล่านี้ลงในเทอม $s_1, \dots, s_n$

แต่ $s_1, \dots, s_n$ เป็นเทอมเชิงเส้นและ $var(s_j) \cap var(s_k) = \emptyset$ สำหรับ $1 \leq j < k \leq n$ ทำให้ได้ว่าในเทอม $S^n(t_j, s_1, \dots, s_n)$ จะปรากฏตัวแปรใน X_n เพียงครั้งเดียว ดังนั้น $S^n(t_j, s_1, \dots, s_n)$ เป็นเทอมเชิงเส้น

2) เนื่องจาก $f(t_1, \dots, t_n) \in W_{(n)}^{lin}(X_n)$ ดังนั้นจากนิยามของเทอมเชิงเส้นจะได้ว่า $var(t_j) \cap var(t_k) = \emptyset$ สำหรับ $1 \leq j < k \leq n$ และจาก $var(s_j) \cap var(s_k) = \emptyset$ สำหรับ $1 \leq j < k \leq n$ ทำให้ได้ว่าในเทอม $S^n(t_j, s_1, \dots, s_n)$ และ $S^n(t_k, s_1, \dots, s_n)$มีตัวแปรที่แตกต่างกัน นั่นคือ $var(S^n(t_j, s_1, \dots, s_n)) \cap var(S^n(t_k, s_1, \dots, s_n)) = \emptyset$ ∎

บทนิยาม 6. ให้ $n \in N$ **ซุปเปอร์โพสิชันของเทอมเชิงเส้น** (superposition of linear-terms)

$$\bar{S}^n : W_{(n)}^{lin}(X_n) \times (W_{(n)}^{lin}(X_n))^n \to W_{(n)}^{lin}(X_n)$$

คือการส่งที่นิยามดังนี้

$$\bar{S}^n(t, s_1, \dots, s_n) = \begin{cases} S^n(t, s_1, \dots, s_n) & \text{ถ้า } var(s_j) \cap var(s_k) = \emptyset \text{ สำหรับ } 1 \leq j < k \leq n \\ \text{ไม่นิยาม} & \text{ถ้าเป็นกรณีอื่น} \end{cases}$$

จะได้ว่า $\bar{S}^n$ สอดคล้องกับ (C1) (C2) และ (C3)

บทนิยาม 7. ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้น ชนิด (n) (linear-hypersubstitution of type(n)) คือ การส่ง $\sigma: \{f\} \to W_{(n)}^{lin}(X_n)$ ที่รักษาลำดับชั้น โดยที่ f เป็นสัญลักษณ์การดำเนินการ ชนิด (n)

กำหนดสัญลักษณ์ $Hyp^{lin}(n)$ แทนเซตของไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้น ชนิด (n) ทั้งหมด และสำหรับแต่ละการส่ง σ สามารถขยายเป็นการส่ง $\hat{\sigma}$ ดังนี้

$$\hat{\sigma} \coloneqq W_{(n)}^{lin}(X_n) \to W_{(n)}^{lin}(X_n)$$

ซึ่งนิยามโดยอุปนัยดังนี้

1) $\hat{\sigma}[x_i] \coloneqq x_i$ เมื่อ $1 \leq i \leq n$

2) $\hat{\sigma}[f(t_1, \dots, t_n)] \coloneqq \bar{S}^n(\sigma(f), \hat{\sigma}[t_1], \dots, \hat{\sigma}[t_n]) = S^n(\sigma(f), \hat{\sigma}[t_1], \dots, \hat{\sigma}[t_n])$ โดยที่

$$var(\hat{\sigma}[t_j]) \cap var(\hat{\sigma}[t_k]) = \emptyset \text{ เมื่อ } 1 \le j < k \le n$$

สำหรับแต่ละ $\sigma \in Hyp^{lin}(n)$ เราสามารถสร้างการดำเนินการทวิภาค $\circ_{lin}$ ดังนี้

$$\circ_{lin}: Hyp^{lin}(n) \times Hyp^{lin}(n) \to Hyp^{lin}(n)$$

โดยที่ $\sigma_1 \circ_{lin} \sigma_2 := \hat{\sigma}_1 \circ \sigma_2$ สำหรับ $\sigma_1, \sigma_2 \in Hyp^{lin}(n)$

สำหรับ $\sigma_{id} \in Hyp^{lin}(n)$ เป็น ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้นชนิด (n) ที่ส่งสัญลักษณ์การดำเนินการ f ไปยังเทอมเชิงเส้น $f(x_1, \dots, x_n)$ ทำให้ได้โครงสร้าง $(Hyp^{lin}(n); \circ_{lin}, \sigma_{id})$ เป็นโมนอยด์

ผลการวิจัย

ต่อไปจะแสดงว่า เซตทั้งหมดของนอน-ดีเทอร์มินิสติคไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้นสำหรับระบบพีชคณิต ชนิด $((n);(n))$ กับ การดำเนินการทวิภาค $\circ_{nd}^{lin}$ และ ให้ σ_{id} ที่ส่งสัญลักษณ์การดำเนินการ f ไปยังเทอมเชิงเส้น $f(x_1, \dots, x_n)$ เป็นโมนอยด์ โดยจะเริ่มจากการให้ความหมายของฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้น อันดับ n ชนิด $((n);(n))$ ดังนี้

บทนิยาม 8. ให้ $n \in N$ **ฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้น อันดับ n ชนิด** $((n);(n))$ นิยามโดยอุปนัยดังนี้

1) ถ้า A_1, A_2 เป็นเซตของเทอมเชิงเส้นอันดับ n ชนิด (n) แล้ว $A_1 \approx A_2 :=$ $\{ t_1 \approx t_2 | t_1 \in A_1, t_2 \in A_2 \}$ เป็นฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้นอันดับ n ชนิด (n)

2) ถ้า $A_1, \dots, A_n$ เป็นเซตของเทอมเชิงเส้นอันดับ n ชนิด (n) และ $\hat{\gamma}$ เป็นสัญลักษณ์ของความสัมพันธ์อันดับ n แล้ว $\hat{\gamma}(A_1, \dots, A_n) := \{ \gamma(t_1, \dots, t_n) | t_i \in A_i$ และ $var(t_i) \cap var(t_j) = \emptyset$ สำหรับ $1 \le i < j \le n \}$ เป็นฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้นอันดับ n ชนิด $((n);(n))$

กำหนดสัญลักษณ์ $SF^{lin}_{((n);(n))}(X_n)$แทนเซตของฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้นอันดับn ชนิด $((n);(n))$

ซุปเปอร์โพสิชัน S^n เป็นการส่งเซตของเทอมอันดับ n กับ n ตำแหน่งของเซตของเทอมอันดับ n ไปยังเซตของเทอมอันดับ n เราสามารถขยายการส่งซุปเปอร์โพสิชันนี้สู่การส่งซุปเปอร์โพสิชัน $\hat{S}_n$ ซึ่งเป็นการส่งเซตของเทอมเชิงเส้นอันดับ n กับ n ตำแหน่งของเซตของเทอมเชิงเส้นอันดับ n ไปยังเซตของเทอมเชิงเส้นอันดับ n ดังนี้

ให้ $n \in N$ และ ให้ $B, B_1, \dots, B_n \in P(W^{lin}_{(n)}(X_n))$

$$\hat{S}^n : P(W^{lin}_{(n)}(X_n)) \times (P(W^{lin}_{(n)}(X_n)))^n \to P(W^{lin}_{(n)}(X_n))$$

นิยามโดยอุปนัยดังนี้

1) ถ้า $B = \{x_j\}$ สำหรับ $1 \le j \le n$ แล้ว $\hat{S}^n(\{x_j\}, B_1, \dots, B_n) := B_j$

2) ถ้า $B = \{f(t_1, \dots, t_n)\}$ และถ้าสมมติ $\hat{S}^n(\{t_j\}, B_1, \dots, B_n)$ สำหรับ $1 \le j \le n$ ที่กำหนดไว้แล้ว $\hat{S}^n(\{f(t_1, \dots, t_n)\}, B_1, \dots, B_n) := \{f(r_1, \dots, r_n) | r_j \in \hat{S}^n(\{t_j\}, B_1, \dots, B_n), 1 \le j \le n\}$

3) ถ้า B เป็นเซตที่ไม่เป็นเซตว่างที่เป็นสับเซตของ $W^{lin}_{(n)}(X_n)$ เราให้

$$\hat{S}^n(B, B_1, \dots, B_n) := \cup_{b \in B} \hat{S}^n(\{b\}, B_1, \dots, B_n)$$

ถ้ามีเซตหนึ่งใน $B, B_1, \dots, B_n$ เป็นเซตว่าง เราให้ $\hat{S}^n(B, B_1, \dots, B_n) = \emptyset$

ต่อไปจะขยายการส่ง $\hat{S}^n$ ไปยัง $\hat{R}^n$ ดังนี้

บทนิยาม 9. ซุปเปอร์โพสิชันของเซตของเทอมเชิงเส้นและฟอร์มูลาเชิงเส้นบนเซตของเทอมเชิงเส้น (superposition of sets of linear terms and linear formulas over set of linear terms)

$$\hat{R}^n: P(W^{lin}_{(n)}(X_n)) \cup SF^{lin}_{((n);(n))}(X_n) \times (P(W^{lin}_{(n)}(X_n)))^n \to P(W^{lin}_{(n)}(X_n)) \cup SF^{lin}_{((n);(n))}(X_n)$$

นิยามโดยอุปนัยดังนี้

1) ถ้า $A \in P(W_{(n)}^{lin}(X_n))$ แล้ว $\hat{R}^n(A, B_1, \dots, B_n) \coloneqq \hat{S}^n(A, B_1, \dots, B_n)$

2) ถ้า $A_1 \approx A_2 \in SF_{((n);(n))}^{lin}(X_n)$ แล้ว

$$\hat{R}^n(A_1 \approx A_2, B_1, \dots, B_n) \coloneqq \hat{S}^n(A_1, B_1, \dots, B_n) \approx \hat{S}^n(A_2, B_1, \dots, B_n)$$

3) ถ้า $\hat{\gamma}(A_1, \dots, A_n) \in SF_{((n);(n))}^{lin}(X_n)$ แล้ว

$$\hat{R}^n(\hat{\gamma}(A_1, \dots, A_n), B_1, \dots, B_n) \coloneqq \hat{\gamma}(\hat{S}^n(A_1, B_1, \dots, B_n), \dots, \hat{S}^n(A_n, B_1, \dots, B_n)$$

โดยที่ $\hat{R}^n$ สอดคล้องกับ (SFC1) (SFC2) และ (SFC3) ดังนี้

(SFC1) $\hat{R}^n\big(\hat{R}^n(\beta, A_1, \dots, A_n), B_1, \dots, B_n\big)$

$$\coloneqq \hat{R}^n(\beta(\hat{R}^n(A_1, B_1, \dots, B_n), \dots, \hat{R}^n(A_n, B_1, \dots, B_n))$$

เมื่อ $\beta \in P(W_{(n)}^{lin}(X_n)) \cup SF_{((n);(n))}^{lin}(X_n)$ และ $A_1, \dots, A_n, \dots, B_1, \dots, B_n \in P(W_{(n)}^{lin}(X_n))$

(SFC2) $\hat{R}^n(\{x_i\}, B_1, \dots, B_n) \coloneqq B_i$ เมื่อ $B_1, \dots, B_n \in P(W_{(n)}^{lin}(X_n))$ และ $1 \leq i \leq n$

(SFC3) $\hat{R}^n(\beta, \{x_1\}, \dots, \{x_n\}) \coloneqq \beta$ เมื่อ $\beta \in P(W_{(n)}^{lin}(X_n)) \cup SF_{((n);(n))}^{lin}(X_n)$

บทนิยาม 10. ให้ f เป็นสัญลักษณ์การดำเนินการ ชนิด (n) และ γ เป็นสัญลักษณ์ของความสัมพันธ์ ชนิด (n) เรียก σ_{nd}^{lin} โดยที่ $\sigma_{nd}^{lin}: \{f\} \cup \{\gamma\} \to P(W_{(n)}^{lin}(X_n)) \cup SF_{((n);(n))}^{lin}(X_n)$ และยังคงรักษาลำดับชั้น ว่า **นอน-ดีเทอร์มินิสติค ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้นสำหรับระบบพีชคณิต ชนิด $((n);(n))$**

(non-deterministic linear-hypersubstitution for algebraic systems of type $((n);(n))$)

และเรียกย่อๆว่า nd-ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้นสำหรับระบบพีชคณิต

กำหนดให้ $Hyp_{nd}^{lin}((n);(n))$ เป็นเซตของ nd-ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้นสำหรับระบบพีชคณิตชนิด $((n);(n))$ ทั้งหมด

ทุก nd –ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้น σ_{nd}^{lin} สามารถขยายการส่งได้ดังนี้

$$\hat{\sigma}_{nd}^{lin} : P(W_{(n)}^{lin}(X_n)) \cup SF_{((n);(n))}^{lin}(X_n) \to P(W_{(n)}^{lin}(X_n)) \cup SF_{((n);(n))}^{lin}(X_n)$$

นิยามโดยอุปนัย ดังนี้

1) $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\emptyset] \coloneqq \emptyset$

2) $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{x_i\}] \coloneqq \{x_i\}$ ทุกตัวแปร $x_i \in X_n$

3) สำหรับ $t = f(t_1, \dots, t_n) \in W_{(n)}^{lin}(X_n)$

เรากำหนดให้ $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{f(t_1, \dots, t_n)\}] \coloneqq \hat{S}^n(\sigma_{nd}^{lin}(f), \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_1\}], \dots, \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_n\}])$

โดยที่ $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}\big[\{t_j\}\big], 1 \leq j \leq n$ ถูกกำหนดค่าแล้ว

4) $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[B] \coloneqq \bigcup_{t \in B} \big\{\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t\}]\big\}; B \subseteq W_{(n)}^{lin}(X_n)$

5) $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_1 \approx A_2] \coloneqq \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_1] \approx \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_2]$

6) $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\hat{\gamma}(A_1, \dots, A_n)] \coloneqq \hat{R}^n(\sigma_{nd}^{lin}(\hat{\gamma}), \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_1], \dots, \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_n])$

โดยที่ $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}\big[A_j\big], 1 \leq j \leq n$ ถูกกำหนดค่าแล้ว

ให้ $var(t)$ คือเซตของตัวแปรที่ปรากฏในเทอม $t \in W_{(n)}(X_n)$

และ $var(F)$ คือเซตของตัวแปรที่ปรากฏบนฟอร์มูลาอันดับ n ชนิด $((n);(n))$ ที่นิยามดังนี้

1) $var(t_1 \approx t_2) \coloneqq var(t_1) \cup var(t_2)$

2) $var(\gamma(t_1, \dots, t_n)) \coloneqq var(t_1) \cup \dots \cup var(t_n)$

บทตั้ง 1. [6] สำหรับทุกไฮเปอร์สับสติติวชันเชิงเส้น σ^{lin} จะได้ว่า $var(t) \supseteq var(\hat{\sigma}^{lin}[t])$

บทตั้ง 2. สำหรับทุก ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้นสำหรับระบบพีชคณิตชนิด $((n);(n))$ และสำหรับทุกฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้น จะได้ว่า $var(F) \supseteq var(\hat{\sigma}^{lin}[F])$

พิสูจน์ เราจะพิสูจน์บนนิยามของฟอร์มูลา

1) ถ้า F มีรูปแบบ $t_1 \approx t_2$ แล้ว $var(t_1 \approx t_2) = var(t_1) \cup var(t_2)$

$$\begin{aligned} &\supseteq var(\hat{\sigma}^{lin}[t_1]) \cup var(\hat{\sigma}^{lin}[t_2]) \\ &= var(\hat{\sigma}^{lin}[t_1] \approx \hat{\sigma}^{lin}[t_2]) \\ &= var(\hat{\sigma}^{lin}[t_1 \approx t_2]) \end{aligned}$$

2) ถ้า F มีรูปแบบ $\gamma(t_1, \dots, t_n)$ แล้ว $var(\gamma(t_1, \dots, t_n)) = var(t_1) \cup \dots \cup var(t_n)$

$$\begin{aligned} &\supseteq var(\hat{\sigma}^{lin}[t_1]) \cup \dots \cup var(\hat{\sigma}^{lin}[t_n]) \\ &= var(\hat{\sigma}^{lin}[\gamma(t_1, \dots, t_n)]) \end{aligned}$$ ■

บทตั้ง 3. ทุก nd-ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้น σ_{nd}^{lin} สำหรับระบบพีชคณิตชนิด $((n);(n))$ และทุกเซตของเทอมเชิงเส้น T จะได้ว่า $var(T) \supseteq var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[T])$

พิสูจน์ เราจะพิสูจน์ตามนิยามบนความซับซ้อนของเทอมเชิงเส้น T

1) ถ้า $T = \{x_j\}$ เมื่อ $x_j \in X$ แล้ว

$$var(T) = var\{x_j\} = var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{x_j\}] = var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\mathrm{T}])$$

2) ถ้า $T = \{f(t_1, \dots, t_n)\}$ และเราสมมติให้ $var(\{t_j\}) \supseteq var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_j\}])$ ทุก $1 \le j \le n$ แล้ว

$$\begin{aligned} var(T) &= var(\{f(t_1, \dots, t_n)\}) \\ &= \cup_{j=1}^{n} var(\{t_j\}) \\ &\supseteq \cup_{j=1}^{n} var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_j\}]) \\ &\supseteq var(\hat{S}^n(\sigma_{nd}^{lin}(f), \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_1\}], \dots, \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_n\}]) \\ &= var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{f(t_1, \dots, t_n)\}] \\ &= var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[T]) \end{aligned}$$

3) ถ้า T สับเซตที่ไม่ว่างของ $W_{(n)}^{lin}(X_n)$ แล้ว

$$\begin{aligned} var(T) &= \cup_{t \in T} var\{t\} \\ &\supseteq \cup_{t \in T} var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t\}]) \\ &= var(\cup_{t \in T} \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t\}]) \\ &= var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[T]) \end{aligned}$$

4) ถ้า T เป็นเซตว่าง แล้ว

$$\emptyset = var(T) = var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[T] = var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\emptyset]) = \emptyset$$

จาก 1)-4) จะได้ว่า $var(T) \supseteq var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[T])$ ■

บทตั้ง 4. สำหรับทุก nd-ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้น σ_{nd}^{lin} สำหรับระบบพีชคณิตชนิด $((n);(n))$ และทุกเซตของฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้น $\mathcal{F}$ จะได้ว่า $var(\mathcal{F}) \supseteq var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\mathcal{F}])$

พิสูจน์ เราจะพิสูจน์บนนิยามของฟอร์มูลาเชิงเส้นดังนี้

1) ถ้า $\mathcal{F}$ มีรูปแบบ $A_1 \approx A_2$ แล้ว $var(A_1 \approx A_2) = var(A_1) \cup var(A_2)$
$\supseteq var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_1]) \cup var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_2])$
$= var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_1 \approx A_2])$

2) ถ้า $\mathcal{F}$ มีรูปแบบ $\hat{\gamma}(A_1, \dots, A_n)$ แล้ว $var(\hat{\gamma}(A_1, \dots, A_n)) = var(A_1) \cup \dots \cup var(A_n)$
$\supseteq var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_1]) \cup \dots \cup var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_n])$
$= var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\hat{\gamma}(A_1, \dots, A_n)])$ ■

บทตั้ง 5. สำหรับแต่ละเซตของเทอมเชิงเส้นที่มีรูปแบบ $T := \{f(t_1, \dots, t_n)\}$ เซตของฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้นที่มีรูปแบบ $\mathcal{F} := \{\gamma(t_1, \dots, t_n)\}$ และ nd-ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้น σ_{nd}^{lin} สำหรับระบบพีชคณิตชนิด $((n);(n))$ จะได้ว่า $var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_j\}]) \cap var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_k\}]) = \emptyset$ ทุก $1 \le j < k \le n$

พิสูจน์ โดยบทตั้ง 3 และ บทตั้ง 4 จะได้ว่า $var(\{t_l\}) \supseteq var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_l\}])$ ทุก $1 \le l \le n$
ทำให้ $\emptyset = var(\{t_j\}) \cap var(\{t_k\}) \supseteq var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_j\}]) \cap var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_k\}])$
ดังนั้น $var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_j\}]) \cap var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_k\}]) = \emptyset$ ทุก $1 \le j < k \le n$ ■

บทตั้ง 6. ให้ $\sigma_{nd}^{lin} \in Hyp_{nd}^{lin}((n);(n))$ แล้ว $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}$ จะเป็นการส่งเซตของเทอมเชิงเส้นที่ไม่เป็นเซตว่างไปยังเซตของเทอมเชิงเส้นที่ไม่เป็นเซตว่าง และส่งเซตของฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้นไปยังเซตของฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้น

พิสูจน์ ให้ $T \in P(W_{(n)}^{lin}(X_n))$ และ $\mathcal{F} \in SF_{((n);(n))}^{lin}(X_n)$ และให้ $\sigma_{nd}^{lin} \in Hyp_{nd}^{lin}((n);(n))$

พิจารณา $T \in P(W_{(n)}^{lin}(X_n))$

1) ถ้า T เป็น เซตที่มีเพียงหนึ่งสมาชิกเท่านั้น แล้วเราจะพิสูจน์บนความซับซ้อนของเทอมเชิงเส้น ดังนี้

1.1) ถ้า $T := \{x_j\}$ เมื่อ $1 \le j \le n$ แล้ว $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[T] = \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{x_j\}] = \{x_j\}$ เป็นเซตของเทอมเชิงเส้น

1.2) ถ้า $T := \{f(t_1, \dots, t_n)\}$ โดยบทตั้ง 5 จะได้ว่า
สำหรับทุก $1 \le j < k \le n$ $var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_j\}])var(\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_k\}]) = \emptyset$
และจาก $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_1\}], \dots, \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_n\}]$ เป็นเซตของเทอมเชิงเส้น จะได้ว่า
$\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[T] = \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{f(t_1, \dots, t_n)\}] = \hat{S}^n(\sigma_{nd}^{lin}(f), \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_1\}], \dots, \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t_n\}])$
เป็นเซตของเทอมเชิงเส้น

2) ถ้า $T \subseteq P(W_{(n)}^{lin}(X_n))$ แล้ว $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[T] = \bigcup_{t \in T} \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\{t\}]$ เป็นเซตของเทอมเชิงเส้น

พิจารณา $\mathcal{F} \in SF_{((n);(n))}^{lin}(X_n)$

1) ถ้า $\mathcal{F}$ มีรูปแบบ $A_1 \approx A_2$ แล้ว
$\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_1 \approx A_2] := \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_1] \approx \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_2]$
เนื่องจาก $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_1]$ และ $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_2]$ เป็นเซตของเทอมเชิงเส้น ดังนั้น $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_1 \approx A_2]$ เป็นเซตของฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้น

2) ถ้า $\mathcal{F}$ มีรูปแบบ $\hat{\gamma}(A_1, \dots, A_n)$ และ$\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_i]$ สำหรับ $1 \le i \le n$ เป็นเซตของเทอมเชิงเส้น
แล้ว $\hat{\sigma}_{nd}^{lin}[\hat{\gamma}(A_1, \dots, A_n)] := \hat{R}^n(\sigma_{nd}^{lin}(\hat{\gamma}), \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_1], \dots, \hat{\sigma}_{nd}^{lin}[A_n])$
เป็นเซตของฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้น

นั่นคือ $\widehat{\sigma}_{nd}^{lin}$ เป็นการส่งเซตของเทอมเชิงเส้นที่ไม่เป็นเซตว่างไปยังเซตของเทอมเชิงเส้นที่ไม่เป็นเซตว่าง และส่งเซตของฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้นไปยังเซตของฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้น ■

อภิปรายผล (discussion)

จากการศึกษา $Hyp_{nd}^{lin}((n);(n))$ เราพบว่า ถ้า $(\sigma_{nd}^{lin})_1, (\sigma_{nd}^{lin})_2 \in Hyp_{nd}^{lin}((n);((n))$ และกำหนดการดำเนินการทวิภาค $\circ_{nd}$ ดังนี้ $(\sigma_{nd}^{lin})_1 \circ_{nd} (\sigma_{nd}^{lin})_2 \coloneqq (\widehat{\sigma}_{nd}^{lin})_1 \circ (\sigma_{nd}^{lin})_2$ โดยที่ $\circ$ เป็นการส่งปกติ อาศัยบทตั้ง 6 ได้ว่า$((\sigma_{nd}^{lin})_1 \circ_{nd} (\sigma_{nd}^{lin})_2)(f) = (\widehat{\sigma}_{nd}^{lin})_1[(\sigma_{nd}^{lin})_2(f)]$ เป็นเทอมเชิงเส้น และ

$$((\sigma_{nd}^{lin})_1 \circ_{nd} (\sigma_{nd}^{lin})_2)(\gamma) = (\widehat{\sigma}_{nd}^{lin})_1[(\sigma_{nd}^{lin})_2(\gamma)]$$เป็นฟอร์มูลาบนเซตของเทอมเชิงเส้น ทำให้ได้ทฤษฎีบทต่อไปนี้

ทฤษฎีบท เซตของ nd-ไฮเพอร์สับสติติวชั่นเชิงเส้นทั้งหมด สำหรับระบบพีชคณิตชนิด $((n);(n))$ เป็นโมนอยด์ย่อยของเซตของ nd-ไฮเพอร์สับสติติวชั่นชนิด $((n);(n))$

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า $\left(Hyp_{nd}^{lin}((n);(n));\circ_{nd},\sigma_{id}\right)$ เป็นโมนอยด์ย่อย ของ $\left(Hyp^{nd}((n);(n));\circ_{nd},\sigma_{id}\right)$

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

A.I.Mal'cev. (1973). **Algebraic Systems.** Akademie-Verlag, Berlin,

D.Phusanga. (2011). **Derived Algebraic Systems.** Ph.D. thesis, Potsdam.

J.Koppitz and K. Denecke, P.Glubudom and J.Koppitz. (2016). **M-solid Varieties**. Springer.

K.Denecke, P.Glubudom and J.Koppitz, **Power Clones and Non-Deterministic** Hpersubstitutions, (2008). Asian-European. **Journal of Mathematics.** Vol 1, No.2 (2008),pp 177-188.

N.Lekkoksung and P.Jampaehon. (2013). Non-derterministic Linear hypersubstitution. **Discussion Mathematicae General Algebra and Applications.** 35 P 97-103.

T.Changphas, K.denecke and B.Pibaljommee. (2014). **Linear terms and linear hyersubstitution,** Preprint. Khon Kaen.

การพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย ด้วยเทคโนโลยี QR CODE

DEVELOPMENT OF ELECTRONIC MEDIA ABOUT THAI'S IMPORTANT DAYS USING QR CODE TECHNOLOGY

ปัญจพร สีคำพา[1] และ วิไรวรรณ แสนชะนะ[2*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพิษณุโลก พิษณุโลก

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

[*]corresponding author e-mail : wiraiwans@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย ด้วยเทคโนโลยี QR CODE โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย คือ 1) การศึกษาข้อมูลจากเอกสารเกี่ยวกับวันสำคัญของไทย 2) การพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย ด้วยเทคโนโลยี QR CODE และ 3) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้สื่อ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในประเมินความพึงพอใจ ได้แก่ นักเรียนโรงเรียนวังพิกุลศึกษา นักศึกษา เจ้าหน้าที่ และอาจารย์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก จำนวน 30 คน สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย มีความพึงพอในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.21, S.D. = 0.573)

คำสำคัญ : การพัฒนา สื่ออิเล็กทรอนิกส์ วันสำคัญของไทย คิวอาร์โค้ด

Abstract

This study aims to develop electronic media about Thai' s important days using QR code technology. The research process consists of: 1) studying information from document about Thai' s important days; 2) developing electronic media about Thai's important days using QR CODE technology; and 3) evaluating media users' satisfaction. The sample group for satisfaction evaluation was 30 students from Wang Pikul Suksa School and students, personnel, and lecturers of Phitsanulok University. Data were statistically analyzed for means and standard deviation. Results showed that the sample users of electronic media about Thai's important days were satisfied with the media in high level ($\bar{x}$ = 4.21, S.D. = 0.573)

Keywords : development of electronic media, Thai's important days, QR code

บทนำ

ประเทศไทยมีวันสำคัญของชาติหลายวัน ทั้งที่เป็นวันสำคัญเกี่ยวกับชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ ประเพณี และประวัติศาสตร์ของไทย ทั้งนี้วันสำคัญคือวันที่เกิดเหตุการณ์สำคัญๆ ในอดีต และเพื่อเป็นการระลึกถึงความสำคัญของวันนั้นๆ รัฐ/ชุมชน หรือหน่วยงาน จึงได้จัดให้มีพิธีการหรือกิจกรรมต่างๆ ขึ้น เพื่อเป็นการกระตุ้นเตือนให้ประชาชน หรือคนในสังคมได้ตระหนัก และระลึกถึงเหตุการณ์สำคัญในวันนั้น ด้วยความภาคภูมิใจ หรือเพื่อเป็นแบบอย่าง ในการประพฤติปฏิบัติที่ดีงามสืบทอดต่อกันมา ซึ่งวันสำคัญนี้ จะมีหลายระดับ เช่น ระดับบุคคล ได้แก่ วันเกิด วันแต่งงาน ระดับหน่วยงาน ได้แก่ วันสถาปนาของหน่วยงานนั้นๆ ระดับชาติ ได้แก่ วันเฉลิมพระชนมพรรษา วันวิสาขบูชา และวันภาษาไทยแห่งชาติ เป็นต้น และเพื่อให้

เยาวชนได้รู้จักวันสำคัญของไทย กลุ่มประชาสัมพันธ์ สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ กระทรวงวัฒนธรรม ซึ่งคนส่วนใหญ่แล้วจะรู้จักแค่วันที่เป็นวันหยุดราชการเท่านั้น แต่จริง ๆ แล้วประเทศไทยมีวันสำคัญทั้งหมด 77 วัน ทั้ง ทั้งนี้วันสำคัญต่าง ๆ เหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วจะนำเสนอในรูปแบบของข้อความ ภาพนิ่ง 2 มิติ ภาพเคลื่อนไหว 2 มิติ และวิดีโอบ้าง แต่ยังไม่มีการนำเสนอในรูปแบบสื่อเสมือนจริง

รหัสคิวอาร์ (QR Code ย่อจาก Quick Response Code) หรือคิวอาร์โค้ดเป็นเครื่องหมายการค้าของบาร์โค้ดเมทริกซ์ (หรือบาร์โค้ดสองมิติ) เดิมออกแบบสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ในญี่ปุ่น บาร์โค้ดเป็นป้ายสำหรับให้เครื่องอ่านด้วยแสงที่บรรจุข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งของที่ตัวรหัสติดอยู่ รหัสคิวอาร์มีมาตรฐานของหลักการเข้ารหัส 4 แบบ (ตัวเลข อักขระอักษรเลข ไบต์/เลขฐานสอง และคันจิ) สำหรับเก็บข้อมูลดิบ รหัสคิวอาร์ยังเป็นที่นิยมนอกเหนือจากอุตสาหกรรมยานยนต์ เนื่องจากความสามารถในการอ่านเร็วและพื้นที่เก็บข้อมูลที่มากกว่าเมื่อเทียบกับบาร์โค้ดรหัสผลิตภัณฑ์สากล รหัสคิวอาร์นำมาใช้ในการตามรอยผลิตภัณฑ์ การระบุสิ่งของ การระบุเวลา การจัดการเอกสาร และการตลาดทั่วไป รหัสคิวอาร์ประกอบด้วยมอดูลสีดำ (จุดสี่เหลี่ยม) จัดวางในกริดบนพื้นหลังสีขาว ซึ่งสามารถอ่านได้ด้วยเครื่องมืออ่านภาพ (เช่น กล้องถ่ายรูป เครื่องสแกน เป็นต้น) และประมวลผลด้วยกระบวนการแก้ไขข้อผิดพลาดรี้ดโซโลมอน จนกระทั่งภาพถูกแปลความหมายอย่างเหมาะสม และถอดออกมาจากรหัสที่นำเสนอเป็นภาพในแนวตั้งและแนวนอนจนได้ข้อมูลที่ต้องการ

ดังนั้นคณะผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย ด้วยเทคโนโลยี QR CODE เพื่อเป็นการเผยแพร่วันสำคัญของชาติให้คนไทยได้เรียนรู้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การศึกษาข้อมูลจากเอกสาร โดยการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเรื่องที่ทำการศึกษาทั้งที่เป็นทฤษฎี แนวคิด ได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับวันสำคัญของไทย แนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยี QR CODE แนวคิดเกี่ยวกับ story board และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบสื่ออิเล็กทรอนิกส์รูปแบบเดิมกับสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่เพิ่มเติมเพื่อที่หาวิธีการนำเสนอเพื่อทำให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหารายวิชาได้ง่ายขึ้น จะทำให้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่พัฒนามีประสิทธิภาพและได้รับประโยชน์สูงสุด

2) การพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย ด้วยเทคโนโลยี QR CODE ซึ่งได้ทำการเขียนบทภาพ (Story board) แล้วใช้โปรแกรม Open Souse พัฒนาสื่อขึ้นมา

3) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้สื่อ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจกลุ่มตัวอย่าง

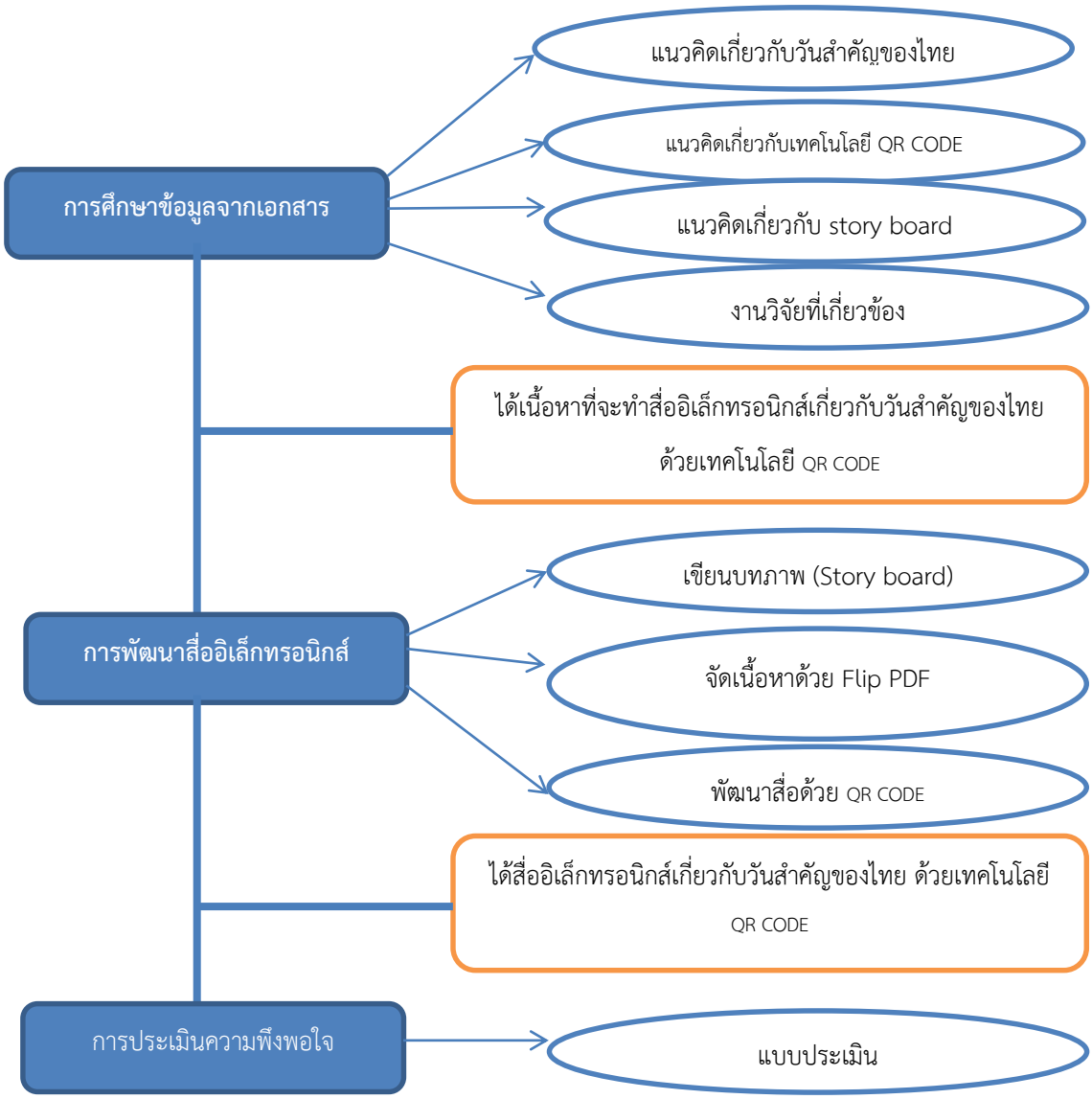
ประชากรและกลุ่มที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ จำนวน 30 คน จำแนกไดดังนี้

1) นักเรียนโรงเรียนวังพิกุลศึกษา จำนวน 10 คน

2) นักศึกษา มหาวิทยาลัยพิษณุโลก จำนวน 10 คน

3) เจ้าหน้าที่ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก จำนวน 5 คน

4) อาจารย์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก จำนวน 5 คน



ภาพที่ 1 วิธีการดำเนินการวิจัย

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบสื่ออิเล็กทรอนิกส์รูปแบบเดิมกับสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่พัฒนาใหม่

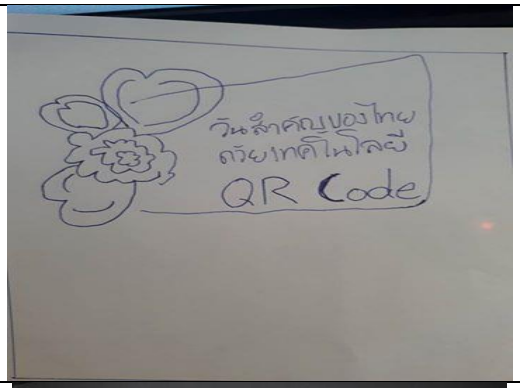
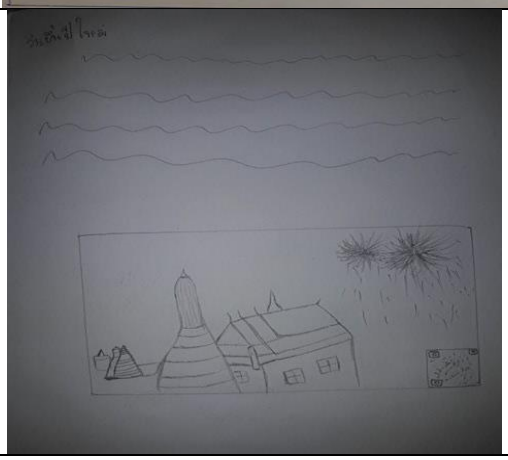
รูปแบบการนำเสนอ	ระบบใหม่	ระบบเดิม		
	QR Code หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	สื่อการเรียนรู้วัฒนธรรมไทย และประเพณีไทย	วันหยุดราชการเกี่ยวกับประเพณีไทย	วันหยุดราชการเกี่ยวกับชาติ
1. การนำเสนอสื่อมัลติมีเดีย	√	√	√	√
2. การเชื่อมโยงความรู้ไปยังเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง	√	x	x	x
3. มีคู่มือการใช้งาน	√	x	x	x

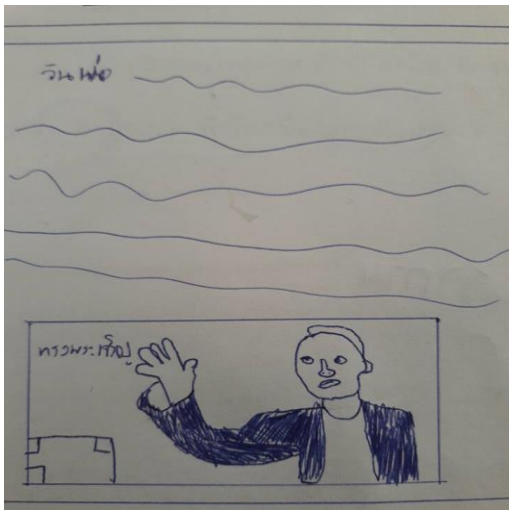
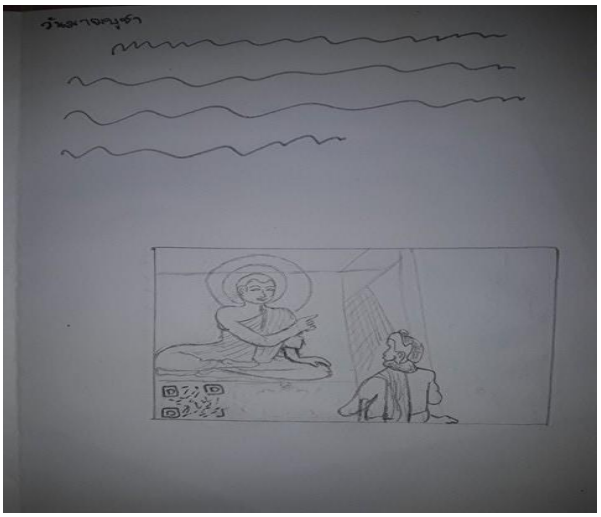
รูปแบบการนำเสนอ	ระบบใหม่	ระบบเดิม		
	QR Code หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	สื่อการเรียนรู้วัฒนธรรมไทย และประเพณีไทย	วันหยุดราชการเกี่ยวกับประเพณีไทย	วันหยุดราชการเกี่ยวกับชาติ
4. ใช้งานผ่านโมบาย	√	√	√	√

2. ผลการพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

2.1 การเขียนบทภาพ (Story board) ทั้งนี้คณะผู้จัดทำได้ออกแบบทั้งหมด 17 เฟรม แต่ในที่นี้ขอนำเสนอตัวอย่างเพียง 5 เฟรม ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างการเขียนบทภาพของสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย ด้วยเทคโนโลยี QR CODE

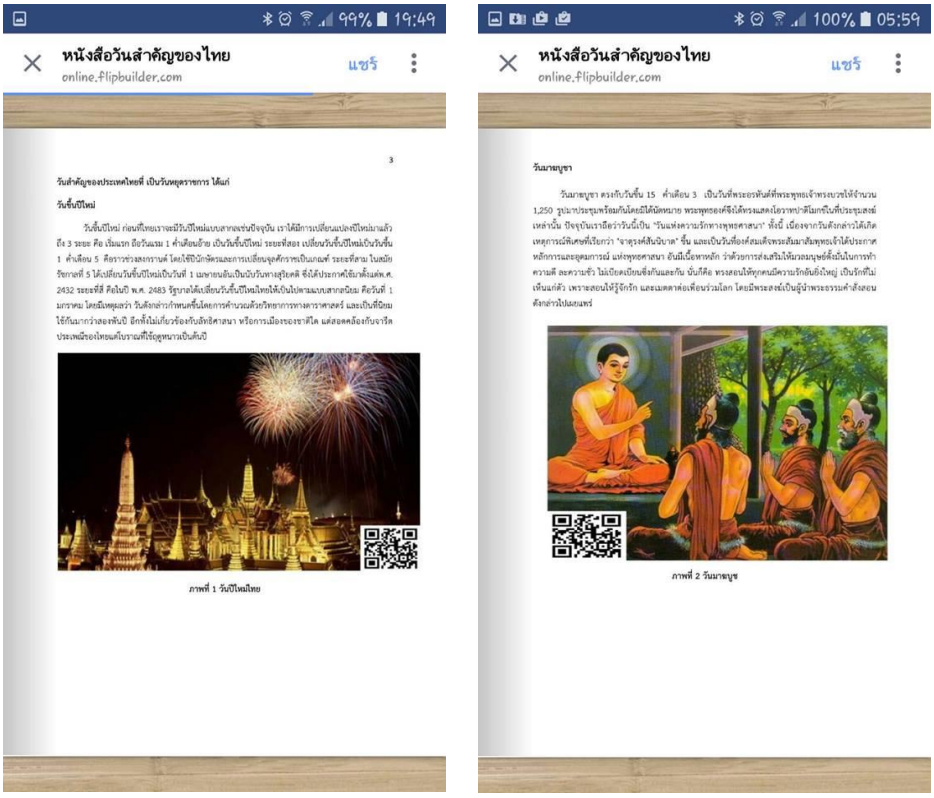
ลำดับ	รูปภาพ	คำอธิบาย
1.		**เนื้อหา** : **อธิบายรูปภาพ** : หน้าแรกของหน้าวันสำคัญของไทย ด้วยระบบ QR Code **เสียง** : - **วิดีโอ** : -
2.		**เนื้อหา :** วันขึ้นปีใหม่ ตามความหมายในพจนานุกรมให้ความหมายคำว่า "ปี" หมายถึง เวลาที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ครั้งหนึ่งราว 365 วัน **อธิบายรูปภาพ** : ภาพวันขึ้นปีใหม่ **เสียง :** พรปีใหม่ **วิดีโอ :** สุขสันต์วันปีใหม่

ลำดับ	รูปภาพ	คำอธิบาย
3.		**เนื้อหา :**สงกรานต์เป็นประเพณีของประเทศไทย สงกรานต์เป็นคำสันสกฤต หมายถึง การผ่าน หรือ การเคลื่อนย้าย ซึ่งเป็นการอุปมาถึงการเคลื่อนย้ายของการประทับในจักรราศี **อธิบายรูปภาพ :**ภาพวันสงกรานต์ **เสียง :** รำวงวันสงกรานต์ **วิดีโอ :** รำวงวันสงกรานต์
4.		**เนื้อหา :**วันพ่อ เป็นวันสำคัญ ในการฉลองความเป็นพ่อและบุคคลที่นับถือในการเป็นพ่อ วันพ่อแห่งชาตินั้นทั่วโลกจะมีการจัดแตกต่างกันไป โดยในประเทศไทยจัดตรงกับวันที่ 5 ธันวาคม ของทุกปี **อธิบายรูปภาพ :** ภาพวันพ่อ **เสียง :** ต้นไม้ของพ่อ **วิดีโอ :** ต้นไม้ของพ่อ
5.		**เนื้อหา :**วันมาฆบูชา ตรงกับวันขึ้น 15 ค่ำเดือน 3 เป็นวันที่พระอรหันต์ที่พระพุทธเจ้าทรงบวชให้จำนวน 1,250 รูป มาประชุมพร้อมกันโดยมิได้นัดหมาย พระพุทธองค์จึงได้ทรงแสดงโอวาทปาติโมกข์ในที่ประชุมสงฆ์เหล่านั้น ปัจจุบันเราถือว่าวันนี้เป็น วันแห่งความรักทางพุทธศาสนา

2.2 ผลการพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เมื่อผู้ใช้งานเข้ามาสู่หนังสืออิเล็กทรอนิกส์จะแสดงรูปหนังสือและสามารถเปิดเหมือนหนังสือจริงได้ เมื่อเข้ามาสู่หน้าคู่มือการใช้ของหนังสือ วันสำคัญของไทย จะเป็นการนำเสนอข้อมูลการใช้งานต่างๆ ของ QR Code เมื่อผู้ใช้งานปัดหน้าหนังสือจะปรากฏมีข้อความที่อธิบายวันสำคัญและมีรูปภาพในรูปภาพจะมี รูป QR Code แสดงอยู่ให้ผู้ใช้นำโทรศัพท์มาส่องที่ QR Code จะปรากฏเสียงและวีดิโอแสดงอยู่ในนั้น แสดงตัวอย่างสื่อในภาพที่ 2 และภาพที่ 3



ภาพที่ 2 หน้าแรกและหน้าบทนำของสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย ด้วยเทคโนโลยี QR CODE



ภาพที่ 3 ตัวอย่างสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย ด้วยเทคโนโลยี QR COD

3. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อผู้ใช้ที่มีผลต่อสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย ด้วยเทคโนโลยี QR CODE โดยทำการเก็บรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียน นักศึกษา เจ้าหน้าที่ และอาจารย์ จำนวน 30 คน ได้ผลการประเมินดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย ด้วยเทคโนโลยี QR CODE

รายการ	$\overline{X}$	S.D	ระดับความเห็น
1. ความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์	4.43	0.342	มาก
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.35	0.356	มาก
3. การเรียงลำดับเนื้อหา	4.23	0.564	มาก
4. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.21	0.567	มาก
5. ความเหมาะสมของรูปภาพ	3.95	0.678	มาก
6. ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	4.12	0.762	มาก
7. การใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	3.89	0.739	มาก
รวมเฉลี่ย	**4.17**	**0.573**	**มาก**

จากตารางที่ 3 พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย ด้วยเทคโนโลยี QR CODE ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.17 เมื่อพิจารณาเป็นรายรายข้อพบว่า มีความพึงพอใจในระดับมากทุกข้อ สามารถเรียงลำดับความพึงพอใจจากมากไปน้อยได้ดังนี้ 1) ความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์ ($\overline{X}$ =4.43) 2) ความถูกต้องของเนื้อหา ($\overline{X}$ =4.35) 3) การเรียงลำดับเนื้อหา ($\overline{X}$ =4.23) 4) ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา ($\overline{X}$ =4.21) 5) ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ ($\overline{X}$ =4.12) 6) ความเหมาะสมของรูปภาพ ($\overline{X}$ =3.95) และ 7) การใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับผู้เรียน ($\overline{X}$ =4.89)

อภิปรายผล

ในการศึกษาเรื่องการพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับวันสำคัญของไทย ด้วยเทคโนโลยี QR CODE นี้ได้นำเอาความสามารถของเทคโนโลยี QR CODE มาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ *ธัญญา อุตราภรณ์ และเยาวลักษณ์ เก้าเอี้ยน (2558)* ที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ระบบ QR Code (Quick Response Code) เพื่อควบคุมครุภัณฑ์ กรณีศึกษา กลุ่มสาขาวิชาจิตรกรรมและศิลปกรรม วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล และนำผลการวิจัยไปพัฒนา ปรับปรุงระบบ QR Code ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฑารัตน์ โถชัย และณัฐวี อุตกฤษฎ์ (2558) ที่ได้นำเสนอการพัฒนาระบบจัดการครุภัณฑ์โดยใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดเป็นเครื่องมือในการจัดการและตรวจสอบข้อมูลครุภัณฑ์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน โดยพัฒนาระบบเป็นแอพลิเคชันบนแอนดรอยด์โฟนด้วยภาษาจาวาและใช้มายเอสคิวแอลเป็นระบบจัดการฐานข้อมูล

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตและแนวทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

1. ควรมีการจัดเก็บข้อมูลไว้ในระบบฐานข้อมูลเพื่อที่จะได้สะดวกต่อการเพิ่มหรือปรับเปลี่ยนวันสำคัญในทุก ๆ ปี ปฏิทินได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น

2. ควรเพิ่มในส่วนของการจัดทำเป็นคลิปการ์ตูนที่เกี่ยวข้องกับวันสำคัญเพื่อเพิ่มความน่าสนใจ

3. ในการทำวิจัยในครั้งต่อไปควรมีการพัฒนาสื่อ AR เพื่อเพิ่มความน่าสนใจและเสมือนจริงมากยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งได้แก่

1. ได้สื่อการเรียนการสอน การพัฒนาระบบแอพพลิเคชั่นเป็นการสร้างสื่อการทำความเข้าใจเกี่ยวกับวันสำคัญของไทยให้กับผู้ใช้งาน ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจและไม่ซับซ้อน

2. นำเสนอข้อมูลวันสำคัญของไทยผ่านสื่อดิจิตอลเพื่อให้ผู้ใช้งานแอพพลิเคชั่นสามารถดูข้อมูลวันสำคัญต่าง ๆ

3. พัฒนาสื่อการเรียนการสอนร่วมกับเทคโนโลยีเป็นการพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีอื่นทำให้ทำให้ผู้ใช้งานมีความสนใจสื่อมากกว่าเดิมและมากยิ่งขึ้น

4. เป็นช่องทางในการให้ความรู้แบบสื่อมัลติมีเดีย จึงได้ความรู้ความเข้าใจในรูปแบบวันสำคัญของไทยให้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาสำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยคำแนะนำคำปรึกษาและคอยดูแลจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิไรวรรณ แสนชะนะ ที่คอยดูแล เอาใจใส่และคอยให้คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการศึกษาในครั้งนี้ด้วยดีเสมอมา ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยพิษณุโลก ทุกๆ ท่านที่ได้ให้คำแนะนำประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ผู้จัดทำ

เอกสารอ้างอิง

ธัญญา อุตราภรณ์ และ เยาวลักษณ์ เก้าเอี้ยน. (2558). ประสิทธิภาพระบบQR Code เพื่อควบคุมครุภัณฑ์. **วารสารการพัฒนางานประจำ สู่งานวิจัย.** ปีที่ 2 สิงหาคม 2558, หน้า 1-8.

จุฑารัตน์ โถชัย และ ณัฐวี อุตกฤษฎ์. (2558). ระบบจัดการครุภัณฑ์ ด้วย เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดบนแอนดรอยด์โฟน. **The Eleventh National Conference on Computing and Information Technology**, หน้า 674-679.

การรับรู้คุณลักษณะและทัศนคติที่ส่งผลต่อการใช้งานพร้อมเพย์ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร

PERCEIVED ATTRIBUTES AND ATTITUDE AFFECTING THE USE OF PROMPT PAY OF PEOPLE IN BANGKOK

พุทธิพงศ์ รัตนยืนยง* และ ศรัณยพงศ์ เที่ยงธรรม
คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ กรุงเทพมหานคร
*corresponding author e-mail : Puttipong_bird@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้คุณลักษณะและทัศนคติที่ส่งผลต่อการใช้งานระบบพร้อมเพย์ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบสอบถามปลายปิดที่ผ่านการตรวจสอบความเชื่อมั่นและความตรงเชิงเนื้อหาในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากประชาชนในกรุงเทพมหานครจ านวน 400 คนที่ ใช้บริการพร้อมเพย์ สถิติเชิงอนุมานที่ใช้ทดสอบสมมติฐานได้แก่การวิเคราะห์ การถดถอยเชิงพหุ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นหญิง อายุ 25 ปีขึ้นไป มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี อาชีพพนักงานบริษัท/ลูกจ้างเอกชน มีรายได้ส่วนตัวเฉลี่ ยต่อเดือน 10,001 – 30,000 บาท ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ความเข้ากันได้ ความได้เปรียบของนวัตกรรมใหม่ และการทดลองใช้ระบบพร้อมเพย์ได้มีอิทธิพลทางบวกต่อทัศนคติต่อการใช้งานระบบพร้อมเพย์ ในขณะที่ ความสอดคล้องทางสังคมไม่มีอิทธิพลต่อทัศนคติ ความเข้ากันได้ ความได้เปรียบของนวัตกรรม มีอิทธิพลทางบวกต่อต่อความตั้งใจใช้งานระบบพร้อมเพย์ และพบว่าทัศนคติต่อการใช้งานและความตั้งใจใช้งาน มีอิทธิพลทางบวกต่อการใช้ระบบพร้อมเพย์ของประชาชนในกรุงเทพมหานครอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

คำสำคัญ : การรับรู้คุณลักษณะ ทัศนคติ ความตั้งใจ ความสอดคล้องทางสังคม ความเข้ากันได้ ความได้เปรียบของนวัตกรรม ระบบพร้อมเพย์

Abstract

The purpose of this research was to study perceived attributes and attitude affecting the use of PROMPT PAY. Close-ended questionnaire was used to collect data from the sample of 400 people in Bangkok who had ever used or intended to use PROMPT PAY system. Multiple regression analysis was utilized for the hypothesis testing. The results found that the majority of the respondents were female aged 25 and over, and completed bachelor's degrees. The largest sample group earned an average monthly income of 10,001 – 30,000 baht. The results found 3 variables which were compatibility, relative advantage and trialability had positive influence on attitude towards the use, social conformity had no influence on attitude towards the use of PROMPT PAY. The innovation attributes of compatibility and relative advantage had positive influence on behavioral Intention to use PROMPT PAY while social conformity and trialability had no influence on the behavioral Intention. Results of the analysis also indicated that the attitude and behavioral Intention had positive influence on the use of PROMPT PAY of People in Bangkok at statistical level of .05.

Keywords : perception, attributes, attitude, intention to use, social consistency, compatibility, innovation advantage, PROMPT PAY

บทนำ

ปัจจุบันสังคมไทยกำลังเข้าสู่ยุคเศรษฐกิจดิจิทัล 4.0 มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาระบบการชำระเงินของประเทศในรูปแบบดิจิทัลอย่างเต็มตัว เพื่อยกระดับโครงสร้างพื้นฐานการชำระเงิน เพิ่มประสิทธิภาพของระบบการชำระเงิน เพื่อลดต้นทุนให้กับภาคธุรกิจและประชาชน รัฐบาลมีการสนับสนุนการใช้ระบบชำระเงินอิเล็กทรอนิกส์ (e-Payment) ที่สะดวกสบาย ไม่ต้องถือเงินสด มีมาตรฐานความปลอดภัย ซึ่งหากประชาชน และภาคธุรกิจ หันมาใช้การชำระเงินทางอิเล็กทรอนิกส์ ใช้บัตรเดบิต ชำระค่าสินค้าหรือบริการผ่านทางโทรศัพท์มากขึ้น ร้านค้าต่างๆ ก็จะปรับตัวให้เข้ากับยุคเศรษฐกิจดิจิทัลมากขึ้นตามไปด้วย

รัฐบาลได้มีการส่งเสริมประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้รับรู้และเข้าใจถึงบริการโอนเงินรูปแบบใหม่ที่เรียกว่า พร้อมเพย์ เป็นบริการเพิ่มจากการโอนเงินแบบเดิม แต่จะมีความสะดวกมากขึ้น เพราะพร้อมเพย์จะใช้เลขประจำตัวประชาชน หรือ หมายเลขโทรศัพท์มือถือของผู้รับเงินแทน ทำให้ง่ายต่อการจดจำ จากเดิมที่ต้องรู้เลขที่บัญชีเงินฝากธนาคารจึงจะโอนเงินให้ได้ โดยระบบดังกล่าวเกิดขึ้นด้วยความร่วมมือระหว่างธนาคารแห่งประเทศไทย (ธปท.) และสมาคมธนาคารไทย เพื่อให้เกิดความสะดวกทั้งรัฐโอนเงินสวัสดิการให้ประชาชน และโอนเงินระหว่างบุคคล ซึ่งพร้อมเพย์เป็นหนึ่งในแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบชำระเงินอิเล็กทรอนิกส์ (อีเพย์เมนต์) ที่ต้องการลดการใช้เงินสดลง เพราะมีต้นทุนในการบริหารจัดการสูง (ธนาคารแห่งประเทศไทย 2559)

ผู้ใช้ระบบการโอนเงินแบบพร้อมเพย์ต้องไปลงทะเบียนเพื่อผูกบัญชีเงินฝากออมทรัพย์หรือบัญชีเงินฝากกระแสรายวันกับเบอร์โทรศัพท์มือถือ และ/หรือเลขบัตรประชาชนตามช่องทางลงทะเบียนที่ธนาคารแต่ละแห่งกำหนดไว้ เช่น สาขาธนาคาร ตู้ ATM, Internet Banking, Mobile Banking โดยต้องเลือกบัญชีเงินฝากธนาคารที่ต้องการใช้เป็นบัญชีในการรับเงิน และเตรียมเอกสารที่ใช้ประกอบการลงทะเบียน ได้แก่ สมุดบัญชีเงินฝากออมทรัพย์หรือกระแสรายวันที่ต้องการลงทะเบียน บัตรประจำตัวประชาชนตัวจริง และโทรศัพท์มือถือที่ต้องการลงทะเบียน ทั้งนี้ ผู้ลงทะเบียนพร้อมเพย์จะต้องเป็นเจ้าของบัญชีเงินฝากและเจ้าของเบอร์โทรศัพท์มือถือที่จะลงทะเบียนเท่านั้น การคิดค่าค่าธรรมเนียมของพร้อมเพย์ ไม่ได้มีการคิด แยกรายการเป็นแบบในเขต ข้ามเขต หรือรายการในธนาคารเดียวกันหรือต่างธนาคาร แต่จะคิดตามวงเงินในการโอนแต่ละครั้งเป็นหลัก

ช่วงมูลค่า	**ค่าธรรมเนียม**
ไม่เกิน 5,000 บาท/รายการ	ฟรีทุกรายการ
มากกว่า 5,000 - 30,000 บาท/รายการ	2 บาท/รายการ
มากกว่า 30,000 - 100,000 บาท/รายการ	5 บาท/รายการ
มากกว่า 100,000 - 200,000 บาท	10 บาท/รายการ

ในอนาคตรัฐบาลมีเป้าหมายที่จะขยายระบบการชำระเงินพร้อมเพย์ ให้ครอบคลุมทั้งการโอนเงินระหว่างงบุคคลภาคประชาชน โอนเงินเพื่อชำระค่าสินค้าและบริการของภาคธุรกิจ รวมไปถึงโอนเงินสวัสดิการและค่าใช้จ่ายต่างๆ ของภาครัฐ เช่น เงินสวัสดิการ เงินช่วยเหลือ เงินคืนภาษี เข้าบัญชีได้โดยตรง นำไปสู่การยกระดับเป็น Cashless Society เพื่อลดการใช้เงินสดอย่างเต็มรูปแบบ (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2559)

จากเหตุผลที่กล่าวมานั้นเป็นเหตุผลสนับสนุนให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่ทำการศึกษาการรับรู้คุณลักษณะของพร้อมเพย์ในด้าน ความเข้ากันได้ ความได้เปรียบของนวัตกรรมใหม่ ความสอดคล้องทางสังคมและการทดลองใช้ ที่ส่งผลต่อทัศนคติและการใช้งาน เพื่อจะได้นำผลการศึกษานี้ไปประยุกต์และพัฒนาระบบการโอนเงินแบบพร้อมเพย์หรือบริการที่เกี่ยวข้องต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1.เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ ทัศนคติต่อการใช้งานพร้อมเพย์ อันได้แก่ ความเข้ากันได้ ความได้เปรียบของ นวัตกรรมใหม่ ความสอดคล้องทางสังคมและการทดลองใช้ ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร

2.เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ ความตั้งใจที่จะใช้ อันได้แก่ ความเข้ากันได้ ความได้เปรียบของนวัตกรรมใหม่ ความสอดคล้องทางสังคมและการทดลองใช้ ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร

3.เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้ อันได้แก่ ทัศนคติต่อการใช้งาน และความตั้งใจที่จะใช้พร้อมเพย์ ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาเรื่อง การรับรู้คุณลักษณะและทัศนคติที่ส่งผลต่อการใช้งานพร้อมเพย์ ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร มีขอบเขตการวิจัยดังนี้

ขอบเขตด้านประชากร

ประชากร ได้แก่ ประชาชนที่ใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่านพร้อมเพย์ในกรุงเทพมหานคร

ตัวอย่าง ได้แก่ ประชาชนที่ใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่านพร้อมเพย์ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 400 คน ที่ได้จากการเลือกแบบสอบถาม

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) คือ

- การรับรู้คุณลักษณะของพร้อมเพย์ อันได้แก่ ความเข้ากันได้ ความได้เปรียบของนวัตกรรมใหม่ ความสอดคล้องทางสังคมและการทดลองใช้
- ทัศนคติต่อการใช้งาน และความตั้งใจที่จะใช้

ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ

- การใช้ระบบการโอนเงินแบบพร้อมเพย์

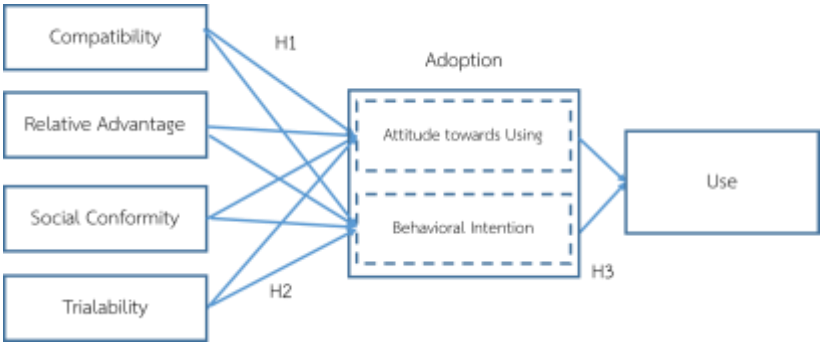
ขอบเขตด้านสถานที่

สำหรับสถานที่ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล คือ พื้นที่ในกรุงเทพมหานคร

ขอบเขตด้านระยะเวลา

สาหรับระยะเวลาในการศึกษาครั้งนี้ เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2560 ถึงเดือนธันวาคม 2560

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ประชากร และการเลือกตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ประชาชนที่ใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่านพร้อมเพย์ในเขตกรุงเทพมหานคร **กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย**

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ประชาชนที่ใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่านพร้อมเพย์ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง และวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างดังนี้

การเลือกกลุ่มตัวอย่างเนื่องจากประชาชนที่ใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่านพร้อมเพย์ในเขตกรุงเทพมหานครมีจำนวนมากทำให้ผู้วิจัยไม่ทราบขนาดของประชากรที่แน่นอน ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ตารางสำเร็จรูปของทาโรยามาเน่ (Yamane, 1973) เป็นตารางที่ใช้หาขนาดของกลุ่มตัวอยฎ งเพื่อประมาณค่าสัดส่วนของประชากร โดยคาดว่าสัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากรเท่ากับ 0.5 และระดับความเชื่อมั่น 95% กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 400 คน

การเลือกตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ใช้การเลือกตัวอย่างด้วยวิธีแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Nonprobability Sampling)โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญหรือตามความสะดวก (Convenience Sampling)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ทำวิจัยได้กำหนดค่าสถิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมลูอธิบายตัวแปรของการศึกษาครั้งนี้ไว้ดังนี้

สถิติเชิงพรรณนา ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเชิงพรรณนาสำหรับการอธิบายผลการศึกษาในเรื่อง ต่อไปนี้ คือ

1) ข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้มาตรวัดแบบนามบัญญัติ เนื่องจากไม่สามารถ วัดเป็นมลูค่าได้และผู้วิจัยต้องการบรรยายเพื่อให้ทราบถึงจำนวนตัวอย่าง จำแนกตามคุณสมบัติ เท่านั้น ดังนั้น สถิติที่เหมาะสม คือ ค่าความถี่ (จำนวน) และค่าร้อยละ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2550)

2) ตัวแปรด้านระดับความคิดเห็น ได้แก่ ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)

คือ การรับรู้คุณลักษณะ และทัศนคติ กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ การใช้ระบบพร้อมเพย์เป็นข้อมูลที่ใช้มาตรวัดอันตรภาคเนื่องจากผู้วิจัยได้กำหนดค่าคะแนนของแต่ละระดับความคิดเห็นของตัวอย่างสถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กัลยา วานิชย์บัญชา,2550) การกำหนดค่าอันตรภาคชั้น ในการแปลผลข้อมลูจากสูตรคำนวณและคำอธิบายมีดังนี้ อันตรภาคชั้น = (ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด)/จำนวนชั้น

= (5 – 1)/5 = 0.80

ช่วงชั้น	แปลความหมาย
1.00 – 1.80	ระดับต่ำมาก
1.80 – 2.60	ระดับต่ำ
2.61 – 3.40	ระดับปานกลาง
3.41 – 4.20	ระดับสูง
4.21 – 5.00	ระดับสูงมาก

สถิติเชิงอ้างอิง ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเชิงอ้างอิง สำหรับการอธิบายผลการศึกษาของตัวอย่างในเรื่องต่อไปนี้การรวิเคราะห์เพื่อทดสอบความสัมพันธ์หรือการส่งผลต่อกันระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variables) คือ การรับรู้คุณลักษณะ และทัศนคติกับตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ การใช้ระบบพร้อมเพย์ โดยการเปรียบเทียบความคิดเห็นของกลุ่ม ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) เป็นการวิเคราะห์ข้อมลู เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามจำนวน 1 ตัวกับตัวอย่างอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ในกรณีที่ตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระหลายตัวโดยที่ทั้งตัวแปรตามและตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงปริมาณที่มีระดับการวัดแบบช่วง (Interval) หรือแบบอัตราส่วน (Ratio Scale) (นิคม ถนอมเสียง, 2550)

ผลและสรุปผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง การรับรู้คุณลักษณะและทัศนคติที่ส่งผลต่อการใช้งานบริการพร้อมเพย์ ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร สามารถสรุปผลการศึกษา ดังนี้

1.การศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาถึงตัวแปรเกี่ยวกับการรับรู้คุณลักษณะและทัศนคติที่ส่งผลต่อการใช้งานบริการพร้อมเพย์ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร พบว่าข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คนพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง มีอายุ 25 ปีขึ้นไป มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี มีอาชีพพนักงานบริษัท มีรายได้ต่อเดือน 10,001 – 30,000 บาท

2.ระดับความคิดเห็นโดยรวมเกี่ยวกับการรับรู้ถึงคุณลักษณะและประโยชน์ของบริการบริการพร้อมเพย์ ได้แก่ ความเข้ากันได้ ความได้เปรียบของนวัตกรรมใหม่ ความสอดคล้องทางสังคมและการทดลองใช้ ภาพรวมอยู่ในระดับความคิดเห็นระดับมาก มีรายละเอียดดังนี้

- ความเข้ากันได้ ระดับความคิดเห็นโดยรวมของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ซึ่งพบว่า กลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยมาก กับการปรับตัวเข้ากับการโอนเงินผ่านบริการพร้อมเพย์ ได้ รองลงมา
คือ การโอนเงินผ่านบริการพร้อมเพย์ เหมาะกับวิถีชีวิต รองลงมาคือ การโอนเงินผ่านบริการพร้อมเพย์ เหมาะกับธุระต่างๆของฉันและ การโอนเงินผ่านบริการพร้อมเพย์ เป็นวิธีที่ฉันชอบในการทำธุรกรรมทางการเงิน ตามลำดับ

-ความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ ระดับความคิดเห็นโดยรวมของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ซึ่งพบว่า กลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยมากกับการโอนเงินแบบบริการพร้อมเพย์ ช่วยให้ทำรายการโอนเงินได้มากขึ้น รองลงมาคือ การโอนเงินผ่านบริการพร้อมเพย์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำธุรกรรมทางการเงิน รองลงมาคือ การโอนเงินผ่านบริการพร้อมเพย์ มีประโยชน์เหนือกว่าการโอนเงินด้วยวิธีอื่นๆ และ การโอนเงินผ่านบริการพร้อมเพย์ สามารถแก้ไขความผิดพลาดได้ง่ายกว่าการทำรายการที่สาขา ตามลำดับ

- ความสอดคล้องกับสังคม/คนรอบตัว ระดับความคิดเห็นโดยรวมของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ซึ่งพบว่า กลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยมากกับการที่คิดว่าเพื่อนร่วมงานของฉันใช้ การโอนเงินแบบบริการพร้อมเพย์ รองลงมาคือ การคิดว่าคนที่ฉัน

ติดต่อบ่อยๆกำลังใช้ การโอนเงินแบบบริการพร้อมเพย์ รองลงมาคือ การคิดว่าคนที่มีอิทธิพลต่อพฤตกรรมของฉัน คิดว่าฉันใช้การโอนเงินแบบบริการพร้อมเพย์ และ การคิดว่าครอบครัวและเพื่อนของฉันกำลังใช้ การโอนเงินแบบบริการพร้อมเพย์ ตามลำดับ

- สามารถทดลองได้ ระดับความคิด เห็นโดยรวมของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ซึ่งพบว่ากลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยมากกับการทดลองใช้แล้วพบว่าบริการพร้อมเพย์ เป็นระบบที่เหมาะสำหรับฉัน รองลงมาคือ การได้ทดลองใช้บริการพร้อมเพย์ มีส่วนสำคัญ ต่อการตัดสินใจใช้หรือไม่ใช้บริการรองลงมาคือ บริการพร้อมเพย์ เป็นระบบที่ทดลองใช้ได้โดยไม่ผูกมัดฉันไว้อย่างถาวร และ การยกเลิกบริการพร้อมเพย์ สามารถทำได้โดยไม่ยุ่งยาก ตามลำดับ

3. ระดับความคิดเห็นโดยรวมเกี่ยวกับทัศนคติที่มีต่อบริการพร้อมเพย์ ได้แก่ ทัศนคติต่อการใช้งาน ความตั้งใจใช้ภาพรวมอยู่ในระดับความคิดเห็นระดับมาก มีรายละเอียดดังนี้

- ทัศนคติต่อการใช้ ระดับความคิด เห็นโดยรวมของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ซึ่งพบว่า กลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยมากกับโดยรวมแล้วฉันมีทัศนคติที่ดีต่อการใช้บริการพร้อมเพย์ รองลงมาคือ ฉันรู้สึกเชิงบวก เมื่อโอนเงินผ่านบริการพร้อมเพย์ และการใช้บริการพร้อมเพย์ เป็นเรื่องเชิงบวกสำหรับฉัน และ ฉันรู้สึกดีที่จะใช้บริการบริการพร้อมเพย์ ตามลำดับ

- ความตั้งใจใช้ ระดับความคิดเห็นโดยรวมของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ซึ่งพบว่า กลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยมากกับ ฉันตั้งใจจะโอนเงินผ่านบริการพร้อมเพย์ เมื่อมีโอกาส รองลงมาคือ ฉันตั้งใจจะแจ้งคนใกล้ตัวให้โอนเงินเข้าบัญชีบริการพร้อมเพย์ ของฉันและฉันจะโอนเงินผ่านบริการพร้อมเพย์ เป็นทางเลือกแรกก่อนระบบอื่น และ ฉันวางแผนเรื่องการโอนหรือรับโอนเงินผ่านบริการพร้อมเพย์ ไว้แล้ว ตามลำดับ

สรุปผลการทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ ด้วยวิธี Enter พบว่า

1.ความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ (β = 0.244) มีอิทธิพลต่อทัศนคติต่อการใช้งานบริการพร้อมเพย์ มากที่สุด รองลงมา คือ ความเข้ากันได้ (β = 0.186) และ สามารถทดลองใช้ได้ (β = 0.185) ตามลำดับ ในขณะที่ ความสอดคล้องทางสังคม ไม่มีอิทธิพลต่อทัศนคติต่อการใช้งานบริการพร้อมเพย์ นอกจากนี้ ยังมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.347 แสดงให้เห็นว่า ความเข้ากันได้ ความได้เปรียบของนวัตกรรมใหม่ ความสอดคล้องทางสังคมและการทดลองใช้บริการพร้อมเพย์ มีอิทธิพลต่อทัศนคติต่อการใช้งานบริการพร้อมเพย์ คิดเป็นร้อยละ 34 ที่เหลืออีกร้อยละ 66 เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรอื่น

2.ความเข้ากันได้ (β = 0.291) มีอิทธิพลต่อความตั้งใจที่จะใช้งานบริการพร้อมเพย์ มากที่สุด รองลงมาคือ ความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ (β = 0.174) ในขณะที่ ความสอดคล้องทางสังคมและการทดลองใช้บริการพร้อมเพย์ ไม่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้งานบริการพร้อมเพย์ นอกจากนี้ ยังมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.246 แสดงให้เห็นว่า ความเข้ากันได้ ความได้เปรียบของนวัตกรรมใหม่ ความสอดคล้องทางสังคมและการทดลองใช้บริการพร้อมเพย์ มีอิทธิพลต่อความตั้งใจที่จะใช้งานบริการพร้อมเพย์ คิดเป็นร้อยละ 24 ที่เหลืออีกร้อยละ 76 เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรอื่น

3.ความตั้งใจที่จะใช้งาน (β = 0.661) มีอิทธิพลต่อการใช้บริการพร้อมเพย์ มากที่สุด รองลงมาคือ ทัศนคติต่อการใช้ (β = 0.155) นอกจากนี้ ยังมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.615 แสดงให้เห็นว่า ทัศนคติต่อการใช้งาน และความตั้งใจใช้งาน มีอิทธิพลต่อการใช้บริการพร้อมเพย์ ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครคิดเป็น ร้อยละ 65 ที่เหลืออีกร้อยละ 35 เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรอื่น

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปประยุกต์ใช้

จากผลการวิจัยพบว่า ทัศนคติต่อการใช้งาน ความตั้งใจใช้งาน ทั้งสองอย่างนี้มีอิทธิพลต่อการใช้พร้อมเพย์ หากวิเคราะห์เป็นหัวข้อจะพบว่า สิ่งที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้งานบริการพร้อมเพย์ ได้แก่ ความเข้ากันได้ ความได้เปรียบของนวัตกรรม และการทดลองใช้บริการ ส่วนความสอดคล้องทางสังคม ไม่มีอิทธิพล ในด้านของความตั้งใจใช้พร้อมเพย์ สิ่งที่มีอิทธพลจะได้แก่ ความเข้ากันได้ ความได้เปรียบของนวัตกรรม ในขณะที่ ความสอดคล้องทางสังคมและการทดลองใช้ ไม่มีอิทธิพลมากนัก ผู้วิจัยจึงเสนอ

ให้ภาคธุรกิจหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการพร้อมเพย์ ตระหนักถึงการ รับรู้คุณลักษณะและทัศนคติ ไม่ว่าจะเป็นทัศนคติต่อการใช้งาน ความตั้งใจใช้งานของผู้บริโภค เนื่องจากทั้งสองอย่างนี้ มีอิทธิพลต่อการใช้งานพร้อมเพย์ของผู้บริโภคค่อนข้างมาก รวมไปถึงความปลอดภัยในด้านต่างๆ ที่ผู้บริโภคกังวลเกี่ยวกับการทำธุรกรรมทางการเงิน ผ่านบริการพร้อมเพย์ด้วย

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

เพื่อให้ผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปต่อยอดเพื่อเป็นประโยชน์ต่อในด้านสังคมหรือด้านธุรกิจในการอธิบายสถานการณ์และปัญหาอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกัน ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะประเด็นสำหรับการทำวิจัยในอนาคต ดังนี้

1.ผู้ที่สนใจควรศึกษาถึงความเสี่ยงของผู้บริโภคที่มีต่อบริการการทำธุรกรรมทางการเงินผ่านบริการพร้อมมเพย์ ในด้าน ความเสี่ยงด้านการทำงาน ความเสี่ยงด้านการเงิน ด้านความเป็นส่วนตัว ความเสี่ยงด้านสังคมและความเสี่ยงด้านเวลา เพื่อปรับปรุงและพัฒนาบริการพร้อมเพย์ ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคต้องการให้มากที่สุด

2.ผู้ที่สนใจควรศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน การรับรู้ความมีประโยชน์ เนื่องจากมีการแข่งขันการให้บริการธุรกรรมทางการเงินกันสูงมาก ดังนั้นผู้ให้บริการควรศึกษาถึงปัจจัย ดังกล่าว เพราะจะช่วยในการตัดสินใจใช้บริการของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

Afshan, S. & A. Sharif. (2016). **"Acceptance of mobile banking framework in Pakistan."** Telematics and Informatics 33(2): 370-387.

Bashir, I. and C. Madhavaiah. (2015). "Consumer attitude and behavioural intention towards Internet banking adoption in India.". **Journal of Indian Business Research.** 7(1): 67-102.

Ben Mansour, K. (2016). "An analysis of business' acceptance of internet banking: an integration of e-trust to the TAM." **Journal of Business & Industrial Marketing.** 31(8): 982-994.

Choi, B., et al. (2017). **"What drives construction workers' acceptance of wearable technologies in the workplace?: Indoor localization and wearable health devices for occupational safety and health."** Automation in Construction 84: 31-41.

Dale Wagner, G. and D. D. Flannery. (2004). "A quantitative study of factors affecting learner acceptance of a computer‐based training support tool." **Journal of European Industrial Training**. 28(5): 383-399.

Escobar-Rodríguez, T. and E. Carvajal-Trujillo. (2013). "Online drivers of consumer purchase of website airline tickets." **Journal of Air Transport Management**. 32: 58-64.

Ewe, S. Y., et al. (2015). "Network externalities and the perception of innovation characteristics: mobile banking." **Marketing Intelligence & Planning.** 33(4): 592-611.

Gao, T., et al. (2010). "Factors influencing Chinese youth consumers' acceptance of mobile marketing." **Journal of Consumer Marketing.** 27(7): 574-583.

Jafari Navimipour, N. and Z. Soltani (2016). **"The impact of cost, technology acceptance and employees' satisfaction on the effectiveness of the electronic customer relationship management systems."** Computers in Human Behavior. 55: 1052-1066.

Jeong, B. K. and T. E. Yoon. (2013). "An Empirical Investigation on Consumer Acceptance of Mobile Banking Services." **Business and Management Research.** 2(1).

Khattab, A. A., et al. (2015). "The Effect of Trust and Risk Perception on Citizen's Intention to Adopt and Use EGovernment Services in Jordan." **Journal of Service Science and Management**. 8(03): 279-290.

Kros, J. F., et al. (2011). "Technology emergence between mandate and acceptance: an exploratory examination of RFID." **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**. 41(7): 697716.

Lee, C.-Y., et al. (2015). "The relationship between attitude toward using and customer satisfaction with mobile application services." **Journal of Enterprise Information Management**. 28(5): 680-697.

Martí Parreño, J., et al. (2013). "Key factors of teenagers' mobile advertising acceptance." **Industrial Management & Data Systems.** 113(5): 732-749.

Mohamad Hsbollah, H. and Kamil (2009). "E_learning adoption: the role of relative advantages, trialability and academic specialisation." **Campus-Wide Information Systems**. 26(1): 54-70.

Nørskov, S., et al. (2015). "The impact of product innovation attributes on brand equity." **Journal of Consumer Marketing.** 32(4): 245-254.

Raman, A. and Y. Don (2013). "Preservice Teachers' Acceptance of Learning Management Software: An Application of the UTAUT2 Model." **International Education Studies.** 6(7).

Yee_Loong Chong, A., et al. (2010). "Online banking adoption: an empirical analysis." **International Journal of Bank Marketing.** 28(4): 267-287.

Yoo, J., et al. (2014). "Why people use Twitter: social conformity and social value perspectives." **Online Information Review.** 38(2): 265-283.

Yoon, H. S. and L. M. Barker Steege (2013). **"Development of a quantitative model of the impact of customers' personality and perceptions on Internet banking use."** Computers in Human Behavior. 29(3): 11331141.

Zhou, T., et al. (2010). "Integrating TTF and UTAUT to explain mobile banking user adoption." **Computers in Human Behavior**. 26(4): 760-767.

การศึกษากระจุกดาว M93
THE STUDY OF STAR IN M93 OPEN CLUSTER

บุษกร เวชประโคน[1*] สุกัญญา ครงูเหลือม[2] และ รณกฤต รัตนมาลา[3]
[1,2]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา นครราชสีมา
[3]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา นครราชสีมา
[*]corresponding author e-mail : butsagotn_13@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระจุกดาว M93 โดยเก็บข้อมูล ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน) ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงินและแสงสีที่เรามองเห็น ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์ขนาด 0.7 เมตร ผลที่ได้พบว่ากระจุกดาว M93 ที่มีสเปกตรัมเป็น A, F, G, K และ M และมีอุณหภูมิยังผลระหว่าง 2,809.876 เคลวิน ถึง 9,231.862 เคลวิน และคำนวณค่า Bolometric correction ของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M93 ได้อยู่ระหว่าง -3.79 ถึง -0.08

คำสำคัญ : กระจุกดาว กระจุกดาว M93 กระจุกดาวเปิด

Abstract

This is research was aimed the study of star in M93 cluster. The 0.7-meter reflecting telescope with CCD photometer system with B and V bands was employed. The observations were done at Regional Observatory for the Public Nakhon Ratchasima. The result of star in M93 cluster were A, F, G, K and M type of spectrum and effective temperature between 2809.876 K to 9231.862 K. The calculations of the bolometric correction of stars in M36 cluster were between -3.79 and -0.08.

Keywords : cluster, M93 cluster, open clusters

บทนำ

กระจุกดาวเป็นกลุ่มของดาวฤกษ์ที่อยู่ด้วยกันด้วยแรงดึงดูดโน้มถ่วงระหว่างดาวฤกษ์สมาชิก ซึ่งในกระจุกดาวจะมีดาวฤกษ์ได้หลากหลายประเภท โดยการศึกษาประเภทของดาวฤกษ์จะนิยมศึกษาจากกระจุกดาวเพื่อที่จำได้เข้าใจถึงความหลากหลายของดาวฤกษ์ โดยกระจุกดาวแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ กระจุกดาวเปิด และกระจุกดาวทรงกลม (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2532)

กระจุกดาว M93 (NGC 2447) เป็นกระจุกดาวเปิด ที่มีตำแหน่ง R.A. 07^{h} 44^{m} 34.119^{s} และ DEC. -23° 49’ 16.09 (Simbad Astronomical Database, 2018) จากการศึกษาดาวยักษ์แดง 7 ดวง ใน กระจุกดาว M93 ของ Hamdani, S. และคณะ ในปี ค.ศ.2000 พบว่ามีมวลประมาณ 3 เท่าของมวลดวงอาทิตย์(Hamdani, S. et al., 2000) จากนั้นในปี ค.ศ. 2005 Claria, J.J. และคณะ ได้ศึกษาดาวยักษ์แดงในกระจุกดาว M93 พบว่ามีโลหะต่ำ(Claria, J.J. et al., 2005) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการศึกษากระจุกดาว M93 ส่วนใหญ่เน้นการศึกษาไปที่ดาวยักษ์แดง ซึ่งแท้ที่จริงแล้วดาวฤกษ์ใน

กระจุกดาวมีหลากหลายชนิด ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จะทำการศึกษาชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M93 โดยการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิยังผล เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษากระจุกดาว M93 สืบไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การสังเกตการณ์กระจุกดาว M93 ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยการถ่ายภาพ ในคืนวันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ.2560 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน) ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์ขนาด 0.7 เมตร ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงินและแสงสีที่ตามองเห็น และมีระบบตามดาวอัตโนมัติ เมื่อได้ภาพถ่ายและจะนำภาพถ่ายไปลบสัญญาณรบกวน (Reduction) ด้วยโปรแกรม IRIS และทำการวัดโชติมาตรปรากฏด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool (APT) โดยใช้ดาวฤกษ์ TYC 6540-3112-1 (B=11.56, V=10.99) เป็นดาวฤกษ์อ้างอิง ดังภาพที่ 1 ซึ่งข้อมูลของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M93 ที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งหมด 1,163 ข้อมูล จากนั้นจะนำโชติมาตรที่ได้มาปรับแก้ให้เป็นโชติมาตรแท้จริง แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีสี (B-V) แล้วนำไปคำนวณหาค่าอุณหภูมิยังผล ดังสมการที่ 1 และเทียบอุณหภูมิยังผลกับชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ และค่า Bolometric correction คำนวณจากสมการที่ 2(Larry Bogan, 1998)

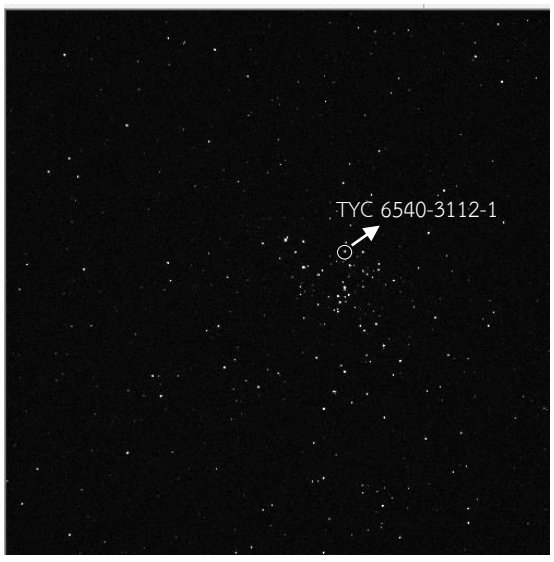
$$\frac{1}{T_{eff}} = \left(9.5230\times10^{-5}\right) + \left(1.32488\times10^{-4}\right)\left(B-V\right) \qquad (1)$$

$$BC = -8.499\,[\log(T_{eff})- 4]^4 + 13.421[\log(T_{eff})- 4]^3 - 8.131[\log(T_{eff})- 4]^2 - 3.901\,[\log(T_{eff})- 4] - 0.438 \qquad (2)$$

เมื่อ T_{eff} คือ อุณหภูมิยังผล หน่วยเคลวิน

B-V คือ ดัชนีสี (สุพรรณี ไพรศรีจันทร์, 2549)

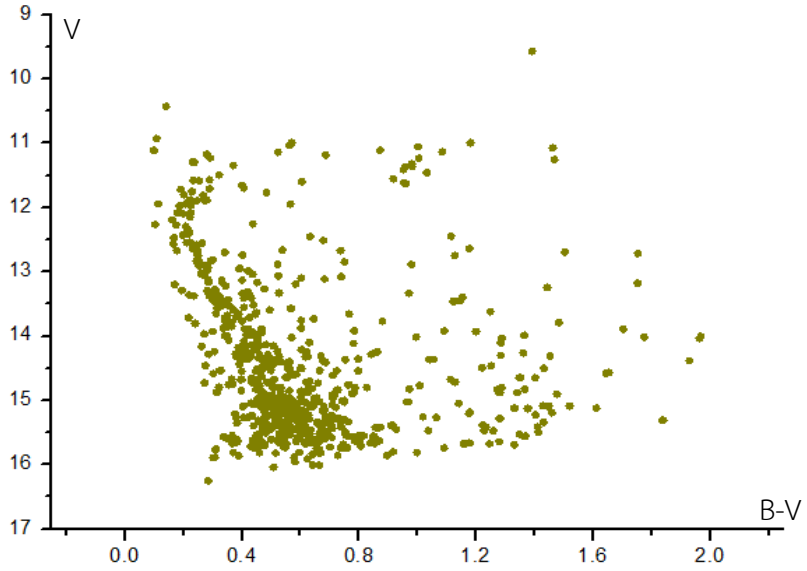
BC คือ Bolometric correction



ภาพที่1 กระจุกดาว M93 และดาวเปรียบเทียบ

ผลการวิจัย

จากข้อมูลการวิเคราะห์ภาพกระจุกดาว M93 ด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool วิเคราะห์ข้อมูลของดาวฤกษ์ได้ 1,163 ดวง และวิเคราะห์ค่าดัชนีสี(B-V) ตลอดสร้างแผนภาพ HR Diagram ของกระจุกดาว M93 แสดงดังภาพที่2 จากนั้นคำนวณหาอุณหภูมิยังผล รวมไปถึงการจำแนกสเปกตรัมของกระจุกดาว M93 พบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M93 มีชนิดสเปกตรัม ได้แก่ A, F, G, K และ M จำนวน 137 ดวง, 466 ดวง, 352 ดวง, 170 ดวง และ 38 ดวง ตามลำดับ และคำนวณค่า Bolometric correction ของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M93 ได้อยู่ระหว่าง -3.79 ถึง -0.08



ภาพที่2 แผนภาพ HR Diagram ของกระจุกดาว M93

จากภาพที่ 2 แผนภาพ HR Diagram เป็นความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสี(แกน X) และโชติมาตรปรากฏในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็น(V) ของกระจุกดาว M93 ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในครั้งนี้ ซึ่งพบว่าดาวฤกษ์ส่วนใหญ่เรียงเป็นแนวเส้นทแยงมุม ซึ่งเป็นแสดงให้เห็นว่าดาวฤกษ์ส่วนใหญ่เป็นดาวในแถบลำดับหลัก(Main sequence star)

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M93 ทั้งหมด 1,163 ดวง พบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M93 มีอุณหภูมิยังผลระหว่าง 2,809.876 เคลวิน ถึง 9,231.862 เคลวิน และจำแนกชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M93 พบว่ามีชนิดสเปกตรัม ได้แก่ A, F, G, K และ M จำนวน 137 ดวง, 466 ดวง, 352 ดวง, 170 ดวง และ 38 ดวง ตามลำดับ จากการศึกษาในครั้งนี้จึงพบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M93 ที่สังเกตการณ์ได้เป็นสเปกตรัมช่วงปลาย (Late type spectrum) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการก่อกำเนิด หรือการวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ และดาวฤกษ์ส่วนใหญ่เป็นดาวฤกษ์ในแถบลำดับหลัก (Main sequence star) และคำนวณค่า Bolometric correction ของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M93 ได้อยู่ระหว่าง -3.79 ถึง -0.08

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M93 ข้อมูลดาวฤกษ์ทั้งหมดที่ได้ 1,163 ดวง คำนวณอุณหภูมิยังผลได้ระหว่าง 2,809.876 เคลวิน ถึง 9,231.862 เคลวิน จำแนกชนิดสเปกตรัมได้เป็น A, F, G, K และ M แสดงว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว

M93 มีความหลากหลาย เหมาะแก่การศึกษาสมบัติทางกายภาพและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ในแต่ละประเภท และคำนวณค่า Bolometric correction ของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M93 ได้อยู่ระหว่าง -3.79 ถึง -0.08

กิตติกรรมประกาศ

ขอบขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2532). **ดาราศาสตร์ทั่วไป เล่ม 1.** ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุพรรณี ไพรศรีจันทร์. (2549). **สมบัติทางกายภาพของกระจุกดาวเปิด เอ็ม15.** การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Claria, J.J. et al.. (2005). MULTICOLOR PHOTOMETRY OF RED GIANT CANDIDATES IN THE SOUTHERN OPEN CLUSTER NGC 2447. **Baltic Astronomy.** 14: 301-311.

Hamdani, S. et al., (2000). Chemical abundances in seven red giants of NGC 2360 and NGC 2447. **Astronomy and Astrophysics.** 360: 509-519.

Larry Bogan. (1998). The Hertzsrung-Russell Diagram(HR Diagram) as related to Stellar Radius and Temperature. Retrieved http://www.bogan.ca/astro/stars/star_lum.html.

Simbad Astronomical Data Base. (2018). **NGC 2447 Open Cluster**. Retrieved http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/.

ความชุกของหนอนพยาธิที่ติดเชื้อในลำไส้ปลาหมอที่อยู่ตามธรรมชาติและเลี้ยงในบ่อซีเมนต์

PREVALENCE OF HELMINTHES INFECTED INTESTINAL OF *ANABAS TESTUDINEUS* FROM NATURAL HABITAT AND CEMENT CONTAINER

กัณฐิกา จงธรรม์ อรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์ สิทธิชัย อุดก่ำ และ วราภรณ์ ผาลี*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : waraporn.noikong@gmail.com

บทคัดย่อ

ปลาหมอเป็นปลาน้ำจืดที่นิยมนำมาเลี้ยงเพื่อจำหน่าย เนื่องจากปลาหมอเป็นปลากินเนื้อจึงทำให้มีโอกาสที่จะติดเชื้อพยาธิจากการกินอาหารได้ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุบัติการณ์ของหนอนพยาธิในลำไส้ปลาหมอที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ และปลาหมอที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ตำบลปากโทก อำเภอเมือพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก ทั้งหมด 110 ตัว ระหว่างเดือนกรกฎาคม-กันยายน พ.ศ. 2560 ตรวจหาหนอนพยาธิในลำไส้โดยการผ่าเปิดช่องท้อง และตรวจหาหนอนพยาธิภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบการติดเชื้อของ *Camallanus anabantis* เพียงชนิดเดียวในลำไส้ปลาหมอจากบ่อซีเมนต์มีร้อยละความชุกเท่ากับ 18.86 และความหนาแน่นเท่ากับ 1.4 ตัวต่อปลาหมอหนึ่งตัว สำหรับปลาหมอที่เก็บจากแหล่งน้ำธรรมชาติพบการติดเชื้อของพยาธิ 4 ชนิดได้แก่ *C. anabantis* มากที่สุดโดยมีร้อยละความชุกเท่ากับ 77.19 มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 รองลงมาคือ *Pallisentis* sp. มีร้อยละความชุกเท่ากับ 7.01 ความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.25 *Plagioporus* sp. มีร้อยละความชุกเท่ากับ 5.26 ความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 และ *Anisakis* sp. มีร้อยละความชุกเท่ากับ 1.75 ความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.00

คำสำคัญ : ปลาหมอ หนอนพยาธิ ตามแหล่งน้ำธรรมชาติและบ่อซีเมนต์

Abstract

Anabas testudineus is a popular fish species that is reared for selling. Due to this *A. testudineus* is a carnivorous fish, their feeding behavior can cause the helminth infection. Therefore, this study aimed to determine the occurrence of helminth infection in fish obtained from natural habitat and artificial container. Fifty five samples were collected from a natural river and 53 samples were collected from fish cement container during July to September 2017. Fish intestine was dissected and observed Helminthes under the stereomicroscope. The results showed that only *Camallanus anabantis* was found from the fish rearing in cement container whereas four helminthes were found from the fish living in the natural area. The prevalence and intensity of *C. anabantis* were 18.86 and 1.4 for pond-reared fish. Interestingly, four helminthes; *C. anabantis*, *Pallisentis* sp., *Plagioporus* sp. and *Anisakis* sp. showed the prevalence and intensity as 77.19 and 3.93, 7.01 and 1.25, 5.26 and 3.00, and 1.75 and 1.00 respectively.

Keywords : *Anabas testudineus*, helminthes, natural habitat and artificial pond

บทนำ

ปลาหมอ (*Anabas testudineus*) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่เลี้ยงง่ายและนิยมนำมาเลี้ยงเพื่อจำหน่าย สามารถเลี้ยงทั้งในบ่อที่สร้างขึ้น และในแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากปลาหมอเป็นปลาที่มีความอดทนสูงสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี (จอมสุดา, 2555) มีรายงานการติดเชื้อหนอนพยาธิในปลาหมอทั้งพยาธิตัวกลม พยาธิตัวตืด พยาธิใบไม้ และพยาธิหัวหนามหลายชนิด เช่น *Camallanus anabantis*, *Clinostomum complanatum* และ *Pallisentis nagpurensis* (กานดา และคณะ, 2544; ศุภมาศ, 2556) ซึ่งการติดเชื้อหนอนพยาธิในลำไส้ของปลาหมอนับว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้ปลาหมออ่อนแอและตายได้ โดยเฉพาะลูกปลาขนาดเล็ก (Chinabut and Lin, 1991) ซึ่งจำนวนการติดเชื้อของพยาธิอาจขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของโฮสต์ที่อาศัยอยู่ (Bhuiyan et al., 2014) ถ้าอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติก็จะมีโอกาสติดเชื้อหนอนพยาธิได้มากกว่าในบ่อเลี้ยงแบบปิด จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Luangphai et al. (2004) พบอัตราการติดเชื้อของหนอนพยาธิซึ่งมีความชุกรวมสูงถึงร้อยละ 88 แบ่งได้เป็นพยาธิใบไม้ ได้แก่ *Centrocestus caninus* และ *Stellantchasmus falcatus* พยาธิหัวหนาม ได้แก่ *Acanthostomum* sp. และ *Pallisentis* sp. และพยาธิตัวกลม *Camallanus* sp. ทั้งนี้ปัจจุบันจังหวัดพิษณุโลกส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงปลาหมอเพื่อสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรมากขึ้น เนื่องจากมีผู้นิยมบริโภคปลาหมอเพิ่มขึ้นและปลาหมอยังสามารถขายได้ราคาดีอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความชุกของหนอนพยาธิในลำไส้ปลาหมอที่เป็นสาเหตุทำให้ปลาโตช้า น้ำหนักน้อยทำให้ขายไม่ได้ราคา จนกระทั่งการตายขณะเลี้ยงซึ่งส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาหมอโดยตรง

วิธีดำเนินการวิจัย

เก็บตัวอย่างปลาหมอที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์และปลาหมอที่อาศัยอยู่ในน้ำขังบริเวณทุ่งนา จำนวน 110 ตัว ในตำบลปากโทก อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 โดยใช้สวิงตักปลาจากบ่อซีเมนต์จำนวน 53 ตัว และใช้ลอบดักปลาเพื่อจับปลาหมอในน้ำขังบริเวณทุ่งนาจำนวน 57 ตัว ตรวจหาหนอนพยาธิในลำไส้ปลาหมอภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ จัดจำแนกชนิดและนับจำนวนหนอนพยาธิที่พบ และคำนวณร้อยละความชุกและความหนาแน่นเฉลี่ยของหนอนพยาธิ ตามวิธีการของ Margolis et al. (1982)

$$\text{ร้อยละความชุก (Prevalence)} = \frac{\text{จำนวนปลาที่พบหนอนพยาธิ (ตัว)}}{\text{จำนวนปลาทั้งหมดที่ตรวจหาหนอนพยาธิ (ตัว)}} \times 100$$

$$\text{ความหนาแน่นเฉลี่ย (Mean intensity)} = \frac{\text{จำนวนหนอนพยาธิที่พบ (ตัว)}}{\text{จำนวนปลาที่ติดเชื้อจากหนอนพยาธิ (ตัว)}}$$

ผลการวิจัย

ผลการสำรวจหนอนพยาธิในลำไส้ปลาหมอ พบว่ามีร้อยละความชุกรวมเท่ากับ 50.00 และความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 ตัวต่อปลาหมอหนึ่งตัว ซึ่งปลาหมอที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีร้อยละความชุกมากกว่าปลาหมอที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ มีค่าเท่ากับ 78.95 และ 18.87 ตามลำดับ มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 4.93 และ 1.4 ตัวต่อปลาหมอหนึ่งตัว สามารถจัดจำแนกหนอนพยาธิได้ 4 ชนิด ได้แก่ *Camallanus anabantis*, *Anisakis* sp., *Plagioporus* sp. และ *Pallisentis* sp. โดยในปลาหมอที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์พบหนอนพยาธิเพียงชนิดเดียว คือ *C. anabantis* มีร้อยละความชุกเท่ากับ 18.87 และ ความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.4 ตัวต่อปลาหมอหนึ่งตัว สำหรับปลาหมอที่เก็บมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติพบการติดเชื้อหนอนพยาธิ 4 ชนิด ได้แก่ *C. anabantis* มีร้อยละความชุกและความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 78.95 และ 4.91 ตัวต่อปลาหมอหนึ่งตัว *Anisakis* sp. มีร้อยละความชุกและความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.75 และ 1.00 ตัวต่อปลาหมอหนึ่งตัว

Plagioporus sp. มีร้อยละความชุกและความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 5.26 และ 12.00 ตัวต่อปลาหมอหนึ่งตัว *Pallisentis* sp. มีร้อยละความชุกและความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 7.01 และ 10.50 ตัวต่อปลาหมอหนึ่งตัว (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ร้อยละความชุกและความหนาแน่นของหนอนพยาธิที่พบในลำไส้ปลาหมอ

แหล่งน้ำ	จำนวนปลาที่ตรวจ (ตัว)	ชนิด	จำนวนปลาที่ติดเชื้อ(ตัว)	จำนวนหนอนพยาธิ (ตัว)	ร้อยละความชุก (%)	ความหนาแน่นเฉลี่ย (ตัวต่อปลาหนึ่งตัว)
บ่อซีเมนต์	53	*Camallanus anabantis*	10	14	18.87	1.4
แหล่งน้ำธรรมชาติ	57	*Camallanus anabantis*	45	221	78.95	4.91
		Anisakis sp.	1	1	1.75	1.00
		Plagioporus sp.	3	36	5.26	12.00
		Pallisentis sp.	4	42	7.01	10.50

อภิปรายผล

จากผลการสำรวจหนอนพยาธิในลำไส้ปลาหมอ พบว่าปลาหมอจากแหล่งน้ำธรรมชาติมีร้อยละความชุกและความหนาแน่นเฉลี่ยมากกว่าปลาหมอที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ซึ่งการติดเชื้อหนอนพยาธิของปลาหมอมาจากลักษณะของแหล่งที่อยู่อาศัย (Bhuiyan et al., 2014) ในแหล่งน้ำธรรมชาติปลาหมอกินอาหารที่อยู่ในแหล่งน้ำนั้น เช่น แมลงน้ำ ไรน้ำ กุ้ง ลูกปลาขนาดเล็ก ซึ่งสัตว์เหล่านี้เป็นโฮสต์กึ่งกลางของพยาธิใบไม้ พยาธิตัวตืด พยาธิตัวกลม และพยาธิหัวหนาม จึงทำให้ปลาหมอตามแหล่งน้ำธรรมชาติมีโอกาสติดเชื้อหนอนพยาธิได้มากกว่าปลาหมอที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ที่ส่วนใหญ่ได้รับเพียงอาหารเม็ด ดังเช่นผลการวิจัยที่พบว่าจำนวนชนิดของหนอนพยาธิที่ติดเชื้อในปลาหมอที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ก็น้อยกว่าปลาหมอในแหล่งน้ำธรรมชาติ ทั้งนี้เนื่องจากปลาหมอที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์จะได้รับเพียงอาหารเม็ดเท่านั้น แต่การติดเชื้อหนอนพยาธิอาจเกิดจากการปนเปื้อนของ มด หรือแมลงในอาหารเม็ด ซึ่งการศึกษาครั้งนี้พบชนิดเดียวกันกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของ กานดา และคณะ (2544) และ Luangphai et al. (2004) ซึ่งเป็นชนิดที่สามารถพบได้ทั่วไปของประเทศไทย แต่ผลของความชุกรวมของการติดเชื้อหนอนพยาธิในการศึกษาครั้งนี้พบน้อยกว่าการศึกษาของ Luangphai et al. (2004) อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมของโฮสต์ที่อาศัยอยู่ที่มีความแตกต่างกัน (Das and Goswami, 2014)

สรุปผลการวิจัย

การติดเชื้อหนอนพยาธิในลำไส้ปลาหมอ 3 กลุ่ม คือ พยาธิตัวกลม 2 ชนิด ได้แก่ *Camallanus anabantis* และ *Anisakis* sp. พยาธิใบไม้ 1 ชนิด ได้แก่ *Plagioporus* sp. และพยาธิหัวหนาม 1 ชนิด ได้แก่ *Pallisentis* sp. ซึ่งพบปลาหมอที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์พบพยาธิเพียงชนิดเดียวคือ *C. anabantis* ซึ่งน้อยกว่าปลาหมอตามแหล่งน้ำธรรมชาติที่พบทั้ง 4 ชนิด และร้อยละความชุกและความหนาแน่นเฉลี่ยของปลาหมอที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ก็พบน้อยกว่าปลาหมอจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากความหลากหลายของอาหารในแหล่งน้ำธรรมชาติมีมากกว่าการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ อาหารที่หลากหลายในแหล่งน้ำ

ธรรมชาติมีบางชนิดที่เป็นโฮสต์กึ่งกลางของหนอนพยาธิ ซึ่งประโยชน์ในการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปปรับใช้กับปลาชนิดอื่นๆ หรือสัตว์น้ำอื่นที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กานดา ค้ำชู ชโลบล วงศ์สวัสดิ์ ประไพสิริ สิริกาญจน์ และ ประลองยุทธ ศรีปาลวิทย์. (2544). การศึกษาพยาธิตัวกลม *Camallanus anabantis* Pearse, ที่พบจากปลาหมอไทย *Anabas testudineus* (Bloch, 1792) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน. **วารสารสงขลานครินทร์.** ปีที่ 23 (ฉบับที่ 2), 185-191.

จอมสุดา ดวงวงษา. (2555). **การแปลงเพศปลาหมอไทยด้วยเอสโตรเจนชนิดธรรมชาติ (Premarin) ให้ได้เพศเมีย**ล้วน. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. หน้า 3-7.

ศุภมาศ ศรีวงศ์พุก. (2556). ปรสิตในปลาสลาดจากอ่างเก็บน้ำห้วยจระเข้มาก จังหวัดบุรีรัมย์. **วารสารแก่นเกษตร.** ปีที่ 41 (ฉบับพิเศษ 1), 446-452.

Bhuiyan A.I., Ghani M.O., and Bushra j. (2014). Community Structure Analysis of Endoparasitic Helminths of *Anabas testudineus* (Bloch, 1792) From A Fresh Water Body Of Bangladesh. **J. Asiat. Soc. Bangladesh. Sci.** 2014 (40) (1): 67-77.

Chinabut S., and Lim L.S. (1991). **Four new species of *Dactylogyrus* (Monogenea) from *Cimhirius jullius* Sauvage,** 1878 (Cyprinidae) in Thailand. Raff. Bull. Zool. 1991(40): 75-79.

Das D., and Goswami M.M. (2014). Helminth infection in *Anabas testudineus* of three wetlands of Goalpara, Assam. **Journal of Applied and Natural Science.** 2014 (6) (2): 677 – 679.

Luangphai P., Wongsawad C., Kumchoo K., and Sripalwit P. (2004). Survey Of helminths in climbing perch (*Anabas testudineus*) From San Sai District, Chiang Mai Province. **The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health.** 2004 (35) (suppl 1): 288-290.

Margolis L., G. Esch J.C. Holmes A.M. Kuris G.A. (1982). The use of ecological terms in parasitology. **J. Parasitology.** 1982(68) (1): 131-133.

การศึกษาสารสกัดรากยอบ้านต่อฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส

STUDY OF YO-BAN (*MORINDA CITRIFOLIA* L.) ROOT EXTRACTION ON ACETYLCHOLINESTERASE INHIBITORY ACTIVITY

ดามรัศมน สุรางกูร[1] กมลวรรณ ศรีสวัสดิ์[2] ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล[3]
อรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์[4] และ ภรภัทร สำอางค์[5*]
[3,4,5]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
[1,2]คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก
[*]corresponding author E-mail : Pornpat335@gmail.com

บทคัดย่อ

ยอบ้าน (*Morinda citrifolia* L.) เป็นพืชสมุนไพรที่สำคัญของไทยอยู่ในตระกูล Rubiaceae มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และบำรุงสมองและระบบประสาท งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสกัดและทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสจากรากยอบ้าน ดังนั้นได้ทำการสกัดรากยอบ้านด้วยเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และเอทานอล ตามลำดับ โดยพบว่า สารสกัดเอทานอลมีปริมาณสารสกัดที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสสูงที่สุด มีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 39.00 ที่ความเข้มข้น 1 mg/mL ในขณะที่สารสกัดเฮกเซน สารสกัดไดคลอโรมีเทน และสารสกัดเอทิลอะซิเตต ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส มีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 24.32 24.31 และ 26.68 ตามลำดับ จากนั้นนำสารสกัดรากยอบ้านด้วยเอทานอลมาหาค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสได้ 50% หรือ IC_{50} มีค่าเท่ากับ 270 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งน้อยกว่าสารมาตรฐาน Tacrine ประมาณ 900 เท่า จากผลการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดรากยอบ้านมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเป็นอาหารเสริมสุขภาพเพื่อการบำบัดโรคอัลไซเมอร์

คำสำคัญ : ยอบ้าน เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส โรคอัลไซเมอร์

Abstract

Yo-ban (*Morinda citrifolia* L.) is an important herb of Thailand which is in the Rubiaceae family, and has antioxidation, anti-inflammation and nourishment of the brain and nervous system properties. This research is to study of Yo-ban (*Morinda citrifolia* L.) root extract on acetylcholinesterase inhibitory activity. Therefore, air-dried roots of Yo-ban were extracted by using different solvents such as hexane, dichloromethane, ethyl acetate, and ethanol, respectively. It was found that the crude ethanol extract showed the highest acetylcholinesterase inhibitory activity as 39% at the concentration of 1 mg/mL. While the crude hexane extract, the crude dichloromethane extract and the crude ethyl acetate extract could inhibit acetylcholinesterase activity and showed inhibitory percentages as 24.32%, 24.31%, and 26.68%, respectively. Then, the root of *Morinda citrifolia* L. ethanolic extract exhibited a 50% inhibitory concentration value (IC_{50}) of antiacetylcholinesterase activity as 270 μg/mL which is about 900 times less than the standard tacrine. This preliminary results provided that the crude ethanol extract of Yo-ban have had the potential to be developed as medicinal supplement for Alzheimer's treatment.

Keywords : *Morinda citrifolia* L., Acetylcholinesterase, Alzheimer's disease

บทนำ

ปัจจุบันจำนวนผู้สูงอายุในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปัญหาด้านสุขภาพโดยเฉพาะการเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังจึงเป็นปัญหาสำคัญของผู้สูงอายุ ได้แก่ โรคสมองเสื่อม ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง และโรคเบาหวาน ซึ่งโรคสมองเสื่อมพบมากในผู้สูงอายุและเป็นปัญหาสำคัญด้านสาธารณสุขไทย (นริสา วงศ์พนารักษ์ และ สายสมร เฉลยกิตติ, 2557) โดยภาวะสมองเสื่อมเป็นกลุ่มอาการที่มีการสูญเสียหน้าที่การทำงานของสมอง ทำให้ความสามารถในการจดจำ การเรียนรู้ลดลง สาเหตุหลักของโรคสมองเสื่อมร้อยละ 70 มาจากโรคอัลไซเมอร์ รองลงมา คือโรคหลอดเลือดสมอง และสาเหตุภาวะสมองเสื่อมที่พบได้เล็กน้อย เช่น โรคพาร์กินสัน และสมองได้รับบาดเจ็บ เป็นต้น

พยาธิสภาพที่สำคัญของโรคอัลไซเมอร์ ดังนี้ 1) ปริมาณ amyloid-beta (Aβ) ในเนื้อสมองมากจนมีลักษณะเหมือนคราบในสมอง เรียกว่า Amyloid plaques 2) มี neurofibrillary tangles ซึ่งเกิดจาก Tau protein ถูกเติมหมู่ฟอตเฟตมากผิดปกติ (hyperphosphorylated) สะสมภายในตัวเซลล์ประสาท ทำให้เซลล์ประสาททำงานผิดปกติจนนำไปสู่การตายของเซลล์ประสาท (Tarawneh and Holtzman, 2012) และ 3) ปริมาณสารสื่อประสาท acetylcholine ในสมองส่วน hippocampus ลดลง ซึ่ง acetylcholine ทำหน้าที่ควบคุมความสามารถในการจดจำ ในผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์จะมีปริมาณ acetylcholine ลดลง เนื่องจากสารสื่อประสาท acetylcholine ถูกควบคุมโดยเอนไซม์ cholinesterase (ChE) ที่ย่อยสลาย acetylcholine

เอนไซม์ acetylcholinesterase จะเป็นเอนไซม์หลักในการย่อย acetylcholine ปัจจุบันยังไม่มียารักษาผู้ป่วยอัลไซเมอร์ให้หายขาดได้ เพียงแต่ใช้ยาเพื่อชะลอการทรุดลงของโรคในระยะเริ่มแรกเท่านั้น เช่น ยาโดเนเพซิล (Donepezil) ยากาแลนตามีน (Galantamine) ยาไรวาสติกมีน (Rivastigmine) ยาเมแมนทีน (Memantine) และทาครีน (Tacrine) (Doraiswamy, *et al*., 2002; Tarawneh and Holtzman, 2012; Roseiro *et al*., 2012) กลไกการทำงานของยากลุ่มนี้จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cholinesterase ทำให้มีสารสื่อประสาท acetylcholine อยู่ในระบบประสาทส่วนกลางได้นานขึ้น ส่งผลให้ความจำของผู้ป่วยดีขึ้น แต่มีผลข้างเคียง เช่น คลื่นไส้อาเจียน การเต้นของหัวใจช้าลง และท้องอืดท้องเฟ้อ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้เองทำให้ปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกหันมาสนใจสารจากพืชสมุนไพรไทยเพื่อนำมาพัฒนาเป็นส่วนผสมของยา หรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหารบำรุงสมองและระบบประสาทกันเป็นจำนวนมาก

ยอบ้าน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morinda citrifolia* L. ในตำรับยาแพทย์แผนไทย ส่วนใบใช้แก้ท้องร่วง ลดไข้ และผลแก้คลื่นไส้อาเจียน และขับลม ในปัจจุบันยังมีผลิตภัณฑ์น้ำลูกยอช่วยลดความดันได้อีกด้วย โดยส่วนใหญ่กลุ่มสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่แยกจากส่วนใบ ผล เปลือก และลำต้นของยอบ้าน ได้แก่ สารกลุ่ม iridoid glucoside, flavonol glycoside, anthraquinone และ coumarin โดยสารทั้งหมดนี้แสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ต้านมะเร็ง (anti-cancer) ต้านแบคทีเรีย (Antimicrobial) และต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) เป็นต้น (Kamiya *et al*., 2005; Mahattanadul *et al*., 2011; Sang *et al*., 2003; Takashima *et al*., 2007; Wang *et al*., 2016)

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ของสารสกัดรากยอบ้าน เนื่องจากยังไม่เคยมีการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ชนิดนี้มาก่อน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาสารสำคัญในยอบ้านเชิงลึกต่อไปและสามารถนำไปใช้พัฒนาต่อยอดให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางยาหรืออาหารเสริมสำหรับรักษาโรคอัลไซเมอร์ในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

สารเคมี

Enzyme acetylcholinesterase ≥ 1,000 units/mg protein สารมาตรฐาน Tacrine hydrochloride ≥ 99 % purity และ 5,5′-dithio-bis-(2-nitro) benzoic acid (DTNB) ≥ 98 % purity และ acetylthiocholine iodide ≥ 98 % purity จากบริษัท Sigma-aldrich, ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

ตัวทำละลายเฮกเซน (C_6H_6) ไดคลอโรมีเทน (CH_2Cl_2) เอทิลอะซิเตต ($C_4H_8O_2$) และเอทานอล (C_2H_5OH) จากบริษัท ทีทีเค ซายแอนซ์ จำกัด

1. การเตรียมตัวอย่างยอบ้านก่อนการสกัด

เก็บตัวอย่างรากยอบ้านมาจากตำบลหนองแม่แตง อำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร ปี พ.ศ. 2560 แล้วนำมาตากแห้งที่อุณหภูมิห้องในบริเวณที่อากาศถ่ายเทสะดวก จากนั้นบดพืชด้วยเครื่องบดอย่างหยาบ

2. การสกัดยอบ้านด้วยวิธีการสกัดเย็น (marceration)

นำรากยอบ้านแห้งบดหยาบ 1 กิโลกรัม มาแช่ด้วยเฮกเซนที่อุณหภูมิห้องพร้อมกับกวนเป็นครั้งคราว เปลี่ยนเฮกเซนทุกสัปดาห์ จนกระทั่งสารสกัดใสไม่มีสี แล้วกรองสารละลายออก นำกากเดิมมาสกัดต่อไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และเอทานอล ตามลำดับ โดยแช่แต่ละตัวทำละลายในการสกัดซ้ำจนกระทั่งสารสกัดใสไม่มีสี จากนั้นนำแต่ละสารสกัดที่กรองได้ทั้งหมดระเหยด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบหมุนลดความดัน (reduced pressure rotary evaporator) จะได้สารสกัดหยาบเฮกเซน (ร้อยละ 0.16 โดยน้ำหนัก) สารสกัดหยาบไดคลอโรมีเทน (ร้อยละ 0.53 โดยน้ำหนัก) สารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตต (ร้อยละ 0.43 โดยน้ำหนัก) และสารสกัดหยาบเอทานอล (ร้อยละ 2.36 โดยน้ำหนัก) เก็บสารสกัดหยาบทั้งหมดในขวดไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศา เพื่อทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase ต่อไป

3. การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase

ทดสอบตามวิธีของ Ellman และคณะ (1961) โดยการศึกษาใน 96-well plate ดังนี้ เติมสารละลายมาตรฐาน tacrine เป็นยารักษาโรคอัลไซเมอร์ (positive control) ที่ความเข้มข้น 20 μM หรือสารสกัดรากยอบ้านต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 10 mg/mL จากนั้นเจือจางให้มีความเข้มข้น 1250 1000 750 500 250 μg/mL 25 μL ผสมกับสารละลายเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (0.3 unit) ปริมาตร 25 μL บ่มด้วยเครื่อง incubator ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเติม 1 mM acetylthiocholine iodide 25 μL และ 3 mM DTNB 125 μL บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด 412 nm โดยมี phosphate buffer saline (PBS) เป็น blank คำนวณร้อยละของการยับยั้ง (% inhibition) จากสมการ ดังนี้

$$\% \text{ inhibition} = (A_{control}-A_{sample})/(A_{control})*100$$

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม (0.5% DMSO)

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

หมายเหตุ แต่ละความเข้มข้นทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

ผลการวิจัย

ผลการสกัดรากยอบ้านด้วยตัวทำละลายต่างๆ พบว่าสารสกัดหยาบเอทานอลมีปริมาณมากที่สุด 22.56 กรัม คิดเป็นร้อยละ 2.36 ต่อน้ำหนักแห้งของรากยอบ้าน **(ตาราง 1)** ลักษณะของสารสกัดนั้นมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 1 ร้อยละของน้ำหนักรากยอบ้านแห้งที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

ตัวทำละลายในการสกัด	ลักษณะของสารสกัด	น้ำหนักของสารสกัด (กรัม)	ร้อยละโดยน้ำหนัก
เฮกเซน	เหนียวหนืดสีส้ม	1.48	0.16
ไดคลอโรมีเทน	เหนียวหนืดสีส้มเข้ม	5.03	0.53
เอทิลอะซิเตต	เหนียวหนืดสีน้ำตาล	4.14	0.43
เอทานอล	เหนียวหนืดสีดำ	22.56	2.36

เมื่อนำสารสกัดเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทิลอะซิเตต และเอทานอล ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase **(ตาราง 2)** โดยวิธีของ Ellman *et al*. ซึ่งวัดการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase จากปฏิกิริยาการเกิดสีเหลืองของ acetylthiocholine iodide ผสมกับ dithiobisnitro benzoate ion (DTNB) พบว่าสารสกัดเอทานอลที่ความเข้มข้น 125 μg/mL สามารถออกฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ดีที่สุด โดยมีร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 39.00 ในขณะที่ตัวทำละลายเฮกเซน ไดคลอโรมีเมน และเอทิลอะซิเตต จะแสดงฤทธิ์ในการยับยั้ง acetylcholinesterase ที่ใกล้เคียงกัน มีร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 24.32 24.31 และ 26.68 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้น 125 μg/mL

ตารางที่ 2 ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ของสารสกัดรากยอบ้านที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ

สารสกัด	**ร้อยละของการยับยั้ง (% inhibition) ± SEM**				
	25 μg/mL	50 μg/mL	75 μg/mL	100 μg/mL	125 μg/mL
เฮกเซน	18.46 ± 1.90	15.89 ± 1.40	18.47 ± 2.05	19.68 ± 0.56	24.32 ± 1.65
ไดคลอโรมีเทน	27.20 ± 1.23	23.55 ± 0.91	23.55 ± 1.54	23.33 ± 0.26	24.31 ± 0.84
เอทิลอะซิเตต	22.93 ± 1.33	22.29 ± 3.92	24.95 ± 0.79	25.96 ± 0.98	26.68 ± 1.85
เอทานอล	27.07 ± 1.12	30.00 ± 1.91	32.77 ± 0.76	35.43 ± 0.77	39.00 ± 0.84

จากนั้นนำสารสกัดรากยอบ้านด้วยเอทานอลมาหาค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสได้ 50% หรือ IC50 โดยเพิ่มความเข้มข้นเป็น 250 500 750 1000 และ 1250 μg/mL พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเอทานอลเพิ่มขึ้นสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน (dose-response relationship) โดยมีค่า IC50 เท่ากับ 270 μg/mL แต่น้อยกว่าสารมาตรฐาน Tacrine ประมาณ 900 เท่า **ดังตารางที่ 3**

ตารางที่ 3 ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ของสารสกัดเอทานอลจากรากยอบ้านเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน Tacrine

ส่วนของพืช	ความเข้มข้น	% inhibition			%inhibition	ส่วนเบี่ยงเบน
	(μg/mL)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	มาตรฐาน
ราก	1250	79.58	72.65	78.73	76.99	2.18
	1000	71.94	75.60	72.97	73.50	1.09
	750	67.02	73.80	75.53	72.12	2.60
	500	59.99	65.64	62.50	62.71	1.63
	250	46.20	54.19	46.80	49.06	2.57
สาร	1250	70.44	68.53	71.04	70.00	0.76
มาตรฐาน	1000	70.33	69.42	69.57	69.77	0.28
	750	70.50	69.54	70.87	70.31	0.40
	500	71.01	69.54	71.21	70.59	0.53
	250	71.41	69.96	72.34	71.24	0.69

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าสารที่ออกฤทธิ์ป้องกันโรคความเสื่อมของระบบประสาท เป็นกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) เช่น rosmainic acid anthraquinones aucubin และ scopolein (Wang and Su, 2001) และสารกลุ่มแอลคาลอยด์ เช่น Xeronine (Heincke, 1985) โดยสาร scopolein และ anthraquinone เป็นสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase นอกจากนี้ยังมีสาร rosmainic acid มีฤทธิ์ในการยับยั้งการรวมกลุ่มกันของ Aβ รวมถึงมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสอีกด้วย (William *et al*., 2011) ซึ่งเป็นที่น่าสนใจในการทำวิจัยต่อไปเป็นการหาสารบริสุทธิ์ที่ออกฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส รวมทั้งศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และการป้องกันการตายของเซลล์ เพื่อที่จะนำไปพัฒนาเป็นอาหารเสริมสำหรับป้องกันโรคอัลไซเมอร์และโรคความผิดของระบบประสาทชนิดอื่นต่อไปได้

สรุปผลการวิจัย

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ของสารมาตรฐานTacrine ซึ่งเป็นยารักษาโรคอัลไซเมอร์ พบว่า มีร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ที่ประมาณร้อยละ 70 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสารสกัดหยาบรากยอบ้านในตัวทำละลายต่างๆ พบว่าสารสกัดหยาบชั้นเอทานอลมีร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับตัวทำละลายอื่น มีค่า IC_{50} 270 μg/mL (ความเข้มข้นที่ 1 mg/mL, %inhibition = 39) ทำให้สารสกัดหยาบรากยอในเอทานอลเป็นที่น่าสนใจเป็นอย่างมากในการวิจัยต่อยอด แม้ว่าผลการทดสอบการยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase แสดงค่าน้อยกว่าสารมาตฐาน Tacrine งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบเบื้องต้นสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการเลือกตัวทำละลายสำหรับสกัดสารสกัดหยาบรากยอบ้าน รวมไปถึงการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี เพื่อหาสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase แล้วทำการพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ทางยาหรืออาหารเสริมสุขภาพที่มีผลต่อการบำบัดป้องกันโรคอัลไซเมอร์ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะผู้ร่วมวิจัยทุกท่านจากสาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามและภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ร่วมกันดำเนินการวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

นริสา วงศ์พนารักษ์ และ สายสมร เฉลยกิตติ. (2557). ภาวะซึมเศร้า:ปัญหาสุขภาพจิตที่สาคัญในผู้สูงอายุ. **วารสารพยาบาลทหารบก,** *15*(3), 24-31.

Buccafusco, J. J. & Terry, A. V. (2003). The Cholinergic Hypothesis of Age and Alzheimer's Disease-Related Cognitive Deficits: Recent Challenges and Their Implications for Novel Drug Development. **J Pharmacol Exp Ther.,** *306*(3), 821-827.

Doraiswamy, P.M., Leon J., Cummings J.L., Marin D. and Neumann P.J. (2002). Prevalence and impact of medical comorbidity in Alzheimer's disease. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci.,** 57(3), 173-177.

Ellman, G. L., Courtney, D. K., Andres, V. (1961). Featherstone RM. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. **Biochem. Pharmacol.,** *7*, 88–95

Heinicke R.M. (1985). The pharmacologically active ingredient of Noni. **Bulletin of the National Tropical Botanical Garden. 15**, 10–14

Kamiya, K., Tanaka, Y., Endang, H., Umar, M. & Satake, T. (2005). New Anthraquinone and Iridoid from the fruits of *Morinda citrifolia*. **Chem. Pharm. Bull. 53**(12), 343-345.

Mahattanadul, S., Ridtitid, W., Nima, S., Phdoongsombat, N., Ratanasuwon, P. & Kasiwong, S. (2011). Effects of *Morindia citrifolia* aqueous fruit extract and its biomarker scopoletin on reflux esophagitis and gastric ulcer in rats. **Journal of Ethnopharmacology.** *134*, 243-250.

Roseiro LB, Rauter AP & Serralheiro MLM. (2012) Polyphenols as acetylcholinesterase inhibitors: Structural specificity and impact on human disease**. Nutrition and Aging.** *1*(2), 99–111.

Sang, S., Liu, G., He, K., Zhu, N., Dong, Z., Zheng, Q., Rosena, R. T. & Hoa, C. (2003). New Unusual Iridoids from the Leaves of Noni (*Morinda citrifolia* L.) Show Inhibitory Effect on Ultraviolet B-Induced Transcriptional Activator Protein-1 (AP-1) Activity. **Bioorganic & Medicinal Chemistry,** 11(12), 2499-2502**.**

Takashima, J., Ikeda, Y., Komiyama, K., Hayashi, M., Kishida, A. & Ohsaki, A. (2007). New Constituents from the leaves of *Morinda citrifolia*. **Chem. Pharm. Bull.** 55(2), 343-345.

Tarawneh, R. and Holtzman, M. D. (2012). The Clinical Problem of Symptomatic Alzheimer Disease and Mild Cognitive Impairment. **Cold Spring Harb Perspect Med.,** 2(5), 1-16.

Wang M.Y., Su, C. (2001). **Cancer preventive effect of Morinda citrifolia (Noni**). Annals of the New York Academy of Sciences. 952: 161–168

Wang, J., Qin, X., Chen, Z., Ju, Z., He, W., Tan, Y., Zhou, X., Tu, Z., Lu, F. & Liu, Y. (2016). Two new anthraquinones with antiviral activities from the barks of *Morinda citrifolia* (Noni). **Phytochemistry Lett**. *15,* 13-15.

Williams, P., Sorribas, A. & Howes M. (2011). Natural products as a source of Alzheimer's drug leads. **Nat. Prod. Rep.** 28, 48–77.

การผลิตสารสีของเชื้อรา *Monascus* spp. บนวัสดุทางการเกษตร

PIGMENT PRODUCTION OF *MONASCUS* SP. ON AGRICULTURAL SUBSTRATES

ณัฏฐณิชา สิงห์ลี และ วิภาวรรณ ปุ๊คำปวง*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เชียงราย
*corresponding author e-mail : wipawan.puk@crru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตสารสีจากเชื้อรา *Monascus* spp. บนวัสดุทางการเกษตร โดยนำเชื้อรา *Monascus* sp. ไปเพาะเลี้ยงบนสับสเตรท 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว กากถั่วเหลือง ข้าวโพด และรำข้าว เป็นเวลา 14 วัน ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารสีแดง สีส้ม และสีเหลือง จากนั้นทำการปรับสูตรอาหารโดยการเติมน้ำตาลกลูโคสและกากน้ำตาลที่ความเข้มข้นร้อยละ 4, 6 และ 8 เพื่อหาสูตรอาหารที่เชื้อราสามารถสร้างสารสีได้สูงที่สุด ผลการศึกษาพบว่า เชื้อรา *Monascus* spp. สามารถเจริญและสร้างสารสีทั้ง 3 ชนิด ได้ดีที่สุดบนข้าว โดยมีปริมาณสารสีระหว่าง 34.18 – 60.08 unit/g รองลงมาคือ รำข้าว ข้าวโพด และกากถั่วเหลือง ตามลำดับ ผลการศึกษาการเพิ่มน้ำตาลกลูโคสและกากน้ำตาลในรำข้าว พบว่าการเพิ่มน้ำตาลกลูโคสและกากน้ำตาลมีอิทธิพลร่วมต่อปริมาณสารสี โดยรำข้าวที่เพิ่มน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 8 ให้ปริมาณสารสีทั้ง 3 กลุ่มมากที่สุด มีค่าระหว่าง 39.45 – 87.67 unit/g ส่วนผลของการเพิ่มกากน้ำตาลพบว่า รำข้าวที่เพิ่มกากน้ำตาลร้อยละ 4 มีปริมาณสารสีมากกว่ารำข้าวที่ไม่ได้เพิ่มน้ำตาลโดยมีปริมาณสารสีระหว่าง 38.69 - 79.43 unit/g

คำสำคัญ : โมแนสคัส สารสี วัสดุทางการเกษตร

Abstract

This study was aim to evaluate the pigment production of *Monascus* spp. on the agricultural substrates. This fungus was cultivated on four substrates including rice, soybean meal, corn meal and rice bran for 14 days. After incubation, the pigment color (red, orange and yellow) was analyzed. Furthermore, glucose and molasses at a concentration of 4, 6 and 8 % were added to a selected substrate for improving the production yields. The result showed that *Monascus* spp. could growth and produce the highest pigment when cultivated on rice substrate with yield between 34.18 - 60.08 unit/g followed by rice bran, corn meal and soybean meal. Additions of each 4% , 6% and 8% glucose and molasses potently improved the pigment yields. Rice barn supplemented with 8 % glucose gave the highest pigment with yield between 39.45 – 87.67 unit/g. Rice barn supplemented with 4% molasses also gave higher pigment yield than control with yield between 38.69 - 79.43 unit/g.

Keywords : *Monascus* spp., pigment, agricultural substrates

บทนำ

อาหารส่วนใหญ่มีการนำสีมาใช้เพื่อเติมแต่งอาหารให้มีสีสันที่สวยงามและให้ดูน่ารับประทานมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค แต่ในอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่นิยมใช้สีที่ได้จากการสังเคราะห์ เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายตาม

ท้องตลาด แต่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค หากได้รับเป็นปริมาณมากหรือเป็นเวลานาน ดังนั้นการใช้สีที่ได้จากธรรมชาติจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เป็นสีผสมอาหารที่มีความปลอดภัยและไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เชื้อราโมแนสคัส (*Monascus* spp.) หรือที่เรียกอีกอย่างว่า ราข้าวแดง เป็นเชื้อราที่สามารถผลิตสารสีธรรมชาติได้ในกลุ่มสีเหลืองถึงสีแดง ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาวะในการหมัก โดยสารสีที่ได้เป็นสารเมทาบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) มีโครงสร้างอยู่ในกลุ่ม azaphilones หรือ aminophilones (Chen and Johns, 1993) นอกจากสารสีแล้ว เชื้อราโมแนสคัสยังสามารถสร้างสารอื่น ๆ ที่มีประโยชน์อีกหลายชนิด ได้แก่ สารโมนาโคลินเค (Monacolin K) ที่มีคุณสมบัติช่วยลดคอเลสเตอรอล และยังพบสารในกลุ่มโลวาสแตติน (Lovastatin) ที่สามารถลดไตรกลีเซอไรด์ได้ (Lee et al., 2007; กรกต สุนทรกุล และคณะ, 2553) โดยปกติแล้วการหมักเชื้อราโมแนสคัสนิยมหมักโดยใช้ข้าวเป็นสับสเตรท เนื่องจากเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดีและสารสีได้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้จากรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้ยังพบว่า เชื้อราโมแนสคัสยังสามารถเจริญและสร้างสารสีบนสับสเตรทหลายชนิด ได้แก่ รำข้าว กากถั่วเหลือง เม็ดขนุน เป็นต้น (สุนีย์ เอียดมุสิก และคณะ, 2557; วาลิสา เมืองแมน และคณะ, 2558; ศนิ จิระสถิต และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2558) ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากผลผลิตทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นสับสเตรทในการเพาะเลี้ยง และผลิตสารสีของเชื้อรา *Monascus* spp. ได้แก่ ข้าว กากถั่วเหลือง ข้าวโพด และรำข้าว นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของการเพิ่มน้ำตาลกลูโคส และกากน้ำตาล ต่อการเจริญและการสร้างสารสีของเชื้อรา *Monascus* spp. เพื่อหาสูตรอาหารเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณสารสี และยังสามารถลดต้นทุนการผลิตเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุทางการเกษตร และลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งซึ่งเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกสับสเตรทที่เหมาะสมต่อการสร้างสารสีของเชื้อรา *Monascus* spp. (ดัดแปลงจาก วาลิสา เมืองแมน และคณะ, 2558)

นำสับสเตรทจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว กากถั่วเหลือง ข้าวโพด และรำข้าว ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นชั่งข้าว กากถั่วเหลือง ข้าวโพด และรำข้าวปริมาณ 50 กรัม บรรจุลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 15 มิลลิลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำการถ่ายเชื้อราบริสุทธิ์ *Monascus* spp. โดยใช้ cork borer ตัดชิ้นวุ้นเชื้อราขนาดประมาณ 0.5 × 0.5 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น เติมลงในซับสเตรททั้ง 4 ชนิดแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน เมื่อครบกำหนดให้สังเกตลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของเชื้อรา แล้วนำสับสเตรทที่ได้จากการหมักในแต่ละชุดการทดลองไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปสกัดเพื่อหาค่าปริมาณสารสีทั้ง 3 ชนิด

2. การศึกษาผลของน้ำตาลกลูโคสและกากน้ำตาลต่อการสร้างสารสีของเชื้อรา *Monascus* spp. บนรำข้าว

หลังจากคัดเลือกสับสเตรทที่ให้ผลดีที่สุดแล้วจากการทดลองข้างต้น จากนั้นนำมาทำการศึกษาผลของน้ำตาลกลูโคสและกากน้ำตาล โดยจะมีการเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส และกากน้ำตาล ต่อการเจริญและการสร้างสารสีของเชื้อรา *Monascus* spp. โดยนำรำข้าวไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วชั่งรำข้าวปริมาณ 50 กรัม บรรจุลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลกลูโคส และกากน้ำตาล ร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 ของน้ำหนักรำข้าว และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 15 มิลลิลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นถ่ายเชื้อราบริสุทธิ์ *Monascus* spp. โดยตัดชิ้นวุ้นขนาดประมาณ 0.5 × 0.5 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น เติมลงในรำข้าว คลุกเคล้าให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน เมื่อครบกำหนด สังเกตลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของเชื้อรา แล้วนำสับสเตรทที่ได้จากการหมักในแต่ละชุดการทดลองไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปสกัดเพื่อหาค่าปริมาณสารสีทั้ง 3 ชนิด

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารสี (ดัดแปลงจาก Nimnoi et al., 2015)

นำสับสเตรทที่ได้จากการหมักในแต่ละชุดการทดลองมาบดให้ละเอียด จากนั้นชั่งสับสเตรทแต่ละตัวอย่างปริมาณ 5 กรัม แล้วเติมเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำไปเขย่าในตู้เขย่าควบคุมอุณหภูมิ ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรอง แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500, 470 และ 400 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) และใช้สับสเตรทที่ไม่ได้ทำการหมักเป็น Blank นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาปริมาณสารสี (unit/g) ดังสมการ

$$\text{ปริมาณสารสี (unit/g)} = \frac{\text{ค่า O.D.} \times \text{ระดับความเจือจาง} \times \text{ปริมาณเอทานอลที่ใช้สกัด}}{\text{น้ำหนักของสับสเตรทที่ใช้สกัด}}$$

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการหมักและวิเคราะห์ปริมาณสารสีจำนวน 3 ซ้ำ นำข้อมูลปริมาณสารสีมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ One-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 17.0

ผลการวิจัย

1. ผลการคัดเลือกสับสเตรทที่เหมาะสมต่อการสร้างสารสีของเชื้อรา *Monascus* spp.

เมื่อทำการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Monascus* spp. บนซับสเตรททั้ง 4 ชนิด เป็นเวลา 14 วัน นำสับสเตรทที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง นำมาบดให้ละเอียด แล้วนำมาสกัดสารสีด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ นำสารละลายสารสีไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 470 และ 400 นาโนเมตร เพื่อวัดปริมาณสารสีแดง สีส้ม และสีเหลือง ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า เชื้อรา *Monascus* spp. ที่เพาะเลี้ยงบนข้าวให้ปริมาณสารสีแดง สีส้ม และสีเหลืองมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 40.38, 34.18 และ 60.08 unit/g ตามลำดับ รองลงมาคือ รำข้าวและข้าวโพด ส่วนกากถั่วเหลืองให้ปริมาณสารสีทั้งสามชนิดน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณสารสีแดง สีส้ม และสีเหลือง ของเชื้อรา *Monascus* spp. ที่ได้จากการหมักข้าว กากถั่วเหลือง ข้าวโพด และรำข้าว

ชุดการทดลอง	ปริมาณสารสี (unit/g)		
	ปริมาณสารสีแดง	ปริมาณสารสีส้ม	ปริมาณสารสีเหลือง
ข้าว	40.38 ± 0.32^{d}	34.18 ± 5.62^{d}	60.08 ± 0.45^{d}
กากถั่วเหลือง	0.20 ± 0.29^{a}	0.04 ± 0.06^{a}	0.55 ± 0.12^{a}
ข้าวโพด	26.77 ± 0.13^{b}	22.30 ± 1.07^{b}	54.85 ± 0.87^{b}
รำข้าว	29.45 ± 0.61^{c}	31.81 ± 0.16^{c}	57.34 ± 2.05^{c}

หมายเหตุ ข้อมูลที่แสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำการทดลอง โดยค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน (a b c และd) แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (*P< 0.05*)

2. ผลของน้ำตาลกลูโคสและกากน้ำตาลต่อการสร้างสารสีของเชื้อรา *Monascus* spp. บนรำข้าว

จากผลการศึกษาการคัดเลือกสับสเตรทที่เหมาะสมต่อการสร้างสารสีของเชื้อรา *Monascus* spp. พบว่าการหมักเชื้อรา *Monascus* spp. บนข้าวให้ปริมาณสารสีมากที่สุด รองลงมาคือรำข้าว ข้าวโพด และกากถั่วเหลือง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ได้เลือกใช้รำข้าวมาใช้เป็นสับสเตรทในการเจริญของเชื้อรา เนื่องจากรำข้าวเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และสามารถผลิตสารสีได้ใกล้เคียงกับการหมักบนข้าว ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้รำข้าว เป็นสับสเตรทในการเจริญของเชื้อ ทำการปรับสูตรอาหารเพาะเลี้ยงโดยการเพิ่มน้ำตาลกลูโคส และกากน้ำตาลร้อยละ 4, 6 และ 8 ตามลำดับ บ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วนำไปสกัดสารสีและวิเคราะห์ปริมาณสารสีโดยการนำสารสีที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500, 470 และ 400 นาโนเมตร เพื่อหาปริมาณสารสีแดง สีส้ม และสีเหลือง ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า เชื้อรา *Monascus* spp. สามารถเจริญและสร้างสารสีได้ในทุกชุดการทดลอง โดยการเพิ่มน้ำตาลกลูโคสที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 จะให้ปริมาณสารสีทั้ง 3 ชนิด สูงกว่าการหมักบนรำข้าวที่ไม่ได้มีการเพิ่มน้ำตาล โดยมีปริมาณสารสีแดง สีส้ม และสีเหลืองเท่ากับ 39.45, 44.33 และ 87.67 unit/g ตามลำดับ ส่วนการเติมกลูโคสที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 และ 4 พบว่าเชื้อรามีการสร้างสารสีที่ลดลงตามลำดับ ในขณะที่การเพิ่มกากน้ำตาลนั้น จะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของกากน้ำตาลสูงขึ้นปริมาณสารสีทั้ง 3 ชนิด จะมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ โดยการเพิ่มกากน้ำตาลที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 จะให้ปริมาณสารสีทั้ง 3 ชนิดสูงกว่ารำข้าวที่ไม่ได้เติมน้ำตาล โดยมีปริมาณสารสีแดง สีส้ม และสีเหลือง เท่ากับ 38.69, 44.15 และ 79.43 unit/g ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณสารสีแดง สีส้ม และสีเหลือง ที่ได้จากการหมักรำข้าวที่เติมด้วยน้ำตาลกลูโคสและกากน้ำตาลด้วยเชื้อรา *Monascus* spp.

ชุดการทดลอง	ปริมาณสารสี (Unit/g)		
	สารสีแดง	สารสีส้ม	สารสีเหลือง
รำข้าว	34.85 ± 0.56^{c}	39.03 ± 1.06^{c}	69.19 ± 2.08^{ab}
รำข้าว + กลูโคส 4%	27.36 ± 1.54^{a}	29.68 ± 2.06^{a}	64.58 ± 3.26^{a}
รำข้าว + กลูโคส 6%	29.98 ± 1.54^{b}	32.48 ± 2.51^{ab}	69.17 ± 2.17^{ab}
รำข้าว + กลูโคส 8%	39.45 ± 1.58^{e}	44.33 ± 1.58^{d}	87.67± 9.45^{b}
รำข้าว + กากน้ำตาล 4%	38.69 ± 1.23^{e}	44.15 ± 1.10^{d}	79.43 ± 3.36^{b}
รำข้าว + กากน้ำตาล 6%	37.55 ± 0.73^{d}	38.18 ± 1.03^{b}	72.67 ± 2.03^{ab}
รำข้าว + กากน้ำตาล 8%	34.86 ± 0.95^{c}	33.36 ± 4.77^{bc}	65.56 ± 1.84^{ab}

หมายเหตุ ข้อมูลที่แสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวน 3 ซ้ำการทดลอง โดยค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน (a b c d และe) แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (*P< 0.05*)

อภิปรายผล

จากการคัดเลือกสับสเตรทที่เหมาะสมในการเลี้ยงเชื้อรา *Monascus* spp. เพื่อผลิตสารสีแดง สีส้ม และสีเหลือง บนวัสดุทางการเกษตรจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว กากถั่วเหลือง ข้าวโพด และรำข้าว พบว่าเชื้อราสามารเจริญเติบโตได้ดีบนข้าวและผลิตสารสีได้มากที่สุด ทั้งนี้ในข้าวมีคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนมาก ซึ่งโปรตีนเป็นแหล่งไนโตรเจนให้กับเชื้อรา *Monascus* spp. ได้ และในข้าวยังมีทั้งแหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจนที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อรา นอกจากนี้ยังมีวิตามิน แร่ธาตุ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารช่วยส่งเสริมการเจริญ จึงทำให้เชื้อราเจริญได้ดีและสามารถสร้างสารสีได้มาก นอกจากนี้จากผลการศึกษายังพบว่าเชื้อรา *Monascus* spp. สามารถเจริญและสร้างสารสีได้ดีในรำข้าว ทั้งนี้เนื่องจากรำข้าวที่นำมาทำการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Monascus* spp. เป็นรำข้าวอ่อน มีสารประกอบที่สำคัญคือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และกรดอะมิโนหลายชนิด เช่น กรดกลูตา

มิก (glutamic acid) ซึ่งสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ (ศนิ จิระสถิต และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2558) อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าการใช้กากถั่วเหลืองเป็นสับสเตรทในการเจริญของเชื้อรา *Monascus* spp. นั้น เชื้อราเจริญได้น้อยและผลิตสารสีน้อยมาก โดยมีค่าปริมาณสารสีแดง สีส้ม และสีเหลือง เท่ากับ 0.20, 0.04 และ 0.28 unit/g โดยกากถั่วเหลืองคือส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองไว้ โดยในกากถั่วเหลืองมีคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนน้อยกว่าสับสเตรทอื่น ๆ จึงทำให้เชื้อราเจริญได้น้อย ส่งผลให้การผลิตสารสีทั้งสามชนิดน้อยลงไปด้วย นอกจากนี้กากถั่วเหลืองที่ใช้เป็นแหล่งอาหารในการศึกษาครั้งนี้ได้มาจากโรงงานน้ำมันพืช ซึ่งได้ผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การนำไปอบด้วยความร้อน ทำให้สูญเสียสารอาหารบางชนิดไป ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา *Monascus* spp. ส่งผลให้ปริมาณสารสีที่ได้น้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ศนิ จิระสถิต และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ (2558) ที่พบว่ากากถั่วเหลืองผลิตสารสีได้น้อยกว่ารำข้าว มันสำปะหลัง และกากมะเขือเทศ โดยผลิตสารสีได้เพียง 0.64 unit/g ดังนั้นจะเห็นได้ว่าชนิดและปริมาณของสารที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งของคาร์บอนและไนโตรเจนในวัสดุหมักมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์สารสีและสารออกฤทธิ์อื่น ๆ โดยองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในวัสดุหมักจะทำหน้าที่เป็นแหล่งของคาร์บอนและไนโตรเจนให้กับจุลินทรีย์ (อุทัยวรรณ ฉัตรธง, 2557)

จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่าเชื้อรา *Monascus* spp. สามารถเจริญและสร้างสารสีได้ดีบนข้าวและรำข้าว ผู้วิจัยจึงได้เลือกรำข้าวมาใช้ในการศึกษา เนื่องจากรำข้าวเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและสามารถผลิตสารสีได้ใกล้เคียงกับข้าว โดยการหมักเชื้อรา *Monascus* spp. บนรำข้าวที่มีการเพิ่มน้ำตาลกลูโคสและกากน้ำตาลที่ความเข้มข้นร้อยละ 4, 6 และ 8 เพื่อปรับสูตรอาหารที่ทำให้เชื้อรา *Monascus* spp. สามารถเจริญและสร้างสารสีได้มากขึ้น ผลการศึกษาพบว่าทุกชุดการทดลองเชื้อราสามารถเจริญและสามารถผลิตสารกลุ่มสีแดง สีส้ม และสีเหลืองได้ โดยการเพิ่มน้ำตาลกลูโคสที่ความเข้มข้นแตกต่างกันจะส่งผลต่อการสร้างสารสีของเชื้อรา *Monascus* spp. ที่แตกต่างกัน โดยการเพิ่มน้ำตาลกลูโคสที่ร้อยละ 4 และ 6 ให้ปริมาณสารสีน้อยกว่ารำข้าวที่ไม่ได้เพิ่มน้ำตาล ส่วนการเพิ่มน้ำตาลกลูโคสที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 ให้ปริมาณสารสีทั้งสามชนิดสูงที่สุดและมากกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องจากน้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งพลังงานและยังเป็นแหล่งคาร์บอนที่เชื้อราสามารถดูดซึมได้ดี และยังส่งเสริมให้สปอร์ของเชื้อราสามารถเจริญได้เต็มที่ (ทิพยรัตน์ ดนตรี, 2552 : 17) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lin et al. (1992) และ Pandey (2003) ที่พบว่าน้ำตาลกลูโคสในวัสดุหมักช่วยส่งเสริมการเจริญของเชื้อราและทำให้เชื้อราสร้างสารสีได้ดีกว่าสารที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งของคาร์บอนชนิดอื่น และสอดคล้องกับรายงานของ Nimnoi และ Lumyong (2011) ที่พบว่าน้ำตาลกลูโคสส่งเสริมการสร้างสารสีของเชื้อรา *M. purpureus* CMU001 ได้ดีกว่าน้ำตาลชนิดอื่น ดังนั้นการใช้น้ำตาลกลูโคสที่ความเข้มข้นสูงขึ้นจึงมีแนวโน้มให้ปริมาณสารสีที่เพิ่มมากขึ้นไปด้วย ส่วนผลการเพิ่มกากน้ำตาลลงในรำข้าวพบว่าการเพิ่มกากน้ำตาลที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 ให้ปริมาณสารสีทั้งสามกลุ่มสูงกว่ารำข้าวที่ไม่ได้เพิ่มน้ำตาล ทั้งนี้เนื่องจากในกากน้ำตาลประกอบไปด้วยน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบหลายชนิด ได้แก่ กลูโคส ฟรุกโทส และซูโครส นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต สารประกอบไนโตรเจน และสารอินทรีย์อื่น ๆ ที่ไปส่งเสริมการเจริญของเชื้อรา *Monascus* spp. ทำให้เชื้อราสามารถสร้างสารสีได้มากขึ้น (Makkar and Cameotra, 1997) แต่อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของกากน้ำตาลที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณสารสีที่เชื้อราสร้างลดลง โดยกากน้ำตาลที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 และ 8 จะส่งผลให้ปริมาณสารสีทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มลดลงอาจเนื่องจากในกากน้ำตาลมีกรดเช่น กรดออกซาลิก กรดฟูมาริก (Olbrich, 2006) ที่อาจไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทำให้เชื้อราเจริญได้ไม่ดีส่งผลให้ปริมาณสารสีที่ได้ลดลงไปด้วย

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Monascus* spp. บนวัสดุทางการเกษตรที่แตกต่างกันพบว่า เชื้อราสามารถเจริญและสร้างสารสีได้ดีที่สุดบนข้าว รองลงมาคือรำข้าว ข้าวโพด และกากถั่วเหลือง เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลกลูโคสและกากน้ำตาลลงในรำข้าว พบว่าการเพิ่มน้ำตาลกลุโคสร้อยละ 8 และกากน้ำตาลร้อยละ 4 ให้ปริมาณสารสีแดง สีส้มและสีเหลือง สูงกว่า

รำข้าวที่ไม่ได้เติมน้ำตาล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการประยุกต์ใช้วัสดุทางการเกษตรมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัส ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มปริมารสารสีแล้ว ยังเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่ได้อนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรกต สุนทรกุล สุกานดา วิชิตพันธ์ และคณิต วิชิตพันธ์. (2553). โมแนสคัส : ราแดงที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. 18 (3-4) : 4 – 8.

ทิพยรัตน์ ดนตรี. (2552). การเสริมข้าวแดงจากเชื้อราโมแนสคัส (*Monascus kaoliang* KB9) สายพันธุ์ที่เสริมสีไข่แดงและให้สารลดคอเลสเตอรอลต่อคุณลักษณะทางการให้ไข่และคุณภาพไข่ในไก่ไข่. (วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

วาลิสา เมืองแมน ปัญญรัตน์ ปัณฑุกำพล และอลิษา สุนทรวัฒน์. 2558. การผลิตสารสีของเชื้อรา *Monascus* sp. โดยใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร : รำข้าวหรือกากถั่วเหลือง. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ**. 1(2) : 45-55.

ศนิ จิระสถิต และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. (2558). การผลิตรงควัตถุสีเหลืองจาก *Monascus* บนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยกระบวนการหมักแบบอาหารแข็ง. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 46 (3) : 181 – 184.

สุนีย์เอียดมุสิก วิจิตรา สานพภา และ ณัฐธยาน์ชูสุข. (2557). การผลิตสารสีและโมนาโคลิน เค ที่ได้จากการหมักเมล็ดขนุนผงด้วยเชื้อราโมแนสคัสต่างสายพันธุ์. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.** 24(2) : 364 – 373.

อุทัยวรรณ ฉัตรธง และ เกตุการ ดาจันทา. (2557). การสร้างโมนาโคลินเค ซิตรินิน และสารสีในอังคักจากเศษเหลือเส้นก๋วยเตี๋ยวที่หมักด้วยราโมแนสคัสต่างสายพันธุ์. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.** 19(2) : 215 – 222.

Chen, M.H., Johns, M.R. (1993). Effect of pH and nitrogen source on pigment production by *Monascus purpureus*. **Applied Microbiology and Biotechnology**. 40 : 132-8.

Lin, T.F., Yakushijin, K., Chi, G.H. and Demain, A.L. (1992). Formation of water-soluble *Monascus* red pigments by biological and semi synthetic processes. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**. 9 : 173 - 179.

Lee C.L., Hung H.K., Wang J.J. and Pan T.M. (2007). Improving the ratio of manacolin K to citrinin production of *Monascus purpureus* NTU568 under Dioscorea medium through the mediation of pH value and ethanol addition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 55 : 6493-6502.

Makkar, R.S. and Cameotra, S.S. (1997). Utilization of molasses for biosurfactant production by two *Bacillus* strains at thermophilic conditions. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. 74 : 887-889.

Nimnoi, P. and Lumyong, S. (2011). Improving solid-state fermentation of *Monascus purpureus* on agricultural precuts for pigment production. **Food Bioprocessing Technology**. 4 : 1384-1390.

Nimnoi, P., Pongsilp, N. and Lumyong, S. (2015). Utilization of agro-industrial products for increasing red pigment production of *Monascus Purpureus* AHK12. **Chiang Mai Journal of Science**. 42 (2): 331 – 338.

Olbrich, H. (2006). The molasses. Biotechnologie-Kempe GmbH. Fermentation Technologist, Institut für Zuckerindustrie, Germany, Berlin.

Pandey, A. Solid-state fermentation. (2003). **Biochemical Engineering Journal**. 14 : 81 - 84.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร

DEVELOPING HERB CRACKERS PRODUCT

กนกพร ด่านแก้ว พนัสชนก จ้อยอินทร์ วริศรา ศรีโพธิ์ โสรัจวรชุม อินเกต กุลชญา สิ่วหงวน และ ผกาวดี ภู่จันทร์*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : Pakawadee@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารสชาติของข้าวเกรียบสมุนไพร ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และ ทางจุลินทรีย์ จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร โดยพัฒนาเป็นรสชาติของอาหารไทยที่มีสมุนไพรพื้นบ้านเป็นส่วนประกอบ ทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ รสต้มยำ รสลาบ รสเมี่ยงคำ และรสผัดฉ่า โดยศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำมากที่สุด($p \leq 0.005$) จากการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำ มี โปรตีนร้อยละ 5.3 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 59.0 ไขมันร้อยละ 26.8 ความชื้นร้อยละ 4.5 เถ้าร้อยละ 4.4 พลังงาน 498.4 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม และฤทธิ์การต้านออซิเดชั่น 130.26 ไมโครโมลโทรล็อก (trolox) คุณภาพทางด้านค่าสี พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำ มีค่าสี L*a*b* เท่ากับ 42.08 18.63 และ14.65 ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองสมุนไพรรสต้มยำมีคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเลขที่ มผช.107/1443

คำสำคัญ : ข้าวเกรียบ สมุนไพร ผลิตภัณฑ์

Abstract

The objectives of this study were to develop the taste of herbal crackers and to study chemical composition, physical and microbial quality. Herb cracker products were developed based on Thai local herbal taste and Thai traditional foods, namely Tomyam (Thai hot and sour soup) flavor, Laab (spicy minced pork salad) Flavor, Miang Kham (Savory leaf wraps) Flavor, and Padcha (spicy stir-fried seafood) Flavor as ingredients in crackers to create truly unique taste. The product acceptance was tested with 100 consumers. The results indicated that Tomyam flavor cracker had the highest preference score ($p \leq 0.005$). By studying chemical composition, it was found that Tomyam flavor crackers contained 5.3% protein, 59.0% carbohydrate, 26.8% fat, 4.5% moisture, 4.4 % ash, 498.4 kilocalories energy per 100 grams of crackers. Besides, Tomyam flavor crackers contained 130.26 Micromole Trolox. Additionally, L * a * b * of Tomyam flavor crackers were 42.08, 18.63 and 14.65, respectively. In terms of microbial quality, Tomyam flavor crackers met the community product standard no. Mor Phor Chor. 107/1443.

Keywords : cracker, herb, product

บทนำ

ข้าวเกรียบจัดเป็นอาหารขบเคี้ยวประเภทหนึ่งที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทย ซึ่งมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามท้องถิ่น (Lachmann,1969) ข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บไว้ได้นาน หากยังไม่ได้นำมาผ่านกรรมวิธีให้ความร้อนหลังจากผ่านกระบวนการถนอมอาหารแล้ว ข้าวเกรียบเป็นอาหารขบเคี้ยวพื้นบ้านที่มีต้นทุนค่าวัตถุดิบไม่สูงมาก ใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นได้โดยผลิตจากแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมหลัก และส่วนผสมรอง ได้แก่ กุ้ง ปลา กระเทียม พริกไทย เกลือ นวดผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน ขึ้นรูป นำไปนึ่งให้สุก แช่เย็นหั่นเป็นชิ้นบางๆ จากนั้นจึงนำไปตากแดดหรืออบแห้ง จนได้แผ่นข้าวเกรียบแห้ง ก่อนการบริโภคจะต้องนำไปทอดในน้ำมันร้อน (วิภาดา และ ภารดี, 2558) ซึ่งข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ได้รับความนิยมในการบริโภคและมีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะมีปริมาณสารอาหาร เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรตสูง ประกอบกับในปัจจุบันกระแสการดูแลรักษาสุขภาพในทิศทางของการใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวันของคนมีแนวโน้มสูงขึ้น ความต้องการบริโภคสมุนไพรทั้งที่เป็นสมุนไพรสด และทั้งที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปัจจุบันการบริโภคอาหารที่ไม่ปลอดภัย อันเกิดจากการปนเปื้อนของสารเคมี และยาปราบศัตรูพืช จะส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อร่างกาย ทำให้เกิดการเจ็บป่วย หรือสะสมในร่างกายก่อให้เกิดโรคต่างๆ สมุนไพรพื้นบ้านที่ปลูกแบบธรรมชาติโดยปราศจากสารเคมี ยาปราบศัตรูพืช จึงเป็นทางออกที่จะทำให้คนไทยมีสุขภาพดีขึ้น ผักและสมุนไพรเหล่านี้ เป็นยาสมุนไพรที่ช่วยบำบัดอาการของโรค รักษาโรค และการป้องกันโรค (พรหมมินทร์, 2554) การส่งเสริมให้ประชาชนมีการปลูกสมุนไพรในครัวเรือนเพื่อการบริโภคมีมากขึ้น แต่การนำสมุนไพรไปใช้ประโยชน์ยังมีจำกัด การแปรรูปสมุนไพรเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและอาหารว่างให้มีความหลากหลายมากขึ้นจึงมีความจำเป็น เพื่อเป็นการขยายการแปรรูปของผลิตภัณฑ์อาหารจากสมุนไพร ส่งเสริมการใช้พืชผักและสมุนไพรพื้นบ้านที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นนำมาใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหารและอาหารว่าง นอกจากจะได้ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่แล้วยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการและมีสรรพคุณทางสมุนไพรเพิ่มขึ้น โดยกระเทียม(Garlic) มีสาร อัลลินหรืออัลลิอิน (Allicin) ที่มีฤทธิ์ทำลายจุลินทรีย์และมีฤทธิ์ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลและลดการอุดตันในหลอดเลือด ลดความดันโลหิตสูง อีกทั้งยังช่วยในการขับลม และขับเสมหะ (ผานิตา, 2557) พริกไทย (Pepper) ช่วยขับลม ขับเหงื่อ แก้หวัด และพริกไทยมีสารไพเพอรีน (Pepper) ช่วยฟื้นฟูการทำงานของสมองที่บกพร่อง แก้โรคหลงลืม (ผาณิต, 2559) ตะไคร้ (Lemon grass) ช่วยขับลม แก้จุกเสียด แน่นท้อง ท้องเสีย ข่า (Galangal) มีสารยูจีนอล (Eugenol) เป็นส่วนประกอบอยู่มาก ช่วยในเรื่องขับน้ำดี ยังออกฤทธิ์เป็นยาฆ่าเชื้ออ่อนๆ ช่วยลดการอักเสบและลดแผลในกระเพาะอาหาร (พิลมพรรณ, 2560) ใบมะกรูด (Kaffir lime leaves) ช่วยบำรุงเลือด แก้วิงเวียงศีรษะ และแก้ปวดท้อง (รติชา, 2559) พริก (Chili) มีประโยชน์ในการควบคุมน้ำหนัก บรรเทาอากาศไข้หวัด และมีวิตามินเอสูง (ธำรงค์, 2559) จากเหตุผลกล่าวผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบให้มีคุณค่าทางโภชนาการและได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่มีความหลากหลายมากขึ้น โดยเลือกพัฒนารสชาติของข้าวเกรียบให้เป็นรสชาติของอาหารไทยที่มีสมุนไพรพื้นบ้านเป็นส่วนประกอบ 4 ชนิด ต้มยำ ลาบ เมี่ยงคำ และผัดฉ่า เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรนอกจากจะได้ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่แล้วยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการและมีสรรพคุณทางสมุนไพรเพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร
2. เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทร์ยีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทอง

1.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทอง

ทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของข้าวเกรียบฟักทอง 3 สูตร (แสดงดังตารางที่ 1) จากนั้นทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบความชอบ 9 – point hedonic scales พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 100 คน ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากค่า 1 - 9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด)(Chamber iv & wolf, 1996) เพื่อคัดเลือกสูตรผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองสูตรพื้นฐานที่ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมที่ใช้ในการทำสูตรพื้นฐาน

วัตถุดิบ	**ข้าวเกรียบ สูตรที่ 1**	**ข้าวเกรียบ สูตรที่ 2**	**ข้าวเกรียบ สูตรที่ 3**
แป้งมัน	500 กรัม	250 กรัม	160 กรัม
แป้งสาลี	-	-	40 กรัม
ฟักทองนึ่งบด	1000 กรัม	200 กรัม	50 กรัม
กระเทียบสับ	50 กรัม	2 กรัม	180 กรัม
น้ำ	150 กรัม	150 กรัม	200 กรัม
พริกไทยป่น	15 กรัม	1 กรัม	-
เกลือ	10 กรัม	2 กรัม	1 กรัม
น้ำตาล	-	-	1 กรัม

หมายเหตุ: สูตรที่ 1 พรพล รมย์นุกูล. (2545) **การถนอมอาหาร**. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์, หน้า 232

สูตรที่ 2 **การแปรรูปอาหารจากผักและผลไม้**. (ม.ป.ป). [Online].Available: http://www.vegetweb.com/food/ข้าวเกรียบฟักทอง สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2560

สูตรที่ 3 พยอม อัคถวิบูลย์กุล. (2543) หน้า 51. **เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ** “โครงการฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี การแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อสร้างอาชีพและเสริมรายได้ ณ 8 จังหวัดภาคตะวันออก” “สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์” มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

วิธีการทำข้าวเกรียบฟักทอง

นำส่วนผสมกระเทียม พริกไทย เกลือ บดละเอียด ผสมแป้งมันกับส่วนผสมที่บดไว้ ใส่ฟักทองนึ่งบดลงไปตามอัตราส่วนที่ใช้ ใส่น้ำทีละน้อย นวดให้เข้ากันจนพอปั้นได้ ปั้นแป้งเป็นแท่งกลม ๆ เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว แล้วว่างบนใบตองที่ฉีกเป็นริ้วๆ และทาน้ำมันเล็กน้อย นึ่งด้วยไฟแรงประมาณ 30 - 40 นาที หรือจนแป้งสุกใสและยกลง จากนั้นนำข้าวเกรียบที่นึ่งแล้วไปผึ่งลมให้แห้งพอประมาณและนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 – 7 องศาเซลเซียส ให้แข็งจนสามารถหั่นได้ หั่นเป็นแผ่นบางๆขนาด 0.1 เซนติเมตร จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้งสนิท ประมาณ 1-2 วัน หรืออบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8-10

ชั่วโมง เมื่อแห้งได้ที่แล้วจึงมาทอดโดยใส่น้ำมันสำหรับทอดลงในกระทะ ตั้งไฟให้ร้อน ใช้ไฟกลางค่อนข้างอ่อนใส่ข้าวเกรียบลงไปทอดให้ฟู กรอบ ตักขึ้น พักให้สะเด็ดน้ำมัน ปล่อยให้เย็น เก็บใส่ภาชนะที่มีฝาปิดสนิท

1.2 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองสูตรพื้นฐาน

ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และพลังงาน ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองสูตรพื้นฐาน ตามวิธีการของ AOAC, 2000

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร

ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร โดยการนำข้าวเกรียบสูตรพื้นฐานที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดจากทดสอบ (ข้อ1) นำมาพัฒนาโดยการปรุงรสข้าวเกรียบเป็นข้าวเกรียบรสชาติต่างๆโดยเลือกรสชาติของอาหารไทยที่มีสมุนไพรเป็นส่วนประกอบ เช่น ต้มยำ ลาบ เมี่ยงคำ และผัดฉ่า พัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบโดยใช้อาหารไทย 4 ชนิด คือ ต้มยำ ลาบ เมี่ยงคำ ผัดฉ่า ในอัตราส่วน ข้าวเกรียบ : อาหารไทยเท่ากับ 1 : 0.12 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่ได้มาทำการทดสอบคุณภาพดังนี้

2.1 การทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบความชอบ 9-point hedonicscales พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 100 คน ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9=ชอบมากที่สุด) เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.2 การทดสอบคุณภาพ ค่าสี L* a* b*

ทำการทดสอบค่าสี L*a*b* ด้วยเครื่องวัดค่าสี (Color reader CR-10, Japan) รายงานเป็นค่าความสว่าง L* ค่าความเป็นสีแดง – เขียว a* และค่าความเป็นสีเหลือง – น้ำเงิน b*

2.3 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร

ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โดยศึกษา ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และ พลังงาน ตามวิธีการของ AOAC, 2000 ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นโดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความวิธีการของ Perez et al. (2007)

2.4 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เลขที่ มผช.107/1443 สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้แก่

2.4.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.4.2 ซาลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

2.4.3 สตาฟิโลค็อกคัส ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.4.4 บาซิลลัส ซีเรียส ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.4.5 คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.4.6 เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.4.7 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistcal analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized complete block design, (RCBD) สำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และ วางแผนการทดสอบแบบ Completely randomized design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพทางกายภาพ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดังนี้ Least Signifcant Difference Test (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมความพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการทดลอง

1. ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทอง

1.1 ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทอง

จากการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟังทองสูตรพื้นฐาน ทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ซึ่งพิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม พบว่า ข้าวเกรียบฟักทองสูตร สูตรที่ 1 (พรพล, 2545) ได้คะแนนความชอบโดยรวมทุกคุณลักษณะมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ (แสดงดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองสูตรพื้นฐาน

คุณลักษณะ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสูตรพื้นฐาน		
	ข้าวเกรียบสูตรที่ 1	ข้าวเกรียบสูตรที่ 2	ข้าวเกรียบสูตรที่ 3
ลักษณะที่ปรากฏ	7.84 ± 0.12^{a}	7.14 ± 0.13^{b}	6.80 ± 0.16^{c}
สี	7.70 ± 0.14^{a}	7.20 ± 0.15^{b}	6.70 ± 0.13^{b}
กลิ่น	8.06 ± 0.14^{a}	7.36 ± 0.15^{b}	6.86 ± 0.16^{b}
รสชาติ	7.70 ± 0.15^{a}	7.20 ± 0.15^{b}	6.80 ± 0.15^{c}
ความกรอบ	8.26 ± 0.14^{a}	7.62 ± 0.13^{b}	7.14 ± 0.17^{c}
ความชอบโดยรวม	8.44 ± 0.11^{a}	7.63 ± 0.12^{b}	7.28 ± 0.15^{b}

หมายเหตุ *ค่าเฉลี่ย ± ส่วนที่เบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองโดยใช้ผู้ทดสอบ 100 คน

**ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

1.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองสูตรพื้นฐาน

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองสูตรพื้นฐาน พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองใน 100 กรัม มีคาร์โบไฮเดรตสูง ร้อยละ 66.61 (แสดงดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองใน 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทอง สูตรพื้นฐาน
ความชื้น (ร้อยละ)	3.58 ± 0.04
โปรตีน (ร้อยละ)	1.95 ± 0.03
ไขมัน (ร้อยละ)	25.79 ± 0.04
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	66.61 ± 0.03
เถ้า (ร้อยละ)	2.07 ± 0.02
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	506.35 ± 0.03
ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น (mg eq Trolox /100g)	0.0

หมายเหตุ: วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดย บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

2. ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองสมุนไพร

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร โดยการปรุงรสข้าวเกรียบเป็นข้าวเกรียบรสชาติต่างๆโดยเลือกรสชาติของอาหารไทยที่มีสมุนไพรเป็นส่วนประกอบ 4 ชนิด คือ ต้มยำ ลาบ เมี่ยงคำ และผัดฉ่า ในอัตราส่วน ข้าวเกรียบ : อาหารไทยเท่ากับ 1 : 0.12 แสดงผลการทดสอบคุณภาพดังนี้

2.1 ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองสมุนไพร

จากการทำผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรสูตรที่ 1 (รสต้มยำ) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมทุกคุณลักษณะจากผู้บริโภคมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ สูตรที่ 2 (รสลาบ) สูตรที่ 3 (รสผัดฉ่า) และสูตรที่ 4 (รสเมี่ยงคำ) ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ (แสดงดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงคะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร			
	รสต้มยำ	รสลาบ	รสเมี่ยงคำ	รสผัดฉ่า
ลักษณะปรากฏ	7.66 ± 0.11^{a}	7.52 ± 0.11^{a}	6.53 ± 0.12^{c}	7.06 ± 0.11^{b}
สี	7.72 ± 0.10^{a}	7.37 ± 0.14^{b}	6.39 ± 0.11^{c}	7.09 ± 0.10^{b}
กลิ่น	7.38 ± 0.12^{a}	7.10 ± 0.12^{ab}	6.82 ± 0.10^{b}	6.87 ± 0.10^{b}
รสชาติ	7.30 ± 0.12^{a}	7.01 ± 0.12^{ab}	6.48 ± 0.11^{c}	6.90 ± 0.11^{b}
ความกรอบ	7.33 ± 0.12^{a}	7.12 ± 0.11^{a}	6.65 ± 0.12^{b}	7.00 ± 0.11^{a}
ความชอบโดยรวม	7.81 ± 0.11^{a}	7.36 ± 0.12^{b}	6.65 ± 0.13^{c}	7.07 ± 0.10^{b}

หมายเหตุ *ค่าเฉลี่ย ± ส่วนที่เบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบ 100 คน

**ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

2.2 ผลการทดสอบคุณภาพ ค่าสี L* a* b*

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพด้านค่าสี (L*) ค่าความสว่าง (a*) ค่าความเป็นสีแดง (b*) ค่าความเป็นสีเหลือง ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร (แสดงดังตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงค่าสี L*a*b* ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร

สูตรข้าวเกรียบฟักทองสมุนไพร	ค่าความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง (a*)	ค่าสีเหลือง (b*)
สูตรพื้นฐาน	42.83 ± 0.06	17.18 ± 0.02	13.67 ± 0.02
สูตรรสต้มยำ	42.08 ± 0.02	18.63 ± 0.03	14.65 ± 0.03
สูตรรสลาบ	34.86 ± 0.04	20.08 ± 0.05	14.08 ± 0.04
สูตรรสเมี่ยงคำ	36.09 ± 0.03	17.37 ± 0.04	8.94 ± 0.07
สูตรรสผัดฉ่า	36.37 ± 0.04	20.24 ± 0.04	12.19 ± 0.05

2.3 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบฟักทองสมุนไพร

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร ใน 100 กรัม พบว่า ในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรมี คาร์โบไฮเดรตและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น เพิ่มขึ้นจากสูตรพื้นฐาน (แสดงดังตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำ

องค์ประกอบทางเคมี	ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำ
ความชื้น (ร้อยละ)	5.04 ± 0.01
โปรตีน (ร้อยละ)	3.36 ± 0.04
ไขมัน (ร้อยละ)	17.23 ± 0.03
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	71.53 ± 0.02
เถ้า (ร้อยละ)	2.84 ± 0.03
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	454.63 ± 0.02
ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น (mg eq Trolox /100g)	42.43 ± 0.02

2.4 การศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์

ทำการตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เลขที่ มผช.107/1443 สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม โดยพบว่า คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำ มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (แสดงดังตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 แสดงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ
Total Plate Count	1.2×10^3 Cfu/g.
Salmonella spp.	Not Detected
Staphylococcus aureus	<10 est. Cfu/g.
Bacillus cereus	1.1×10^2 Cfu/g.
Clostridium perfringens	<10 Cfu/g.
Escherichia coli	<2 MPN/g.
Yeast and Mold	<10 Cfu/g.

อภิปรายผล

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร โดยพัฒนาเป็นรสชาติต่างๆ 4 รสชาติ ได้แก่ รสต้มยำ รสลาบ รสเมี่ยงคำ และรสผัดฉ่า ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคโดยให้คะแนนความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค 100 คน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำมากที่สุด อาจเป็นเพราะ รสต้มยำมีส่วนผสมของสมุนไพรไทยหลายชนิด เช่น ใบมะกรูด ตะไคร้ ข่า พริก และอื่นๆ ซึ่งเป็นสมุนไพรที่ให้กลิ่นหอมเฉพาะตัว สอดคล้องกับ สุมิตรา (2549) ทำการศึกษาเรื่องคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของกลิ่นหอมจากสารสกัดกลิ่นรสต้มยำ พบว่า กลิ่นรสต้มยำ มีสารสำคัญคือ 1,8 - cinedle,geranial citronellal และ linalool ซึ่งเป็นสารระเหยที่สำคัญในการให้กลิ่น ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของต้มยำ และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นสูง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน สอดคล้องกับ สุกัญญา (2555) ได้ทำการศึกษาเรื่อง กะเพรากับการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ในใบกะเพรามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้สมุนไพรชนิดต่างๆ เช่น ตะไคร้ มีผลต่อการยับยังการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย และลดการอักเสบ (อัจฉรัตน์และคณะ,2555)

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพร โดยพัฒนาเป็นรสชาติต่างๆ ของเมนูอาหารไทยที่มีส่วนประกอบของสมุนไพรเป็นส่วนผสม 4 ชนิด ได้แก่ รสต้มยำ รสลาบ รสเมี่ยงคำ และรสผัดฉ่า จากศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำมากที่สุด ($p\leq0.05$) และจากการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำ มีความชื้นร้อยละ 5.04 โปรตีนร้อยละ 3.36 ไขมันร้อยละ 17.23 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 71.53 เถ้าร้อยละ 2.84 พลังงาน 454.63 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม และฤทธิ์การต้านออซิเดชั่น 42.43 (mg eq Trolox /100g) คุณภาพด้านค่าสีพบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำ มีค่า L*a*b* เท่ากับ 42.08 18.63 และ 14.65 ตามลำดับ และคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรรสต้มยำมีคุณภาพทางจุลินทรีย์ตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเลขที่ มผช.107/1443 ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบสมุนไพรจึงเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและปลอดภัยในการบริโภค

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หลักสูตรสาขาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำงานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

การแปรรูปอาหารจากผักและผลไม้. (ม.ป.ป). [Online].Available: http://www.vegetweb.com/food/ข้าวเกรียบฟักทอง สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2560

ธำรง เครือชุมพล. (2559). **พริก**. เกษตรสยามบุคส์,บจก.สนพ.

ผาณิต บุญมาก. (2559). **ประโยชน์มหัศจรรย์พริกไทย.** Amarin Health

ผานิตา หลวงมูล. (2557). **ประโยชน์มหัศจรรย์กระเทียม.** อมรินทร์ สุขภาพ

พิมลพรรณ อนันต์กิจไพศาล. (2560). **สุดยอด 108 สมุนไพรไทยใช้เป็นหายป่วย**. ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: เก็ท ไอเดีย

พยอม อัคถวิบูลย์กุล. (2543) หน้า 51. **เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ** “โครงการฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี การแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อสร้างอาชีพและเสริมรายได้ ณ 8 จังหวัด ภาคตะวันออก” “สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์” มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

พรพล รมย์นุกูล. (2545) **การถนอมอาหาร.** กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์, หน้า 232

พรหมมินทร์ สายนาคำ. (2554). **การแปรรูปสมุนไพรเพื่อเศรษฐกิจชุมชนบนพื้นฐานเศรษฐกิจพอเพียง.** คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาลำปาง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวเกรียบ. (2554). [Online] file:///C:/Users/USER/Downloads/Documents/tcps107_54.pdf สืบค้นเมื่อ 26 ธันวาคม 2560

รติชา ปภานุพัทธ์. (2559). **ประโยชน์มหัศจรรย์มะกรูด.** Amarin Health

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ และ ภารดี พละไชย (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบปลารสกระเทียมพริกไทยดำ. **วารสารวิจัย**, 7(1) : 15-27. ตรัง : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

สุกัญญา เขียวสะอาด. (2555). **กะเพรากับการต้านอนุมูลอิสระ.** วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกะบัง. 21(2).

สุมิตรา บุญบำรุง. (2549). **การศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของกลิ่นหอมจากสารสกัดกลิ่นรสต้มยำ.** สำนักงานกองทุนสนันสนุนงานวิจัย

อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี,รังสิมา สายศรทิพย์ และ ศุภารัตน์ สุทธิมุสิก (2555). ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้และตะไคร้หอม ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคเต้านมอักเสบในโคนม. **แก่นเกษตร.** 40 2 : 230-235

AOAC, (2000). **Official Method of Analysis of AOAC International**. (17th ed). The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

Lachmann,A. (1969). **Snack and Fried Product**. Noyes Data, New Jersey

Steel, R. G. D. and Torrie, J.H. (1980). **Principle and Procedures of Statistics**. 2 editions. , New York: McGraw Hill.

Chamber IV, E, and Wolf, M.B. (1996). **Sensory testing methods**. 2th ed. Philadelphia: USA American Society for testing and Materials. USA

การศึกษาของกระจุกดาว M46

THE STUDY OF M46 CLUSTER

ชินพรรดิ์ ณ เรียนไธสง[1*] อภิวัฒน์ ฤาษี[2] และ รณกฤต รัตนมาลา[3]
[1,2]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา นครราชสีมา
[3]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา นครราชสีมา
[*]corresponding author e-mail : nutzagz@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระจุกดาว M46 ได้แก่ ชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว, ระยะทาง และอายุของกระจุกดาว M46 โดยเก็บข้อมูลภาพถ่ายในช่วงแสงสีน้ำเงินและแสงสีที่ตามองเห็น ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา ด้วยกล้องซีซีดี ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 มีชนิดสเปกตรัม B,A,F,G,K และ M และคำนวณค่า Bolometric correction ของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 อยู่ระหว่าง -1.63 ถึง -0.08

คำสำคัญ : กระจุกดาวM46 กระจุกดาว คุณสมบัติของดาวฤกษ์

Abstract

This research was aimed to study M37 cluster in term of spectrum type of stars, distance and age. The data was observed at Regional Observatory for the Public Nakhon Ratchasima, National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization) by CCD photometer in B and V bands connected to a 70 centimeter telescope. The results show that stars in the M46 cluster have B, A, F, G, K and M spectral types. The Bolometric correction of stars in M36 cluster was between -1.63 and -0.08.

Keywords : M46 cluster, star cluster, star properties

บทนำ

ดาวฤกษ์เกิดจากการยุบตัวตัวของก๊าซไฮโดรเจนอย่ามหาศาลในอวกาศ และบริเวณแกนกลางมีอุณหภูมิสูงมากจนเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ขึ้น(บุญรักษา สุนทรธรรม. 2532) ซึ่งดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเดียวกันจะเกิดจากกลุ่มก๊าซเดียวกัน แต่ดาวฤกษ์ที่เกิดในกระจุกดาวเดียวกันอาจมีชนิดที่แตกต่างกันได้ เพราะการก่อกำเนินและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์

กระจุกดาว M46 (NGC 2437) เป็นกระจุกดาวเปิดมีตำแหน่ง RA(J2000) 7^{h} 41^{m} 46^{s} DEC.(J2000) -14° 48’ 3” (Simbad Astronomical Database, 2018) จากการศึกษากระจุกดาว M46 ของ Davidge, T.J. ในปี ค.ศ.2013 พบว่ากระจุกดาวM46 มีโมดูลัสระยะทาง 11.05±0.05 และมีมวลประมาณ 10^{3} เท่าของมวลดวงอาทิตย์(Davidge, T.J., 2013) ซึ่งพบว่าสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 ได้แก่ ดัชนีสี อุณหภูมิยังผลไม่มีรายงาน ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาสมบัติพื้นฐานของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติของกระจุกดาว M46 ได้ทำการเก็บข้อมูลภาพถ่าย ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้วยกล้องซีซีดี โฟโตมิเตอร์ (CCD photometer) ผ่านแผ่นกองแสงสีน้ำเงิน (B) และแสงสีที่ตามองเห็น (V) โดยต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร และมีระบบตามดาวอัตโนมัติ ในวันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ข้อมูลภาพที่ได้จะนำไปกำจัดสัญญาณรบกวน (Reduction image) ด้วยโปรแกรม IRIS และทำการวัดค่าโชตมาตรด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool (APT) โดยใช้ดาวฤกษ์ HD 39183 (RA 7^h 41^m 46^s , Dec. -14° 48’ 3” , B=12.47 , V=12.68) เป็นดาวอ้างอิง ดังรูปที่ 1

เมื่อได้ข้อมูลโชติมาตรแล้งก็จะนำค่าที่ได้มาปรับเพื่อให้ได้ค่าโชติมาตรปรากฏแท้จริงทั้ง 2 แสงสี จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าดัชนีสี (B-V) แล้วคำนวณหาค่าอุณหภูมิยังผล (T_{eff}) จากสมการที่ 1 (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2530) และทำการวิเคราะห์ชนิดสเปกตรัมจากอุณหภูมิยังผลที่คำนวณได้ และค่า Bolometric correction คำนวณจากสมการที่ 2(Larry Bogan, 1998)

$$\frac{1}{T_{\text{eff}}} = \left(9.5230\times10^{-5}\right) + \left(1.32488\times10^{-4}\right)\left(B-V\right) \qquad (1)$$

$$BC = -8.499\,[\log(T_{eff})- 4]^4 + 13.421[\log(T_{eff})- 4]^3 - 8.131[\log(T_{eff})- 4]^2 - 3.901\,[\log(T_{eff})- 4] - 0.438 \qquad (2)$$

โดย T_{eff} คือ อุณหภูมิยังผล หน่วยเควิน

B-V คือ ดัชนีสี (สุพรรณี ไพรศรีจันทร์,2549)

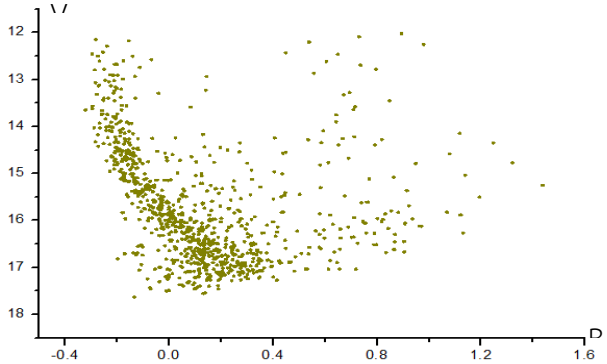
BC คือ Bolometric correction



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายกระจุกดาว M46 และดาวอ้างอิง

ผลการวิจัย

จากข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool สามารถวิเคราะห์ดาวฤกษ์ได้1,334 ดวง ซึ่งข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาปรับค่าโชติมาตรปรากฏ แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีสี (B-V) สามารถสร้างแผนภาพ HR-Diagram ของกระจุกดาว M46 ได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งวิเคราะห์ชนิดสเปกตรัม ได้แก่ ชนิด B,A,F,G,K และ M และคำนวณค่า Bolometric correction ของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 อยู่ระหว่าง -1.63 ถึง -0.08



ภาพที่ 2 แผนภาพ HR Diagram

จากรูปที่ 2 แผนภาพ HR Diagram เป็นความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสี(แกน X) และโชติมาตรปรากฏในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็น(V) ของกระจุกดาว M46 ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในครั้งนี้ และผลการคำนวณค่าอุณหภูมิยังผลของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 ทั้งหมด 1334 ดวงพบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 มีอุณหภูมิยังผลระหว่าง 2,883 เคลวิน ถึง

22,484 เคลวิน และสามารถจำแนกชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 พบว่าส่วนใหญ่มีชนิดสเปกตรัม F จำนวน 592 ดวง รองลงมาเป็นชนิด A จำนวน 532 ชนิด G จำนวน 117 ดวง ชนิด K จำนวน 83 ดวง ชนิด B จำนวน 10 ดวง ชนิด M จำนวน 1 ดวง และคำนวณค่า Bolometric correction ของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 อยู่ระหว่าง -1.63 ถึง -0.08

อภิปรายผล

จากผลการคำนวณค่าอุณหภูมิของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 ทั้งหมด 1334 ดวงพบพบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 มีอุณหภูมิยังผลระหว่าง 2,883 เคลวิน ถึง 22,484 เคลวิน และมีชนิดสเปกตรัม B , A , F , G , K และ M จากการคำนวณหาค่าอุณหภูมิยังผลของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 พบว่าชนิดสเปกตรัมของกระจุกดาว M46 มีกาวฤกษ์หลายประเภท เหมาะแก่การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพอย่ายิ่ง และคำนวณค่า Bolometric correction ของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 อยู่ระหว่าง -1.63 ถึง -0.08

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 ที่เก็บข้อมูลสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สามารถวิเคราะห์ดาวฤกษ์ได้ 1334 ดวง และพบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 มีอุณหภูมิยังผลระหว่าง 2,882 เคลวิน ถึง 22,484 เคลวิน จากการคำนวณหาค่าอุณหภูมิยังผลของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 ทำให้สามารถแยกสเปกตรัม B , A , F , G , K และ M ซึ่งมีหลายประเภท ซึ่งเหมาะแก่การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์หลายประเภท ซึ่งเหมาะแก่การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ในแต่ละประเภท และคำนวณค่า Bolometric correction ของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M46 อยู่ระหว่าง -1.63 ถึง -0.08

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่อนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม, พรพจน์ พจนามาตร์ และ อนิวรรต สุขสวัสดิ์. (2530). **การศึกษาอุณหภูมิสัมฤทธิ์ของสมาชิกในกระจุกดาวเปิดโดยเทคนิคโฟโตเมตรี.** ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. จังหวัดเชียงใหม่.

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2532). **ดาราศาสตร์ทั่วไป เล่ม 1.** ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุพรรณี ไพรศรีจันทร์. (2549). **สมบัติทางกายภาพของกระจุกดาวเปิด เอ็ม15.** การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลับเชียงใหม่.

Davidge, T.J. (2013). **The Open Cluster NGC 2437(M47).** PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF THE PACIFIC. 125,115-125.

Larry Bogan. (1998). **The Hertzsrung-Russell Diagram(HR Diagram) as related to Stellar Radius and Temperature.** APA formatting and style guide. Retrieved http://www. bogan.ca/ astro / stars/ star_lum.html.

Simbad Astronomical Data Base. (2018). **APA formatting and style guide**. Retrieved http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/.

การพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษามหาวิทยาลัยพิษณุโลก

DEVELOPING OF STUDENT ACTIVITY TRANSCRIPT RECORD SYSTEM IN PHITSANULOK UNIVERSITY

สมพงษ์ พุทธศร ฤทธิรงค์ แสงสร้อย* และ ปรกฤษฎ์ สายหัสดี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพิษณุโลก พิษณุโลก
* corresponding author e-mail : ritthirongs@plu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษามหาวิทยาลัยพิษณุโลก เพื่อลดความการล่าช้าในการติดตามผลของการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา และสามารถให้นักศึกษาตรวจสอบการเข้าร่วมกิจกรรมได้ด้วยตนเอง โดยทำการศึกษาจากกลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 100 คน ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติโดยทดสอบค่าเบียงเบนมาตรฐาน ค่ากลางของข้อมูล และค่าเฉลี่ยนของข้อมูล โดยผลของการวิจัยระบบจัดเก็บข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษานี้ ได้ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวมแล้ว 4.1 ซึ่งอยู่ในระดับดี และการแสดงผลในการตรวจสอบข้อมุลได้ 3.9 ซึ่งอยู่ในระดับดีเช่นเดียวกัน

คำสำคัญ : ทรานสคิปกิจกรรม กิจกรรมนักศึกษา บันทึกกิจกรรม

Abstract

The objective of this research is to develop of student activity transcript record system in Phitsanulok University, to reduce time and manpower to keep record updated and provide self-checking of the record by students. This research is focus on 100 bachelor students of Phitsanulok University, and analyze by statistically, mean, median and average. From the research, the result of developing student activity transcript record system in Phitsanulok University is 4.1 in overall, that mean in a good rank, and 3.9 from representative of the system.

Keywords : activity transcript, student activity, activity record

บทนำ

มหาวิทยาลัยพิษณุโลก มุ่งมั่นที่จะพัฒนานักศึกษาทุกคนให้มีศักยภาพและความพร้อมในการเป็นผู้นำ ตลอดจนมีความเป็นเลิศทางปัญญา มีวินัย มีคุณธรรม จริยธรรม รู้จักพัฒนาตนเอง มีความรับผิดชอบต่อสังคมและประเทศชาติ เป็นทรัพยากรบุคคลที่มีคุณค่าและเป็นบัณฑิตที่พึงประสงค์ ดังนั้น มหาวิทยาลัยพิษณุโลก จึงให้ความสำคัญเป็นอย่างมากต่องานด้านกิจการนักศึกษา จึงมีการเพิ่มกิจกรรมเสริมหลักสูตรเพื่อพัฒนา โดยมีทั้งกิจกรรมที่บังคับและเสริมของมหาวิทยาลัยและของคณะซึ่งนักศึกษาจะต้องเข้ากิจกรรมเพื่อให้ผ่านตามเกณฑ์ ซึ่งผศ.นิวัตร จารุวาระกุล รองอธิการบดีฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ มทร.พระนคร (2558) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดทำระบบสารสนเทศกิจกรรมนักศึกษา ในรูปแบบโปรแกรมระบบสารสนเทศด้านการบริหารจัดการการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา มทร.พระนคร โดยระบบสารสนเทศกิจกรรมนักศึกษานี้ จะช่วยให้เกองพัฒนานักศึกษาทราบจำนวนการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาในแต่ละปี และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดกิจกรรมในแต่ละปี และยังสามารถนำไปเป็นรายงานทรานสคริปกิจกรรมให้กับนักศึกษาเมื่อจบ

การศึกษา สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปให้สถานประกอบการเพื่อเป็นทางเลือกในการตัดสินใจรับเข้าทำงานในอนาคตได้ พบว่า ระบบสารสนเทศกิจกรรมนักศึกษา ถูกพัฒนาในรูปแบบโปรแกรมเพื่อง่ายต่อการใช้งานได้ทำการทดสอบการใช้งานจริงโดยใช้แบบประเมิน โดยผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.99 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.38 สรุปผลได้ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี สามารถนำมาเป็นข้อมูลเพื่อบริหารจัดการข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ ทัศวรรณ อู้ยัง (2557) จากการศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความพึงพอใจในการรับรู้และการใช้งานโปรแกรมระบบทรานสคริปต์สำนักกิจกรรมนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลได้ทำการศึกษาและออกแบบโปรแกรมทรานสคริปต์กิจกรรมนักศึกษา เพื่อช่วยให้เจ้าหน้าที่ในสำนักกิจกรรมนักศึกษาสามารถตามผลการจัดกิจกรรม ตลอดจนสรุปการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาได้สะดวก รวดเร็ว พบว่า การศึกษาความพึงพอใจการรับรู้และการใช้งานโปรแกรมระบบทรานสคริปต์สำนักกิจกรรมนักศึกษานั้น เจ้าหน้าที่มีเพศต่างกัน มีความความพึงพอใจต่อการรับรู้และการใช้งานโปรแกรมระบบทรานสคริปต์สำนักกิจกรรมนักศึกษา แตกต่างกันอย่างที่นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ข้อเสนอแนะในการจัดทำโปรแกรมระบบทรานสคริปต์สำนักกิจกรรมนักศึกษาควรมีจำนวนเครื่องมือในการบันทึกกิจกรรมให้เพียงพอ ตลอดจนระบบทรานสคริปต์สำนักกิจกรรมนักศึกษาควรมีความสถียรของระบบให้มากยิ่งขึ้นกว่าเดิม

ทั้งนี้มหาวิทยาลัยพิษณุโลกได้มีการจัดเก็บข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาเพื่อใช้เป็นคู่มือในการเข้าร่วมกิจกรรม บันทึกการทำกิจกรรม และข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมต่าง ๆ นักศึกษาจะได้รับประโยชน์ในการตรวจสอบการเข้าร่วมกิจกรรมป้องกันการลงชื่อไม่ทัน และป้องกันการสูญหายของสมุดกิจกรรม และใช้ในการขอทรานสคริปกิจกรรมได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบระบบงานและแก้ไขปัญหาการจัดเก็บข้อมูลของระบบทรานสคริปกิจกรรมนักศึกษาจากเดิมที่ใช้กระดาษในการบันทึกข้อมูลกิจกรรมรวม และใช้สมุดกิจกรรมให้นักศึกษานำไปลงรายมือชื่อกลับผู้จัดกิจกรรม เพื่อจัดทำระบบงานใหม่ขึ้นให้ เจ้าหน้าที่สามารถกรอกข้อมูลนักศึกษา ข้อมูลกิจกรรมต่าง ๆ รวมถึงการตรวจสอบนักศึกษาที่เข้าและไม่เข้าร่วมกิจกรรมได้ ทำให้ระบบงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ ศึกษารวบรวมเครื่องเครื่องที่ใช้ในการวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูลจากงานวิจัยก่อนหน้านี้และศึกษาความต้องการของระบบจากกลุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์และออกแบบระบบงานของระบบให้ตรงกับความต้องการของกลุ่มตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติหลังจากการวิจัยและพัฒนาระบบ

1.เครื่องมือและโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware)

เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล(PC)

ด้านซอฟแวร์ (Software)

1.โปรแกรมประมวลผลคำใช้ในการจัดทำเอกสาร

2.โปรแกรมตกแต่งรูปภาพใช้ในการออกแบบสื่อในระบบและเอกสารแนะนำ

3.โปรแกรมแก้ไขรหัสพื้นฐาน(source code)ใช้ในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น

4.Apache Webserver

5.MySQL Server

6.php ตัวประมวลผลภาษา

7.Linux CentOS 7

2.การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis of Data)

- List of External Entity, List of Data, List of Process
- Process Decomposition Diagram
- Context Diagram
- Data Flow Diagram
- ER Diagram
- Data Dictionary

3.วิเคราะห์และออกแบบระบบงาน

List of External Entity

-ผู้ดูแลระบบ

-นักศึกษา

List of Data

1.ข้อมูลผู้ดูแลระบบ

2.ข้อมูลนักศึกษา

3.ข้อมูลกิจกรรม

4.ข้อมูลนักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ

List of Process

1.ปรับปรุงแฟ้มข้อมูลหลัก

1.1ปรับปรุงแฟ้มข้อมูลผู้ดูแลระบบ

1.2ปรับปรุงแฟ้มข้อมูลนักศึกษา

1.3ปรับปรุงแฟ้มข้อมูลกิจกรรม

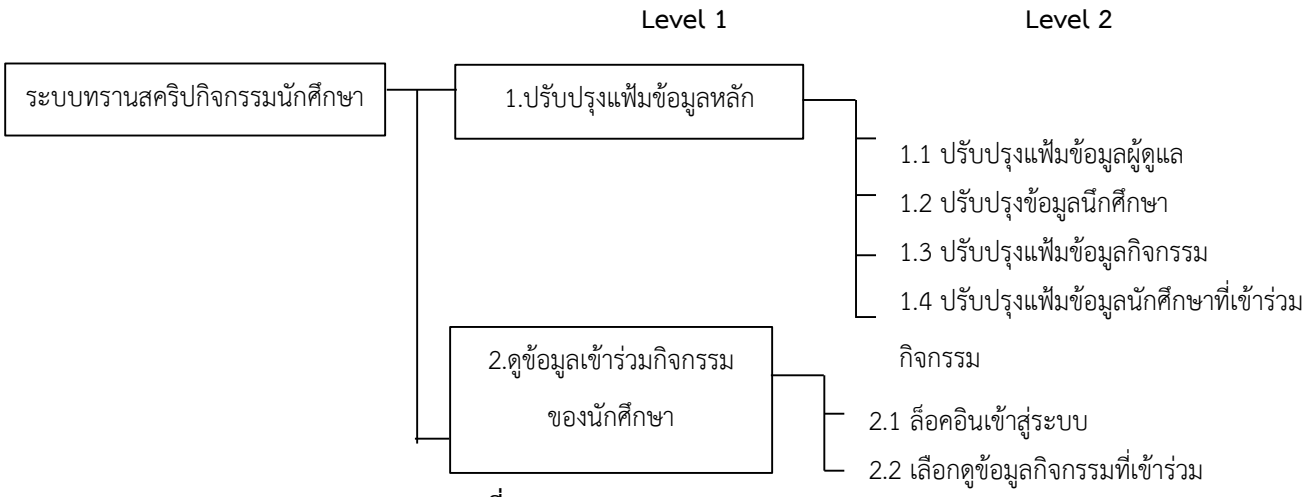
1.4ปรับปรุงแฟ้มข้อมูลนึกศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรม

2.ดูข้อมูลเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา

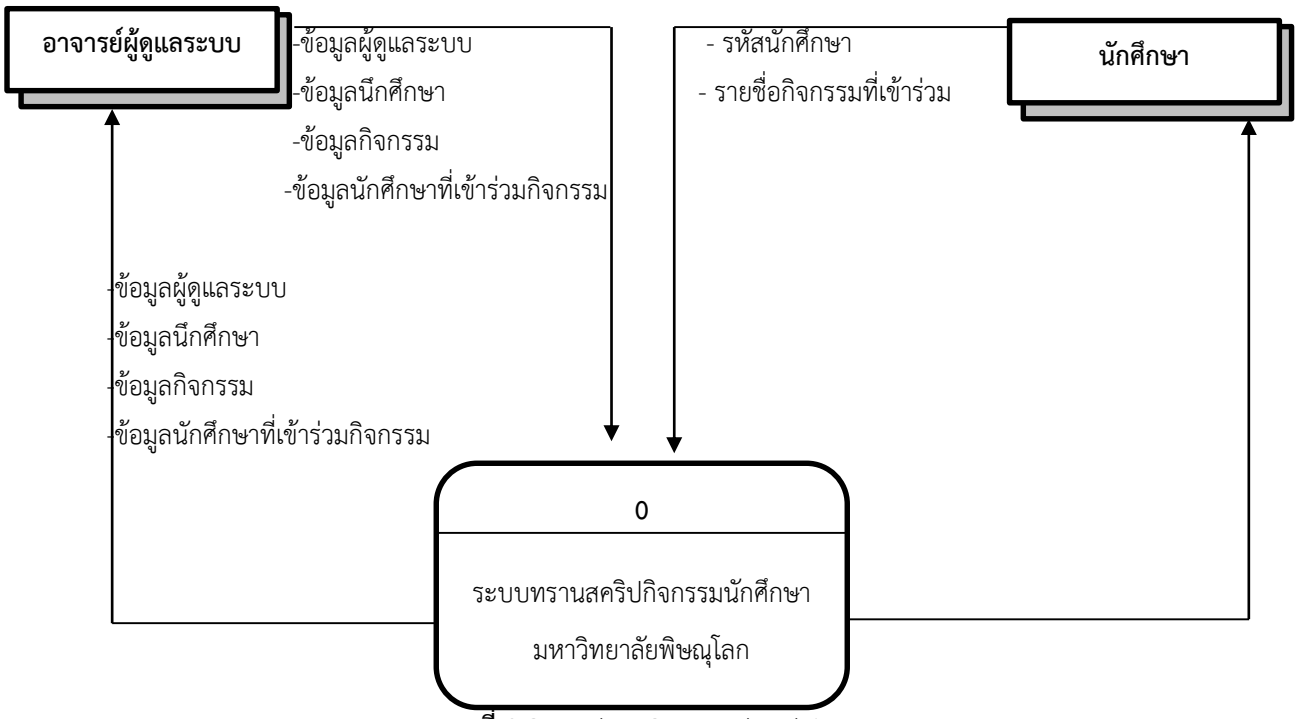
4.1ล็อคอินเข้าสู่ระบบ

4.2เลือกดูข้อมูลกิจกรรมที่เข้าร่วม

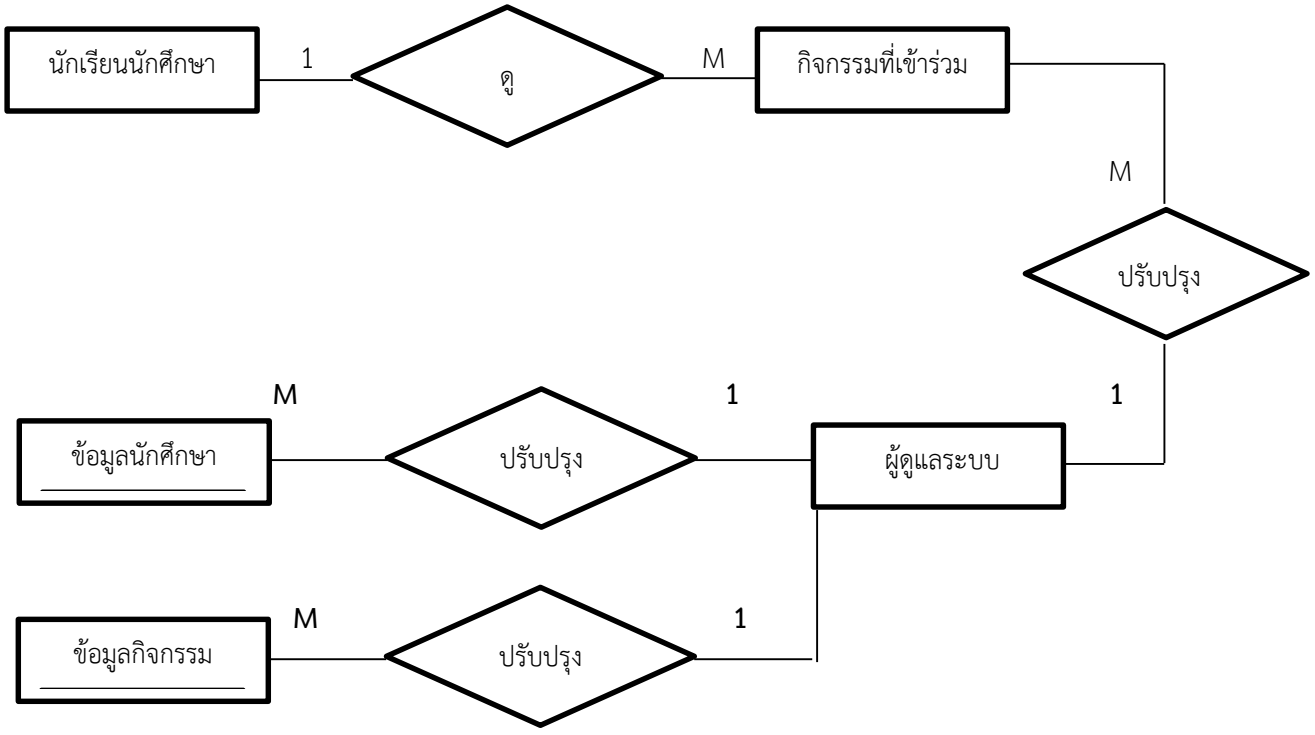
ระบบ



ภาพที่ 1 Process Decomposition Diagram

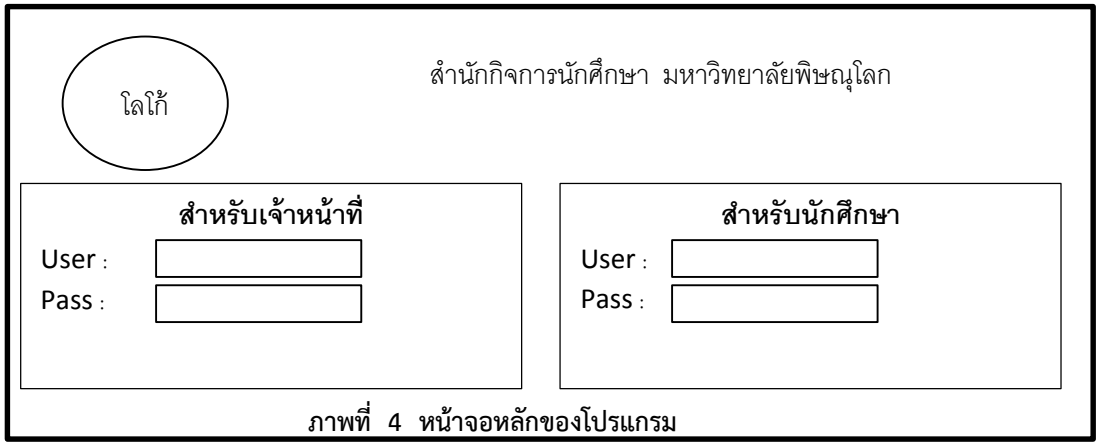


ภาพที่ 2 Data Flow Diagram level 0



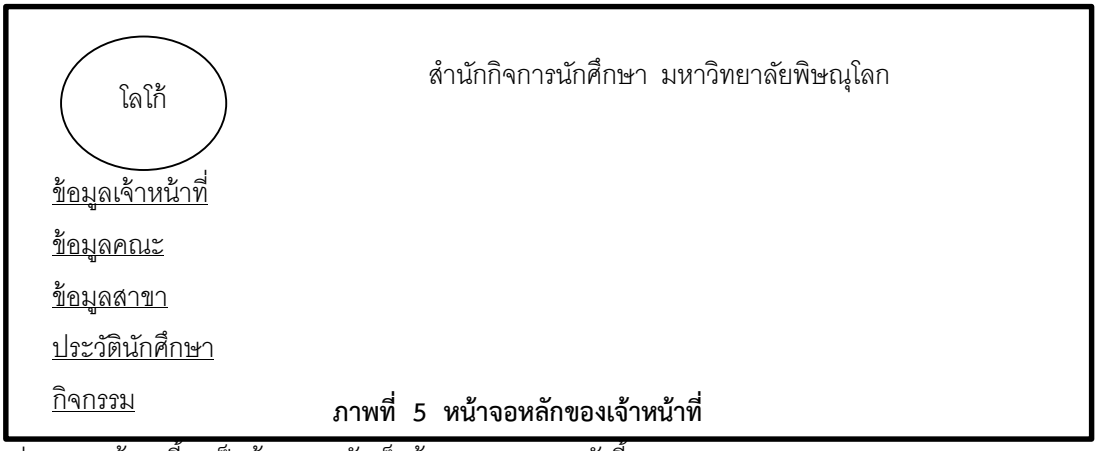
ภาพที่ 3 ER Diagram

ออกแบบหน้าจอ



ภาพที่ 4 หน้าจอหลักของโปรแกรม

- หน้าจอหลักจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน
- ส่วนของเจ้าหน้าที่เข้าสู่ระบบ
- ส่วนของนักศึกษาเข้าสู่ระบบ



ภาพที่ 5 หน้าจอหลักของเจ้าหน้าที่

ส่วนของหน้าจอนี้จะเป็นข้อมูลการจัดเก็บข้อมูลตามรายการดังนี้

- ข้อมูลเจ้าหน้าที จะประกอบด้วย ชื่อ นามสกุล รหัสเจ้าหน้าที่
- ข้อมูลคณะจะจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับคณะภายในมหาวิทยาลัยพิษณุโลก
- ข้อสาขาจะจัดเก็บแยกแต่ละสาขา
- ประวัตินักศึกษาจะจัดเก็บข้อมูลชื่อ นามสกุล คณะ สาขาของนักศึกษารายบุคคล
- กิจกรรมจะจัดเก็บกิจกรรมหลักของมหาวิทยาลัยพิษณุโลกและกิจกรรมของคณะ

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้จัดทำระบบจัดเก็บข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรม(ทรานสคริปกิจกรรม)นักศึกษา มหาวิทยาลัยพิษณุโลก การวัดผลการดำเนินงานใช้วิธีการ Black Box Testing เป็นการทดสอบโดยเอาผลการใช้งานเป็นหลักโดยที่ไม่คำนึงถึง วิธีการเขียนระบบ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และได้ผลการศึกษาจำแนกได้ 3 ส่วนดังนี้

1 ผลของการพัฒนาระบบทรานสคริปกิจกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยพิษณุโลก จะเป็นโปรแกรมที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ส่วนของเจ้าหน้าที่จะเป็นการจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับนักศึกษา, คณะ, สาขา, ปฏิทินกิจกรรม, รายงานผลการเข้าร่วมกิจกรรมและไม่เข้าร่วมกิจกรรม
- ส่วนของนักศึกษาจะเป็นการเข้าระบบเพื่อดูการเข้าร่วมกิจกรรมและไม่เข้าร่วมกิจกรรมร่วมถึงการแก้ไขเกี่ยวกับรหัสนักศึกษาได้

2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบทรานสคริปกิจกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยพิษณุโลก แบ่งเป็น 2 ส่วน ตามลำดับ ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของแบบสอบถาม
2. ทัศนคติของผู้ประเมินที่มีต่อระบบ “ผลของการพัฒนาระบบทรานสคริปกิจกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยพิษณุโลก” ด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) การประเมินโครงงาน ดังปรากฏตามตาราง

1 ผลของการพัฒนาระบบทรานสคริปกิจกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยพิษณุโลก



ภาพที่ 6 หน้าหลัก

หน้าจอหลักของโปรแกรมระบบทรานสคริปกิจกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยพิษณุโลก



ภาพที่ 8 หน้าปฏิทินกิจกรรม

หน้าจอนี้จะเป็นหน้าจอแสดงข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมและปฏิทินกิจกรรมทั้งหมดของมหาวิทยาลัยพิษณุโลก



ภาพที่ 9 หน้ารายงาน

หน้าจอส่วนนี้จะเป็นการสรุปรายงานผู้เข้าร่วมกิจกรรมของมหาวิทยาลัยพิษณุโลก และผู้ไม่เข้าร่วมกิจกรรมของมหาวิทยาลัยพิษณุโลกในแต่ละกิจกรรมได้



สำนักกิจการนักศึกษา มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

รายชื่อนักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรมวันรัฐธรรมนูญ
วันที่ 2016-12-10

รหัสนักศึกษา	ชื่อ - สกุล	คณะฯ	สาขา	ชั้นปี
1111111111	นางสาว123 1	คณะบริหารธุรกิจ	คอมพิวเตอร์ธุรกิจ	1

ภาพที่ 10 หน้ารายงานนักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรม

หน้าจอแสดงผลรายงานนักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรม แต่ละกิจกรรมสามารถพิมพ์ออกมาได้



สำนักกิจการนักศึกษา มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

รายชื่อนักศึกษาที่ไม่เข้าร่วมกิจกรรมวันรัฐธรรมนูญ
วันที่ 2016-12-10

รหัสนักศึกษา	ชื่อ - สกุล	คณะฯ	สาขา	ชั้นปี
56000000001	นายสมพง พุทธศร	คณะบริหารธุรกิจ	aaa	4
56000000002	นายa b	คณะบริหารธุรกิจ	aaa	4

ภาพที่ 11 หน้ารายงานนักศึกษาที่ไม่เข้าร่วมกิจกรรม

หน้าจอแสดงผลรายงานนักศึกษาที่ไม่เข้าร่วมกิจกรรม ที่จะปรากฏ รหัสนักศึกษา, ชื่อ –สกุล , คณะฯ, สาขา, ชั้นปี แต่ละกิจกรรมสามารถพิมพ์ออกมาได้

2 ผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ที่ แบ่งเป็น 2 ส่วน ตามลำดับ ดังนี้

2.1 ข้อมูลทั่วไปของแบบสอบถาม

2.2 ทัศนคติของผู้ประเมินที่มีต่อระบบ ด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) การประเมินโครงงาน ดังปรากฏตามตาราง ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

สถานภาพ	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
1.1 ชาย	6	60
1.2 หญิง	4	40
2. อายุ		
1. ระหว่าง 20 – 25 ปี	10	100
2. ระหว่าง 26 – 30 ปี	-	-
3. ระหว่าง 31 – 35 ปี	-	-
4. ระหว่าง 36 ขึ้นไป	-	-
3. ระดับการศึกษา		
1. อนุปริญญา/ปวส.	-	-
2. ปริญญาตรี	10	100
3. ปริญญาโท	-	-
4. ปริญญาเอก	-	-

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นเพศชายมากที่สุด เป็นจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 60 และเป็นเพศหญิง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 40 อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 20 – 25 ปี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ระดับการศึกษาปริญญาตรี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 100

2.2 ทัศนคติของผู้ประเมินที่มีต่อระบบ “ระบบทรานสคริปกิจกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยพิษณุโลก”

การประเมินระบบทรานสคริปกิจกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยพิษณุโลก ด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation) การประเมินโครงงาน ดังปรากฏตามตาราง ดังต่อไปนี้ โดยมีเกณฑ์การวัดระดับความพึงพอใจดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินระบบ

	ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ผลการประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน			
1.1 ระบบมีความสะดวกในการใช้งาน	4.43	0.57	มาก
1.2 ระบบมีความเร็วในการประมวลผล	3.66	0.57	มาก
1.3 สามารถดึงข้อมูลกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง	4.00	0.00	มาก
1.4 ข้อมูลรายละเอียดของกิจกรรมเพียงพอต่อการใช้งาน	4.33	0.57	มาก
ภาพรวมเฉลี่ย	**4.10**	**0.42**	**มาก**
2. ผลการประเมินคุณภาพด้านการแสดงผล			
2.1 ความครบถ้วนของข้อมูลในการแสดงผล	3.66	0.57	มาก
2.2 ความชัดเจนข้อความที่แสดงบนจอภาพ	4.00	0.00	มาก
2.3 ความเหมาะสมของตำแหน่งการจัดวางส่วนต่างๆ บนจบภาพ	4.33	0.57	มาก
2.4 ความเหมาะสมในการใช้รูปแบบตัวอักษร	4.00	0.00	มาก
ภาพรวมเฉลี่ย	**3.99**	**0.28**	**มาก**
3. การนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต			
3.1 ระบบงานนี้สามารถนำไปใช้ได้จริง	3.66	0.57	มาก
3.2 ในอนาคตจะต้องใช้ระบบนี้ช่วยในการทำงาน	4.33	0.57	มาก
3.3 สามารถนำระบบนี้มาพัฒนาต่อได้	4.00	0.00	มาก
ภาพรวมเฉลี่ย	**3.99**	**0.38**	**มาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า ด้านผลการประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน ตามรายข้อดังนี้ ระบบมีความสะดวกในการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย = 4.43, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน =0.57) ระบบมีความเร็วในการประมวลผล (ค่าเฉลี่ย = 3.66 , ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.57) สามารถดึงข้อมูลกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง (ค่าเฉลี่ย = 4.00, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.00) ข้อมูลรายละเอียดของกิจกรรมเพียงพอต่อการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย = 4.33 , ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.57) โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.10 อยู่ในระดับ มาก

ด้านผลการประเมินคุณภาพด้านการแสดงผล ตามรายข้อดังนี้ ความครบถ้วนของข้อมูลในการแสดงผล (ค่าเฉลี่ย = 3.66, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน =0.57) ความชัดเจนข้อความที่แสดงบนจอภาพ (ค่าเฉลี่ย = 4.00, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน =0.00) ความเหมาะสมของตำแหน่งการจัดวางส่วนต่างๆ บนจบภาพ (ค่าเฉลี่ย = 4.33, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

=0.57) ความเหมาะสมในการใช้รูปแบบตัวอักษร (ค่าเฉลี่ย = 4.00, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน =0.00) โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.99 อยู่ในระดับ มาก

ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต ตามรายข้อดังนี้ ระบบงานนี้สามารถนำไปใช้ได้จริง(ค่าเฉลี่ย = 3.66, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน =0.57) ในอนาคตจะต้องใช้ระบบนี้ช่วยในการทำงาน (ค่าเฉลี่ย = 4.33, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน =0.57) สามารถนำระบบนี้มาพัฒนาต่อได้ (ค่าเฉลี่ย = 4.00, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน =0.00) โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.99 อยู่ในระดับ มาก

อภิปรายผล

จากการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษามหาวิทยาลัยพิษณุโลก ผู้วิจัยได้ทำการประเมินระบบจากกลุ่มผู้ทดลองใช้งาน จำนวน 10 คน โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านผลการประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน , ด้านผลการประเมินคุณภาพด้านการแสดงผล, ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต พบว่า ด้านผลการประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.10 อยู่ในระดับ มาก ด้านผลการประเมินคุณภาพด้านการแสดงผล โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.99 อยู่ในระดับ มาก ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.99 อยู่ในระดับ มาก สามาถสรุปได้ว่า ระบบจัดเก็บข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรม มีคุณภาพการใช้งานอยู่ในระดับ มาก สามารถนำไปใช้งานได้จริงและเป็นต้นแบบระบบบริหารจัดการข้อมูลกิจกรรมนักศึกษาที่มีความเหมาะสมและสามารถนำไปเป็นรายงานทรานสคริปกิจกรรมนักศึกษาเมื่อจบการศึกษาและเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปให้สถานประกอบการเพื่อเป็นทางเลือกในการตัดสินใจรับเข้าทำงานในอนาคตได้

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อเสนอแนะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1 ควรมีระบบติดตามการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาเมื่อถึงวันและเวลาที่กำหนด เพื่อให้นักศึกษาสามารถมาเข้าร่วมกิจกรรมได้ตรงตามวันและเวลาที่กำหนดไว้

2 ควรพัฒนาต่อเนื่องเพื่อสนับสนุนระบบที่ให้บริการแก่นักศึกษา และเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงในการจัดโครงการกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจของผู้บริหารได้อีกทาง

สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษามหาวิทยาลัยพิษณุโลกนั้นได้ผลตอบรับออกมาในเกณฑ์ที่ดี และมีประโยชน์แก่นักศึกษาในการติดตามผลของการเข้าร่วมกินกรรมของตนเอง และสามารถนำมาวางแผนในการเข้าร่วมกิจกรรมในอนาคต เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการทำกิจกรรมนักศึกษา อีกทั้งยังสามารถนำไปเป็นข้อมูลประกอบการสมัครงานภายหลังจากจบการศึกษาไปแล้ว ซึ่งเป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัยในการทำกิจกรรมของนักศึกษาก่อนสำเร็จการศึกษา อย่างไรก็ตามระบบยังควรมีการพัฒนาต่อยอดให้สามารถติดตามและแจ้งเตือนให้นักศึกษาสามารถเข้าร่วมกิจกรรมตามวันและเวลาได้ โดยภาพรวมแล้วการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษามหาวิทยาลัยพิษณุโลกนั้นสามารถนำไปใช้งานได้จริงและสามารถพัฒนาให้มีความสามารถเพิ่มขึ้นจากระบบเดิม และสามารถนำไปรวมกับระบบที่จะพัฒนาขึ้นในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณไพรวรณ จันทร เจ้าหน้าสำนักกิจการนักศึกษาผู้ให้ข้อมูลในการพัฒนาระบบและช่วยปรับปรุงให้เป็นไปตามที่ต้องการ นอกจากนนี้ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยพิษณุโลกที่ให้สิทธิ์เข้าใช้ระบบเครื่องแม่ข่ายและฐานข้อมูลในการทำงานวิจัยชิ้นนี้ และขอขอบคุณผู้ที่ให้การสนับสนุนทั้งทางตรงและทางอ้อมอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวมาใน ณ ที่นี้ ขอบพระคุณยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

นิวัตร จารุวาระกุล. (2558).**ระบบสารสนเทศกิจกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.** สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ โชคชัยชุติกุล. (2547). **อินไซท์ PHP5**. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น

การคัดกรองหาเชื้อราที่สร้างสารยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum musae*, *Fusarium oxysporum* และ *Pyricularia grisea* จากเชื้อราเอนโดไฟต์ที่แยกจากเปล้าตองแตก

SCREENING OF BIOACTIVE COMPOUND-PRODUCING FUNGI THOSE AGAINST *COLLETOTRICHUM MUSAE, FUSARIUM OXYSPORUM* AND *PYRICULARIA GRISEA* FROM ENDOPHYTIC FUNGI OF PLAO TONG TAEK

ชนิดาภา จันทร์เชี่ยน นฤมล เถื่อนกูล และ รำไพ โกฎสืบ*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : kodsueb@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการคัดกรองหาเชื้อราเอนโดไฟต์ของต้นเปล้าตองแตกที่สามารถสร้างสารยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช 3 ชนิด คือ *Colletotrichum musae*, *Fusarium oxysporum* และ *Pyricularia grisea* ทำการตรวจสอบความมีชีวิตของเชื้อราเอนโดไฟต์บริสุทธิ์ที่อยู่ในรูปของ stock culture แล้วนำไอโซเลตของเชื้อที่ยังมีชีวิตมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Potato dextrose brothและ F4 โดยบ่มเชื้อบนเครื่องเขย่าแนวราบเป็นเวลา 7 วัน (ความเร็ว 130 รอบต่อนาที) เก็บ culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์แต่ละไอโซเลตไปทำการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืชทั้ง 3 ชนิด ด้วยวิธี 96–well plate assay ผลการศึกษาพบว่าจากเชื้อราเอนโดไฟต์ที่เพาะเลี้ยงจำนวน 64 ไอโซเลต มี culture filtrate ของ 3 ไอโซเลตที่แสดงผลยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรค โดยไอโซเลต PL31 ที่เลี้ยงในอาหารเหลว F4 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา ก่อโรค *Fusarium oxysporum* ได้อย่างน้อย 48 ชั่วโมง ในขณะที่เชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต PL9 และ RS4 ที่เลี้ยงในอาหารเหลว F4 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรค *Pyricularia grisea* และ *Colletotrichum musae* ได้เพียงชั่วระยะเวลา 24 ชั่วโมงเท่านั้น ผลจากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราเอนโดไฟต์แต่ละไอโซเลต พบว่าเชื้อราไอโซเลต PL31 PL9 และ RS4 เป็นเชื้อราในสกุล *Bipolaris*, *Colletotrichum* และ *Curvularia* ตามลำดับ

คำสำคัญ : เชื้อราก่อโรคพืช น้ำเลี้ยงเชื้อ ฤทธิ์ต้านเชื้อรา

Abstract

The objective of this research is to screen for endophytic fungi of Plao Tong Taek those able to produce bioactive compound against the growth of three plant pathogenic fungi; *Colletotrichum musae, Fusarium oxysporum and Pyricularia grisea*. Firstly, stock cultures of endophytic fungi were revived to check for their viability then cultured in two liquid media (potato dextrose broth and F4). Inoculated media were then incubated on a shaker for 7 days (at 130 rpm). Culture filtrate of each endophytic fungus was then collected and tested for antifungal activity using 96–well plate assay. The results showed that out of 64 isolates, culture filtrate of 3 isolates (i.e. PL31, PL9 and RS4) cultured in F4 media were active against the growth of *Fusarium oxysporum*, *Pyricularia grisea* and *Colletotrichum musae*, respectively. Culture filtrate of isolate PL31 cultured in F4 media was inhibited the growth of *F. oxysporium* and last for at least 48 hours. However, culture filtrates of isolates PL9 and RS4 grown in F4 media could suppress the growth of *Pyricularia grisea* and *Colletotrichum musae* for 24 hours only. Identification of three endophytic fungal isolates based on their morphological characters suggested that isolate PL31, PL9 and RS4 belong to genus *Bipolaris*, *Colletotrichum* and *Curvularia*, respectively.

Keywords : plant pathogenic fungi, culture filtrate, antifungal activity

บทนำ

เชื้อราเอนโดไฟต์ (endophytic fungi) เป็นเชื้อราที่อาศัยอยู่ในเซลล์พืชที่มีชีวิต เช่น ลำต้น ราก และใบในพืชที่แข็งแรงสมบูรณ์ โดยไม่มีการก่อโรคใด ๆ กับพืช โดยทั่วไปสามารถพบราเอนโดไฟต์ได้ในทุก ๆ ส่วนของต้นพืชซึ่งเนื้อเยื่อของพืชที่มีเชื้อราเอนโดไฟต์อาศัยอยู่ยังคงสามารถเจริญเติบโตได้เป็นปกติ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างราเอนโดไฟต์และพืชอาศัย (host) เป็นการอยู่ร่วมกันแบบภาวะเกื้อกูล (mutualism) โดยที่ต่างฝ่ายต่างให้ประโยชน์แก่กันและกัน (วรรณฤดี หิรัญรัตน์, 2552) ปัจจุบันได้มีการรายงานเกี่ยวกับการศึกษาถึงความหลากหลายของเชื้อราเอนโดไฟต์ และการนำเชื้อราเอนโดไฟต์มาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมาใช้ควบคุมเชื้อราที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคในพืช (เลขา มาโนช และคณะ, 2544 อ้างถึงใน สายทอง แก้วฉาย, 2557) จากรายงานภาวะเศรษฐกิจด้านการเกษตรของไทยในปี พ.ศ. 2558 พบว่ามีการหดตัวร้อยละ 4.0 เมื่อเทียบกับปี 2557 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) จากความเสียหายของผลิตผลที่เกิดจากปัญหาต่าง ๆ โดยหนึ่งในปัญหาสำคัญดังกล่าวเกิดจากเชื้อราก่อโรคในพืช ตัวอย่างหนึ่งของเชื้อราที่สร้างความเสียหายแก่พืชเศรษฐกิจในไทย ได้แก่ เชื้อรา *Colletotrichum musae* ที่เป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสของกล้วยหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดแผลจุดสีน้ำตาลที่ผลของกล้วยในระยะที่แก่เต็มที่ และทำให้ผลสุกเน่าเสีย (เฉลิมชล ช่างถม, 2545) เชื้อราโรคพืชที่สำคัญมากอีกชนิดหนึ่งคือ เชื้อรา *Pyricularia grisea* ที่ก่อให้เกิดโรคไหม้ในข้าว (ทัศนีย์ สงวนสัจ, 2540 อ้างถึงใน จาตุรงค์ จงจีน, 2557) โดยสามารถพบการระบาดของโรคได้ในเกือบทุกพื้นที่ของประเทศไทยและพบว่าเชื้อรามีความผันแปรทางพันธุกรรมสูง นอกจากนี้ยังมีเชื้อรา *Fusarium oxysporum* ที่เป็นสาเหตุโรคเหี่ยวของพืชเศรษฐกิจหลายชนิด (อภิรัชต์ สมฤทธิ์ และคณะ, 2555) ซึ่งในขั้นตอนของการผลิตพืชนั้น เกษตรกรส่วนใหญ่จะนิยมใช้สารเคมีในการป้องกันและแก้ปัญหาการระบาดของโรคพืช เนื่องจากมีประสิทธิภาพดี เห็นผลเร็ว แต่การใช้สารเคมีก่อให้เกิดผลเสียหลายประการ อาทิ สารพิษตกค้างในผลผลิตพืช ตลอดจนในน้ำและในพื้นดินบริเวณทำการเกษตรและบริเวณใกล้เคียง ทำให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งของผู้ผลิต ผู้บริโภค และต่อสภาพแวดล้อม (ชัชวาล จันทราสุริยารัตน์ และสุรีพร เกตุงาม, 2552 อ้างถึงใน จินตนา ต๊ะย่วน, เกียรติศักดิ์ ราชัยสวรรค์ และสุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ, 2559) จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นการหาวิธีการป้องกำจัดเชื้อราที่ก่อโรคในพืชโดยชีววิธีจึงนับเป็นอีกหนึ่งทางเลือก ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่ได้แสดงให้เห็นว่าเชื้อราเอนโดไฟต์หลายชนิดมีความสามารถสร้างสารยับยั้งเชื้อราก่อโรคในพืชได้ เช่น ในงานวิจัยของจิราภรณ ธนากุลปกรณ์ และคณะ (2555) ที่พบว่าราเอนโดไฟต์ที่แยกจากใบโพทะเลสามารถยับยั้งการเจริญของ *Alternaria brassicicola* ได้ ประกอบกับผลจากงานวิจัยของรัชนีกร น้อยเดช (2558) และ อรวรรณ อิ่มปัน (2558) ที่ได้ทำการคัดแยกเชื้อราเอนโดไฟต์จากส่วนของลำต้น ใบ ก้านใบ และเส้นกลางใบของเปล้าตองแตกโดยใช้อาหาร Rose Bengal Agar และ PDA ครึ่งสูตร ที่สามารถแยกเชื้อราเอนโดไฟต์ได้ถึง 239 ไอโซเลต ผู้วิจัยจึงต้องการนำเชื้อราเอนโดไฟต์ที่แยกเชื้อได้จากงานวิจัยดังกล่าวมาคัดกรองหาเชื้อที่สามารถสร้างสารยับยั้งเชื้อราก่อโรค *Colletotrichum musae*, *Fusarium oxysporum* และ *Pyricularia grisea* ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้คาดว่าอาจจะพบเชื้อราเอนโดไฟต์บางไอโซเลตที่สามารถสร้างสารยับยั้งเชื้อราก่อโรคและสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานหรือข้อมูลสนับสนุนในการศึกษาหรือทำวิจัยต่อยอดในงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การตรวจสอบความมีชีวิต (viability) ของเชื้อราเอนโดไฟต์

นำเชื้อราเอนโดไฟต์ที่เก็บไว้ในรูปเชื้อสายพันธุ์ (stock culture) เพาะเลี้ยงลงบนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA; Oxoid) เพื่อตรวจสอบความมีชีวิต บ่มเชื้อไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3-5 วัน เพื่อตรวจสอบความบริสุทธิ์ของโคโลนีรา ทำการตัดปลายเส้นใยรา (hyphal tip) ไปเลี้ยงบนจานอาหารใหม่ ในกรณีที่พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อราชนิดอื่น แต่ในกรณีที่ไม่พบการปนเปื้อนสามารถนำเชื้อที่ได้ไปใช้ในขั้นตอนการเลี้ยงในอาหารเหลวได้โดยตรง

2. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราโรคพืชที่ใช้ในการทดสอบ

เลี้ยงเชื้อราโรคพืช *Colletotrichum musae*, *Fusarium oxysporum* และ *Pyricularia grisea* ไอโซเลต PG002-12 บนอาหาร PDA เป็นเวลา 5 วัน วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีที่เจริญ แล้วใช้เชื้อดังกล่าวเป็นเชื้อตั้งต้นในการเพาะเลี้ยงเชื้อราบนแผ่นสไลด์ (slide culture) บนอาหาร Corn Meal Agar (CMA; Himedia) เป็นเวลา 7-10 วัน แล้วจึงทำการตรวจสอบลักษณะของเส้นใยราและการสร้างสปอร์ของเชื้อราโรคพืชแต่ละไอโซเลตภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ

3. การเลี้ยงเชื้อราเอนโดไฟต์ในอาหารเหลว

เตรียมอาหารเหลวแต่ละชนิด (PDB; Himedia และ F4; Cheeptham et al. 1999) ใส่ในหลอดทดลองขนาด 22 มิลลิลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัดความดันไอ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทิ้งให้เย็นก่อนที่จะปลูกเชื้อลงในอาหารเหลว โดยการใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตร เจาะอาหารวุ้นบริเวณปลายเส้นใยของเชื้อราเอนโดไฟต์ที่เลี้ยงไว้ในจานอาหารเลี้ยงเชื้ออายุ 5 วัน และปลูกเชื้อลงในหลอดอาหารที่เตรียมไว้โดยใช้ aseptic technique นำหลอดอาหารที่ปลูกเชื้อไว้แล้วไปบ่มเชื้อบนเครื่องเขย่าแนวราบ ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ความเร็ว 130 รอบ/นาที เป็นเวลา 7 วัน

4. การเก็บตัวอย่าง culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์

เก็บตัวอย่าง culture filtrate ของเชื้อรา โดยใช้ micropipette ดูดออกจากหลอดทดลองและบรรจุไว้ใน eppendorf tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 5,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นดูด culture filtrate ในส่วนของสารละลายใส (supernatant) ชั้นบนใส่ไว้ใน eppendorf tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร อันใหม่ เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อราโรคพืชทั้งสามชนิดในขั้นตอนต่อไป

5. การทดสอบฤทธิ์ของ culture filtrate ในการยับยั้งการเจริญของ *C. musae*, *F. oxysporum* และ *P. grisea* ด้วยวิธี 96–well plate assay

เตรียมเชื้อราโรคพืชโดยการปลูกเชื้อราโรคพืชทั้ง 3 ชนิด คือ *C. musae*, *F. oxysporum* และ *P. grisea* ลงบนอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน แล้วตัดบริเวณปลายเส้นใยของเชื้อราโรคพืช (ตัดเอาเฉพาะชั้นของเส้นใย ไม่รวมชิ้นวุ้น) ให้มีขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร นำไปใส่ใน eppendorf tube ที่บรรจุน้ำกลั่นฆ่าเชื้อปริมาตร 600 ไมโครลิตร ใช้มีดผ่าตัดที่ฆ่าเชื้อแล้วบดตัดเส้นใยเชื้อราให้แตกหักละเอียด แล้วจึงนำไป vortex ให้อยู่ในรูปของเส้นใยแขวนลอย ในส่วนของขั้นตอนการทดสอบการยับยั้งเชื้อราโรคพืชด้วยวิธี 96–well plate assay [ดัดแปลงจากวิธีการของ Kodsueb *et al*. (2017)] เริ่มจากการหยดอาหาร PDA หลอมเหลวปริมาตร 60 ไมโครลิตร ลงในแต่ละหลุมของ 96–well plate เผยอฝา 96–well plate ไว้เล็กน้อยเพื่อไล่ไอร้อนของอาหาร ทิ้งไว้จนกระทั่งอาหารแข็งตัว แล้วจึงใช้ micropipette ดูด culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์แต่ละชนิดที่เลี้ยงในอาหารเหลวทั้ง 2 ชนิด คือ อาหาร PDB และ F4 ปริมาตร 20 ไมโครลิตร หยดลงใน 96–well plate (ใช้เป็นชุดทดสอบ) โดยลำดับต่อมาหยด Amphotericin B ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ที่ใช้เป็น positive control ในปริมาตร 10 ไมโครลิตร และใช้อาหาร PDB และหรือ F4 เป็น negative control ปริมาตร 10 ไมโครลิตร และหยดส่วนของสารแขวนลอยเชื้อราโรคพืช ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลุมของ 96–well plate เป็นลำดับสุดท้าย โดยแต่ละชุดทำการทดลอง 3 ซ้ำ (3 well) แล้วจึงนำ 96–well plate ไปบ่มที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส สังเกตการยับยั้งการเจริญของเส้นใยราโรคพืชในชุดทดสอบเปรียบเทียบกับชุดควบคุม บันทึกผลทุกวันหลังการบ่ม 96–well plate เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราเอนโดไฟต์ที่ culture filtrate แสดงผลยับยั้งการเจริญของเชื้อราโรคพืช

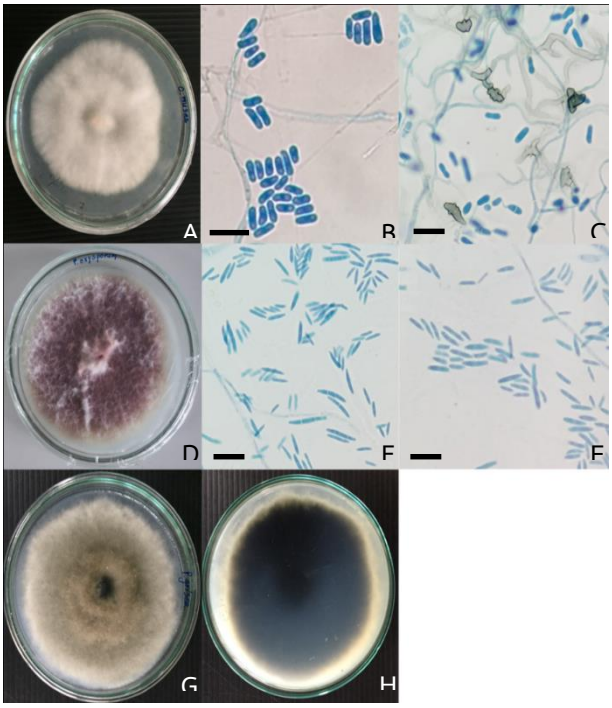
เลี้ยงเชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต PL31, PL9 และ RS4 บนอาหาร PDA เป็นเวลา 5 วัน วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีที่เจริญ แล้วใช้เชื้อดังกล่าวเป็นเชื้อตั้งต้นในการเพาะเลี้ยงเชื้อราบนแผ่นสไลด์ (slide culture) บนอาหาร CMA เป็นเวลา 7-10 วัน

แล้วจึงทำการตรวจสอบลักษณะของเส้นใยราและการสร้างสปอร์ของเชื้อราเอนโดไฟต์แต่ละไอโซเลตภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบเพื่อทำการระบุชนิดเบื้องต้นเทียบกับรายงานและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ผลการวิจัย

1. การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราก่อโรคที่ใช้ในงานวิจัย

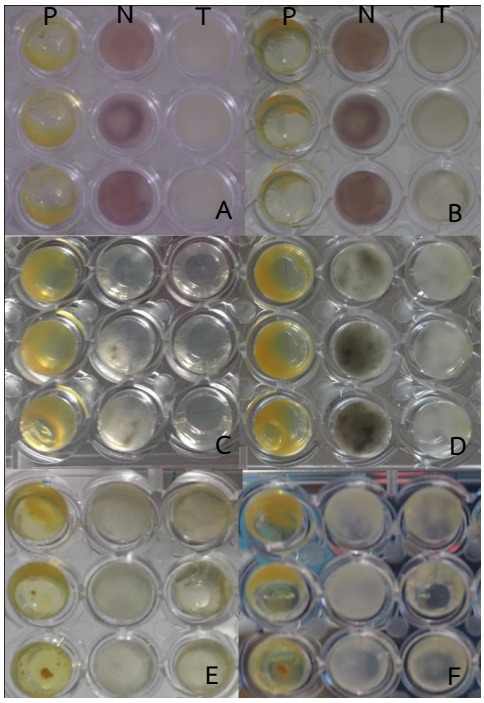
เมื่อเลี้ยงเชื้อราก่อโรคทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *Colletotrichum musae*, *Fusarium oxysporum* และ *Pyricularia grisea* บนอาหาร PDA เป็นระยะเวลา 5 วัน โดยบ่มที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเส้นใยของ *C. musae* เจริญเร็ว มีลักษณะฟู มีสีขาวจนถึงสีเทา พบมีการสร้าง spore mass สีส้ม ตรงบริเวณกึ่งกลางของโคโลนีรา เมื่อทำการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ พบว่าเส้นใยมีผนังกั้น สปอร์หรือโคนิเดียเซลล์มีลักษณะรูปทรงกระบอกหัวท้ายมน ใสไม่มีสี มีขนาด (7.5-)10-15(-20) x 5 ไมโครเมตร ($\bar{x}$ = 12.5 x 5 ไมโครเมตร, n = 25) เส้นใยบางส่วนพบมีการสร้าง appressoria สีน้ำตาล ลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลม กลมรีคล้ายกระบอง หรือรูปร่างไม่แน่นอน บางเซลล์ผนังมีรอย (ภาพที่ 1 A-C) ในส่วนของ *F. oxysporum* เส้นใยละเอียดเจริญฟู มีสีขาวแซมสีม่วง สีชมพูม่วง สีม่วงอ่อน ไปจนถึงสีม่วงเข้ม ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ เส้นใยมีผนังกั้น มาโครโคนิเดีย (macroconidia) ประกอบด้วย 3-5 เซลล์ ใสไม่มีสี รูปร่างโค้งงอ คล้ายเสี้ยวพระจันทร์ ปลายทั้งสองข้างเรียวแคบลง มีขนาด (15-)20-25(-30) x 2.5 ไมโครเมตร ($\bar{x}$ = 21.5 x 2.5 ไมโครเมตร, n = 25) (ภาพที่ 1 D-F) สำหรับเชื้อ *P. grisea* เส้นใยเจริญฟู โคโลนีมีสีเทาจนถึงสีดำ บริเวณขอบโคโลนีมีสีขาว ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ เส้นใยมีผนังกั้น อย่างไรก็ตามตรวจไม่พบการสร้างสปอร์ในเชื้อรา *Pyricularia grisea* ไอโซเลต PG002-12 แม้ว่าจะเลี้ยงทำการเพาะเลี้ยงเชื้อบนแผ่นสไลด์ด้วยอาหาร CMA แล้วก็ตาม (ภาพที่ 1 G-H)



ภาพที่ 1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราโรคพืชที่ใช้ในการศึกษา. A-C. *Colletotrichum musae*. A = ลักษณะของโคโลนีที่เจริญบนอาหาร PDA อายุ 5 วัน. B = ลักษณะโคนิเดียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า. C = ลักษณะ appressoria ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า. D-F. *Fusarium oxysporum*. D = ลักษณะของโคโลนีที่เจริญบนอาหาร PDA อายุ 5 วัน. E-F = ลักษณะ macroconidia ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า. G-H *Pyricularia grisea* ที่เจริญบนอาหาร PDA อายุ 5 วัน (scale bar, B-C = 20 ไมโครเมตร, E-F = 25 ไมโครเมตร).

2. ประสิทธิภาพของ culture filtrate เชื้อราเอนโดไฟต์ต่อการยับยั้งเชื้อราก่อโรคที่ทดสอบด้วยวิธี 96-well plate assay

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของ culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์ที่มีชีวิต จำนวน 64 ไอโซเลต ต่อการยับยั้งเชื้อราก่อโรคโดยใช้ culture filtrate ที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อราเอนโดไฟต์ในอาหารเหลว PDB และ F4 มาทดสอบด้วยวิธี 96-well plate assay พบว่าเฉพาะ culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว F4 จำนวน 3 ไอโซเลต เท่านั้นที่แสดงผลยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคได้ โดยไอโซเลต PL31 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรค *F. oxysporum* ได้นาน 48 ชั่วโมง ในขณะที่ culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต PL9 และ RS4 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรค *P. grisea* และ *C. musae* ได้เพียง 24 ชั่วโมง ตามลำดับ (ภาพที่ 2)

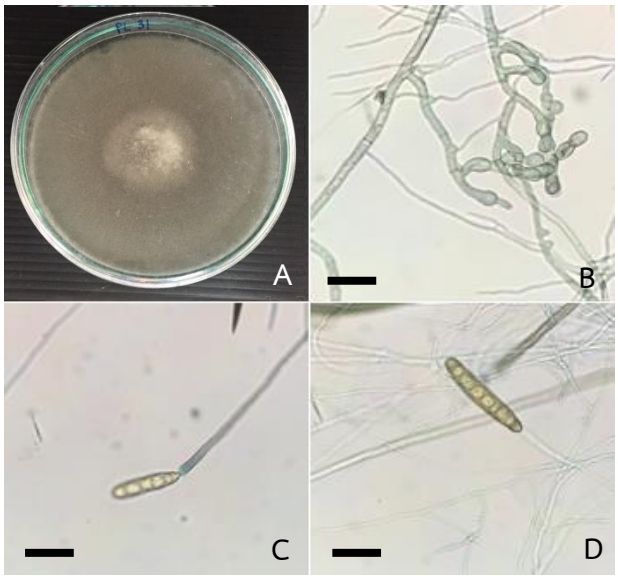


ภาพที่ 2 ประสิทธิภาพของ culture filtrate จากเชื้อราเอนโดไฟต์ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราโรคพืชทดสอบด้วยวิธี 96-well plate assay. A-B. culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์ PL31 ที่ยับยั้งเชื้อรา *F. oxysporum* (A ถ่ายจากด้านหลังเพลท ภายหลังการบ่ม 24 ชั่วโมง, B ถ่ายจากด้านหลังเพลท ภายหลังการบ่ม 48 ชั่วโมง). C-D. culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์ PL9 ที่ยับยั้งเชื้อรา *P. grisea* (C ถ่ายจากด้านหลังเพลท ภายหลังการบ่ม 24 ชั่วโมง, D ถ่ายจากด้านหลังเพลท ภายหลังการบ่ม 48 ชั่วโมง). E-F. culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์ RS4 ที่ยับยั้งเชื้อรา *C. musae* (E ถ่ายจากด้านหลังเพลท ภายหลังการบ่ม 24 ชั่วโมง, F ถ่ายจากด้านหลังเพลท ภายหลังการบ่ม 48 ชั่วโมง). **หมายเหตุ:** P = ชุดควบคุมเชิงบวก, N = ชุดควบคุมเชิงลบ และ T = ชุดทดสอบ

3. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราเอนโดไฟต์ที่ culture filtrate แสดงผลการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช

3.1 เชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต PL31

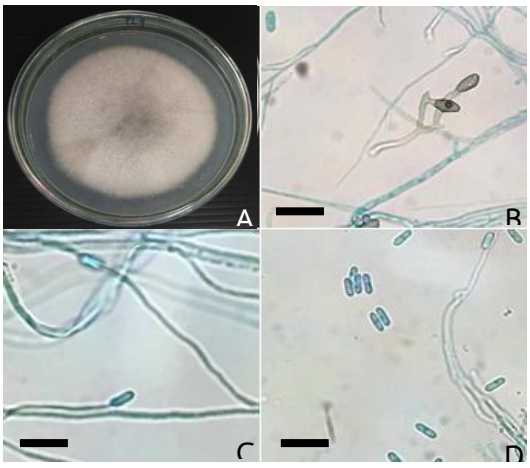
เมื่อเลี้ยงเชื้อราไอโซเลต PL31 บนอาหาร PDA เป็นระยะเวลา 5 วัน โดยบ่มที่อุณหภูมิห้อง พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาบนอาหาร PDA โคโลนีมีขนาด 8.7 x 8.6 เซนติเมตร เส้นใยเจริญอัดแน่น โคโลนีมีสีเทาจนถึงสีดำ ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ เส้นใยมีผนังกั้น โคนิเดียสีน้ำตาล มีขนาด (47.5-)52.5-65(-125) x 12.5-15 ไมโครเมตร ($\bar{x}$ = 66.6 x 13.3 ไมโครเมตร, n = 25) มีลักษณะรูปทรงกระบอก หัวมน ท้ายมนทั้งสองด้าน สร้าง chlamydospore (ภาพที่ 3) จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบว่าเป็นเชื้อราในสกุล *Bipolaris*



ภาพที่ 3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต PL31 อายุ 5 วัน.
A = ลักษณะของโคโลนีที่เจริญบนอาหาร PDA (ด้านหน้าเพลท). B = ลักษณะของchlamydospore. C-D = ลักษณะโคนิเดีย ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า (scale bar, B-D = 20 ไมโครเมตร)

3.2 เชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต PL9

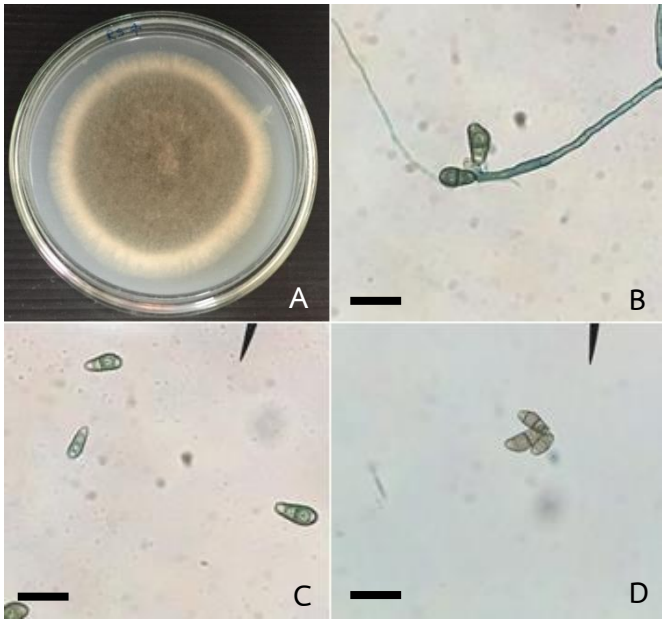
เมื่อเลี้ยงเชื้อราไอโซเลต PL9 บนอาหาร PDA เป็นระยะเวลา 5 วัน โดยบ่มที่อุณหภูมิห้อง พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาบนอาหาร PDA โคโลนีมีขนาด 7.1 x 6.8 เซนติเมตร เส้นใยเจริญฟู โคโลนีมีสีขาวจนถึงสีเทา ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ เส้นใยมีผนังกั้น โคนิเดียมีลักษณะรูปทรงกระบอก หัวท้ายมน ใสไม่มีสี มีขนาด (7.5-)10-12.5(-15) x 2.5-5 ไมโครเมตร ($\bar{x}$ = 11.6 x 4.8 ไมโครเมตร, n = 25) พบ appressoria สีน้ำตาล ลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลม กระบอง หรือรูปร่างไม่แน่นอน (ภาพที่ 4) จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบว่าเป็นเชื้อราในสกุล *Colletotrichum*



ภาพที่ 4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต PL9 อายุ 5 วัน.
A = ลักษณะของโคโลนีที่เจริญบนอาหาร PDA (ด้านหน้าเพลท). B = ลักษณะของ appressoria. C-D = ลักษณะโคนิเดีย ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า (scale bar, B - D = 20 ไมโครเมตร).

3.3 เชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต RS4

เมื่อเลี้ยงเชื้อราไอโซเลต RS4 บนอาหาร PDA เป็นระยะเวลา 5 วัน โดยบ่มที่อุณหภูมิห้อง พบว่าลักษณะสัณฐานวิทยาบนอาหาร PDA โคโลนีมีขนาด 7.2 x 7.1 เซนติเมตร เส้นใยเจริญฟูละเอียด โคโลนีมีสีเขียวเข้มจนถึงสีดำ บริเวณขอบโคโลนีมีสีขาว ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ เส้นใยมีผนังกั้น โคนิเดียมี 2-4 เซลล์ ขนาด (20-)22.5-25(-30) x (10-)12.5(-15) ไมโครเมตร ($\bar{x}$ = 24.6 x 12.2 ไมโครเมตร, n = 25) มีรูปร่างคล้ายครัวซองต์ เซลล์หัวท้ายใสไม่มีสี ปลายมนทั้งสองด้าน เซลล์ตรงกลางมีสีน้ำตาลและมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์หัวท้าย (ภาพที่ 5) จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบว่าเป็นเชื้อราในสกุล *Curvularia*



ภาพที่ 5 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต RS4.
A = ลักษณะของโคโลนีที่เจริญบนอาหาร PDA อายุ 5 วัน (ด้านหน้าเพลท). B-D = ลักษณะโคนิเดียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า (scale bar, B - D = 20 ไมโครเมตร).

1. ผลของชนิดอาหารเหลวต่อการกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคใน culture filtrate เชื้อราเอนโดไฟต์

จากการทดสอบประสิทธิภาพ culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์ทั้ง 64 ไอโซเลตที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่แตกต่างกัน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรค พบว่าชนิดของอาหารเหลวที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อน่าจะมีผลกระตุ้นการสร้างสารออกฤทธิ์ยับยั้งได้แตกต่างกัน เนื่องจากพบว่า culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์สามารถยับยั้งการเจริญเชื้อราก่อโรคได้ เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว F4 ในขณะที่ culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์ที่เลี้ยงในอาหารเหลว PDB กลับไม่สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ รำไพ โกฎสืบ (2557) ที่ได้ทำการคัดเลือกหาเชื้อราที่สร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเชื้อราที่แยกได้จากมณฑาป่า โดยพบว่าจากการเพาะเลี้ยงเชื้อราจำนวน 153 ไอโซเลต ในอาหารเหลวที่มีสูตรแตกต่างกัน 5 สูตร คือ PDB F1 F3 F4 และ F5 แล้วนำ culture filtrate ของเชื้อราชนิดต่าง ๆ ที่เลี้ยงในอาหารทั้ง 5 สูตรมาทดสอบการยับยั้งกับเชื้อทดสอบ พบว่าอาหารเหลวบางชนิดสามารถกระตุ้นการสร้างสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคได้ ในขณะที่อาหารเหลวบางชนิดกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเพียงเล็กน้อยหรือไม่สามารถยับยั้งได้เลย ผลจากการวิจัยนี้

สนับสนุนข้อสรุปที่ว่าปัจจัยของสิ่งแวดล้อม (environmental factors) เช่น pH แหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจน ส่งผลต่อการสร้างสารออกฤทธิ์ชนิดต่าง ๆ ที่แตกต่างกันในเชื้อราชนิดเดียวกัน (Calvo *et al*., 2005) จิราภรณ ธนากุลปกรณ์ และคณะ (2555) ยังได้ให้ข้อสรุปจากผลการวิจัยว่าความสมบูรณของสารอาหารมีความสำคัญอยางมากตอการสรางสารยับยั้งราสาเหตุโรคพืชของราเอนโดไฟต TH121 ที่ทำการศึกษาโดยพบวาสารอาหารที่มีอยางสมบูรณใน PDB, YMB และ SDB จะช่วยใหเชื้อราสร้างสารยับยั้งเชื้อรา *Alternaria brassicicola* ไดดีกว่าอาหาร LNB ที่มีสารอาหารนอย นอกจากความสมบูรณของสารอาหารแลว ชนิดของสารอาหารอาจมีสวนสำคัญเชนเดียวกัน เพราะจากการพิจารณาองคประกอบของอาหาร PDB และ SDB ในส่วนของแหล่งไนโตรเจนและคารบอนในอาหารเลี้ยงเชื้อ พบวามีองคประกอบตางกัน โดยเฉพาะอยางยิ่งแหลงไนโตรเจนซึ่งเปนแหล่งอาหารที่สำคัญในการผลิตเมแทบอไลต์ของเชื้อรา (Li *et al*., 2007)

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราเอนโดไฟต์ต่อการยับยั้งเชื้อราก่อโรค

จากการทดสอบ culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคในพืช คือ *C. musae*, *F. oxysporum* และ *P. grisea* พบว่า culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์จำนวน 64 ไอโซเลต ที่ได้ทำการเพาะเลี้ยงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรค ด้วยวิธี 96–well plate assay มีเพียง 3 ไอโซเลต คือ PL31, PL9 และ RS4 ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคได้ โดย culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต PL31 ที่เลี้ยงในอาหารเหลว F4 มีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรค *F. oxysporum* ได้ ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเชื้อราดังกล่าวมีคุณสมบัติในการสร้างสารที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบ สอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่รายงานว่าเชื้อราเอนโดไฟต์ที่แยกจากพืชสมุนไพรมีแนวโน้มที่จะผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงกว่าพืชในกลุ่มอื่น ๆ (Selim *et al*., 2012) อย่างไรก็ตามสำหรับเชื้อราไอโซเลตที่ culture filtrate ไม่แสดงผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบนั้น อาจเป็นไปได้ว่าชนิดของอาหารเหลวที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงหรือสภาวะที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงอาจไม่เหมาะสมต่อการกระตุ้นให้เชื้อมีการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ในงานวิจัยนี้เชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต PL9 และ ไอโซเลต RS4 ที่เลี้ยงในอาหารเหลว F4 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราก่อโรค *P. grisea* และ *C. musae* โดยเมื่อบ่ม 96–well plate เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่พบการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคในชุดทดสอบ แต่เมื่อบ่มเป็นเวลา 48 ชั่วโมง กลับพบว่าชุดทดสอบมีการเจริญของเส้นใยเชื้อก่อโรคเล็กน้อยเมื่อเทียบกับ negative control ที่มีการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคเป็นจำนวนมาก จึงสรุปได้ว่าเชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต PL9 และ RS4 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคได้เพียงระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งอาจจะเกิดจากความไม่เสถียรของสารออกฤทธิ์ที่เสื่อมสภาพเมื่อเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น หรืออาจเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่สร้างได้มากน้อยแตกต่างกัน หรือชนิดของสารออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ไม่สามารถระบุได้ว่าสารออกฤทธิ์ชนิดใดที่เป็นองค์ประกอบใน culture filtrate ของเชื้อราที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคที่ใช้ทดสอบ เนื่องจากงานวิจัยนี้ยังไม่ได้วิเคราะห์เพื่อหาว่าสารออกฤทธิ์ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคเป็นสารชนิดใด ด้วยเหตุนี้การศึกษาเพิ่มเติมสำหรับประเด็นนี้จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาต่อในการวิจัยต่อยอดในอนาคต

จากรายงานวิจัยหลายงานพบว่าราเอนโดไฟต์บางชนิดสามารถสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีลักษณะโครงสร้างที่หลากหลายเนื่องจากราเอนโดไฟต์มีกลไกในการต้านจุลินทรีย์ก่อโรคเพื่อเป็นการป้องกันตัวเองและพืชเจ้าบ้านไม่ให้ถูกคุกคาม โดยราเอนโดไฟต์จะผลิตสารเมแทบอไลต์ซึ่งเป็นพิษต่อเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ซึ่งสารเมแทบอไลต์ที่ได้จากราเอนโดไฟต์มีโครงสร้างหลากหลาย ได้แก่ แอลคาลอยด์ เพปไทด์ สเตียรอยด์ เทอร์ปีนอยด์ ฟีนอล ควินิน และ ฟลาโวนอยด์ (ประไพพิศ อินเสน, 2560) ซึ่งสารเมแทบอไลต์จากเชื้อราเอนโดไฟต์ดังกล่าว อาจเป็นสารที่มีฤทธิ์ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรคพืชในงานวิจัยนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบความมีชีวิตของเชื้อราเอนโดไฟต์ที่เป็น stock culture จากงานวิจัยของ รัชนีกร น้อยเดช (2558) และ อรวรรณ อิ่มปัน (2558) พบว่าจากการเพาะเลี้ยงเชื้อราที่คงความชีวิต จำนวน 64 ไอโซเลต พบว่ามีเพียง 3 ไอโซเลตที่ culture filtrate สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคได้ คือ PL31, PL9 และ RS4 และชนิดของอาหารเหลวที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงมีผลต่อการกระตุ้นการสร้างสารออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากพบว่า culture filtrate ของเชื้อราทั้งสามไอโซเลตสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหาร F4 เท่านั้น นอกจากนี้พบว่า culture filtrate ของเชื้อราเอนโดไฟต์ไอโซเลต PL31 คงประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้นานกว่า culture filtrate ของไอโซเลต PL9 และ RS4 ซึ่งผลที่ได้อาจเกิดจากปัจจัยหลายประการร่วมกันที่เข้ามาเกี่ยวข้องและควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนในงานวิจัยต่อยอดในอนาคต ผลจากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราเอนโดไฟต์แต่ละไอโซเลต พบว่าเชื้อราไอโซเลต PL31, PL9 และ RS4 เป็นเชื้อราในสกุล *Bipolaris*, *Colletotrichum* และ *Curvularia* ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ 2559 สัญญาเลขที่ RDI 1-59-6-17 ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ และขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่วิจัย เครื่องมือและอุปกรณ์ ตลอดจนสาธารณูปโภคในการวิจัยให้กับคณะผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

จาตุรงค์ จงจีน. (2557). ผลของสารสกัดจากสาบเสือต่อการเจริญของเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. สาเหตุโรคใบไหม้ในข้าว. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,** 45(2), 245-248.

จิราภรณ ธนากุลปกรณ์ อภิรดี ปลันธนภาคย์ และ รัตนาภรณ ศรีวิบูลย์ (2555). ฤทธิ์ยับยั้ง *Alternaria brassicicola* ของราเอนโดไฟต์ TH121 ที่แยกได้จากใบโพทะเล. **Thai Journal of Science and Technology**, 1, 32-41.

จินตนา ต๊ะย่วน, เกียรติศักดิ์ ราชัยสวรรค์ และสุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ. (2559). การควบคุมเชื้อรา *Pyricularia grisea* สาเหตุโรคใบไหม้ข้าว. **วารสารแก่นเกษตร,** 44(1), 972-976.

เฉลิมชล ช่างถม. (2545). **ผลของสารสกัดจากพืชบางชนิดที่มีต่อเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกล้วยหอม.** ปัญหาพิเศษภาควิชาโรคพืช, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประไพพิศ อินเสน. (2560). สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากราเอนโดไฟต์. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย,** 11(2), 26-39.

รัชนีกร น้อยเดช. (2558). **การแยกเชื้อราเอนโดไฟต์จากเปล้าตองแตกโดยใช้อาหาร Rose Bengal Agar**. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

รำไพ โกฏสืบ (2557). **การคัดเลือกหาเชื้อราที่สร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเชื้อราที่แยกได้จากมณฑาป่า.** รายงานวิจัย-ฉบับสมบูรณ์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

วรรณฤดี หิรัญรัตน์. (2552). สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากราเอนโดไฟต์. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ,** 12(2), 90-99.

สายทอง แก้วฉาย, (2557). การศึกษาเชื้อราเอนโดไฟต์จากใบข้าวหอมกระดังงาและคุณสมบัติการเป็นเชื้อราปฏิปักษ์. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์,** 6(3), 112-120.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2558). **รายงานประจำปี 2558.** กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

อภิรัชต์ สมฤทธิ์ ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี ธารทิพย์ ภาสบุตร และ สุณีรัตน์ สีมะเดื่อ. (2555). **การคัดเลือกและทดสอบศักยภาพของเชื้อรา *Fusarium oxysporum* สายพันธุ์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรค (non-pathogenic fusarium) ในการควบคุมเชื้อรา *Fusarium oxysporum***. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555 สำนักวิจัยพัฒนาอารักขาพืช.

อรวรรณ อิ่มปัน. (2558). **การแยกเชื้อราเอนโดไฟต์จากเปล้าตองแตกโดยใช้อาหาร PDA ครึ่งสูตร.** ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร-บัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

Calvo, A.M., Wilson, R.A., Bok, J.W. and Keller, N.P. (2005). Relationship between secondary metabolism and fungal development. **Microbiology and Molecular Biology Reviews,** 66, 447-459.

Kodsueb R., Takatsuka, Y. and Hara, T. (2017). **Screening and isolation of antifungal substances from endophytic fungi of *Baliospermum solanifolium* (Burm.) Suresh**. Center of Excellence in Fungal Research International Conference 2017 “Towards a Natural Classification & Industrial Utilization of the Fungi”. 10-13 January 2017. Mae Fah Luang University.

Li, L., Qiao, B. and Yuan, Y. (2007). Nitrogen sources affect Streptolydigin production and related secondary metabolites distribution of *Streptomyces lydicus* AS 4.2501. **Chinese Journal of Chemical Engineering,** 15, 403-410.

Selim K.A., El-Beih, A.A., AbdEl-Rahman, T.M., El-Diwany, A.I. (2012). Biology of endophytic fungi. **Current Research in Environmental and Applied Mycology,** 2, 31–82.

คุณสมบัติทางกายภาพบางประการ ปริมาณฟีนอลิก และเบต้าแคโรทีนของสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง

PHYSICAL PROPERTY, TOTAL PHENOLIC CONTENT AND BETA-CAROTENE OF GERMINATED BROWN RICE WITH HONEY SOAP

มณฑา หมีไพรพฤกษ์[1*] พิสุทธิลักษณ์ พงโอสถ[2] ณัฐธิดา ยศปัญญา[3] รุ่งวดี เชื้อจีน[4] และณัฐภาณี บัวดี[5]
[1,2,3,4]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กำแพงเพชร
[5]มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร แม่สอด ตาก
[*]corresponding author e-mail : montha_mee@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ ปริมาณฟีนอลิก และเบต้าแคโรทีน ของสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง และศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง โดยสบู่ก้อนข้าวกล้องงอก ใช้ข้าวกล้องงอก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมมะลิแดง และข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมนิล จำนวน 2 สูตร คือ สบู่สูตร 1 ใช้น้ำข้าวกล้องงอกที่เตรียมจากวิธีของสหกรณ์การเกษตรไทรงาม และสบู่สูตร 2 ใช้น้ำข้าวกล้องงอกโดยใช้ข้าวกล้องงอก:น้ำ (1:4) ผลการวิจัยพบว่า สบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งทั้ง 2 สูตรมีค่าความเป็น กรด-เบส (pH) อยู่ในช่วง 9.06-9.32 โดยมีปริมาตรของฟองมาก มีความคงทนตัวของฟองดีและการสึกกร่อนน้อย โดยสูตร 2 ของสบู่ก้อนข้าวกล้องหอมนิลงอกผสมน้ำผึ้งมีปริมาณฟีนอลิก และปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุด เท่ากับ 28.58±0.22 mg GAE/g. ของตัวอย่าง และ 4.05 mg/g. ตามลำดับ และการศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง พบว่ามีความพอใจต่อสบู่สูตร 2 ข้าวกล้องหอมนิลงอกผสมน้ำผึ้ง มากที่สุด รองลงมาคือ สบู่สูตร 2 ข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกผสมน้ำผึ้ง

คำสำคัญ : สบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง ปริมาณฟีนอลิก เบต้าแคโรทีน

Abstract

This research aims to study of some physical properties, total phenolic and Beta-carotene of germinated brown rice with honey soap and study on the satisfaction of the samples on germinated brown rice with honey soap. The germinated brown rice with honey soap produce from using germinated brown rice 2 varieties as Hom mali deang and Hom nil to produce the sope with two method. The method 1: used germinated brown rice milk from Sai Gam Agricultural Cooperative method and method 2: used germinated brown rice milk from germinated brown rice: water (1:4). The result found that the pH of both method are 9.06-9.32 which enough volume and good durability of bubbles, and less erosion. The total phenolic and beta-carotene present highest values in germinated brown rice with honey soap (Hom nil method 2) were 28.58±0.22 mg GAE/g. of sample and 4.05 mg /g., respectively. The samples are most satisfied of method 2: germinated brown rice with honey soap (Hom nil), follow by method 2: germinated brown rice with honey soap used (Hom mali deang).

Keywords : germinated brown rice with honey soap, total Phenolic, Beta-carotene

บทนำ

สบู่ คือ สิ่งที่ใช้ทำความสะอาด ขจัดสิ่งสกปรก ชะล้างน้ำมัน ละลายไขมันและสิ่งต่างๆ ออกจากร่างกายในชีวิตประจำวัน สบู่ผลิตจากโซเดียมหรือเกลือโพแทสเซียม หรือเกลือแอมโมเนียม หรือเกลือแอมีนของกรดไขมันของน้ำมันหรือไขมันจากพืช และ/หรือไขมันสัตว์ และมีส่วนผสมของกลีเซอรีน ซึ่งกลีเซอรีนเป็นของเหลวชนิดหนึ่งที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี มีคุณสมบัติในการละลายได้ดีในแอลกอฮอล์แต่ไม่ละลายในน้ำ ช่วยทำให้ผิวนุ่มชุ่มชื่น และอ่อนโยนต่อทุกสภาพผิว เนื่องจากกลีเซอรีนเป็นสารสกัดจากธรรมชาติ จึงไม่ทำให้ผู้ใช้เกิดอาการแพ้ มีสรรพคุณในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และยังเป็นการลดการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารเคมี ที่ก่อให้เกิดการแพ้ การระคายเคือง ซึ่งสารเคมียังก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีการเติมสารอื่นๆ เช่น วิตามินอี น้ำหอม หรือสารสกัดสมุนไพรต่างๆเพื่อเพิ่มคุณสมบัติที่หลากหลายให้กับสินค้า (Coss, 1998) ปัจจุบันมีผู้สนใจผลิตสบู่ออกจำหน่ายมากขึ้น โดยผู้ผลิตแต่ละรายต่างมีจุดขายแตกต่างกัน บางรายเน้นที่รูปแบบความสวยงามของผลิตภัณฑ์ โดยมีการเติมสีและลวดลายในสบู่ ส่วนผู้ผลิตหลายรายที่เน้นคุณสมบัติในการบำรุงรักษาผิว โดยการใส่ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เช่น พืชสมุนไพร สารสกัดจากผลไม้ และข้าว ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูแลรักษาผิวพรรณ

สหกรณ์การเกษตรไทรงาม อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร ส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 ข้าวหอมปทุม 1 ข้าวหอมมะลิแดงและข้าวหอมนิล เป็นข้าวที่ปลูกโดยปลอดสารเคมี ข้าวแต่ละสายพันธุ์มีคุณสมบัติและสีที่แตกต่างกัน โดยข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมมะลิแดงมีสารประกอบฟีนอล ช่วยปกป้องผิวจาการเสื่อมสภาพตามวัย (Stojiljkovic et al., 2014) และป้องกันการเสื่อมสภาพของผิวจากการกระตุ้นของแสงยูวีหรือแสงแดด และทำให้ผิวสุขภาพดีหรือผิวแข็งแรงโดยตรง (Almeida et al., 2008) และข้าวกล้องหอมนิลมีสาระสำคัญ คือสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanins) และสารโปรแอนโทไซยานิน (Proantho-cyanidins) ที่มีคุณสมบัติช่วยต้านอนุมูลอิสระ สามารถลดอาการอักเสบ และช่วยลดผลกระทบจากรังสียูวีต่อผิวหนังได้ ด้วยคุณสมบัติของข้าวดังที่กล่าวมาแล้ว เพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับสมาชิกทางสหกรณ์การเกษตรไทรงาม จึงนำข้าวเปลือกที่ได้จากสมาชิกเกษตรกรนำมาแปรรูปและจัดตั้งโครงการเกษตรอินทรีย์ โดยในช่วงแรกทางกลุ่มสหกรณ์การเกษตรไทรงามทำการผลิตสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งโดยเริ่มจากการแจกสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งให้ทดลองใช้ พบว่าสมาชิกที่นำสบู่ไปใช้มีผิวหน้าที่สะอาด ลดอาการอักเสบของสิวได้ โดยการทำสบู่ของสหกรณ์การเกษตรไทรงาม ทำโดยการประมาณอัตราส่วนของส่วนผสม ซึ่งไม่ทราบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมแน่นอน จึงไม่สามารถกำหนดคุณสมบัติของสบู่เพื่อจำหน่ายได้ ซึ่งเกษตรกรในกลุ่มสหกรณ์การเกษตรไทรงามมีความต้องการที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่ข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง ที่ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อทราบคุณสมบัติที่ชัดเจนของข้าวกล้องงอก และน้ำผึง เช่น ลดการอักเสบของสิว ลดจุดด่างดำ ลดริ้วรอย ทำให้ผิวหน้าขาวใส การให้ความชุ่มชื้นแก่ผิว ทำให้ผิวหนังมีความอ่อนนุ่ม ยืดหยุ่น และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

งานวิจัยนี้ สนใจการนำพืชในกลุ่มสหกรณ์การเกษตรไทรงามปลูกเองมาใช้ประโยชน์ และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สบู่ที่มีสารสกัดจากธรรมชาติ โดยนำข้าวกล้องที่พันธุ์หอมมะลิแดงและข้าวหอมนิลที่ใช้ในการทำสบู่ มาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และเบต้าแคโรทีน ของสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งทั้ง 2 วิธี แล้วสอบถามความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง ทำให้ทราบคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และเบต้าแคโรทีนของผลิตภัณฑ์สบู่ อีกทั้งเป็นการสร้างความเชื่อมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์สบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งให้มีมากขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ ปริมาณฟีนอลิก และเบต้าแคโรทีน ของสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง

2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำข้าวกล้องงอก โดยศึกษาวิธีการทำน้ำข้าวกล้องงอกจากสหกรณ์การเกษตรไทรงาม ต.ไทรงาม อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร และเตรียมน้ำข้าวกล้องงอก ทั้ง 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวหอมมะลิแดงและข้าวหอมนิล โดยทำน้ำข้าวกล้องงอก 2 วิธี ดังนี้

- วิธีที่ 1 เตรียมน้ำข้าวกล้องงอก ตามวิธีการทำน้ำข้าวกล้องงอกจากสหกรณ์การเกษตรไทรงาม

- วิธีที่ 2 เตรียมน้ำข้าวกล้องงอก โดยใช้ ข้าวกล้องงอก: น้ำ (1:4 w/v) นำไปต้ม ใช้ไฟปานกลาง เป็นเวลา 15-20 นาที จากนั้นนำไปปั่นแล้วกรอง

2. นำน้ำข้าวกล้องงอกทั้ง 2 วิธี ไว้ในภาชนะปิดสนิทแช่ไว้ในตู้เย็นเพื่อนำไปวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และเบต้าแคโรทีนและนำไปทำสบู่ในขั้นตอนต่อไป

3. ผลิตสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง โดยใช้วิธีการผลิต 2 สูตร คือ

- สบู่สูตรที่ 1 สูตรผลิตภัณฑ์สบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งจากสหกรณ์การเกษตรไทรงาม ต.ไทรงาม อ.ไทรงาม จ.กำแพงเพชร โดยใช้น้ำข้าวกล้องงอกที่เตรียมจากวิธีที่ 1 ตามวิธีการทำน้ำข้าวกล้องงอกจากสหกรณ์การเกษตรไทรงาม

- สบู่สูตรที่ 2 วิธีการทำสบู่ ดัดแปลงจาก วิไลพร ปองเพียร (2556) โดยการละลายโซเดียมไฮดรอกไซต์ในน้ำทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง หลอมกรดสเตียริกในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร โดยผ่าน water bath (ไม่ให้ความร้อนโดยตรง) โดยค่อยๆเติมลงไปคนไปเรื่อยๆจนหลอมหมดขณะเติมให้คนอยู่ตลอดเวลาและให้ความร้อนต่อไปจนอุณหภูมิ 70-90 องศาเซลเซียส เติมน้ำมันตามสูตรลงไปและคนตลอดเวลา เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซต์แข็งตัวแล้วจับเป็นก้อนค่อยๆเติมแอลกอฮอล์ลงทีละน้อยเพราะอาจเกิดฟองล้นภาชนะได้แล้วปิดปากบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์เพื่อไม่ให้แอลกอฮอล์ระเหยออกไปเพราะจะทำให้ส่วนผสมเปลี่ยนแปลงและอาจทำให้สบู่ไม่ใสได้พร้อมทั้งคนตลอดเวลา จากนั้นเติมกลีเซอรีนและน้ำผึ้ง ปิดปากด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์และคนตลอดเวลา ในงานวิจัยนี้ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ตลอดเวลาและคนด้วย Magnetic Stirrer เมื่อส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วและลดอุณหภูมิลงให้ได้ระหว่าง 45-50 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมสารสกัดข้าว 20 มิลลิลิตรคนให้เข้ากันประมาณ 5 นาที จะได้สารละลายสบู่ใสจากข้าวนำสบู่เทลงพิมพ์ที่เตรียมไว้ (รอสบู่แข็งตัว) ตามความต้องการ โดยใช้อัตราส่วนผสม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมในการทำสบู่ก้อนสูตรที่ 2

ส่วนผสม	อัตราส่วนผสม		หน้าที่ของสาร
	สบู่ก้อน ข้าวกล้องงอก หอมมะลิแดง	สบู่ก้อน ข้าวกล้องงอก หอมนิล	
น้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันปาล์ม (1:1) (มล.)	60	60	สบู่มีเนื้อแข็งกรอบ มีฟองมาก เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้น
น้ำมันปาล์ม (มล.)	20	20	มีคุณสมบัติในการชำระล้างได้ดี
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน (มล.)	40	40	ช่วยทำให้สบู่นุ่มขึ้น แต่มีฟองน้อย
โซเดียมไฮดรอกไซต์ (โซดาไฟ)/ น้ำ (มล.)	13/40	13/40	ทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน ในปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชัน
กรดสเตียริก (กรัม)	27	27	ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความแข็งแรง มีคุณสมบัติเป็นสาร solubilizing
กลีเซอรีน (กรัม)	96	96	ทำให้ผิวนุ่มชุ่มชื่น ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย
น้ำผึ้ง	23	23	ทำให้ผิวชุ่มชื้น และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย
แอลกอฮอล์ 95% (มล.)	45	45	เพื่อไม่ให้เกิดฟองอากาศในเนื้อสบู่
น้ำข้าวกล้องงอก	25	25	มีวิตามินอี แอนโทไซยานิน และโปรแอนโทไซยานิน

ที่มา: อัตราส่วนผสมในการทำสบู่ก้อนใส ดัดแปลงจากวิไลพร ปองเพียร, (2556)

3. นำสบู่ทั้ง 2 สูตร ที่ใช้น้ำข้าวกล้องงอกทั้ง 2 วิธี จำนวน 6 ตัวอย่าง ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และและวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแอนตี้ออกซิแดนซ์จากสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง ดังนี้

- การทดสอบค่า pH โดยการแบ่งสบู่มาทดสอบมา 0.4 กรัม และเติมน้ำกลั่น 9.6 มิลลิลิตรเทใส่บีกเกอร์ และคนผสมให้เข้ากันนำไปวัด pH ด้วย pH meter บันทึกผลค่า pH ต้องอยู่ในช่วง 8-10 (ชนม์สวัสดิ์ ขาวสะอาด, 2551)

- การทดสอบปริมาตรฟอง โดยการตัดสบู่เป็นก้อนสี่เหลี่ยมลูกเต๋า ให้มีน้ำหนักประมาณ 20 กรัม นำน้ำสบู่มาเขย่าในน้ำกระด้างโดยนำสบู่ไปเขย่าในน้ำกระด้าง ปริมาณ 50 มิลลิลิตรที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิ 30°c เป็นเวลา 5 นาที ตวงน้ำสบู่ปริมาณ 30 มิลลิลิตรโดยใช้กระบอกขนาด 100 มิลลิลิตรเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 cm. เขย่าคว่ำขึ้น-ลง จำนวน 5 ครั้ง อ่านปริมาณฟองที่ได้ทันที (ปริมาณฟองที่ได้ เรียกว่า flash foam) และสังเกตลักษณะฟองทิ้งไว้ 2 นาที อ่านความสูงของฟองที่เหลือ (ปริมาณฟองที่ได้ เรียกว่า foam drainage และสังเกตลักษณะฟองทำการทดสอบซ้ำอีก 2 ครั้ง (ชนม์สวัสดิ์ ขาวสะอาด, 2551) โดยสบู่ต้องให้ฟองเมื่อละลายน้ำ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2552)

- การทดสอบความสึกกร่อน โดยการตัดสบู่เป็นก้อนสี่เหลี่ยมลูกเต๋า ให้มีน้ำหนักประมาณ 20 กรัม ชั่งน้ำหมักสบู่ และบันทึกน้ำหนักเป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง โดยนำสบู่ไปเขย่าในน้ำกระด้าง จำนวน 50 มิลลิลิตร (ประกอบด้วย $MgCl_2$ 0.0139 % w/w และ $CaCl_2$ ปริมาณ ใน 0.0304 % w/w) ที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 °c เป็นเวลา 5 นาที ใช้กระดาษชำระซับน้ำออกนำมาก้อนสบู่มาผึ่งเป็นเวลา 1 ชั่วโมงใช้กระดาษชำระซับน้ำที่เหลือออกให้หมด นำสบู่ที่ได้ไปชั่งหาน้ำหนักที่หายไปจากนั้นนำสบู่ไปเขย่าในน้ำกระด้าง จำนวน 50 ml ที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิ 30 °C โดยเพิ่มเวลาเป็น 10, 15 และ 30 นาที ตามลำดับ นำสบู่ที่เหลือ ทำการทดสอบซ้ำอีก 2 ครั้ง (ชนม์สวัสดิ์ ขาวสะอาด, 2551) แล้วคำนวณหาความกร่อนโดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\% \text{ การกร่อน} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนทดสอบ - น้ำหนักหลังทดสอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนทดสอบ}}$$

- หาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และเบต้าแคโรทีนจากน้ำข้าวกล้องงอกและสบู่ข้าวกล้องงอก โดยใช้ Folin-Ciocalteau Reagent โดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Lai et al. (2009) โดยเติมสารสกัดหยาบ น้ำกลั่น หรือสารละลายมาตรฐาน (สารละลายกรดแกลลิก) ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติม Folin-Ciocalteu ความเข้มข้น 0.2 นอร์มอล ปริมาตร 5 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 8 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 15 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตรปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำให้เย็น นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร หลังจากนั้น นำค่าที่วัดได้จากน้ำกลั่นและสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่างๆมาทำเป็นกราฟมาตรฐาน เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ของสารสกัดหยาบ และคำนวณความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดหยาบในรูปของมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก (milligram Gallic Acid Equivalent, mg GAE) ต่อ 100 กรัม ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย (Mean: $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ของ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

- วิเคราะห์หาปริมาณเบต้าแคโรทีน นำตัวอย่างข้าวที่บดละเอียด มาตัวอย่างละ 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง ทำ 2 ซ้ำ เตรียมสารที่ใช้ในการวัดค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งใช้ Acetone: Hexane อัตราส่วน 4: 6 เติมสารละลายที่เตรียมไว้ใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer เป็นเวลา 1 นาที รินส่วนใสไปวิเคราะห์

หาค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 663 645 505 และ 453 นาโนเมตร (nm) (Nagata and Yamashita, 1992) เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ดังสมการ

เบต้าแคโรทีน (mg/100 g FW) = $0.216A_{663} - 1.22A_{645} - 0.034A_{505} + 0.452A_{453}$

- การความพึงพอใจของอาสาสมัครที่มีต่อสบู่ข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งทั้ง 2 สูตร ดังนี้ (ดัดแปลงจากวิธีของชลีณา คุณจักร, 2553) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ คือ นักศึกษา บุคลากร และอาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร และประชาชนทั่วไป ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย จำนวน 30 คน ทั้งเพศหญิงและชาย ที่มีอายุระหว่าง 20 – 60 ปี ทำการเก็บข้อมูลโดยเตรียมสบู่ข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งทั้ง 2 สูตร พร้อมแบบประเมินเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้ทดสอบ ลักษณะของแบบสอบถามจะเป็นมาตราส่วนประมาณค่าของลิเคอร์ท (Likert's Scale) 5 ระดับ ได้แก่ ค่าคะแนน 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด โดยประเมิน ลักษณะของกลิ่น สี ฟอง ประสิทธิภาพการชำระล้างสิ่งสกปรก และการยอมรับหลังการใช้ วิเคราะห์ข้อมูล โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)โดยค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 0.00-1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยมาก คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.51-2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.51-3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจพอสมควร คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.51-4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.51-5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

ผลการวิจัย

คุณสมบัติทางกายภาพและประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งของทั้ง 2 สูตร ตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.94/2545 มีผลการวิจัย ดังนี้

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำข้าวกล้องงอก

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณเบต้าแคโรทีนในน้ำข้าวกล้องงอก มีผลการวิจัยดังตาราง 2

ตารางที่ 2 ผลการหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณเบต้าแคโรทีนในน้ำข้าวกล้องงอกทั้ง 2 วิธี

ลำดับ	ตัวอย่าง	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g.ของตัวอย่าง)	ปริมาณเบต้าแคโรทีน (mg /g.ของตัวอย่าง)
1	วิธี 1 น้ำข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอก	49.64±0.84	1.596±0.21
2	วิธี 1 น้ำข้าวกล้องหอมนิลงอก	71.06±0.06	17.60±0.03
3	วิธี 2 น้ำข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอก	50.57±0.31	3.55±0.13
4	วิธี 2 น้ำข้าวกล้องหอมนิลงอก	76.70±0.63	1.595±0.01

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำข้าวกล้องงอกโดยทำตามวิธีของสหกรณ์ (วิธี 1) และวิธีตามการวิจัย (วิธี 2) พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำข้าวกล้องหอมนิลงอก วิธีที่ 2 มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอก วิธีที่ 2 น้ำข้าวกล้องหอมนิลงอกวิธีที่ 1 และน้ำข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอก วิธีที่ 1 เท่ากับ 76.70 71.06 50.57 และ 49.64mg GAE/g. ของตัวอย่าง ตามลำดับ ปริมาณเบต้าแคโรทีนของน้ำข้าวกล้องงอกโดยทำตามวิธีของสหกรณ์ (วิธีที่ 1) และวิธีตามการวิจัย (วิธีที่2) พบว่า ปริมาณเบต้าแคโรทีนของน้ำข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกวิธีที่ 2 มีปริมาณมากที่สุดรองลงมาคือ น้ำข้าวกล้องหอมนิลงอก วิธีที่ 1 น้ำข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกวิธีที่ 1 และน้ำข้าวกล้องหอมนิลงอก วิธีที่ 2 เท่ากับ17.60, 3.55, 1.596และ 1.595 mg /g. ของตัวอย่าง ตามลำดับ

คุณสมบัติทางกายภาพของสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง

คุณสมบัติทางกายภาพบางประการของสบู่ก้อนข้างกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง ทั้งสูตร 1 และสูตร 2 แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางกายภาพของสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง

การทดสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด*	สบู่ก้อนข้าวกล้องงอก			
		สูตร 1		สูตร 2	
		หอมมะลิแดง	หอมนิล	หอมมะลิแดง	หอมนิล
ลักษณะทั่วไป	เป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	เป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	เป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	เป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	เป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม
ความเป็นกรด-เบส (pH)	pH 8-10	9.32	9.31	9.28	9.06
ปริมาตรของฟอง (มิลลิลิตร)	มีปริมาตรมากพอ	30	30	40	40
ความคงทนตัวของฟอง(นาที)	มีความคงตัวของฟองดี	40	40	60	60
การสึกกร่อนของก้อนสบู่	เกิดการสึกกร่อนน้อยที่สุด	1.16	1.19	0.60	0.20

* มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.94/2545

คุณสมบัติทางกายภาพของสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งของสูตร 1 และสูตร 2 จากตารางที่ 2 พบว่า สบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งของสูตร 1 และสูตร 2 มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) อยู่ในช่วง 9.06–9.32 ปริมาตรของฟองของสบู่ทั้ง 2 สูตรมีปริมาตรมากพอ ความคงทนตัวของฟองของสบู่ทั้ง 2 สูตร มีความคงตัวของฟองดี โดยสบู่สูตร 2 มีความคงตัวของฟองนานกว่าสูตร 1 คือ มีความคงตัวของฟองอยู่ที่ 60 นาทีและ 40 นาที ตามลำดับ การสึกกร่อนของสบู่สูตร 1 และสูตร 2 มีการสึกกร่อนอยู่ในช่วง 0.20–1.19 % โดยสูตร 2 มีการสึกกร่อนน้อยกว่าสูตร 1

ปริมาณฟีนอลิกในสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณเบต้าแคโรทีนในสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง ทั้ง 2 สูตร แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณเบต้าแคโรทีนในสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง

ที่	ตัวอย่าง	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g.ของตัวอย่าง)	ปริมาณเบต้าแคโรทีน (mg /g.ของตัวอย่าง)
1	สบู่สูตร 1 ข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกผสมน้ำผึ้ง	19.59±0.17	1.077±0.07
2	สบู่สูตร 1 ข้าวกล้องหอมนิลงอกผสมน้ำผึ้ง	19.63±0.10	1.049±0.01
3	สบู่สูตร 2 ข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกผสมน้ำผึ้ง	26.18±0.31	1.105±0.03
4	สบู่สูตร 2 ข้าวกล้องหอมนิลงอกผสมน้ำผึ้ง	28.58±0.22	4.05±0.08

ปริมาณฟีนอลิกของสบู่สูตร 2 ข้าวกล้องงอกหอมนิลผสมน้ำผึ้ง มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ สูตร 2 ข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกผสมน้ำผึ้ง สูตร 1 ข้าวกล้องหอมนิลงอกผสมน้ำผึ้ง และสูตร 1 ข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกผสมน้ำผึ้ง เท่ากับ 28.58, 26.18, 19.63 และ19.59 mgGAE/g. ของตัวอย่าง ตามลำดับ ปริมาณเบต้าแคโรทีนของสบู่สูตร 2

ข้าวกล้องงอกหอมนิลผสมน้ำผึ้ง มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ สูตร 2 ข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกผสมน้ำผึ้ง สูตร 1 ข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกผสมน้ำผึ้ง และสูตร 1 ข้าวกล้องหอมนิลงอกผสมน้ำผึ้ง เท่ากับ 1.16, 1.10, 1.07 และ 1.04 mg /g. ของตัวอย่าง ตามลำดับ

พึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง

ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง แสดงดังในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ของความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง

รายการ	ความพึงพอใจ ($\bar{X}$)			
	สบู่สูตร 1		สบู่สูตร 2	
	ข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกผสมน้ำผึ้ง	ข้าวกล้องหอมนิลงอกผสมน้ำผึ้ง	ข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกผสมน้ำผึ้ง	ข้าวกล้องหอมนิลงอกผสมน้ำผึ้ง
ลักษณะกลิ่น	3.60	3.70	3.85	3.80
ลักษณะสี	3.60	3.80	3.80	3.80
ลักษณะฟอง	3.40	3.60	3.95	3.90
ประสิทธิภาพการชำระล้างสิ่งสกปรก	3.70	3.75	3.90	4.20
การยอมรับหลังใช้	3.50	3.80	3.90	4.00
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	**3.56**	**3.73**	**3.88**	**3.94**

ความพึงพอใจของอาสาสมัครที่มีต่อสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง ทั้ง 2 สูตร โดยการทดสอบลักษณะของกลิ่น สี ฟอง ประสิทธิภาพการชำระล้างสิ่งสกปรก และการยอมรับหลังการใช้ พบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน มีความพึงพอใจสูงที่สุดต่อสบู่สูตร 2 ข้าวกล้องหอมนิลงอกผสมน้ำผึ้ง อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 3.90 รองลงมาคือ สูตร 2 ข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกผสมน้ำผึ้ง สูตร 1 ข้าวกล้องหอมนิลงอกผสมน้ำผึ้ง สูตร 1 ข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอกผสมน้ำผึ้ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก มีเท่ากับ 3.88 3.73 และ 3.56 ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

สบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งของสูตร 1 และสูตร 2 มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยสบู่สูตร 2 มีปริมาตรฟองมากกว่า สูตร 1 และสบู่สูตร 2 มีความคงตัวของฟองนานกว่าสูตร 1 นอกจากนี้สบู่สูตร 2 ยังมีการสึกกร่อนน้อยกว่าสูตร 1 สำหรับปริมาณฟีนอลิกของสบู่ พบว่า สบู่สูตร 2 ข้าวกล้องงอกหอมนิลผสมน้ำผึ้ง มีปริมาณมากที่สุด ผลการศึกษาปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่าสบู่สูตร 2 ข้าวกล้องงอกหอมนิลผสมน้ำผึ้ง มีปริมาณมากที่สุด การศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้สบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึง จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน มีความพึงพอใจสูงที่สุดต่อสบู่สูตร 2 ข้าวกล้องหอมนิลงอกผสมน้ำผึ้ง

อภิปรายผลการวิจัย

คุณสมบัติทางกายภาพของสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งของสูตร 1 และสูตร 2 พบว่า สบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งของสูตร 1 และสูตร 2 มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) อยู่ในช่วง 9.06–9.32 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์สบู่ที่จะสามารถนำมาใช้ได้ควรจะมี pH ประมาณ 8-10 (ฉันทรา พูนศิริ, ม.ป.ป.) ในการผลิตสบู่ก้อน เป็นการสนับสนุนการผลิตจากสารตั้งต้นจากวัสดุธรรมชาติที่ผลิตได้เอง มีสารตั้งต้นเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ สบู่ที่ได้จะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 8-10

ควรใช้เป็นสบู่ถูตัว (วิไลพร, 2556) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) มากกว่า 9.5 จะก่อให้เกิดการระคายเคืองที่สูงมาก (Baranda et al, 2002) ปริมาตรของฟองสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งของสูตร 1 และสูตร 2 มีปริมาตรมากพอ โดยสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งของสูตร 2 มีปริมาตรฟองมากกว่า สูตร 1 โดยสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งของสูตร 2 มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าว ซึ่งสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวนี้จะมีฟองมากเป็นครีม และให้ฟองที่คงทนพอควร (วิไลพร ปองเพียร, 2556) แต่ปริมาณฟองของสบู่มีผลต่อการชำระล้างสิ่งสกปรก คุณลักษณะสบู่ก้อนให้ฟองเมื่อละลายน้ำ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2552) ความคงทนตัวของฟองสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งของสูตร 1 และสูตร 2 มีความคงตัวของฟองดี โดยสบู่สูตร 2 มีความคงตัวของฟองนานกว่าสูตร 1 คือ มีความคงตัวของฟองอยู่ที่ 60 นาทีและ 40 นาที ตามลำดับ การสึกกร่อนของสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้งของสูตร 1 และสูตร 2 มีการสึกกร่อนอยู่ในช่วง 0.20–1.19 % โดยสบู่สูตร 2 มีการสึกกร่อนน้อยกว่าสูตร 1 เนื่องจากในส่วนผสมของสบู่สูตร 2 มีกรดสเตียริก ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่ไม่มีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุล การผสมกรดสเตียริกและน้ำมันมะพร้าว ลงในสบู่ จึงทำให้สบู่มีลักษณะแข็งและกรอบ (วิไลพร ปองเพียร, 2556)

การนำไปใช้ประโยชน์

1. เกษตรกรในกลุ่มสหกรณ์การเกษตรไทรงาม สามารถนำอัตราส่วนการผลิตสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง ที่เหมาะสม และเป็นที่พึงพอใจต่อผู้ใช้ ไปผลิตเพื่อจัดจำหน่ายเป็นการเสริมรายได้ให้กับเกษตรในกลุ่ม และยังเป็นการใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. สหกรณ์การเกษตรไทรงาม สามารถส่งเสริมให้เกิดการร่วมกลุ่มของเกษตรกรในการผลิตสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง ให้เกิดการผลิตที่ได้มาตรฐานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เพื่อให้เป็นที่ยอมรับและจัดจำหน่ายให้กับผู้บริโภคได้มากขึ้น

3. ผู้วิจัยสามารถศึกษาและพัฒนาส่วนประกอบของสบู่ก้อนข้าวกล้องงอกผสมน้ำผึ้ง ให้ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม และคุณสมบัติในการบำรุงรักษาผิวได้มากขึ้น ให้เป็นที่น่าสนใจให้ผู้บริโภคได้มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่สนับสนุนเครื่องมือ/อุปกรณ์ในการทำวิจัยและขอขอบคุณคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2552). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสบู่ก้อน**. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

ฉันทรา พูนศิริ. มปป. **การผลิตสบู่น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์**. สืบค้นข้อมูล จาก : opac.tistr.or.th/Multimedia/STJN/4802/ 4802-13.pdf.

ชนม์สวัสดิ์ ขาวสะอาด. (2551). **การพัฒนาสบู่ที่มีส่วนผสมของน้ำตะไคร้**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ความงามและสุขภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ชลีณา คุณจักร. (2552). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อสบู่เหลวยี่ห้อ โชกุบุสซึ โมโนกาตาริของผู้บริโภคในดิสเคาน์สโตร์ในเขตกรุงเทพมหานคร**. สารนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต.

วิไลพร ปองเพียร. (2556). **การพัฒนาสบู่ข้าวลืมผัวและสบู่ถ่านฝักมะขาม.**

Almeida T., Marques M., Mojzita D., Amorim MA., Silva RD., Almeida B., Rodrigues P., Ludovico P., Hohmann S., Moradas-Ferreira P., Côrte-Real M., Costa V. (2008). Isc1p plays a key role in

hydrogen peroxide resistance and chronological lifespan through modulation of iron levels and apoptosis. **Mol Biol Cell.** 19(3):865-76.

Baranda L., González-Amaro R., Torres-Alvarez B., Alvarez C., Ramírez V. (2002). Correlation between pH and irritant effect of cleansers marketed for dry skin. **Int J Dermatol.** Aug; 41(8): 494-9.

Coss, M. (1998). **The Handmade Soap Book**, New Holland (Publisher) Ltd., London, 80 p.

Lai, TP., Stauffer, KA., Murthi, A., Shaheen, HH., Peng, G., Martin, NC., Hopper, AK. (2009). Mechanism and a peptide motif for targeting peripheral proteins to the yeast inner nuclear membrane. **Traffic.** 10(9): 1243-56.

Nagata, M. and Yamashita, I. (1992). Simple Method for Simultaneous Determination of Chlorophyll and Carotenoids in Tomato Fruit. **Journal of The Japanese Society for Food Science Technology.** 39: 925-928.

Stojiljković, Milena S., Bratislav Ž. Todorović, Staniša T. Stojiljković, Dragan T. Stojiljković, Sanja M. Petrović, Ljiljana M. Takić. (2014). Removal of As3+ cations from water by activated charcoal, bentonite and zeolite in a batch system at different pH. **Journal of Elementology.** 22(2): 713-723.

สารกาบาและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ในน้ำแช่ 4 ชนิด

GABA AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF GERMINATED BROWN RICE PATHUMTHANI 1 WITH FOUR KINDS OF WATER

อนุสรา วงษ์ไว สิรินลักษณ์ ประเสริฐบำรุง ดวงกมล สีทา และมณฑา หมีไพรพฤกษ์*
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กำแพงเพชร
*corresponding author e-mail : montha_mee@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณสารกาบาและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 โดยนำข้าวกล้องหอมปทุมธานี 1 มาล้างให้สะอาดแล้วแช่ในสารละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำ น้ำมะพร้าว: น้ำ (1:50) ข้าวโพด : น้ำ (1:50) และใบบัวบก : น้ำ (1:75) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่ระยะเวลา 18 24 และ 36 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำสะอาดและนึ่งเป็นเวลา 15 นาที นำไปตากให้แห้งเป็นเวลา 1-2 วัน หาปริมาณสารกาบาและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ผลการวิจัยพบว่า ข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่แช่ในน้ำใบบัวบก: น้ำ (1:75) เวลา 24 ชั่วโมง บ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณกาบาสูงสุด เท่ากับ 8.302 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่แช่ในใบบัวบก : น้ำ (1:75) เวลา 24 ชั่วโมง บ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เท่ากับ 84.91

คำสำคัญ : ข้าวกล้องงอก สารกาบา สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

The purpose of this research was to study Gamma-Aminobutyric acid (GABA) and Antioxidant activity of brown rice (Pathumthani 1) in solvent-soaked such as water, coconut water : water (1:50), corn : water (1:50), and Centella Asiatic : water (1:75) with soaked time. The brown rice (Pathumthani 1) was used to germination process. The brown rice seed were cleaned and soaked in 4 different solvents for 24 hours and incubated at room temperature for 18, 24 and 36 hours. Germinated brown rice were washed with clean water and steamed for 15 minutes. The Germinated brown rice was place under sun light 1-2 days. The GABA and antioxidant activity were evaluated. The result showed that GABA and antioxidant activity of germinated brown rice (Pathumthani 1) soaked in Centella Asiatic : water (1:75) present highest about 8.302 mg/100g and 84.91, respectively.

Keywords : germinated brown rice, Gamma-Aminobutyric acid, antioxidant activity

บทนำ

ข้าวมีความสำคัญและมีคุณค่าทางโภชนาการ โดยข้าวที่รับประทานส่วนใหญ่จะเป็นข้าวขาวที่ผ่านการขัดสีหลายครั้งจนเหลือแต่ส่วนเนื้อสีขาวสวยที่มีคุณค่าทางโภชนาการน้อยลงทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายไม่เพียงพอทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพ ในปัจจุบันจึงมีผู้สนใจการกินอาหารเพื่อสุขภาพที่ดีมากขึ้น เลือกรับประทานข้าวกล้องแทนข้าว ขัดขาวหรือนำข้าวกล้องมาผสมในข้าวขาว ข้าวกล้องคือข้าวที่กะเทาะเอาแค่เปลือกออก มีจมูกข้าว และ

เยื่อหุ้มเมล็ดข้าวอยู่ครบถ้วน ซึ่งจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวนี้มีวิตามิน แร่ธาตุ และเส้นใยอาหาร ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากกว่าข้าวขาว แต่ข้าวกล้องเมื่อหุงแล้วจะมีลักษณะร่วนและแข็งกว่าข้าวขาว จึงมีการนำข้าวกล้องมาผลิตเป็นข้าวกล้องงอกเมื่อสุกจะมีลักษณะนุ่มกว่าข้าวกล้องและและมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น การทำข้าวกล้องงอกทำได้โดยการนำข้าวกล้องไปแช่น้ำแล้วนำไปบ่มให้งอก ซึ่งข้าวกล้องที่นำมาทำเป็นข้าวกล้องงอกจะต้องเป็นข้าวกล้องใหม่ๆ ที่สีเอาเปลือกออกมาไม่เกิน 2 สัปดาห์ ข้าวกล้องงอกจะมีปริมาณสารกาบานอกจากนี้ยังมีสาร GABA (Gamma-Aminobutyric Acid) จะช่วยกระตุ้นการไหลเวียนเลือดของสมอง ทำให้เลือดไปเลี้ยงสมองได้ดีจึงช่วยทำให้สมองผ่อนคลาย (Zhang, et al., 2007) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณ สารกาบาเกิดจากเอนไซม์ glutamate decarboxylase ที่ถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการทางชีวเคมี เร่งปฏิกิริยาระหว่างกรด อะมิโนกลูตาเมทกับไฮโดรเจนไอออน ได้สารกาบาและการเพิ่มขึ้นของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารกาบา และสารฟินอลิค ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่ง (วรัมพร วงศ์สุดิน, 2555) และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) สูงขึ้น ซึ่งช่วยป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โรคมะเร็ง โรค ต้อกระจก ช่วยเพิ่มภูมิต้านทานโรคและยังช่วยชะลอความแก่ชรา

ผู้วิจัยจึงได้ทำการหาปริมาณสารกาบาและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 โดยนำข้าวกล้องหอมปทุมธานี 1 แช่ในสารละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำ น้ำมะพร้าว: น้ำ (1: 50) ข้าวโพด: น้ำ (1: 50) และใบบัวบก: น้ำ (1: 75) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่ระยะเวลา 18 24 และ 36 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มปริมาณสารกาบาและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งน้ำมะพร้าวและข้าวโพดมีสารไซโตไคนิน Zeatin riboside ช่วยในการกระตุ้นให้มีการแบ่งเซลล์ นอกจากนี้น้ำมะพร้าวและข้าวโพดยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและใบบัวบกมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (นันท์นภัส เติมวงศ์, 2551) ผู้วิจัยหวังว่าน้ำที่ใช้แช่นั้นจะช่วยให้ปริมาณสารกาบาและสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในเมล็ดข้าวนั้นมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของข้างกล้องให้สูงขึ้น ซึ่งเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคสามารถเลือกรับประทานข้าวที่มีสารอาหาร ที่สำคัญต่อร่างกายมากขึ้นและเป็นการสร้างอาชีพ นอกจากนี้ยังสามารถและยังเพิ่มรายได้ให้กับแต่ละครอบครัว ให้มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นกว่าเดิม

วิธีดำเนินการวิจัย

การทำข้าวกล้องงอก ข้าวกล้องที่ใช้ คือ ข้าวหอมปทุนธานี 1 มาผ่านกระบวนการงอก โดยนำมาแช่ 4 ชนิด คือ น้ำ น้ำมะพร้าว: น้ำ (1:50) ข้าวโพด: น้ำ (1:50) และ ใบบัวบก: น้ำ (1:75) ในอัตราส่วนข้าวต่อน้ำแช่เท่ากับ 1:3 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่ระยะเวลา 18 24 และ 36 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่างการบ่มสเปรย์น้ำแช่ผ่านตัวอย่างข้าวทุก 4 ชม. นำไปล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วนำไปนึ่ง เป็นเวลา 15 นาที เพื่อหยุดการงอกของเอ็มบริโอหรือเอนไซม์และฆ่าจุลินทรีย์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการบ่ม นำข้าวกล้องงอกหอมปทุนธานี 1 ไปตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 1-2 วัน การหาอัตราการงอก โดยการสุ่มเมล็ดข้าวจากการบ่มข้าวกล้องงอกมา 100 เมล็ด เรียงเมล็ดข้าวกล้องงอกจากนั้นนับเมล็ดที่งอกรากเล็ก ๆ ที่มีความยาวมากกว่า 0.5-1.0 มิลลิเมตร และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การงอกที่สูงสุดโดยที่ต้องได้ตั้งแต่ 80% ถือว่าเป็นวิธีการที่อัตราการงอกสูงสุด (มาตรฐานสินค้าเกษตร, 2555) และหาความชื้นของข้าวกล้องงอก

การเตรียมสารสกัดหยาบจากขาว โดยนำเมล็ดขาวกลองงอกบดให้ละเอียด แลวนำไปวิเคราะหหาปริมาณสารกาบาและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ดังนี้

การวิเคราะหปริมาณกาบา (Gamma amino butyric acid, GABA) (ดัดแปลงวิธีของ Zhang Q, et al, 2014) โดยชั่งตัวอยางขาวกล้องงอกที่บดละเอียดตัวอย่างละ 1 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปเซนติฟวจที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที เปนเวลา 60 นาที กรองดวยกระดาษกรอง ดูดสวนใสปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติมสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ pH 9 ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 6% ฟีนอล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมไฮโป คลอไรด์ ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร แลวเขยาใหเขากัน จากนั้นนำไปตมในอางน้ำรอนเปน เวลา 10

นาที แลวนำออกมาแชใน อางน้ำเย็นเปนเวลา 20 นาที เติม 60% เอธานอล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได ไปวัดคาการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 นาโนเมตร ดวยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์

หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) (ดัดแปลงวิธีของ Butsat & Siriamornpun, 2010) ชั่งตัวอยางขาวที่บดละเอียด 1 กรัม เติม 80% เอธานอล ในอัตราสวน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เก็บไว ที่อุณหภูมิหองเป น เวลา 24 ชั่วโมง นำไปกรองดวยกระดาษกรอง ทำใหเขมขนดวยเครื่อง Vacuum rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นำสารสกัดหยาบมาปรับใหมีความเขมขน 5% ดวย 80% เอธานอล หาความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) ที่ชวงความยาวคลื่น 400-800 นาโนเมตร นำตัวอยางสารสกัดหยาบข้าวกล้องงอกความเขมขน 100 ไมโครลิตร มา 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย 2, 2-diphenyl-1picrylhydrazy (DPPH) 2 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไวในที่มืด 30 นาที นำไปวัดคา การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) เตรียมสารละลายควบคุม (Control) โดยใส 80% เอธานอล อยางละ 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH 2 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไวในที่มืด 30 นาทีนำไปวัดคาการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) นำค่าที่ได้ไปคำนวณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยคำนวณจาก % inhibition

$$\% \text{ Inhibition} = \left[\frac{A_{control} - A_{sample}}{A_{control}} \right] x100$$

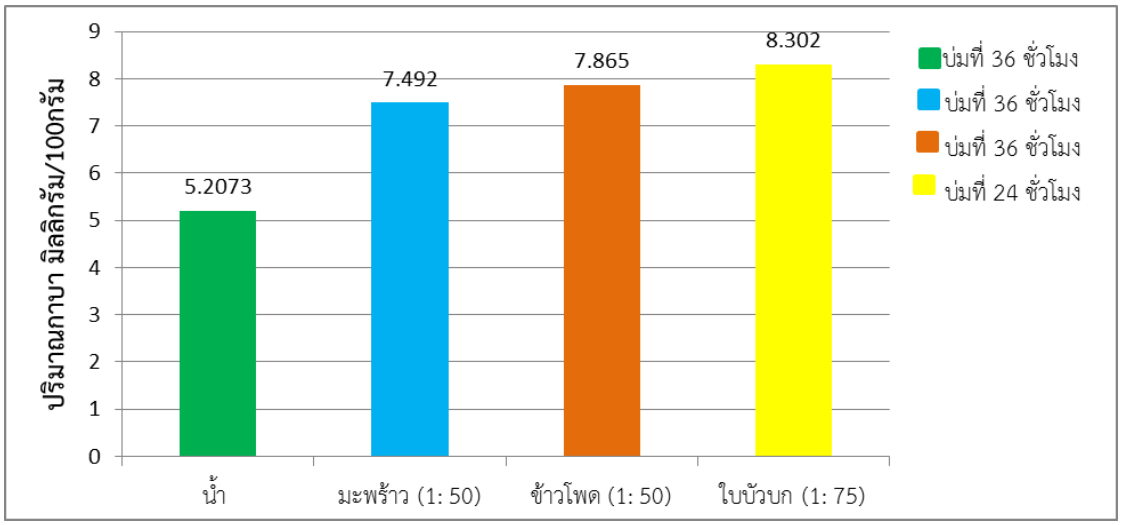
$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม

A_{sample}= ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

ผลการวิจัย

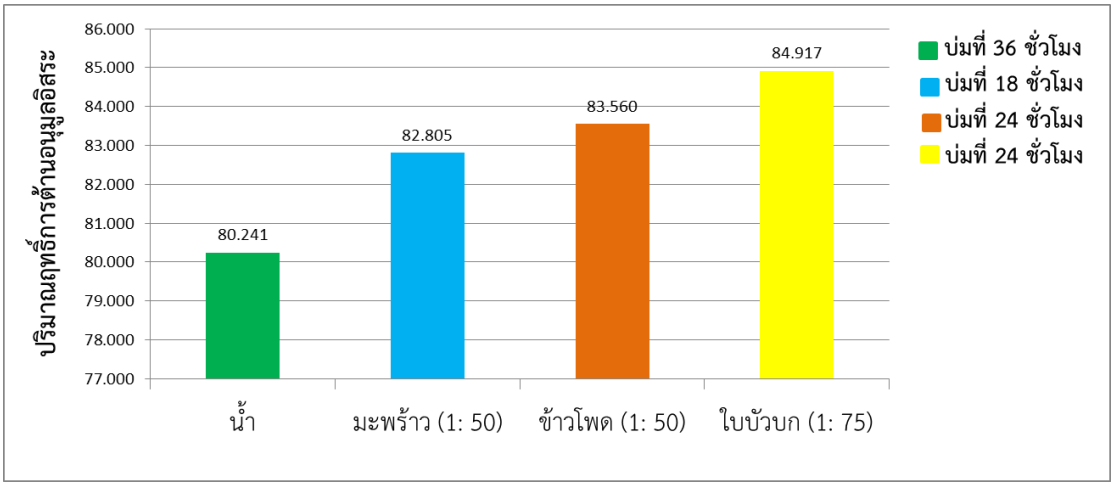
อัตราการงอกของข้าวกล้องหอมปทุมธานี 1 ในสารละลายใบบัวบก: น้ำ (1: 75) ที่ระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมง และ 36 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุดอยู่ในช่วง 83-95 % ซึ่งมีอัตราการงอกไม่น้อยกว่า 80 % (มาตรฐานสินค้าเกษตร, 2555) สำหรับระยะเวลาการบ่มที่ 18 ชั่วโมง มีอัตราการงอกที่น้อยกว่า 80% ค่าความชื้นของข้าวกล้องกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 แชในน้ำแช่ 4 ชนิด ได้แก่ น้ำ มะพร้าว:น้ำ (1: 50) ข้าวโพด:น้ำ (1: 50) และ ใบบัวบก:น้ำ (1: 75) โดยแชในสารละลายแต่ละชนิด 24 ชั่วโมง ทุกระยะเวลาการบ่มมีค่าความชื้น (moisture content) อยู่ในช่วง 5.106 – 7.995 % ซึ่งไม่เกิน 12 % โดยน้ำหนัก (มาตรฐานสินค้าเกษตร, 2555)

ข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่มีปริมาณกาบาสูงสุดคือ ข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่ได้จากการนำข้าวกล้องหอมปทุมธานี 1 แชในน้ำน้ำใบบัวบก: น้ำ (1: 75) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 8.302 มิลลิกรัม/ 100 กรัม รองลงมา คือ ข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่ได้จากการแชในน้ำข้าวโพด: น้ำ (1: 50) แชในน้ำมะพร้าว:น้ำ (1: 50) และแชในน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่เวลา 36 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 7.865 7.492 และ 5.2073 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ผลเปรียบเทียบปริมาณกาบาของข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ในน้ำแช่ 4 ชนิดแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณกาบาของข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ในน้ำแช่ 4 ชนิด

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 สูงสุด คือ ข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่ได้จากการนำข้าวกล้องหอมปทุมธานี 1 แช่ในน้ำน้ำใบบัวบก: น้ำ (1: 75) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 84.917 รองลงมา คือ ข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่ได้จากการแช่ในน้ำข้าวโพด: น้ำ (1: 50) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่เวลา 24 ชั่วโมง แช่ในน้ำมะพร้าว:น้ำ (1: 50) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่เวลา 18 ชั่วโมง และแช่ในน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่เวลา 36 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 83.560 82.805 และ 80.241 ผลเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ในน้ำแช่ 4 ชนิดแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี ในน้ำแช่ 4 ชนิด

อภิปรายผล

ผลการวิจัยการศึกษาข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่มีปริมาณกาบาสูงสุดคือ ข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่ได้จากการนำข้าวกล้องหอมปทุมธานี 1 แช่ในน้ำน้ำใบบัวบก: น้ำ (1: 75) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่เวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่แช่ในใบบัวบกจะมีปริมาณกาบาสูงกว่าข้าวที่แช่ในสารละลายอื่นๆ เนื่องจากใบบัวบกจะมี

ปริมาณกรด กลูตา มิกมากกว่าข้าวโพด มะพร้าว และน้ำ โดยปริมาณสารกาบาจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดกลูตามิก ถ้ามีปริมาณกรดกลูตา มิกสูงจะพบสารกาบาในปริมาณสูงด้วย (รัชนี ไสยประจงและคณะ, 2555) และในข้าวโพดมีปริมาณ GABA เท่ากับ 22.40-53.17 mg/ 100 g น้อยกว่าในมะพร้าวที่มีปริมาณกรดกลูตามิก 64.7 มิลลิกรัม/ 100 กรัม และใบบัวบก ที่มีปริมาณเท่ากับ 120.1-328.0 mg/ 100 g ซึ่งสูงที่สุด (Shrawan Singh.et.al, 2014) เมื่อกรดกลูตามิกผ่านกระบวนการ decarboxylation จะได้สารกาบา (GABA) ที่สูง สารกาบาเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายในเมล็ดและถูกสังเคราะห์จากกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชัน (Decarboxylation) ของกรดกลูตามิค (Glutamic Acid) ด้วยเอนไซม์กลูตาเมทคาร์บอกซิเลส (Glutamate Decarboxylase) ซึ่งจะเปลี่ยนจากกรดแอลกลูตามิก (L-glutamic Acid) เป็นสารกาบาซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 สูงสุด คือ ข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่ได้จากการนำข้าวกล้องหอมปทุมธานี 1 แช่ในน้ำน้ำใบบัวบก: น้ำ (1: 75) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่เวลา 24 ชั่วโมง ข้าวกล้องหอมปทุมธานี 1 ที่ผ่านการแช่ในใบบัวบก: น้ำ มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เนื่องจากในใบบัวบกจะให้สารไกลโคไซด์ (Glycosides) หลายชนิดที่ให้ผลต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Antioxidation) ซึ่งส่งผลให้การลดความเสื่อมของเซลล์ อวัยวะต่างๆ ของร่างกายได้ นอกจากนี้ยังพบว่า สารไกลโคไซด์ที่ได้จากใบบัวบกยังส่งผลในการช่วยเร่งการสร้างสารคลอลาเจน (Collagen) ที่เป็นโครงสร้างของผิวจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการกระตุ้นให้แผลสมานตัวได้เร็วขึ้น ซึ่งการแช่ข้าวในน้ำแช่ร่วมกับการบ่มที่อุณหภูมิห้อง (27±2 องศาเซลเซียส) จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์การงอก ปริมาณสาร GABA และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในข้าวให้มีเปอร์เซ็นต์การงอก ปริมาณสาร GABA และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระให้สูงกว่าการงอกในน้ำ (สุนัน ปานสาครและ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, 2556) โดย Shrawan Singh.et.al. (2014) รายงานฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของใบบัวบกจะอยู่ในช่วง 120.1-328.0 มิลลิกรัม/ 100 กรัม และนันทนภัส เติมวงศ์ (2551) หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในใบบัวบก มีค่าเท่ากับ 36.5-50 TEmM/gFW ซึ่งใบบัวบกเปนพืชสมุนไพรที่ให้สารในกลุมไตรเทอปนอยดไกลโคไซด (Triterpenoidglycoside) หลายชนิดเชน กรดเอเชียติกสารเอเชียติโคไซด และกรดแมดิแคสซิคหรือสารแมดิแคสซอลที่ให้ผลตานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งสงผลในการลดความเสื่อมของเซลลอวัยวะตางๆ ของรางกายไดและยังพบวา สารไกล โคไซดเหลานี้ยังชวยเรงการสรางสารคอลลาเจนที่เปนโครงสรางของผิวหนัง (จันทรพร ทองเอกแกว, 2556) และในการเพิ่มขึ้นของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้องงอกเกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารแกมมาอะมิโนบิวทาริค แอซิคและสารฟินอ ลิคซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่งเช่นกัน (วรัมพร วงศ์สุดิน และคณะ, 2555)

สรุปผลการวิจัย

ปริมาณกาบาของข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ในน้ำแช่ 4 ชนิด คือ น้ำ มะพร้าว:น้ำ(1:50) ข้าวโพด:น้ำ (1:50) และ ใบบัวบก:น้ำ (1:75) แช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่ระยะเวลา 18, 24 และ 36 ชั่วโมง อัตราการงอกของข้าวกล้องหอมปทุมธานี 1 ในสารละลายใบบัวบก:น้ำ (1:75) ที่ระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมงและ 36 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุดอยู่ในช่วง 83-95 % ทุกระยะเวลาการบ่มมีค่าความชื้น (moisture content) อยู่ในช่วง 5.106 – 7.995 % ข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่มีปริมาณกาบาสูงสุดคือ ข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่ได้จากการนำข้าวกล้องหอมปทุมธานี 1 แช่ในน้ำน้ำใบบัวบก: น้ำ (1: 75) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สูงสุด คือ ข้าวกล้องงอกหอมปทุมธานี 1 ที่ได้จากการนำข้าวกล้องหอมปทุมธานี 1 แช่ในน้ำน้ำใบบัวบก: น้ำ (1: 75) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มที่เวลา 24 ชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่สนับสนุนเครื่องมือ/อุปกรณ์ในการทำวิจัยและขอขอบคุณคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จันทรพร ทองเอกแก้ว. (2558). คุณประโยชน์ของกาบาที่มีต่อสุขภาพ. **ว.วิทย. มข.** 43(2) 205-211.

นันท์นภัส เติมวงศ์ (2551). **ความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีโนลิกส์ และวิตามินซีกับความสามารถรวมในการต้านอนุมูลอิสระในใบบัวบก**. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ปีที่ 8(1): 2551.คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4003-2555. **ข้าวกล้องงอก.** สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 50 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพ.

รัชนี ไสยประจง และคณะ. (2555). การศึกษาการเปรียบเทียบปริมารโปรตีนและส่วนประกอบกรดอะมิโนในข้าวหลายสายพันธุ์ จากประเทศไทย. **ว.วิทยาเกษตร.** ปีที่ 43 ฉบับที่ 2 (พิเศษ).

วรัมพร วงศสุดิน และคนอื่นๆ (2555). การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญในขาวกลองงอก. **ว.วิทย.กษ.** 43(2) (พิเศษ), 553-556.

สุนัน ปานสาครและ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ (2556). **พัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์งางอกร่วมกับการคั่วเพื่อการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร.** 41 (3): 305-316.

Butsat, S., N. Weerapreeyakul, and S. Siriamornpun. (2009). Changes in phenolic acids and antioxidant activity in Thai rice husk at five growth stages during grain development. J**. Agri. Food Chem**. 57: 4566-4571.

Shrawan S. and Sharma R., (2005). Modification of gamma ray induced changes in the mouse hepato-cytes by Centella asiatica extract: in vivo studies. **Phy- tother Res.** 19(7): 605-611

Zhang, H., Yao, H.Y. & Chen, F. (2007). Genotype and environmental effects on the relationship between alpha-amylase activity and seedling growth in rice. **Bioscience Biotechnology Biochemistry.** 5(70): 1160-1165.

Zhang, Q., Xiang, et al. (2014). Optimizing soaking and germination conditions to improve gamma-aminobutyric acid content in japonica and indica germinated brown rice. **Journal of Functional Foods.** 10: 283-291.

การพัฒนาเม็ดบีดอิมัลชันเพื่อใช้เป็นส่วนผสมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

DEVELOPMENT OF EMULSION BEAD FOR COSMETIC PRODUCT

จิรศิต อินทร* ญาณิศา จินดาหลวง และ เปรมนภา สีโสภา
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : jirasit.i@psru.ac.th

บทคัดย่อ

เม็ดบีดจากพอลิเมอร์ได้ถูกพัฒนาเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย เช่น อาหาร ยาและเครื่องสำอาง สำหรับวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเม็ดบีดอิมัลชันที่มีความเหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้ทางด้านเครื่องสำอาง โดยศึกษาปริมาณสารโซเดียมอัลจิเนตและแซนแทนกัมที่เหมาะสมในการเกิดเม็ดบีดจากอิมัลชันสองชนิด คือ อิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (O/W emulsion) และตำรับอิมัลชันชนิดซิลิโคนมันกระจายตัวในน้ำ (Si/W emulsion) ผลการศึกษาพบว่าปริมาณโซเดียมอัลจิเนตและแซนแทนกัมมีอิทธิพลต่อการเกิดเม็ดบีดอิมัลชัน รูปร่าง และขนาดเนื้อสัมผัสของเม็ดบีดอิมัลชัน โดยปริมาณโซเดียมอัลจิเนตที่เหมาะสมอยู่ที่ร้อยละ 0.2 (O/W emulsion) และ 0.3 (Si/W emulsion) และแซนแทนกัมร้อยละ 0.3 ซึ่งจะได้เม็ดบีดอิมัลชันที่มีลักษณะทรงกลม อ่อนนุ่มและกระจายตัวได้ง่ายเมื่อทาบนผิว และยังสามารถนำไปใช้ประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้หลายชนิด

คำสำคัญ : โซเดียมอัลจิเนต เม็ดบีดอิมัลชัน ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

Abstract

Polymeric beads have been developed for using in many different products such as food, pharmaceutical and cosmetics in different purposes. In this study, emulsion bead which appropriate for applying in cosmetic was developed. The amount of Sodium Alginate and Xanthan gum was varied in the emulsion beads production from two types of emulsion including oil in water emulsion (O/W emulsion) and silicone in water emulsion (Si/W emulsion). The results showed that sodium alginate and xanthan gum influenced the formation of beads, shape, size and texture of emulsion beads. The appropriated amount of sodium alginate were 0.2% and 0.3% and and xanthan gum 0.3% which produced emulsion beads as round shape, soft and spreads easily. Furthermore, this development can be applied as ingredients in different types of cosmetic products.

Keywords : sodium alginate, emulsion bead, cosmetic product

บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางมีการแข่งขันกันสูง ผู้ผลิตเครื่องสำอางและผู้ผลิตวัตถุดิบ (supplier) พยายามแข่งขันกันในด้านต่างๆเช่นสร้างรูปลักษณ์ที่แปลกใหม่ เช่น การพัฒนารูปแบบ (dosage) ในกักเก็บสารสำคัญให้คงประสิทธิภาพ การพัฒนารูปแบบให้ดึงดูดใจผู้บริโภคและหนึ่งในรูปแบบที่น่าสนใจคือเม็ดบีดจากอัลจิเนต (Tadros, 2007) อัลจิเนต (alginate) เป็นสารพอลิเมอร์สายตรงกลุ่มพอลิแซคคาไรด์ที่ได้จากสาหร่ายสีน้ำตาล มีโครงสร้างโมเลกุลเป็น (1- 4) alpha-L-guluronic (G) and beta-D-mannuronic (M) ที่มีความสมารถเกิดเป็นโครงสร้างเจล (gelation) โดยการสร้าง

พันธะแนวขวางในโมเลกุล (crosslink) จากสารไอออนประจุบวก (cation) เช่นไอออนแคลเซียม (Ca) มีการประยุกต์ใช้เป็นสารกักเก็บสารสำคัญในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ยา อาหาร ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเครื่องสำอางได้หลายรูป แบบเช่น biodegradable hydrogels, particle coating และ microencapsulation (Braithwaite et al.,2014) มีการพัฒนาอัลจิเนตบีดในรูปของ microencapsulation เพื่อบรรจุเชื้อโพรไบโอติคเพิ่มการรอดชีวิตของเชื้อดังกล่าวในระบบทางเดินอาหาร (Mandal, Puniya & Singh, 2006, pp. 1190) แต่การพัฒนาเม็ดบีดจากอัลจิเนตให้ประสบความสำเร็จนั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลทางกายภาพของเม็ดบีดหลายปัจจัย เช่น ปริมาณสารต่างๆในสูตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอัลจิเนตซึ่งจะเป็นสารที่ทำหน้าที่เกิดโครงสร้างเจล ความหนืดของสูตรที่จะมีผลต่อขนาดและรูปร่างของเม็ดบีดในขั้นตอนการผลิตเม็ดบีด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาสูตรการผลิตเม็ดบีดอิมัลชัน เพื่อใช้สำหรับการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย การศึกษาผลของปริมาณของสารโซเดียมอัลจิเนตที่ใส่ในอิมัลชันสองชนิดเพื่อศึกษาผลการเกิดเม็ดบีดอิมัลชัน และการศึกษาผลของปริมาณสารแซนแทนกัมในอิมัลชันที่มีผลต่อความหนืดของอิมัลชันก่อนขั้นตอนการผลิตเม็ดบีดอิมัลชัน เกณฑ์การคัดเลือกสูตรอิมัลชันคือสูตรอิมัลชันที่ทำให้เกิดเม็ดบีดอิมัลชันที่ลักษณะทรงกลมและขนาดเหมาะสม และมีความอ่อนนุ่มเมื่อทาบนผิว เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยการพัฒนาเม็ดบีดอิมัลชันเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางโดยดัดแปลงวิธีการของ Chana (2011) โดยที่ศึกษาผลของชนิดอิมัลชันสองชนิดคือ ชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (O/W emulsion) และชนิดซิลิโคนกระจายตัวในน้ำ (Si/W emulsion) ศึกษาผลของปริมาณโซเดียมอัลจิเนตในสูตรอิมัลชันและผลของปริมาณแซนแทนกัมที่มีต่อความหนืดของอิมัลชันและขนาดของเม็ดบีดอิมัลชันที่ได้ ลักษณะของเม็ดบีดอิมัลชันที่ต้องการในการพัฒนาครั้งนี้คือ มีรูปร่างเป็นทรงกลม มีลักษณะผนังเปราะบางแตกง่ายเมื่อทาบนผิวให้ความรู้สึกอ่อนนุ่มและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 3.5-4.0 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมและมีความสวยงามสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

1. การศึกษาปริมาณโซเดียมอัลจิเนตที่เหมาะสมในการเกิดเม็ดบีดอิมัลชัน

การทดลองนี้ทำการศึกษาผลของปริมาณ sodium alginate ซึ่งสารนี้ทำหน้าที่เป็น gelling agent ช่วยในการเกิดเม็ดบีดอิมัลชัน โดยการผันแปรปริมาณสาร sodium alginate เป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ 0.1 – 0.5 % ในตำรับอิมัลชันทั้ง 2 ชนิด คือ ชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (O/W emulsion) และตำรับอิมัลชันชนิดซิลิโคนกระจายตัวในน้ำ (Si/W emulsion) ดังตารางที่ 1 และ 2 จากนั้นทำการประเมินคุณภาพลักษณะรูปร่างของเม็ดบีดอิมัลชันที่ได้ และคัดเลือกสูตรตำรับที่ใช้ปริมาณสาร sodium alginate ที่น้อยที่สุดที่สามารถเกิดเม็ดบีดอิมัลชันรูปร่างทรงกลม เมื่อทำไปหยดลงในสารละลาย coagulation fluid

ขั้นตอนการเตรียมอิมัลชันทั้งสองประเภท

1) ชั่งสารแบ่งตามส่วน (Part A และ B) ดังที่แสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

2) นำส่วน A ผสมเข้าให้เป็นเนื้อเดียวกันนำไปให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

3) แยกส่วน B ใส่ลงบีกเกอร์ ผสมให้เนื้อเป็นเนื้อเดียวกันและนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

4) จากนั้นนำส่วน A เทลงในส่วน B และนำไปปั่นผสมด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็วรอบ 10,000 rpm เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นกวนด้วยแท่งแก้วต่อจนอุณหภูมิของอิมัลชันลดลงถึงอุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 1 สูตรส่วนผสมของอิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (O/W Emulsion)

Part	Ingredient	Function	F01 %w/w	F02 %w/w	F03 %w/w	F04 %w/w	F05 %w/w
A	Water	Solvent	81.9	81.8	81.7	81.6	81.5
A	Sodium alginate	Gelling Agent	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
B	Emulium mellifera	Emulsifier	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
B	Jojoba oil	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
B	MCT	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
B	Isopropyl palmitate	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 2 สูตรส่วนผสมของอิมัลชันชนิดซิลิโคนมันกระจายตัวในน้ำ (Si/W Emulsion)

Part	Ingredient	Function	F06 %w/w	F07 %w/w	F08 %w/w	F09 %w/w	F10 %w/w
A	Water	Solvent	86.7	86.6	86.5	86.4	86.3
A	Xanthan gum	Thickener	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
A	Propylene glycol	Humectant	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
A	Sodium alginate	Gelling Agent	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
B	Abil care 85	Emulsifier	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
B	Dimethicone 100 cs	Emollient	3.0	3.00	3.0	3.0	3.0
B	Dimethicone 350 cs	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
B	Cyclopentasiloxane	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
B	Stearyl alcohol	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

ขั้นตอนการผลิตเม็ดบีดอิมัลชันจากอิมัลชันทั้งสองประเภท ดัดแปลงจาก Durante (2012)

1) เตรียม coagulation fluid โดยละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.0 % w/v ในน้ำกลั่น จำนวน 200 มิลลิลิตร ใส่ลงบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ใส่แท่งแม่เหล็กขนาด 1 นิ้ว ลงไปใน coagulation fluid หมุนด้วยเครื่อง hot plate stirrer ความเร็วรอบ 100 rpm ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

2) นำอิมัลชันที่เตรียมได้บรรจุใส่กระบอกฉีดยาขนาด 50 มิลลิลิตรและต่อด้วยเข็มฉีดยาเบอร์ 18 จากนั้นหยดอิมัลชันลงใน coagulation fluid ที่หมุนอยู่จะเกิดปฏิกิริยาในการ cross-link กันที่ผิวของหยดอิมัลชันทำให้ขึ้นรูปเป็นเม็ดบีดอิมัลชัน

3) คัดเลือกตำรับสูตรการผลิตเม็ดบีดอิมัลชันโดยนำเม็ดบีดอิมัลชันวางบนกระจกนาฬิกา แล้วคัดเลือกเม็ดบีดที่มีลักษณะทรงกลม และมีความอ่อนนุ่มไม่แข็งเมื่อทานบนผิว

2. การศึกษาผลของปริมาณแซนแทนกัมต่อความหนืดอิมัลชันและขนาดของเม็ดบีดอิมัลชัน

การทดลองนี้เป็นการศึกษาผลของปริมาณสาร xanthan gum ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด (thickener) ในสูตรตำรับเม็ดบีดอิมัลชัน โดยการผันแปรปริมาณสาร xanthan gum เป็น 4 ระดับ ได้แก่ 0.0, 0.1, 0.2 และ 0.3 % w/w ใน

ตำรับอิมัลชันทั้ง 2 ชนิด คือ ชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (O/W emulsion) และตำรับอิมัลชันชนิดซิลิโคนมันกระจายตัวในน้ำ (Si/W emulsion) ดังตารางที่ 3 และ 4 ซึ่งมีวิธีการเตรียมเหมือนกับตอนที่ 1 จากนั้นประเมินคุณภาพของอิมัลชันที่ได้โดยการวัดค่าความหนืด ด้วยเครื่อง viscometer และนำอิมัลชันที่ผ่านการวัดความหนืดแล้วไปผลิตเป็นเม็ดบีดอิมัลชันตามวิธีข้างต้น จากนั้นประเมินคุณภาพเม็ดบีดอิมัลชันที่ได้ โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดบีดอิมัลชันด้วยเครื่อง micrometer บันทึกค่า และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและขนาดของเม็ดบีดอิมัลชันที่ได้

ตารางที่ 3 สูตรส่วนผสมของอิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (O/W emulsion)

Part	Ingredient	Function	F11 %w/w	F12 %w/w	F13 %w/w	F14 %w/w
A	Water	Solvent	85.7	85.6	85.5	85.4
A	Xanthan gum	Thickener	0.0	0.1	0.2	0.3
A	Propylene glycol	Humectant	2.0	2.0	2.0	2.0
A	Sodium Alginate	Gelling Agent	0.3	0.3	0.3	0.3
B	Emulium Mellifera	Emulsifier	3.0	3.0	3.0	3.0
B	Jojoba Oil	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0
B	MCT	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0
B	IPP	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0
	Total		100.0	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 4 สูตรส่วนผสมของอิมัลชันชนิดซิลิโคนมันกระจายตัวในน้ำ (Si/W emulsion)

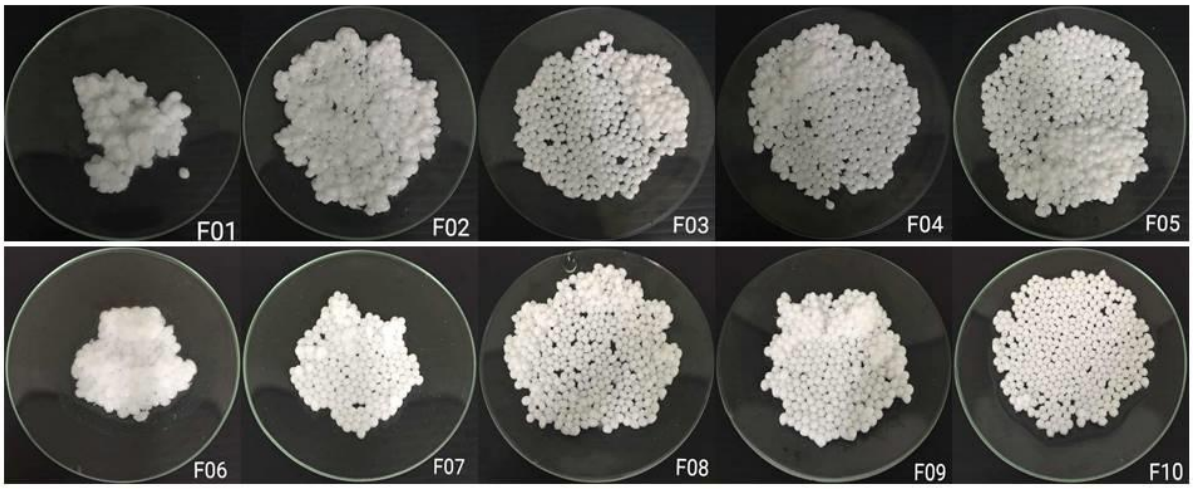
Part	Ingredient	Function	F15 %w/w	F16 %w/w	F17 %w/w	F18 %w/w
A	Water	Solvent	86.7	86.6	86.5	86.4
A	Xanthan gum	Thickener	0.0	0.1	0.2	0.3
A	Propylene glycol	Humectant	2.0	2.0	2.0	2.0
A	Sodium Alginate	Gelling Agent	0.2	0.2	0.2	0.2
B	Abil care 85	Emulsifier	3.0	3.0	3.0	3.0
B	Dimethicone 100 cs	Emollient	3.0	3.00	3.0	3.0
B	Dimethicone 350 cs	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0
B	Cyclopentasiloxane	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0
B	Stearyl alcohol	Emollient	3.0	3.0	3.0	3.0
	Total		100.0	100.0	100.0	100.0

ผลการวิจัย

1. การศึกษาปริมาณโซเดียมอัลจิเนตที่เหมาะสมในการเกิดเม็ดบีดอิมัลชัน

จากการศึกษาปริมาณสาร sodium alginate ที่เหมาะสมในการเกิดเม็ดบีดจากอิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (O/W emulsion) และอิมัลชันชนิดซิลิโคนกระจายตัวในน้ำ (Si/W emulsion) โดยการศึกษาหาความเข้มข้นของ sodium

alginate ที่สามารถเกิดการ polymerization กับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (coagulation fluid) พบว่า อิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำที่ได้จากสูตร F03 F04 และ F05 และ อิมัลชันชนิดซิลิโคนกระจายตัวในน้ำสูตร F07 F08 F09 และ F10 ให้เม็ดบีดอิมัลชันที่มีลักษณะทรงกลม ส่วนเม็ดบีดอิมัลชันที่ได้จากสูตร F01, F02 และ F06 ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นทรงกลมและมีลักษณะเละ ลักษณะของเม็ดบีดอิมัลชันที่ได้จากสูตร F01 – F10 แสดงดังภาพที่ 1 ดังนั้นจากผลที่ได้จึงเลือกเม็ดบีดอิมัลชันสูตร F03 (sodium alginate 0.3%) สำหรับอิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (O/W emulsion) และสูตร F07 (sodium alginate 0.2%) สำหรับอิมัลชันชนิดซิลิโคนกระจายตัวในน้ำ (Si/W emulsion) เนื่องจากเป็นสูตรที่มีปริมาณการใช้สาร sodium alginate น้อยที่สุดและได้เม็ดบีดอิมัลชันที่มีลักษณะตามต้องการ



ภาพที่ 1 ลักษณะของเม็ดบีดอิมัลชัน

2. การศึกษาผลของปริมาณแซนแทนกัมต่อความหนืดอิมัลชันและขนาดของเม็ดบีดอิมัลชัน

จากการศึกษาปริมาณสาร xanthan gum ที่มีผลต่อความหนืดของอิมัลชันทั้งสองชนิดและผลต่อขนาดเม็ดบีดอิมัลชันที่เตรียมได้ ผลแสดงดังตารางที่ 5 พบว่า สูตรที่มีปริมาณแซนแทนกัมสูงจะมีค่าความหนืดสูง ส่งผลให้ได้เม็ดบีดที่มีขนาดใหญ่ จากผลการศึกษาจึงได้เลือกสูตร F14 (xanthan gum 0.3%) สำหรับ สำหรับอิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (O/W emulsion) และ F18 (xanthan gum 0.3%) สำหรับอิมัลชันชนิดซิลิโคนกระจายตัวในน้ำ (Si/W emulsion) เนื่องจากให้เม็ดบีดที่มีลักษณะและขนาดที่เหมาะสม

ตารางที่ 5 ผลของปริมาณแซนแทนกัมต่อความหนืดอิมัลชันและขนาดของเม็ดบีดอิมัลชัน

สูตร ปริมาณ xanthan gum (ชนิดอิมัลชัน)	ความหนืด (cp) ± SD	ขนาดเม็ดบีด (mm.) ± SD
F11 0.0% (O/W)	163.3±25.50	2.83±0.28
F12 0.1% (O/W)	174.5±14.54	3.11±0.26
F13 0.2% (O/W)	196.7±3.00	3.26±0.19
F14 0.3% (O/W)	287.7±14.10	3.40±0.18
F15 0.0% (Si/W)	60.1±7.46	2.31±0.32
F16 0.1% (Si/W)	136.7±16.01	2.58±0.25
F17 0.2% (Si/W)	219.1±24.43	2.81±0.22
F18 0.3% (Si/W)	232.4±14.69	3.03±0.20

อภิปรายผล

ผลการทดลองศึกษาปริมาณสารโซเดียมอัลจิเนต (sodium alginate) ที่เหมาะสมในการเกิดเม็ดบีด หรือการเกิด cross-link ในตำรับอิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (O/W emulsion) และตำรับอิมัลชันชนิดซิลิโคนมันกระจายตัวในน้ำ (Si/W emulsion) โดยการศึกษาหาความเข้มข้นของ sodium alginate ที่น้อยที่สุดที่สามารถเกิดการ cross-link กับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (coagulation fluid) ที่ความเข็มข้น 1.0% w/v ได้และให้เม็ดบีดอิมัลชันที่มีลักษณะทรงกลมอ่อนนุ่มและกระจายตัวได้ง่ายเมื่อทาบนผิว ซึ่งความสามารถในการเกิดเจลหรือเกิดการ cross-link กันนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยปริมาณของสารทั้งสองชนิดคือโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ ดังผลการศึกษาของ Lilinga et al. (2016) หากปริมาณ sodium alginate ที่ไม่เพียงพอต่อการ cross-link จะส่งผลให้ไม่เกิดเม็ดบีดอิมัลชันที่เป็นทรงกลมได้ จึงมีลักษณะไม่เป็นรูปทรง เกาะกลุ่มกัน อ่อนนุ่มมากและไม่สามารถแยกเป็นเม็ดได้ ดังรูปที่ 2 สูตร F01, F02 และ F06 หากปริมาณ sodium alginate ที่มากเกินไปจะมีผลทำให้เกิดการ cross-link ได้ดี ส่งผลให้เกิดเม็ดบีดอิมัลชันมีผนังที่แข็ง แตกยากและกระจายตัวได้ยากเมื่อทาบนผิว ในการทดลองนี้พบว่าปริมาณ sodium alginate ที่น้อยที่สุดที่สามารถเกิดเม็ดบีดอิมัลชันได้นั้นคือ 0.3% ในสูตร O/W Emulsion และ 0.2% ในสูตร Si/W Emulsion ดังรูปที่ 2 สูตร F03 และ F07 ตามลำดับ โดยที่สูตร F03 และ F07 ได้เม็ดบีดอิมัลชันที่มีลักษณะทรงกลม อ่อนนุ่มเมื่อทาบนผิวและไม่เกาะกลุ่มกันหรือเสียรูปทรงเมื่อทำการเก็บเม็ดบีด ดังนั้นจึงเลือกสูตร F03 และ F07 ที่ใช้ sodium alginate 0.2-0.3% ในการศึกษาปัจจัยของปริมาณสารแซนแทนกัมต่อไป

ผลการศึกษาความหนืดของตำรับอิมัลชันทั้งสองชนิดโดยการใช้สารแซนแทนกัม (xanthan gum) ซึ่งเป็นสารจากธรรมชาติทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืดในผลิตภัณฑ์ยาและเครื่องสำอาง (Katzbauer B., 1998) โดยการทดลองนี้ได้ศึกษาที่ปริมาณร้อยละ 0.0, 0.1, 0.2 และ 0.3 พบว่าอิมัลชันทั้งสองชนิดที่ได้มีความหนืดเพิ่มขึ้นแปรผันตรงตามปริมาณ xanthan gum ดังตารางที่ 5 และขนาดของเม็ดบีดอิมัลชันมีขนาดใหญ่ขึ้นแปรผันตรงกับค่าความหนืด เนื่องจากขนาดหยดอิมัลชันที่หยดจากปลายเข็มในขั้นตอนการผลิตเม็ดบีดขึ้นอยู่กับค่าแรงตึงผิวของของเหลว โดยที่ของเหลวที่มีความหนืดสูงจะมีค่าแรงตึงผิวมากขึ้นด้วย (Chena et al., 2016) ดังนั้นสูตรอิมัลชันที่มีปริมาณแซนแทนกัมสูงจะมีความหนืดสูงและค่าแรงตึงผิวสูง จึงทำให้ได้เม็ดบีดที่มีขนาดใหญ่ พบว่า สูตรตำรับ O/W emulsion ที่ให้เม็ดบีดอิมัลชันที่ใหญ่ที่สุดคือ F14 มีขนาดของเม็ดบีด 3.40±0.18 มิลลิเมตร และสูตรตำรับ Si/W emulsion พบว่า F18 ให้เม็ดบีดอิมัลชันที่ใหญ่ที่สุดคือขนาด 3.03±0.20 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยทั้งสองสูตรมีปริมาณของ xanthan gum เท่ากับร้อยละ 0.3 ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสม จากผลการศึกษา ผู้วิจัยจึงเสนอสูตร F14 ไปเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางได้ เนื่องจากมีรูปร่างและขนาดที่เหมาะสม มีความอ่อนนุ่มเมื่อทาลงไปบนผิวมากกว่าสูตร F18 ซึ่งเป็นเม็ดบีดที่ได้จากการเตรียมโดยอิมัลชันชนิดซิลิโคนมันกระจายตัวในน้ำ (Si/W emulsion) ทำให้เม็ดบีดที่ได้มีความอ่อนนุ่มน้อยกว่าตำรับอิมัลชันชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (O/W emulsion)

ผลจากการพัฒนาเม็ดบีดอิมัลชันนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้หลากหลาย ทั้งการผสมสารต่างๆ ลงไปในเม็ดบีดอิมัลชัน เช่น สารสกัดจากธรรมชาติ สารป้องกันแสงแดด เม็ดสีต่างๆ เพื่อเป็นการรักษาความคงตัวของสารนั้นๆ และเพิ่มความสวยงามและแปลกใหม่ให้กับผลิตเครื่องสำอางได้อีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า สารโซเดียมอัลจิเนตและสารแซนแทนกัมมีผลต่อการเกิดเม็ดบีดอิมัลชันทั้งชนิดน้ำมันกระจายตัวในน้ำ (O/W emulsion) และชนิดซิลิโคนมันกระจายตัวในน้ำ (Si/W emulsion) โดยปริมาณสารโซเดียมอัลจิเนตที่เหมาะสมในการเกิดเม็ดบีดที่มีลักษณะทรงกลมและอ่อนนุ่ม คือร้อยละ 0.2-0.3 ส่วนปริมาณแซนแทนกัมที่ให้เม็ดบีดขนาดใหญ่ที่สุดคือร้อยละ 0.3 และชนิดของอิมัลชันที่ทำให้เกิดเม็ดบีดมีลักษณะทรงกลมและอ่อนนุ่ม คือสูตรอิมัลชันชนิด O/W emulsion จากผลการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าสูตรการผลิตเม็ดบีดอิมัลชันที่เหมาะสมที่สุด คือ สูตรที่ F14 โดยจะได้เม็ดบีด

อิมัลชันที่มีลักษณะรูปร่างเป็นทรงกลม ขนาดเหมาะสม ผนังเม็ดบีดเปราะบางแตกง่าย และเมื่อทาบนผิวให้ความรู้สึกอ่อนนุ่ม ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของทุนสนับสนุนการสร้างนวัตกรรมทางการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร ที่ได้รับความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทดลอง และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Braithwaite, M. C., Tyagi, C., Tomar, L. K., Kumar, P., Choonara, Y. E., & Pillay, V. (2014). Nutraceutical-based therapeutics and formulation strategies augmenting their efficiency to complement modern medicine: An overview**. Journal of functional food,** (6), 82-99.

Chan, E.S. (2011). Preparation of Ca-alginate beads containing high oil content: Influence of process variables on encapsulation efficiency and bead properties. **Carbohydrate Polymers,** (84), 1267–1275.

Chena, S., Liua, K., Liub, C., Wanga, D., Baa, D., Xiea, Y., LincaSchool, Q. (2016). Effects of surface tension and viscosity on the forming and transferring process of microscale droplets. **Applied Surface Science,** (388), 196–202.

Durante, M., Lenucci, M. S., Laddomada, B., Mita, G., & Caretto, S. (2012). Effects of Sodium Alginate Bead Encapsulation on the Storage Stability of Durum Wheat (Triticum durum Desf.) Bran Oil Extracted by Supercritical CO2. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** (60), 10689–10695.

Katzbauer, B. (1998). Properties and applications of xanthan gum. **Polymer Degradarion and Smbility**, (59), 81-84.

Lilinga, G., Dia, Z., Jiachaoa, X., Xina, G., Xiaotinga, F., & QingbaCollege, Z. (2016). Effects of ionic crosslinking on physical and mechanical propertiesof alginate mulching films**. Carbohydrate Polymers**, (136), 259–265.

Mandal, S., Puniya, A. K., & Singh, K. (2006). Effect of alginate concentrations on survival of microencapsulated Lactobacillus casei NCDC-298. **International Dairy Journal,** (16), 1190–1195.

Tadros, T. F. (2007). **Colloids in Cosmetics and Personal Care**. Colloids and Interface Science, 4.

การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่น เรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

MULTIMEDIA DEVELOPMENT CARTOON FORMAT ANIMATION PREVENTION SMOKING FOR STUDENTS OF MATHAYOM 3

อาทิตยา ทองมี* ภราดร พิมพันธุ์ ดวงใจ พุทธเษม
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์
*corresponding author e-mail: artitaya.t@nsru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีวัตถุประสงค์ดังนี้ เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีคุณภาพ เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และเพื่อศึกษาความพึงพอใจ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย สื่อการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่จำนวน 4 ตอน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน – หลังเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 โรงเรียนวัดหนองพรมหน่อ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 16 คนเป็นกลุ่มทดลอง ผลการศึกษาพบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันว่าสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 นั้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่น เรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้รับการสอนด้วยสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ : การ์ตูนแอนิเมชั่น,การป้องกันการสูบบุหรี่,นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

Abstract

Research on the Development of Cartoon Multimedia Animation on Smoking Prevention. For students of Mathayom 3, the objectives are as follows. To create multimedia animated cartoon about anti-smoking. For high school students To study learning achievement before and after class To study satisfaction. Tools used in the study include: Animation cartoon about the prevention of smoking children in 4 episodes. Test of achievement before class - after class Satisfaction Questionnaire The samples used in the study were the Mathayom Suksa 3 students Wat Nongphromnor School Studying in the second semester of academic year 2560. 16 people were experimental. The study indicated that Experts have a consistent opinion that the multimedia cartoon format animation. About Smoking Prevention For students of Mathayom Suksa 3 The quality of the students was very good. The students were taught by using multimedia cartoon style. About Smoking Prevention The learning achievement after the study was significantly higher than the pre-learning level at the .05 level and the satisfaction of the Matthayomsuksa 3 students was taught by multimedia. smoking Satisfaction was at the highest level.

Keywords : animation Cartoon, Prevention Smoking, Mathayom 3 students

บทนำ

การบริโภคยาสูบเป็นปัญหาด้านสุขภาพที่สำคัญของประเทศไทยผู้ที่เริ่มต้นสูบบุหรี่ส่วนใหญ่จะเริ่มจากกลุ่มเด็กและเยาวชน ส่งผลให้เกิดการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร เนื่องจากสารประกอบที่อยู่ในบุหรี่หลายชนิดก่อให้เกิดโรคต่างๆ อาทิ โรคมะเร็ง โรคถุงลมโป่งพอง โรคหัวใจขาดเลือด เป็นต้น นอกจากจะเป็นปัญหาต่อสุขภาพแล้วยังส่งผลกระทบต่อปัญหาสังคมที่ก่อให้เกิดความสูญเสียในด้านต่างๆ อย่างประเมินค่ามิได้ ซึ่งสถานการณ์การบริโภคยาสูบของคนไทยลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงกว่า 20 ปี สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ได้ร่วมกับภาคีเครือข่ายทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน รวมทั้งนักวิชาการ ร่วมกันผลักดันให้คนไทย ลด ละ เลิก การสูบยาสูบทุกประเภท ส่งผลให้แนวโน้มการสูบบุหรี่ ลดลงโดยลำดับในช่วงปี 2534-2554 จากจำนวน 12.26 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 32 ของประชากรทั้งประเทศ ในปี 2534 เหลือ จำนวน 11.4 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 20.7 ของประชากรทั้งประเทศ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ พ.ศ. 2556) สมเกียรติ โสภณธรรมรักษ์ (ปกป้องเยาวชนไทยห่างไกลบุหรี่.2558:ระบบออนไลน์) ได้กล่าวว่า ในปี 2557 ประเทศไทยมีประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 54.8 ล้านคน ในจำนวนนี้เป็นผู้สูบบุหรี่ จำนวน 11.4 ล้านคน เมื่อเปรียบเทียบอัตราการสูบบุหรี่ระหว่าง ปี 2557 กับ ปี 2556 พบว่า ทั้งผู้ชายและผู้หญิง มีอัตราการสูบบุหรี่เพิ่มสูงขึ้น ผู้ชายเพิ่มจากร้อยละ 39 เป็นร้อยละ 40.5 ผู้หญิงเพิ่มเพียงเล็กน้อยจากร้อยละ 2.1 เป็น ร้อยละ 2.2 โดยอัตราการสูบบุหรี่ของผู้ชายมากกว่าผู้หญิง 18.4 เท่า ไพลิน เมฆฉาย (2557) ศึกษาการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเล่าเรื่องด้วยการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องระบบย่อยอาหารในร่างกายมนุษย์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน แบบเล่าเรื่องด้วยการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องระบบย่อยอาหารในร่างกายมนุษย์ สำ หรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่6 ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ อยู่ในระดับดีมากทั้งในด้านเนื้อหาและด้านการ ผลิตสื่อ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.13/85.33 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องระบบย่อยอาหารในร่างกาย มนุษย์ของนักเรียน ชั้น ประถมศึกษาปีที่6 ที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน แบบเล่าเรื่องด้วยการ์ตูนแอนิเมชั่น สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขณะนี้นำเทคโนโลยีมาผลิตสื่อการเรียนการสอนที่เป็น ตัวกลางในการสื่อความหมายระหว่างผู้สอน และผู้เรียนให้เข้าใจในสิ่งที่ต้องการถ่ายทอดซึ่งกันและกันได้ตรงตามความมุ่งหมาย สื่อการเรียนสอนมีอิทธิพล ที่จะจูงใจผู้เรียนให้สนใจเรียน ทำให้ได้รับความรู้จากสื่อการเรียน การสอน และช่วยให้จำความรู้ต่างๆได้มากขึ้น ซึ่งบางทีผู้สอนนั้นไม่สามารถดึงดูดความสนใจจากผู้เรียนได้เท่า การศึกษาจากสื่อการเรียนการสอนแบบการ์ตูน และสื่อการสอนประเภทนี้ยังสามารถแก้ไขทัศนคติของผู้เรียน ให้คล้อยตามและดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจการสร้างสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีคุณภาพ

2.เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการ ป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน

3.เพื่อศึกษาความพึงพอใจการสร้างสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1.ขั้นตอนการดเนินการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการวิเคราะห์

ผู้วิจัยได้ศึกษาตามสภาพจริง โดยสัมภาษณ์ ผู้อำนวยการโรงเรียน ครู ผู้ปกครอง และนักเรียนในโรงเรียนวัดหนองพรมหน่อ เพื่อการวิจัยสรุปได้ดังนี้ จากการสัมภาษณ์ผู้อำนวยการโรงเรียน คุณครู ผู้ปกครองและนักเรียนโรงเรียนวัดหนอง

พรมหน่อ ทราบปัญหาว่ามีนักเรียนชายระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนชายระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้มีสาเหตุมาจากพฤติกรรมลอกเลียแบบ ถูกชักจูง ให้สูบบุหรี่ ผู้ชายมีความเสี่ยงต่อการสูบบุหรี่เพราะเห็นตัวอย่าง การคบเพื่อนที่มีอายุมากกว่า ภายในชุมชนแถวบ้านทำให้เกิดการลอกเลียนแบบ จนทำให้มีพฤติกรรมในการสูบบุหรี่ แนวทางการป้องกันต้องให้ความรู้เรื่องบุหรี่ โทษและผลกระทบของบุหรี่ ถ้ามีสื่อการ์ตูนแอนิเมชั่นเพื่อให้ความรู้เรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ ซึ่งจะมีผลดีเพื่อให้ความรู้แก่นักเรียนมากขึ้นให้นักเรียนรู้ถึงโทษของบุหรี่ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะให้ความรู้และให้นักเรียนตระหนักถึงว่าบุหรี่เป็นสิ่งที่อันตรายต่อตนเองและคนรอบข้าง

ผู้วิจัยจึงสร้างสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่น เรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เน้นเสนอข้อมูลเนื้อหาสาระในลักษณะแบบสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นซึ่งประกอบไปด้วยภาพที่เป็นภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง ข้อความ ที่สามารถอธิบายในสิ่งที่จะเรียนรู้ ให้มีความเข้าใจดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นการออกแบบและขั้นพัฒนา

1.ขั้นออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1สื่อมัลติมีเดีย รูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่น เรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.2แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่น เรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.3แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่น เรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้สุขศึกษาและพลศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาสุขศึกษาและพลศึกษา

1.4แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังจากเรียนด้วยสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่น เรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้สุขศึกษาและพลศึกษา

2.ขั้นพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยนำสื่อการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผ่านการตรวจของผู้เชี่ยวชาญแล้วผู้ศึกษาได้ปรับปรุงแล้วเสร็จไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริง ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 จำนวน 7 คน โรงเรียนบ้านคลองม่วง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ผลการทดลองสรุปว่าสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่มีความเหมาะสมโดยรวมในด้านเนื้อหาของสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดีที่ค่าเฉลี่ย 4.20 ด้านภาพและเสียงมีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้ที่ค่าเฉลี่ย 2.60 และด้านเทคนิคคุณภาพอยู่ในระดับดี ที่ค่าเฉลี่ย 4.25 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการเรียนจากสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อยู่ในระดับดีที่ค่าเฉลี่ย 4.20

ผู้วิจัยมีการปรับปรุงและปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อการนำไปใช้ทดลองต่อกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

ขั้นที่ 3 ทดลองและประเมินผล

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 โรงเรียนวัดหนองพรมหน่อ จำนวนนักเรียน 16 คน

2. วิธีการดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยไดทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองที่โรงเรียนวัดหนองพรมหน่อโดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.1. ทำการทดสอบก่อนการเรียนด้วยแบบทดสอบ

2.2. ดำเนินการทดลอง โดยผู้ศึกษาในการวิจัยแนะนำสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ และดำเนินการเรียนการสอนโดยใช้เวลา 4 คาบเรียน (คาบเรียนละ 1ชั่วโมง) ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนไว้

2.3. ในคาบเรียนสุดท้าย ผู้ศึกษาการวิจัยให้นักเรียนทำการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยแบบทดสอบหลังเรียน และให้ผู้เรียนทำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนด้วยสื่อ มัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่น เรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่

2.4. นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบสอบถาม ระดับความพึงพอใจมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการทดสอบสมมติฐาน

2.สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

ค่าดัชนีความสอดคล้อง 1 แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังข้อนั้นได้ 0 ไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังข้อนั้นได้ -1 แน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่สามารถวัดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังข้อนั้นได้

ค่าความยากง่าย มากกว่า 0.8 ข้อสอบนั้นง่ายมาก ควรตัดทิ้ง 0.60-0.79 ข้อสอบนั้นค่อนข้างง่าย สามารถใช้ได้ 0.40-0.59 ข้อสอบนั้นยากง่ายปานกลาง สามารถใช้ได้ 0.20-0.39 ข้อสอบนั้นค่อนข้างยาก สามารถใช้ได้ 0.00-0.19 ข้อสอบนั้นยากมาก ควรตัดทิ้ง

ค่า t-test แบบ dependent ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ การประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชั่น โดยผู้เชี่ยวชาญ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 - 5.00 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 3.50 - 4.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับดี 2.50 - 3.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง 1.50 - 2.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับน้อย 1.00 - 1.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับน้อยที่สุด การประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่ต่อการ์ตูนแอนิเมชั่น ค่าเฉลี่ยเท่ากับ4.21-5.00 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด 3.41-4.20 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก 2.61-3.40 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง 1.81-2.60 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย 1.00-1.80 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

สื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีทั้งหมด 4 ตอน ในแต่ละตอนเวลาจะไม่เท่ากัน “ความยาวของตอนที่1 มารู้จักบุหรี่” 2 นาที 13 วินาที “ความยาวของตอนที่2 สาเหตุของการสูบบุหรี่” 3 นาที 22 วินาที “ความยาวของตอนที่3 ผลของการสูบบุหรี่” 4 นาที 18 วินาที “ความยาวของตอนที่4 วิธีการป้องกันการสูบบุหรี่” 1 นาที 45 วินาที โดยสร้างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประเภท 2 มิติ ที่มีความเหมาะสมนำมาพัฒนาสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ เนื้อหาสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นการให้ความรู้เกี่ยวกับบุหรี่ สาเหตุ ผลกระทบ และวิธีการป้องกัน ให้นักเรียนตระหนักถึงอันตรายของบุหรี่ เป็นสื่อมัลติมีเดียประกอบไปด้วย ตัวอักษร ภาพนิ่งภาพเคลื่อนไหว เสียง มีปฏิสัมพันธ์กันเป็นเรื่องราวในรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่น เป็นการสร้างภาพเคลื่อนไหว เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจ และเกิดจินตนาการเกิดความสนุกสนานและได้ อรรถรสในการรับชม ทำให้นักเรียนมีความรู้เรื่องบุหรี่มากขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

หลังจากออกแบบและพัฒนาการ์ตูนเสร็จแล้ว จึงให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและทำการประเมิน คุณภาพการ์ตูน นำการ์ตูนให้กลุ่มตัวอย่างเรียนและทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และประเมินความพึงพอใจ ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินมีดังนี้

1. ผลการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 ที่มีคุณภาพ

2. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชั่น โดยผู้เชี่ยวชาญ

นำคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผู้วิจัยโดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ ดังนี้ 4.51 - 5.00 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 3.50 - 4.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับดี 2.50 - 3.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง 1.50 - 2.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับน้อย 1.00 - 1.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับน้อยที่สุด

รายการ	**ระดับความคิดเห็น**		
	$\bar{x}$	**S.D.**	**การแปลผล**
1.เนื้อหาของสื่อ	4.52	0.41	คุณภาพระดับดีมาก
2.ภาพและเสียง	4.80	0.21	คุณภาพระดับดีมาก
3.เทคนิค	4.40	0.36	คุณภาพระดับดีมาก
ภาพรวม	4.57	0.32	คุณภาพระดับดีมาก

ผลปรากฏว่า สื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ มีความเหมาะสมโดยรวมในด้านเนื้อหาของสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากที่ค่าเฉลี่ย 4.52 ด้านภาพและเสียงมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากที่ค่าเฉลี่ย 4.80 ด้านเทคนิคคุณภาพอยู่ในระดับดีมากที่ค่าเฉลี่ย 4.57

ตารางที่ 2 แสดงผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียนที่เรียนด้วยสื่อมัลติมีเดีย รูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หาค่า t-test แบบ dependent

กลุ่มทดลอง	**N**	$\bar{x}$	**S.D.**	**t**
ก่อนเรียน	16	14.44	3.829	5.599*
หลังเรียน	16	19.69	4.029	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่ต่อการ์ตูนแอนิเมชั่น

รายการ	**ระดับความคิดเห็น**		
	$\bar{x}$	**S.D.**	**การแปลผล**
1.ด้านการดำเนินเรื่อง	4.62	0.34	ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
2.ด้านรูปภาพ	4.73	0.43	ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
3.ด้านเสียง	4.64	0.28	ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
4.ด้านอื่น ๆ	4.68	0.28	ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
ภาพรวม	4.70	0.33	ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

นำคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มาหาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผู้วิจัยโดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ ดังนี้ 4.21-5.00 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด 3.41-4.20 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก 2.61-3.40 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง 1.81-2.60 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย 1.00-1.80 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

จากผลแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้รับการสอนด้วยสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่พบว่า นักเรียนมีความพอใจด้านการดำเนินเรื่องความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.62 ด้านรูปภาพความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.73 ด้านเสียงความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.64 และด้านอื่น ๆความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.68

อภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ทั้งหมด 4 ตอนที่มีคุณภาพซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ มีความเหมาะสมโดยรวมในด้านเนื้อหาของสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากที่ค่าเฉลี่ย 4.40 ด้านภาพและเสียงมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากที่ค่าเฉลี่ย 4.78 ด้านเทคนิคคุณภาพอยู่ในระดับดีมากที่ค่าเฉลี่ย 4.25 ศึกษาผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยสื่อมัลติมีเดียรูปแบบ การ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการ ป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดหนองพรมหน่อ ที่ได้รับการสอนด้วยสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสุขศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้รับการสอนด้วยสื่อมัลติมีเดียรูปแบบ การ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่พบว่า นักเรียนมีความพอใจด้านการดำเนินเรื่องความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.62 ด้านรูปภาพความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.73 ด้านเสียงความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.64 และด้านอื่น ๆความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.68 อภิปรายผลได้ดังนี้

1.นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเข้าใจในเนื้อหาของการ์ตูนแอนิเมชั่น เรื่องบุหรี่เพิ่มมากขึ้นหลังจากที่ได้ดูการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ ทั้งหมด 4 ตอน ซึ่งสอดคล้องกับ (ชัชลิตา ชาวาลี , 2558) ซึ่งวิจัยเรื่อง “ผลการพัฒนาความฉลาดทางจริยธรรมของเด็กปฐมวัยโดยใช้โปรแกรมจริยธรรมการ์ตูนแอนิเมชั่นและโปรแกรมจริยธรรมหนังสือนิทาน” ผลจากการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยมีการวัดค่าทางสถิติจากการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องจริยธรรม อยู่ที่ระดับ 0.05

2.ผลการเรียนรู้ด้วยการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ ทั้งหมด 4 ตอน พบว่าผลการเรียนรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาของการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้เนื่องจากการ์ตูนมีสีสันสวยงาม สดใส เร้าความสนใจ ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ เนื้อหาที่นำเสนอเข้าใจง่าย มีดนตรีเสียงพากย์ประกอบทำให้นักเรียนเกิดจินตนาการไปกับการ์ตูนแอนิเมชั่น และภาพที่สื่อความหมายได้ชัดเจน จึงทำให้เด็กสนใจเกิดความรู้และตระหนักถึงพิษภัยของบุหรี่มากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 บรรลุวัตถุประสงค์ดังนี้ คือ

1. ได้สื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นการ์ตูนแอนิเมชั่น 2 มิติ มีการเคลื่อนไหวตลอดทั้งเรื่อง มีทั้งหมด 4 ตอน ในแต่ละตอนเวลาจะไม่เท่ากัน “ความยาวของตอนที่1 มารู้จักบุหรี่” 2 นาที 13 วินาที “ความยาวของตอนที่2 สาเหตุของการสูบบุหรี่” 3 นาที 22 วินาที “ความยาวของ

ตอนที่3 ผลของการสูบบุหรี่” 4 นาที 18 วินาที “ความยาวของตอนที่4 วิธีการป้องกันการสูบบุหรี่” 1 นาที 45 วินาที มีเสียงพากย์ของตัวละคร มีเสียงบรรยายประกอบ และมีเสียงดนตรี ประกอบตลอดทั้งเรื่อง ตัวละครเป็นผู้ดำเนินเรื่องทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามบทดำเนินเรื่องที่ได้ออกแบบไว้การประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชั่นโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลปรากฏว่า สื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ มีความเหมาะสมโดยรวมในด้านเนื้อหาของสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากที่ค่าเฉลี่ย 4.52 ด้านภาพและเสียงมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากที่ค่าเฉลี่ย 4.80 ด้านเทคนิคคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.57

2.ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนพบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดหนองพรมหน่อ ที่ได้รับการสอนด้วยสื่อมัลติมีเดียรูปแบบ การ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ มี คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการด้วยการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.ได้ผลแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้รับการสอนด้วยสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่พบว่า นักเรียนมีความพอใจด้านการดำเนินเรื่องความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.62 ด้านรูปภาพความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.73 ด้านเสียงความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.64 และด้านอื่น ๆความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.68

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือ ความกรุณา และคำแนะนำอย่างดียิ่งจาก อาจารย์ภราดร พิมพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งผู้อำนวยการโรงเรียนวัดหนองพรมหน่อ ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านคลองม่วง และคณะครูที่อำนวยความสะดวก และเมตตาให้คำปรึกษาแนะนำในการทำวิจัยนี้ทุกขั้นตอน รวมถึงขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านคลองม่วงที่ให้ความร่วมมือในการทดลองสื่อก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง และขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดหนองพรมหน่อที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยครั้งนี้ ทำให้ผู้จัดทำได้รับประสบการณ์ทำวิจัยและรู้ถึงคุณค่าของงานวิจัย ที่จะช่วยให้พัฒนาสื่อมัลติมีเดียรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องการป้องกันการสูบบุหรี่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นไปอย่างมีคุณค่า ผู้จัดทำขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

ชัชลิตา ชาวลี. (2558). **การพัฒนาความฉลาดทางจริยธรรมของเด็กปฐมวัยโดยใช้โปรแกรมจริยธรรม การ์ตูนแอนิเมชั่นและโปรแกรมจริยธรรมหนังสือนิทาน**.วิทยานิพนธ์จิตวิทยาการศึกษาและการแนะแนวมหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ไพลิน เมฆฉาย. (2557). **การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเล่าเรื่องด้วยการ์ตูนแอนิเมชั่นเรื่องระบบย่อยอาหารในร่างกายมนุษย์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**.วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยรามคำแหง. สำนักหอสมุดกลาง : กรุงเทพมหานคร.

สมเกียรติ โสภณธรรมรักษ์. (2558). **ปกป้องเยาวชนไทยห่างไกลบุหรี่.**http://www.thaihealth.or.th (ค้นเมื่อ: 10 กุมภาพันธ์ 2560)

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2550). **การสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่ของประชากรที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปขึ้นไปประจำปี 2550**. http://www.ashthailand.or.th/th/content_image/informationcenter/236.pdf (ค้นเมื่อ: 8 กันยายน 2559)

สารสกัดจากต้นจัน (*Diospyros decandra* Lour.) เพื่อใช้เป็นสีย้อมเส้นไหม
EXTRACT FROM *DIOSPYROS DECANDRA* LOUR. FOR USE AS DYEING SILK

เบญจวรรณ หิรัญโกย และ กาญจนา ธนนพคุณ*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : kanjanawongkuna@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาการย้อมสีเส้นไหมจากสารสกัดจากส่วนต่างๆ (ผลสด ผลแห้ง ใบ และกิ่ง) ของต้นจัน ได้ดำเนินการตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 โดยเก็บส่วนต่างๆ ของต้นจันจากพื้นที่ใน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก และนำมาสกัดสีย้อมด้วยวิธีการสกัดร้อนและย้อมสีเส้นไหมโดยใช้สารส้มเป็นมอร์แดนท์ด้วยการย้อม 3 วิธี คือ การย้อมมอร์แดนท์ก่อนย้อมน้ำสี การย้อมมอร์แดนท์พร้อมย้อมน้ำสี และการย้อมมอร์แดนท์หลังย้อมน้ำสีและวัดค่าสีตามระบบ CIELB พบว่าสีเส้นไหมที่ย้อมได้เป็นเฉดสีแดงปนเหลือง (น้ำตาล) โดยแสดงค่า L* (ความสว่าง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เส้นไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมสีจากกิ่งจันก่อนย้อมมอร์แดนท์มีค่า L* สูงสุด (77.65) ส่วนย้อมสีเส้นไหมจากใบหลังย้อมมอร์แดนท์มีค่า L* ต่ำสุด (55.83) ส่วนค่า a* (ความเป็นสีแดง) b* (ความเป็นสีเหลือง) C* (ความสดใส) และ h* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าเส้นไหมที่ผ่านการย้อมจากสารสกัดจากผลสดตากแห้งและย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมมีความของทนของสีเส้นไหมต่อแสงแดดมากที่สุด ส่วนเส้นไหมที่ผ่านการย้อมจากสารสกัดจากกิ่งทั้ง 3 วิธีการย้อมมีความซีดจางมากที่สุด

คำสำคัญ : การย้อมไหม สีย้อมธรรมชาติ จัน

Abstract

The study on dyeing silk by Gold apple (*Diospyros decandra* Lour.) extracts *viz.,* fleshy fruit, dry fruit, leave and branch was conducted between May to August, 2017. Parts of Gold apple were collected in Mueang District, Phitsanulok Province and extracted by hot pressed. Dyeing silk processes use Potassium Alum mordant in 3 methods (dyeing silk before add mordant, dyeing silk with mordant and dyeing silk after add mordant) and measure the color by CIELB system. The color of dyeing silk is red-yellow shade (brown), their color values in CIELB system are L*(lightness) different level of 0.0 5 statistically significant. The highest of L*=77.65 is dyeing silk by Gold apple branch extract before add mordent, while the lowest of L* = 55.83 is dyeing silk by Gold apple leaves extract after add mordent. While a*(the red values), b*(the yellow values) C*(chroma) and h*(hue) are non-significance at the 0.05 level. And, The color fastness of dyeing silk by dry fruit extract before add mordent are very good to light but dyeing silk by branch extract in 3 methods are very poor to light.

Keywords : dyeing silk, natural dye, *Diospyros decandra*

บทนำ

จัน หรือ Gold apple (*Diospyros decandra* Lour.) มีชื่อเรียกอื่นๆ ในแต่ละท้องถิ่นได้แก่ จัน, จันขาว, จันลูกหอม, จันอิน, จันโอ, และ อิน (เต็ม, 2557) ปัจจุบันต้นจันกลายเป็นเพียงพืชที่เคยมีคนรู้จัก ไม่รู้ถึงการใช้ประโยชน์และมีความสำคัญอย่างไรบ้าง อาจเนื่องมาจากกลิ่นที่มีความเฉพาะตัวบางคนชอบ บางคนไม่ชอบ และแม้ว่าผลสุกจะมีรสหวานแต่ก็ยังมีความฝาด อีกทั้งผลสุกมีอายุการเก็บสั้นจึงเน่าเสียได้ง่าย การแปรรูปเป็นขนมหรืออาหารมีเพียงรุ่นปู่ย่าตายายเท่านั้นที่รู้จัก ต้นจันจึงกลายเป็นเพียงต้นไม้โบราณ ที่ในปัจจุบันหาดูค่อนข้างยากสำหรับคนในยุคนี้ จึงทำให้คนส่วนใหญ่รวมถึงนักวิจัยมักเข้าใจว่าเป็นไม้หวงห้าม หายากและใกล้สูญพันธุ์ แต่เมื่อตรวจสอบจากข้อมูลของ IUCN Red List ต้นจันยังไม่ได้อยู่ในรายชื่อพืชใกล้สูญพันธุ์ (The IUCN Red List of Theatened Species, 2017) แต่เป็นเพียงพืชที่กำลังจะถูกลืม จึงทำให้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นจันในปัจจุบันมีอยู่น้อยมากเคยมีข้อมูลการศึกษาวิจัยผลไม้ในไทย มีรายงานว่าน้ำลูกจัน มีฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระและมีฤทธิ์ช่วยยับยั้งการแตกตัวของเม็ดเลือดแดงได้ (นิดดาและทวีทอง, 2550) และมีการนำแก่นจันมาทำยาหรือเครื่องหอม หรือวางไว้ตามมุมห้องเพื่อให้เกิดกลิ่นหอมในห้อง ผลสุกนำมารับประทาน พบว่าชาวอีสานจะนำผลดิบมาทำส้มตำ ส่วนผลสุกนำมาทานเล่นเนื่องจากมีรสหวาน (กรณ์กาญจน์, 2552) เป็นต้น แต่ก็ไม่มีงานวิจัยต่อเนื่องใดใดเกี่ยวกับต้นจันจนถึงปัจจุบัน เพราะฉะนั้นหากคนในท้องถิ่นไม่เห็นคุณค่าและความสำคัญหรือคุณประโยชน์ของพืชชนิดนี้ ในอนาคตต้นจันอาจกลายเป็นพืชที่อยู่ในรายชื่อใกล้สูญพันธุ์ก็เป็นได้ ซึ่งจากการลงพื้นที่เพื่อดำเนินการสนับสนุนให้องค์การบริหารส่วนตำบลต่างๆ ในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก เข้าร่วมสนองโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อให้คนในชุมชนตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรที่มีในพื้นที่ของตนเอง จึงทำให้พบว่าชาวบ้านในตำบลวัดจันทร์มีความต้องการที่จะอนุรักษ์ต้นจัน โดยเล็งเห็นว่าต้นจันเป็นต้นไม้ที่มีความสำคัญต่อชุมชนมาอย่างยาวนาน ถือเป็นสัญลักษณ์ของชุมชนวัดจันทร์เลยก็ว่าได้เนื่องจากในอดีตเคยมีต้นจันขนาดใหญ่อยู่ 1 ต้น และมีอีกหลายๆ ต้นขึ้นอยู่ในวัดและรอบวัด จนกลายเป็นที่มาของชื่อวัดจันทร์นั้นเอง แต่ปัจจุบันกลับหลงเหลืออยู่เพียง 3 ต้นเท่านั้น ซึ่งแต่ละต้นก็มีอายุมากและดูทรุดโทรม เช่น มีปลวกขึ้น หากไม่มีการอนุรักษ์ไว้ต้นจันอาจจะสูญหายไปจากพื้นที่ได้ ดังนั้นการวิจัยเพื่อเพิ่มคุณประโยชน์ของต้นจันและมีข้อมูลสู่การใช้ประโยชน์เพื่อสนับสนุนให้คนในชุมชนและคนทั่วไปตระหนักในคุณค่าของพืชชนิดนี้ จึงควรเกิดขึ้นในหลากหลายมิติ ทั้งนี้เคยมีรายงานการใช้พืชในวงศ์และสกุลเดียวกันในการสกัดสีย้อม ได้แก่ ต้นมะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.) ซึ่งให้สีดำเมื่อย้อมและใช้ทำสีย้อมกันอย่างแพร่หลาย (สุจิตราและคณะ, 2552) ในกลุ่มสีย้อมธรรมชาติ ซึ่งปัจจุบันการย้อมผ้าจากสีวัสดุธรรมชาติ กำลังกลับมาเป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากพบว่าสีสังเคราะห์บางตัวและบางกลุ่มสามารถเกิดการสลายตัวให้สารก่อมะเร็ง และยังก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมจนกระทั่งหลายประเทศประกาศห้ามใช้สีสังเคราะห์บางชนิด (มนตรา, 2548) ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์นำส่วนต่างๆ ของต้นจันจากพื้นที่ในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลกมาศึกษาเพื่อสกัดสีย้อมและทดสอบการติดสีย้อมกับเส้นไหม ซึ่งคาดว่าทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานด้านงานย้อมสีจากต้นจัน ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน และสามารถเพิ่มคุณค่าเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของต้นจันเพื่อช่วยสนับสนุนให้คนในชุมชนตำบลวัดจันทร์และตำบลอื่นๆ หรือบุคคลทั่วไปตระหนักและเห็นคุณค่าของต้นจัน และนำไปสู่การอนุรักษ์ที่ยั่งยืนได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ค้นคว้าและคัดเลือกวิธีในการสกัดสีย้อมธรรมชาติ วิธีย้อมสีกับวัสดุ และการใช้สารช่วยติดสี ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการสกัดและวิธีการย้อมตามวิธีของพินัย (2548) และเลือกใช้สารส้ม (Potassiumaluminium Alum หรือ Potassium Alum) เป็นมอร์แดนท์ ตามวิธีการของพรเพ็ญและคณะ (2556) ซึ่งพบว่าสารส้มช่วยทำให้สีติดเส้นใยผ้าได้ดี และสามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก

2. สกัดสีย้อมจากส่วนต่างๆ ของต้นจันได้แก่ ผลสด ผลสดตากแห้ง ใบ และกิ่ง โดยเก็บส่วนของพืชจากเขตอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคมพ.ศ. 2560 และนำส่วนต่างๆ ที่ได้มาตำหรือสับและผสมน้ำดัง

อัตราส่วนต่อไปนี้ ผลสด (1000 g : 2000 ml), ผลสดตากแห้ง (300 g : 3000 ml), ใบ (300 g : 3000 ml), กิ่ง (300 g : 3000 ml) ตามลำดับ ต้มจนเดือด เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบาง แล้ววัด pH ของน้ำสีที่ได้ด้วย pH meter

3. การเตรียมเส้นไหม งานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้เส้นไหมเป็นวัสดุย้อม เนื่องจากจากการศึกษางานวิจัยทางด้านงานสีย้อมจากวัสดุธรรมชาติส่วนใหญ่มักนำเส้นไหมมาใช้ในการย้อมเพราะเส้นใยไหมติดสีได้ง่าย โดยเตรียมเส้นไหมที่ผ่านการฟอกสีแล้วหนัก 10 g. ขนาดความยาว 15 cm. จากนั้นแบ่งเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน เพื่อสำหรับย้อมสีที่สกัดได้จากส่วนต่างๆ ของต้นจัน โดยแต่ละส่วนนำมาแบ่งเป็นมัดเล็กๆ จำนวนมัดละเท่าๆ กันอีก 3 มัดเพื่อสำหรับการย้อมซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ

4. ย้อมสีที่ได้ทั้ง 4 ส่วนกับเส้นไหมด้วยวิธีการย้อม 3 แบบ คือ 1) การย้อมมอร์แดนท์ก่อนการย้อมน้ำสี 2) การย้อมมอร์แดนท์พร้อมการย้อมน้ำสี และ 3) การย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมน้ำสี โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การย้อมมอร์แดนท์ก่อนการย้อมน้ำสี โดยการละลายสารส้ม 2 g. ในน้ำ 200 ml. อุ่นที่อุณหภูมิ 50-65 องศาเซลเซียส ใส่เส้นไหมลงย้อมและให้ความร้อนต่อไปที่อุณหภูมิเดิมเป็นเวลานาน 30 นาที จากนั้นนำเส้นไหมขึ้นบิดหมาดให้ความร้อนน้ำย้อมที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส แล้วใส่เส้นไหมที่ย้อมมอร์แดนท์ไว้แล้วลงย้อมต่อไปนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดจนน้ำที่ล้างออกมาใส บิดให้หมาดแล้วกระตุกเล็กน้อยก่อนตากในที่ร่มให้แห้ง และย้อมซ้ำอีก 2 ครั้งตามวิธีข้างต้น

4.2 การย้อมมอร์แดนท์พร้อมการย้อมน้ำสี โดยการละลายสารส้ม 2 g. ในน้ำ 200 ml ใส่ในน้ำย้อมที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส แล้วใส่เส้นไหมลงย้อมนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดจนน้ำที่ล้างออกมาใส บิดให้หมาดแล้วกระตุกเล็กน้อยก่อนตากในที่ร่มให้แห้ง และย้อมซ้ำอีก 2 ครั้งตามวิธีข้างต้น

4.3 การย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมน้ำสี โดยการให้ความร้อนน้ำย้อมที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส แล้วใส่เส้นไหมลงย้อมนาน 1 ชั่วโมง นำเส้นไหมขึ้นมาแล้วใส่แช่ในสารละลายสารส้ม โดยการเตรียมสารละลายสารส้ม 2 g. ในน้ำ 200 ml. อุ่นที่อุณหภูมิ 50-65 องศาเซลเซียส ใส่เส้นไหมที่ย้อมน้ำสีแล้วลงแช่และให้ความร้อนต่อไปที่อุณหภูมิเดิมเป็นเวลานาน 30 นาที จากนั้นนำเส้นไหมขึ้นบิดหมาดจากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดจนน้ำที่ล้างออกมาใส บิดให้หมาดแล้วกระตุกเล็กน้อยก่อนตากในที่ร่มให้แห้ง และย้อมซ้ำอีก 2 ครั้งตามวิธีข้างต้น

5. การทดสอบความคงทนของเส้นไหมที่ผ่านการย้อมด้วยสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของต้นจันต่อแสงแดด โดยนำเส้นไหมที่ผ่านการย้อมด้วยสีสกัดที่ได้จากส่วนต่างๆ จากต้นจันแล้วเย็บติดกับกระดาษแข็งสีขาว นำไปตากแดด นาน 8 ชั่วโมง เวลา 08.00-16.00 น. เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ และนำมาวัดความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยการวัดค่าสี

6. การวัดค่าสี โดยนำเส้นไหมที่ย้อมและตากจนแห้งแล้วทุกตัวอย่างวัดหาค่าสีในระบบ CIELB ได้ค่า L*,a*,b*,C*,h* โดยใช้ อุปกรณ์วัดสี spectrophotometer รุ่น Minolta

ผลการวิจัย

จากการสกัดสีย้อมจากส่วนต่างๆ ของต้นจันได้แก่ ผลสด ผลสดตากแห้ง ใบ และกิ่งพบว่าสีย้อมที่ได้มีค่า ph อยู่ระหว่าง 7.30-5.32 โดยสีย้อมสกัดที่ได้จากกิ่งมีค่ามากที่สุดคือ 7.30±6.56 และจากผลสดมีค่าน้อยที่สุดคือ 5.32±5.38 และเมื่อย้อมสีเส้นไหมทั้ง 3 วิธี พบว่าสีที่ได้ส่วนใหญ่เป็นสีในเฉดสีแดงปนเหลือง (น้ำตาล) โดยแสดงค่า L* (ความสว่าง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยเส้นไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมจากกิ่งจันก่อนย้อมมอร์แดนท์มีค่า L* สูงสุด (77.65) ส่วนย้อมสีจากใบหลังย้อมมอร์แดนท์มีค่า L* ต่ำสุด (55.83) และมีค่า a* (ความเป็นสีแดง) b* (ความเป็นสีเหลือง) C* (ความสดใส) และ h* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่า a* พบว่าการย้อมสีย้อมจากผลสดพร้อมย้อมมอร์แดนท์มีค่าสูงที่สุด (13.08) และย้อมสีจากกิ่งก่อนย้อมมอร์แดนท์มีค่า a* ต่ำสุด (4.50) ค่า b* พบว่าย้อมสีจากใบพร้อมย้อมมอร์แดนท์มีค่าสูงสุด (25.70) และย้อมสีจากกิ่งก่อนย้อมมอร์แดนท์มีค่า b* ต่ำสุด (12.81) ค่า C* พบว่าย้อมสีจากผลสดตากแห้งหลังย้อมมอร์แดนท์มีค่าสูงสุด (50.07) ส่วนย้อมสีจากกิ่งก่อนย้อมมอร์แดนท์มีค่าต่ำสุด (15.26) และ h* พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 50.19 ถึง 75.32 องศา ซึ่งแสดงว่าตำแหน่งสีของผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากส่วนต่างๆ ของต้นจันทั้ง 3 วิธี

ย้อมเป็นเฉดสีแดงปนเหลือง (น้ำตาล) โดยเส้นไหมที่ย้อมสีจากกิ่งพร้อมย้อมมอร์แดนท์มีค่า h* สูงสุด (75.32) ส่วนต่ำสุด (50.19) คือเส้นไหมที่ย้อมสีจากผลสดพร้อมย้อมมอร์แดนท์ (ตารางที่ 1 และ 2)

ผลการศึกษาความคงทนของสีเส้นไหมที่ผ่านการย้อมด้วยสีสกัดที่ได้จากส่วนต่างๆ ของต้นจันจากทั้ง 3 วิธีย้อม พบว่าส่วนใหญ่มีสีซีดลงและมีเส้นไหมบางส่วนที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงหลังการตากแดด โดยพบว่าเส้นไหมที่ผ่านการย้อมจากสารสกัดจากกิ่งของต้นจันมีความซีดจางสูงสุด ส่วนเส้นไหมที่ผ่านการย้อมจากสารสกัดจากผลสดตากแห้งพบว่ามีความของทนของสีเส้นไหมต่อแสงแดดมากที่สุด (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 ค่าสี L*a* b* C* h* ของไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมจากส่วนต่างๆ ของต้นจัน

ส่วนต่างๆ จากต้นจัน	วิธีการย้อม	ค่าเฉลี่ยสี				
		L*	a*	b*	C*	h*
ผลสด	ย้อมมอร์แดนท์ก่อน	66.33^{a}±66.57	8.20^{b}±8.74	13.43^{b}±16.50	15.74^{b}±27.13	58.67±62.23
	ย้อมมอร์แดนท์พร้อม	64.16^{a}±65.86	**13.08^{b}±10.43****	16.05^{b}±19.28	20.71^{b}±22.09	**50.19±61.46***
	ย้อมมอร์แดนท์หลัง	60.69^{a}±65.16	10.89^{b}±8.88	12.99^{b}±15.29	16.96^{b}±18.34	52.19±61.25
ผลสดตากแห้ง	ย้อมมอร์แดนท์ก่อน	68.04^{a}±66.57	9.43^{b}±8.74	13.75^{b}±16.50	**50.07^{b}±27.13****	55.76±62.23
	ย้อมมอร์แดนท์พร้อม	64.46^{a}±65.86	11.55^{b}±10.43	16.95^{b}±19.28	20.55^{b}±22.09	55.86±61.46
	ย้อมมอร์แดนท์หลัง	60.71^{a}±65.16	11.07^{b}±8.88	13.50^{b}±15.29	17.46^{b}±18.34	54.12±61.25
ใบ	ย้อมมอร์แดนท์ก่อน	**55.83^{a}±66.57***	12.05^{b}±8.74	22.03^{b}±16.50	25.10^{b}±27.13	61.38±62.23
	ย้อมมอร์แดนท์พร้อม	59.80^{a}±65.86	12.25^{b}±10.43	**25.70^{b}±19.28****	28.50^{b}±22.09	64.47±61.46
	ย้อมมอร์แดนท์หลัง	61.62^{a}±65.16	9.07^{b}±8.88	21.86^{b}±15.29	23.68^{b}±18.34	67.66±61.25
กิ่ง	ย้อมมอร์แดนท์ก่อน	76.11^{a}±66.57	5.23^{b}±8.74	16.8^{b}±16.50	17.63^{b}±27.13	73.13±62.23
	ย้อมมอร์แดนท์พร้อม	75.03^{a}±65.86	4.85^{b}±10.43	18.44^{b}±19.28	18.63^{b}±22.09	**75.32±61.46****
	ย้อมมอร์แดนท์หลัง	**77.65^{a}±65.16****	**4.50^{b}±8.88***	**12.81^{b}±15.29***	**15.26^{b}±18.34***	71.06±61.25

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p<0.05$)
: * คือ ค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด และ ** คือ ค่าเฉลี่ยมากที่สุด

ตารางที่ 2 เส้นไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมจากส่วนต่างๆ ของต้นจันกับทั้ง 3 วิธีย้อมโดยมีสารส้มเป็นมอร์แดนท์

ส่วนต่างๆ ของจัน / วิธีการย้อม	ผลสด	ผลสดตากแห้ง	ใบ	กิ่ง
ย้อมมอร์แดนท์ก่อน				
ย้อมมอร์แดนท์พร้อม				

ย้อมมอร์แดนท์หลัง				

ตารางที่ 3 เส้นไหมที่ศึกษาผลความคงทนของสีเส้นไหมที่ตากแดด

ส่วนต่างๆ ของจัน / วิธีการย้อม	ผลสด	ผลสดตากแห้ง	ใบ	กิ่ง
ย้อมมอร์แดนท์ก่อน				
ย้อมมอร์แดนท์พร้อม				
ย้อมมอร์แดนท์หลัง				

อภิปรายผล

จากงานวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับจันว่าเกือบทุกส่วนของจันทั้งผล ใบ และกิ่งสามารถให้สีย้อมในการย้อมไหมได้ จากการย้อมเส้นไหมด้วยสีย้อมที่สกัดจากผลสด ผลสดตากแห้ง ใบ และกิ่ง ของจันทั้ง 3 วิธีย้อม ซึ่งสีที่ได้ส่วนใหญ่เป็นเฉดสีแดงปนเหลือง (น้ำตาล) แต่มีเฉดสีอ่อนหรือเข้มแตกต่างกันขึ้นอยู่กับส่วนของพืชที่ใช้ ซึ่งพบว่าสีย้อมที่ได้จากกิ่งมีสีที่สว่างสุด (อ่อน) ส่วนที่ให้สีที่เข้มกว่า คือ ใบ ผลสดและผลสดตากแห้ง ทั้งนี้ในส่วนของผลสดขณะสกัดสีย้อมพบว่ามีส่วนของน้ำยางสีขาวขุ่นปนออกมาด้วยซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปน้ำย้อมที่ได้จะเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อนเป็นสีที่ค่อนข้างแดงม่วงหรือเข้มมากขึ้น และเมื่อนำไปย้อมไหมอาจส่งผลให้เส้นไหมมีความเข้มกว่าส่วนอื่น เมื่อเทียบจากสีย้อมที่สกัดจากผลมะเกลือซึ่งให้สีดำ (สุจิตรา และคณะ, 2552) แม้จะเป็นพืชในสกุลเดียวกันโดยในส่วนของผลจันให้เฉดสีที่อ่อนกว่าผลมะเกลือ ส่วนของใบเมื่อย้อมสีไหมจะให้สีที่ใกล้เคียงกับผล แต่น่าจะเนื่องจากมีรงควัตถุจากใบละลายน้ำในขณะที่สกัดสารสีด้วยความร้อน จึงทำให้สีย้อมที่ได้มีเฉดสีเหลืองที่มากกว่าส่วนอื่น ส่วนของกิ่งเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่สกัดสารจากเปลือกไม้ให้ดีเส้นไหมที่ใกล้เคียงกับ สีย้อมที่ได้จากเปลือกมะม่วงป่า (พินัย, 2548) ซึ่งให้สีเหลืองอ่อน และแตกต่างจากสีย้อมที่ได้จากเปลือกงิ้วซึ่งให้สีชมพูและน้ำตาล (พรเพ็ญ โชชัย และคณะ, 2556) ซึ่งสีย้อมจากธรรมชาติที่ได้เฉดสีที่แตกต่างกันในแต่ละพืชนั้นมีปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณสารแทนนินที่พบตามส่วนต่างๆ ที่แตกต่างกัน ซึ่งทำให้ค่าสีที่วัดได้ในค่าที่ต่างกันและยังส่งผลต่อความคงทนของสีด้วย (วาสินี, 2555) จากการทดสอบความของทนของสีเส้นไหมต่อแสงแดดเส้นไหมที่มีความซีดจางสูงสุด คือส่วนเส้นไหมที่ย้อมจากกิ่ง ส่วนสีย้อมจากผลสดตากแห้งมีความคงทนของสีมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบความคงทนจากการย้อมทั้ง 3 วิธีในงานวิจัยครั้งวิธีย้อมที่ดีที่สุดคือการย้อมมอร์แดนท์หลังย้อมสี ซึ่งน่าจะช่วยทำให้เนื้อสีแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยไหมที่ย้อมได้ดีที่สุดสีจึง

ติดอยู่ได้นานกว่า นอกจากนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการย้อมติดสีของเส้นไหม ความเข้มสี และความคงทนของสีให้เหมือนเดิมยังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุพันธุ์ไม้ที่เก็บมาไม่แน่นอนทุกครั้งที่นำมาสลัดย้อม ฤดูกาลที่เก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน วิธีที่เหมาะสมในการย้อม ตลอดจนปริมาณในการใช้สารช่วยติดสี (พินัย, 2555) ดังนั้นในการวิจัยต่อยอดการสกัดสีย้อมจากจัน เพื่อนำมาย้อมเส้นไหมให้ได้เฉดสีเส้นไหมที่ต้องการและมีความคงทนต่อแสงแดด สามารถทำได้ตลอดทั้งปีและจากทุกส่วนของต้น เช่น ส่วนของใบ และกิ่งที่ใช้สามารถนำมาสกัดได้ตลอดโดยไม่ได้การทำลายต้นแม่ที่มีอยู่ และหากสกัดจากผลสด ซึ่งจันมักจะออกลูกพร้อมกันในปริมาณมาก และเมื่อมีปริมาณผลสดมากเกินไป สามารถนำผลสดมาตากแห้งเก็บไว้ก่อนแล้วจึงนำมาสกัดภายหลังได้ ส่วนในงานวิจัยด้านคุณภาพควรเพิ่มการวัดปริมาณแทนนิน หรือปรับชนิดของมอร์แดนท์ เพื่อพัฒนาต่อยอดสู่สีย้อมจากจันที่มีคุณภาพต่อไป

สรุปผลการวิจัย

สีย้อมธรรมชาติที่สกัดจากผลสด ผลสดตากแห้ง ใบ และกิ่งของจัน มีค่า ph อยู่ระหว่าง 7.30-5.32 เส้นไหมที่ผ่านการย้อมจากสารสกัดที่ 4 ส่วน ให้สีเส้นไหมเฉดสีแดงปนเหลือง (น้ำตาล) โดยสีจะมีความเข้มหรือสว่างแตกต่างกันขึ้นอยู่กับส่วนของจันที่นำมาย้อมและวิธีการย้อม ซึ่งดูจากค่า L*(ความสว่าง) ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเส้นไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมสีจากกิ่งจันก่อนย้อมมอร์แดนท์มีค่า L* สูงสุด (77.65) ส่วนย้อมสีจากใบหลังย้อมมอร์แดนท์มีค่า L* ต่ำสุด (55.83) ในขณะที่ค่าเชดสีที่ได้ทั้ง 4 ส่วนและทั้ง 3 วิธีย้อมมีความใกล้เคียงกันดูได้จากค่า a* (ความเป็นสีแดง) b* (ความเป็นสีเหลือง) C* (ความสดใส) และ h* ที่ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความของทนของสีเส้นไหมต่อแสงแดด เส้นไหมที่ผ่านการย้อมจากสารสกัดจากผลสดตากแห้งและย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมมีความของทนของสีเส้นไหมต่อแสงแดดมากที่สุด ส่วนเส้นไหมที่ผ่านการย้อมจากสารสกัดจากกิ่งทั้ง 3 วิธีการย้อมมีความซีดจางมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการอนุรักษ์พืชสมุนไพร ภายใต้โครงการการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) มหาลัยวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ชนิกาญจน์ จันทร์มาทอง อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และคุณนงคราญ ไชยวงศ์ นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในการให้คำปรึกษาการวัดสี ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ นฤมล เถื่อนกูล อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาจุลวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ในคำแนะนำการเลือกเส้นไหมสำหรับการย้อมและขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐินี ดีแท้ อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่กรุณาให้คำชี้แนะแนวทางในการทำงานวิจัยด้านสถิติ ทั้งนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่อนุเคราะห์เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรณ์กาญจน์ ภมรประวัติธนะ. (2552). **จันโอ-จันอินกลิ่นหอมจรุงใจ.** นิตยสารหมอชาวบ้าน, 365: 25.

นิดดา หงส์วิวัฒน์ และทวีทอง หงส์วิวัฒน์. (2550). **หนังสือผลไม้ 111 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน.** แสงแดด. กรุงเทพฯ.

เต็ม สมิตินันท์. (2557). **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันท์ (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557).** (พิมพ์ครั้งที่ 2).

สำนักงานหอพรรณไม้สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ.

พินัย ห้อยทองแดง. (2548). **พันธุ์ไม้ย้อมสีธรรมชาติ.** พี.เพรส จำกัด. กรุงเทพฯ.

พรเพ็ญ โชชัย ระมัด โชชัย และเมทินี ทวีผล (2556). **การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกงิ้วสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

มนตรา ไชยรัตน์ และ ก้าน จันทร์พรหมมา. (2548). **การย้อมฝ้ายด้วยสีสกัดจากเปลือกมังคุดและย่านมันแดง.** สำนักวิชาวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

วาสินี สุรังษี. (2555). **พืชที่ให้สีสำหรับย้อมเส้นไหมภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว) จังหวัดพิษณุโลก.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

สุจิตรา เรืองเดชาวิวัฒน์ วาสนา ชัยเสนา และจันทิมา เพชรอ่อน. (2552). **การสกัดสีดำจากมะเกลือเพื่อใช้เป็นสีย้อมไหม. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

หทัยรัตน์ กองศิริเรือง. (2547). **การสกัดสีย้อมจากดอกคำฝอยและแก่นขนุนสำหรับย้อมผ้าฝ้าย.** โปรแกรมวิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

The Plant List (2013). **Published on the Internet.** Version 1.1. Available: http://www.theplantlist.org. (25/06/2017).

การใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่และกลีบดาวเรืองในอาหารไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อย

THE USED OF RICEBERRY BROKEN RICE AND MARIGOLD PETAL MEAL IN SEMI-FREE RANGE LAYING HEN DIETS

ณิฐิมา เฉลิมแสน* ดอกรัก ขวัญเขียว ยิ่งยศ แซ่ยั้ง สุบิณฑ์ สีวิใจลำพัน ศุภัทรชัย โตสุข และ ธัญรัตน์ จารี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : nokgapood@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมในการใช้กลีบดอกดาวเรืองร่วมกับปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอาหารไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อย ดำเนินการโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (บล็อกคือรูปแบบของโรงเรือน ได้แก่ โรงเรือนที่มีแสงแดดส่องถึง กับโรงเรือนที่มีร่มเงา) ใช้ไก่ไข่อายุ 56 สัปดาห์ จำนวน 136 ตัว ในแต่ละคอกของโรงเรือนเลี้ยงไก่คอกละ 17 ตัว โรงเรือนละ 4 คอก สุ่มไก่ไข่ในแต่ละโรงเรือนให้ได้รับอาหารทดลอง 4 สูตร ได้แก่ อาหารที่ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลักผสมกลีบดอกดาวเรือง 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เก็บข้อมูลด้านสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ 2 ช่วง (period) ช่วงละ 28 วัน ผลการทดลองปรากฏว่า ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทุกกลุ่มมีเปอร์เซ็นต์การผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัม ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม อัตราการรอดชีวิต รวมทั้งคุณภาพไข่ในด้านน้ำหนักไข่ ความสูงไข่ขาว และความหนาเปลือกไข่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลักผสมกลีบดอกดาวเรือง 3 เปอร์เซ็นต์มีค่าสีของไข่แดงสูงที่สุด ส่วนไก่ที่กินอาหารที่ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ไม่ผสมกลีบดอกดาวเรืองมีค่าสีของไข่แดงต่ำที่สุด (P<0.05)

คำสำคัญ : ไก่ไข่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อย ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ กลีบดอกดาวเรือง

Abstract

The aim of this research was to investigate the appropriate percentage of marigold petal meal mixed with riceberry broken rice in semi-free range laying hen diets. Randomized complete block experimental design was conducted in this experiment, which block was housing model (sunshine and shade). One hundred thirty six laying hens (56 weeks of age) were divided into 4 groups in each house (17 birds of each group) The laying hens in each group were randomly assigned to 4 dietary treatments as follow: Diet 1, 2, 3 and 4 which were used riceberry broken rice as energy source and mixed with 0, 1, 2 and 3 percent of marigold petal meal respectively. There were 2 periods (28 days per period) to collect data on egg production and egg quality. The results showed that, there were no statistical difference among 4 groups on egg production percentage, daily feed intakes, feed conversion ratio per 1 kilogram of egg weight, feed cost per 1 kilogram of egg weight, egg quality (egg weight, albumen height and eggshell thickness) (P>0.05). However, birds on diet 4 (riceberry broken rice mixed with 3 percent of marigold petal meal diet) had the highest yolk colour score and birds on diet 1 (0 percent of marigold petal meal diet) had the lowest yolk colour scores (P<0.05).

Keywords : semi-free range laying hens, marigold petal meal, riceberry broken rice

บทนำ

ปัจจุบันมีแนวโน้มผู้บริโภคทั่วโลกให้ความสำคัญกับการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ที่มาจากกการเลี้ยง ด้วยการคำนึงถึงสวัสดิภาพสัตว์ (Animal welfare) โดยเฉพาะการเลี้ยงตามวิถีธรรมชาติเพราะทัศนคติของผู้บริโภค คือมนุษย์นำสัตว์มาเลี้ยงเป็นอาหารจำเป็นต้องปฏิบัติต่อสัตว์อย่างมีมนุษยธรรม มีความเมตตาต่อสัตว์โดยเฉพาะไข่ไก่ที่บริโภคกันแทบทุกคนทุกวันนี้มาจากการเลี้ยงไก่ไข่ในกรงลวดแคบๆ ที่ให้ไก่ยืนตลอดเวลาไม่สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ หรือไม่สามารถแสดงพฤติกรรมทางธรรมชาติได้เช่น การคลุกฝุ่น การคุ้ยเขี่ย การไซร้ปีกและการไข่ในรัง เป็นต้น ประกอบกับการเลี้ยงไก่ไข่เชิงอุตสาหกรรมจะมีการเร่งให้ไก่ผลิตไข่ ทำให้ใช้แคลเซียมจากกระดูกมากกว่าปกติรวมทั้งไก่ไม่ได้ออกกำลังกาย ทำให้ไก่ป่วยเกิดภาวการณ์ขาดแคลเซียม อาทิ เท้าและเล็บผิดปกติ ข้อเข่า ข้อขาผิดรูป ดำเนินชีวิตด้วยความทรมาน มีผลต่อการให้ไข่ทั้งปริมาณและคุณภาพของไข่ ดังนั้น หลายประเทศที่พัฒนาแล้วจึงให้ความสำคัญด้านสวัสดิภาพของไก่ โดยเลือกซื้อไข่ไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่แบบปล่อย

การเลี้ยงไก่แบบปล่อยเป็นระบบการเลี้ยงไก่ที่ปล่อยให้ไก่ได้ออกมาภายนอกกรงหรือโรงเรือนได้อย่างอิสระ เพื่อให้ไก่สามารถแสดงพฤติกรรมได้ตามธรรมชาติมีผลทำให้ไก่มีสุขภาพแข็งแรง จึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องใช้ยาป้องกันและรักษาโรค ส่งผลต่อการลดต้นทุนในการเลี้ยงให้กับเกษตรกรและเพิ่มรายได้ด้วยไข่ไก่ปลอดภัยซึ่งจะมีราคาที่สูงกว่าไข่ไก่ปกติและที่สำคัญคือดีต่อสุขภาพทั้งผู้เลี้ยงและผู้บริโภคด้วยนอกจากการเลี้ยงไก่แบบปล่อย ที่คำนึงถึงสวัสดิภาพสัตว์แล้ว ในการให้อาหารไก่ไข่ที่ใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติที่มีในท้องถิ่นก็เป็นอีกทางหนึ่งของการเลี้ยงไก่ไข่เพื่อผลิตไข่แบบปลอดภัย และยังเป็นการลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ได้อีกด้วย

ในปัจจุบัน จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดอื่นในเขตภาคเหนือตอนล่าง มีการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Rice berry) ซึ่งเป็นข้าวสุขภาพที่มีการปลูกแบบไม่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชจำนวนมาก และอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารสูง มีคุณสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระได้ดี และอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์หลายชนิด ได้แก่ เบต้าแคโรทีน โอเมก้า 3 แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี วิตามินบี1 ธาตุสังกะสี เหล็ก และเส้นใย เป็นต้น ในกระบวนการสีข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ จะมีส่วนของปลายข้าว 10-15 เปอร์เซ็นต์ (Sirichokworrakit et al., 2015) จึงทำให้มีผลพลอยได้จากการสีข้าวไรซ์เบอร์รี่ คือปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่มากขึ้นด้วยเช่นกัน และมีรายงานว่าปลายข้าวดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของพลังงานในอาหารนกกระทาไข่ได้ (ณิฐิมา และคณะ, 2560) แม้ว่าปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสีเข้ม แต่สารสีในข้าวดังกล่าวส่วนใหญ่ละลายในน้ำทำให้ไม่สามารถสะสมในไข่แดงได้ จึงอาจทำให้ไข่แดงมีสีซีดกว่าการใช้ข้าวโพด หากมีการใช้สารสีธรรมชาติที่มีในท้องถิ่นมาเป็นส่วนผสมในอาหารจะทำให้ไข่แดงของไข่มีสีเข้มขึ้นได้

ดาวเรืองเป็นพืชอายุสั้น ชอบขึ้นกลางแจ้ง ปลูกง่าย เจริญเติบโตได้ทุกสภาพพื้นที่ของประเทศไทย นอกจากจะใช้เป็นไม้ดอกไม้ประดับหรือไมตัดดอกขายสำหรับทำพวงมาลัยแล้ว ยังนำมาใช้ประโยชน์ในวงการอุตสาหกรรมด้านต่างๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมสกัดสี เวชภัณฑ์ เครื่องสำอาง เครื่องดื่มสุขภาพ และส่วนผสมของสารไล่แมลงหรือสารกำจัดศัตรูพืช ดาวเรืองมีประโยชน์สำหรับระบบและส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะการฆ่าเชื้อแบคทีเรียในส่วนต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกร่างกาย นอกจากนี้ดาวเรืองยังมีผลต่อการกำจัดสารพิษในร่างกายซึ่งเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วย การรักษาภายนอกส่วนใหญ่จะรักษาบาดแผลและการติดเชื้อ องค์ประกอบที่สำคัญของกลีบดาวเรือง คือ มีแซนโธฟิลล์ (Xanthophyll) และ ลูทีน (Lutein) (สุรพล, 2546; กฤติยา, 2560) ซึ่งคุณประโยชน์ของดอกดาวเรืองต่อมนุษย์ได้แก่ สมุนไพรและผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้หลายแบบ และเนื่องจากใน ช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม 2560 มีการปลูกดาวเรืองกันมากในประเทศไทยเนื่องในช่วงเวลาสำคัญของคนไทยทุกคนจะที่ได้ร่วมกันแสดงความจงรักภักดี และรำลึกในพระมหากรุณาธิคุณของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชบรมนาถบพิตร ในพระราชพิธีถวายพระเพลิงพระบรมศพฯ ดังนั้น ในการทดลองครั้งนี้ จึงเป็นการนำดอกดาวเรืองที่เริ่มโรยจากต้นในการปลูกเพื่อเฉลิมพระเกียรติงานถวายพระเพลิงพระบรมศพฯ ดังกล่าวข้างตัน มาผสมในอาหารไก่ไข่ที่ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งของพลังงาน และเลี้ยงแบบกึ่ง

ปล่อย เพื่อศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมในการเสริมดอกดาวเรืองในอาหารไก่ไข่ดังกล่าวโดยพิจารณาจากสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่

วิธีดำเนินการวิจัย

สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่ไข่พันธุ์อีซ่าบราวน์ ช่วงอายุประมาณ 56 สัปดาห์ จำนวน 136 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดและกึ่งปล่อยที่มีการแบ่งเป็น 2 รูปแบบ หรือ 2 ด้าน ได้แก่ด้านที่ได้รับแสงแดด และด้านที่มีร่มเงา) ด้านละ 4 คอก ๆ ละ 17 ตัว

อาหารทดลอง

ปลายข้าวไรซ์เบอรี่ได้จากการสีข้าวกล้องไรซ์เบอรี่ที่ปลูกแบบปลอดภัย (ไม่ใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช) ส่วนกลีบดาวเรืองแห้งบด ได้เก็บดอกดาวเรืองพันธุ์ทองเฉลิม (จากการปลูกเพื่อเฉลิมพระเกียรติ และแสดงความจงรักภักดี และรำลึกในพระมหากรุณาธิคุณของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชบรมนาถบพิตร ในพระราชพิธีถวายพระเพลิงพระบรมศพฯ) นำมาผึ่งแดดให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (RCBD) โดยกำหนดให้บล็อก คือ รูปแบบของโรงเรือนมี 2 ด้าน (ด้านที่ได้รับแสงแดด และด้านที่มีร่มเงา) แต่ละด้านมี 4 คอก เลี้ยงไก่ไข่คอกละ 17 ตัว รวมจำนวน 136 ตัว สุ่มไก่ไข่ในแต่ละในแต่ละด้านของโรงเรือนให้ได้รับอาหารทดลอง 4 สูตรดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารไก่ไข่ที่ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลักไม่ผสมกลีบดอกดาวเรือง (RBBR+MGP 0 %)

สูตรที่ 2 อาหารไก่ไข่ที่ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลักผสมกลีบดอกดาวเรืองแห้งบด 1 % (RBBR+MGP 1 %)

สูตรที่ 3 อาหารไก่ไข่ที่ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลักผสมกลีบดอกดาวเรืองแห้งบด 1 % (RBBR+MGP 2 %)

สูตรที่ 4 อาหารไก่ไข่ที่ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลักผสมกลีบดอกดาวเรืองแห้งบด 1 % (RBBR+MGP 3 %)

อาหารทดลองทุกสูตรได้คำนวณให้มีโภชนะตรงตามความต้องการของไก่ไข่ที่แนะนำโดย NRC (1994) ทั้งนี้สูตรอาหารแต่ละสูตรแสดงใน ตารางที่ 1 ไก่ไข่ทุกกรงจะได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (ad libitum) โดยให้วันละ 2 มื้อ (เช้าและบ่าย)

การบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูลแบ่งเป็น 2 ช่วง (period) ช่วงละ 28 วัน ในแต่ละช่วงมีการเก็บข้อมูล ปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่แต่ละวัน และจำนวนนกตาย ทุก 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วง สุ่มไข่ไก่คอก (ซ้ำ) ละ 4 ฟองต่อวัน เพื่อนำมาตรวจวัดคุณภาพไข่ ได้แก่ น้ำหนักไข่ สีไข่แดง ความสูงไข่ขาว ค่า Haugh unit และความหนาของเปลือกไข่

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลด้านสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1990)

ตารางที่ 1 สูตรอาหารไก่ไข่ทดลอง

วัตถุดิบอาหาร (กก.)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่	58.43	57.25	56.05	54.93
รำละเอียด	10.00	10.00	10.00	10.00
กากถั่วเหลือง	16.94	16.92	16.92	16.87
ปลาป่น	4.00	4.00	4.00	4.00
กลีบดอกดาวเรือง	0.00	1.00	2.00	3.00
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	0.10	0.10	0.10	0.10
เปลือกหอยป่น	8.68	8.70	8.70	8.70
เมทไธโอนีน	0.15	0.15	0.15	0.15
ทรีโอนีน	0.50	0.50	0.05	0.05
น้ำมัน	3.90	1.08	1.28	1.45
เกลือ	0.25	0.50	0.25	0.25
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม (กก.)	100.00	100.00	100.00	100.00
โปรตีน (%)	16.00	16.00	16.01	16.00
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Kcal/kg)	2,900	2,899	2,900	2,900
แคลเซียม (%)	3.75	3.75	3.75	3.75
ฟอสฟอรัส (%)	0.36	0.36	0.36	0.35
เยื่อใย (%)	3.61	3.64	3.67	3.70
ไลซีน (%)	1.41	1.44	1.47	1.50
เมทไธโอนีน (%)	0.51	0.51	0.51	0.51
ทริปโตเฟน (%)	0.18	0.18	0.18	0.18
ทรีโอนีน (%)	0.51	0.51	0.50	0.50
ราค (บาท/กก.)	14.05	14.03	14.02	14.00

หมายเหตุ: ราคาปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ กิโลกรัมละ 11.50 บาท ราคากลีบดอกดาวเรืองแห้งบด กิโลกรัมละ 5.00 บาท

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่และกลีบดอกดาวเรืองในอาหารไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อย โดยใช้กลีบดอกดาวเรืองในระดับ 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ผสมในอาหารที่มีปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลัก ผลการทดลองปรากฏว่าสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทุกกลุ่มได้แก่ มีเปอร์เซ็นต์ไข่ (Hen Day Production และ Hen house Production) ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัม ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม และอัตราการรอดชีวิต ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 2 ในด้านคุณภาพไข่ พบว่า น้ำหนักไข่ ความสูงไข่ขาว ค่า Haugh unit และความหนาของเปลือกไข่ ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนคะแนนสีของไข่แดงพบว่าไข่แดงของไก่ไข่ที่กินอาหารที่มีปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลักและผสมกลีบดอกดาวเรือง 3 เปอร์เซ็นต์มีคะแนนสีไข่แดงสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ผสมกลีบดอกดาวเรือง 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไข่แดงของไก่ไข่ที่ไม่ผสมกลีบดอกดาวเรืองในสูตรอาหาร (กลุ่มควบคุม) มีคะแนนสีต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ผสมกลีบดอกดาวเรือง 1 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 สมรรถภาพการผลิตเฉลี่ย (mean ± SD) ของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อยและได้รับอาหารที่ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลัก และผสมกลีบดอกดาวเรืองในระดับต่างกัน

สมรรถภาพการผลิต	ระดับการผสมกลีบดอกดาวเรืองในอาหารไก่ไข่ที่มีปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลัก				P-value
	0	1	2	3	
Hen Day Production (%)	80.00 ± 9.91	85.83 ± 3.32	79.77 ± 5.56	83.06 ± 7.54	0.857
Hen house Production (%)	78.62 ± 7.95	85.83 ± 3.32	79.77 ± 5.56	83.06 ± 7.54	0.765
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	117.45 ± 9.50	117.66 ± 2.18	114.98 ± 3.78	115.32 ± 0.63	0.941
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กก.	2.57 ± 0.16	2.51 ± 0.02	2.58 ± 0.10	2.45± 0.06	0.576
ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม(บาท/กก.)	36.07 ± 2.26	35.19 ± 0.34	36.19 ± 1.36	34.25 ± 0.81	0.523
อัตราการรอดชีวิต	97.06 ± 4.16	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00	0.500

ตารางที่ 3 คุณภาพไข่เฉลี่ย (mean ± SD) ของไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อยและได้รับอาหารที่ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลัก และผสมกลีบดอกดาวเรืองในระดับต่างกัน

คุณภาพไข่	ระดับการผสมกลีบดอกดาวเรืองในอาหารไก่ไข่ที่มีปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลัก				P-value
	0 %	1 %	2 %	3 %	
น้ำหนักไข่ (ก./ฟอง)	58.04 ± 0.65	57.52 ± 0.01	57.94 ± 0.44	57.08 ± 0.08	0.312
ความสูงไข่ขาว(มม.)	7.08 ± 0.87	7.13 ± 0.76	7.24 ± 0.26	6.83 ± 0.61	0.869
คะแนนสีไข่แดง	2.16 ± 0.32^{c}	2.91 ± 0.28^{bc}	3.69 ± 0.35^{ab}	4.39 ± 0.15^{a}	0.020
ค่า Haugh unit	83.44 ± 7.11	83.60 ± 4.49	85.15 ± 1.47	85.31 ± 0.66	0.874
ความหนาของเปลือกไข่ (มม.)	0.55 ± 0.01	0.56 ± 0.01	0.54 ± 0.02	0.55 ± 0.01	0.500

^{abc} อักษรกำกับค่าเฉลี่ยแตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)

อภิปรายผล

จากการศึกษาการใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลักผสมกลีบดอกดาวเรืองในอาหารไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อย ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2 และ 3 นั้น พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลักผสมกลีบดอกดาวเรือง มีสมรรถภาพการผลิตไข่ซึ่งได้แก่ เปอร์เซ็นต์ไข่ (Hen Day Production และ Hen house

Production) ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัม ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม และอัตราการรอดชีวิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนคุณภาพไข่ ปรากฏว่าไก่ไข่ที่กินอาหารผสมปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ร่วมกับกลีบดาวเรืองในทุกระดับมี น้ำหนักไข่ ความสูงไข่ขาว ค่า Haugh unit และความหนาของเปลือกไข่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ยกเว้นสีของไข่แดงที่พบว่าไก่ไข่ที่กินอาหารที่มีปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลักและผสมกลีบดอกดาวเรือง 3 เปอร์เซ็นต์มีคะแนนสีไข่แดงสูงที่สุด ทั้งนี้การเพิ่มของสีไข่แดงจะเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมกลีบดอกดาวเรืองในอาหารไก่ ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ สุภาพร และคณะ (2538) ที่ศึกษาการเสริมสารสีธรรมชาติบางชนิดในอาหารไก่ไข่แล้วพบว่าการเสริมดอกดาวเรืองแห้ง 1 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไม่มีผลต่อผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กินและน้ำหนักไข่ไข่ และการเสริมกลีบดอกดาวเรืองแห้งในระดับดังกล่าว ทำให้สีของไข่แดงดีขึ้นกว่าการเสริมที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และการเสริมใบกระถินแช่น้ำในอาหารไก่ไข่ ในทำนองเดียวกัน ทวีศักดิ์ (2543) ก็ได้รายงานว่า สามารถใช้กลีบดอกดาวเรืองแห้งได้ถึง 8 กรัมในอาหารไก่ไข่ 1 กิโลกรัม หรือ 0.8 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่ไข่ที่ใช้ปลายข้าวเป็นแหล่งพลังงานหลักได้โดยไม่มีผลเสียต่อปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ รวมทั้งคุณภาพไข่ ได้แก่ ความสูงไข่ขาว และความหนาเปลือกไข่ แต่ส่งผลให้สีของไข่แดงเพิ่มขึ้นตามระดับการเพิ่มของกลีบดอกดาวเรือง นอกจากนี้ทวีศักดิ์ (2543) ยังได้รายงานว่าในการเสริมกลีบดอกดาวเรืองในอาหารไก่ไข่ พบว่ากลีบดอกดาวเรืองพันธุ์สีส้มจะให้สีของไข่แดงเข้มกว่ากลีบดอกดาวเรืองพันธุ์สีเหลือง และ การเสริมกลีบดอกดาวเรืองทั้งสองพันธุ์ในระดับ 12 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทำให้น้ำหนักไข่เฉลี่ยลดลง เนื่องจากมีเยื่อใยสูงขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง เนื่องจากดอกดาวเรืองมีสารแซนโธฟิลล์ (xanthophyll) และลูทีน (lutein) ที่ทำให้สีแดงเข้มขึ้น (Philip *et al*, 1975 อ้างโดย รัตนาภรณ์ และคณะ (2544) ซึ่ง กานดา (2560) ได้ศึกษาการเสริมที่สกัดได้จากดอกดาวเรืองในสูตรอาหารไก่ แล้วนำมาให้ไก่กินปริมาณ 110-120 กรัมต่อตัวต่อวัน เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าการเสริมลูทีนในอาหารไก่ไข่ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ แต่กลับทำให้สีไข่แดงมีสีแดงเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไข่ไก่เสริมลูทีนไปต้มก็จะให้ไข่ต้มที่มีสีไข่แดงเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อวิเคราะห์พบว่าปริมาณสารลูทีนในไข่ไก่เสริมลูทีนมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 2.9 มิลลิกรัม ซึ่งอยู่ในระดับที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ซึ่งจะช่วยในการบำรุงสายตาและช่วยในการมองเห็นได้ ทั้งนี้เพราะสารลูทีน เป็นสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ ซึ่งมีฤทธิ์ในการสร้างสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันเยื่อแก้วตาและจอประสาทตาไม่ให้ถูกทำลายได้

จากผลการทดลองครั้งนี้มีแนวโน้มว่า ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารผสมปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ร่วมกับกลีบดาวเรือง 3 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัมดีกว่า และต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณการกินอาหารของไก่ในกลุ่มดังกล่าวน้อยกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อยแต่เปอร์เซ็นต์การให้ผลผลิตไข่แม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่ก็มีแนวโน้มสูงกว่าไก่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมปลายข้าวไรซ์เบอรี่ร่วมกับกลีบดาวเรือง 0 และ 2 เปอร์เซ็นต์จึงส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัมดีกว่า และจากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าอาหารไก่ไข่ทดลองในสูตรที่ 4 ซึ่งใช้ปลายข้าวไรซ์เบอรี่ร่วมกับกลีบดาวเรือง 3 เปอร์เซ็นต์มีราคาต่อกิโลกรัมต่ำกว่ากลุ่มอื่น (14.05, 14.03, 14.02 และ 14.00 บาทต่อกิโลกรัมสำหรับอาหารไก่ไข่ในสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งมีการเสริมกลีบดอกดาวเรืองที่ระดับ 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) เนื่องจาก จากการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในกลีบดอกดาวเรืองพบว่ามีโปรตีน 11.10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการเสริมดอกดาวเรืองจึงทำให้จำนวนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารลดลง ทั้งนี้คิดราคากลับดอกดาวเรืองเฉพาะค่าแรงงานในการเก็บ ตากและบด ในราคากิโลกรัมละ 5 บาท จึงส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัมของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารในสูตรที่ 4 ต่ำลง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งพลังงานหลักผสมกลีบดอกดาวเรืองในอาหารไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อย สรุปได้ว่าสามารถใช้กลีบดอกดาวเรืองร่วมกับปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอาหารไก่ไข่ ที่เลี้ยงแบบกึ่งปล่อยได้ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่โดยรวม แต่มีแนวโน้มว่าการใช้กลีบดอกดาวเรือง 3

เปอร์เซ็นต์ร่วมกับปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอาหารไก่ไข่ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัมดีขึ้น และต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัมต่ำลง และการผสมกลีบดอกดาวเรืองในระดับดังกล่าวในสูตรอาหารไก่ไข่ส่งผลให้สีของไข่แดงเพิ่มขึ้นมากกว่ากว่ากลุ่มที่ไม่ได้ผสมกลีบดอกดาวเรืองและที่ผสมในระดับต่ำกว่า ดังนั้นการใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ และกลีบดอกดาวเรืองในอาหารไก่ไข่จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเลี้ยงไก่ไข่แบบกึ่งปล่อยซึ่งเป็นการผลิตไข่ไก่ปลอดภัยสู่ผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณบางส่วนจากโครงการพัฒนางานฟาร์มไก่ไข่ปลอดภัยเพื่อการเรียนการสอนตามแนวทางปศุสัตว์ปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กานดา ล้อแก้วมณี. (2560). **อาหารเสริมลูทีนสาหรับไก่ไข่จากสารสกัดดอกดาวเรือง.** ผลงานนวัตกรรมของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่แสดงในงานเกษตรแฟร์ ปี 2560. ศาสตร์แห่งแผ่นดิน ทำกินตามคำพ่อสอน 27 ม.ค – 4 ก.พ. 2560. [online] : http://www3.rdi.ku.ac.th/?p=35602, Jan 20, 2018.

กฤติยา ไชยนอก. (2560). **ปลูกดาวเรืองดวยฐ้าตาไหลริน...นอมส่งเสด็จพระภูมินทร์สูสวรรคาลัย.** [online]: http://medplant.mahidol.ac.th/document/Marigold.pdf, 5 ธันวาคม 2560

ณิฐิมา เฉลิมแสน สมศรี ขจิตเพชรจรัส กรณิศ ขจิตเพชรจรัส และธัญรัตน์ จารี. (2560). การใช้ปลายข้าวไรซ์เบอรี่ร่วมกับใบมะรุมในอาหารนกกระทาไข่. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 4(2) ฉบับพิเศษ:128-129.

ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. (2543). การใช้กลีบดอกดาวเรืองแห้งเพื่อเป็นแหล่งสารสีในอาหารไก่ไข่. **วารสารสงขลานครินทร์ วทท.** 22(2): 169 – 176.

รัตนาภรณ์ พรหมศรัทธา มัณฑนา มิลน์ และ อารมณ์ แสงวนิชย์. (2544). **การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของดาวเรือง.** น. 404-409. ในรายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาพืช สาขาส่งเสริมและนิเทศการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุภาพร อิสริโยดม ประทีป ราชแพทยาคม ครวญ บัวคีรี วิไล สันติ โสภาศรี. (2538). **การเสริมสารสีจากธรรมชาติบางชนิดในอาหารไก่ไข่.** น. 34-38. ในรายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 สาขาสัตว์ สัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุรพล จันทร์เรือง. (2546). **ดาวเรือง คุณค่าสมุนไพรและไม้ประดับจาก...ระดับครัวเรือน สู่...ระดับโลก.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 135 น.

NRC. (1994). **Nutrient Requirements of Poultry 9th Revised Edition.** Academy of Sciences. Wachington DC. 155**.**

SAS. (1990). **SAS/STAT User's Guide (Vol. 2).** SAS Inst. Inc., Cary, NC.

Sirichokworrakita, S., J. Phetkhuta, and A. Khommoon. (2015). **Effect of partial substitution of wheat flour with Riceberry flour on quality of noodles.** pp 1006-1012. In Procedia - Social and Behavioral Sciences. 7th World Conference on Educational Sciences, (WCES-2015), 05-07 February 2015, Novotel Athens Convention Center, Athens, Greece.

ตัวแบบการพยากรณ์ราคาทองคำในประเทศไทย

PREDICTION MODELS FOR GOLD PRICES IN THAILAND

จีรพัชร ฤทธิ์ชัยเจริญ* ศิรินภา จิตพิไล* และ ชฎารัตน์ ถาปัน
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : Sirinapa.j@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อราคารับซื้อและขายออกของทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณ และเพื่อหาตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ราคารับซื้อและขายออกของทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา คือ ราคาทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณในประเทศไทย เป็นระยะเวลา 771 วัน ตั้งแต่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 กันยายน 2560 (ไม่นับรวมวันหยุดเสาร์อาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์) มาวิเคราะห์ โดยกำหนดตัวแปรตามคือ ราคารับซื้อและขายออกของราคาทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณในประเทศไทย และตัวแปรต้น ได้แก่ ราคาทองคำในตลาดโลก อัตราแลกเปลี่ยนดอลลาร์-บาท และสัญญาซื้อขายล่วงหน้าน้ำมันดิบ WTI ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อราคาทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณ คือ ราคาทองคำในตลาดโลก (X_1) และได้ตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยที่เหมาะสมทั้งหมด 4 ตัวแบบ คือ ในตัวแบบแรกเป็นตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยของราคารับซื้อทองคำแท่ง คือ $\hat{Y}_1 = 3889.894 + 12.998\ X_1$ ในตัวแบบที่สองเป็นตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยของราคาขายออกทองคำแท่ง คือ $\hat{Y}_2 = 3988.503 + 12.999\ X_1$ ในตัวแบบที่สามเป็นตัวแบบถดถอยเชิงเส้นของราคารับซื้อทองคำรูปพรรณ คือ $\hat{Y}_3 = 4172.021 + 12.505\ X_1$ และตัวแบบที่สี่เป็นตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยของราคาขายออกทองคำรูปพรรณ คือ $\hat{Y}_4 = 3942.154 + 13.402\ X_1$ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คำสำคัญ : การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ทองคำแท่ง ทองรูปพรรณ

Abstract

The purposes of this study were: to find the factors that are relationship to the price of gold bars and gold ornaments to find the prediction models for gold bars and gold ornaments. The data of this study were price of gold bars and gold ornaments in Thailand. Using data duration 771 days from 1 August 2014 to 30 September 2017 (excludes weekends and public holidays). The dependent variables were the price of gold bars and gold ornaments in Thailand and the independent variables were Thai-US Dollar Exchange Rate, Gold Spot and Oil Futures WTI. It was found that the factors that were relationship to the price of gold bars and gold ornaments were Gold Spot (X_1). And the prediction models for gold bars and gold ornaments were 4 models, first model was a regression analysis of gold bars purchase price is $\hat{Y}_1 = 3889.894 + 12.998\ X_1$, the second model was a regression analysis of gold bars the sales price is $\hat{Y}_2 = 3988.503 + 12.999\ X_1$, the third model was a regression analysis of gold ornaments purchase price is $\hat{Y}_3 = 4172.021 + 12.505\ X_1$ and the fourth model was a regression analysis of gold ornaments the sales price is $\hat{Y}_4 = 3942.154 + 13.402\ X_1$. At a significant level of 0.05.

Keywords : linear regression analysis, gold bar, gold ornaments

บทนำ

ทองคำ เรียกโดยย่อว่า “ทอง” เป็นธาตุลำดับที่ 79 มีสัญลักษณ์ Au ทองคำเป็นโลหะแข็งสีเหลือง เกิดเป็นธาตุอิสระในธรรมชาติ ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา และสามารถทนทานต่อการขึ้นสนิมได้ดีเลิศ ทองคำมีจุดหลอมเหลวที่ 1064 องศาเซลเซียส จุดเดือดที่ 2701 องศาเซลเซียส ลักษณะที่พบเป็นเกล็ด เม็ดกลม แบน หรือรูปร่างคล้ายกิ่งไม้ รูปผลึกแบบลูกเต๋า(Cube) หรือ ออคตะฮีดรอน (Octahedron) หรือ โดเดกะฮีดรอน (Dodecahedron) คุณสมบัติสำคัญของทองคำอีกประการหนึ่งคือ ทองคำเป็นโลหะที่อ่อนและเหนียว ทองคำหนัก 1 ออนซ์ สามารถทำให้เป็นเส้นได้ยาวถึง 50 ไมล์ และสามารถตีแผ่ทองคำให้เป็นแผ่นบางขนาด 0.00005 นิ้วได้ (หรืออาจบุเป็นแผ่นจนมีความหนาน้อยกว่า 0.0001 มิลลิเมตรได้) (สมาคมค้าทองคำ, 2560: ออนไลน์)

นอกจากนี้ทองคำยังเป็นโลหะที่ไม่ละลายในกรดชนิดใดเลยแต่สามารถละลายได้อย่างช้า ๆ ในสารละลายผสมระหว่างกรดดินประสิวและกรดเกลือ จุดเด่นสำคัญของทองคำอยู่ที่สี กล่าวคือ ทองคำมีสีเหลืองสว่างสดใส และมีความสุกปลั่ง (Brightness) มีประกายมันวาวสะดุดตา นอกจากนี้ยังไม่เป็นสนิมแม้จมดินจมโคลน มีความแข็งเหนียว เนื้อแน่น ไม่สกปรก ไม่หมอง ไม่เป็นคราบไคลง่ายเหมือนวัตถุชนิดอื่น ๆ (สมาคมค้าทองคำ, 2560: ออนไลน์)

ทองคำ เรียกได้ว่าเป็นสินทรัพย์รูปแบบหนึ่งที่ทุกคนให้ความสนใจและต้องการมาครอบครอง เพราะนอกจากจะมีมูลค่าแทนเงินทองรูปพรรณ ยังมีคุณสมบัติแตกต่างจากโลหะชนิดอื่น คือมีความคงทนถาวร ไม่ผุกร่อนง่าย และยังเป็นสินทรัพย์ที่มีมูลค่าใกล้เคียงเงินสด เนื่องจากมีสภาพคล่องสูง และสามารถแลกเป็นเงินสดได้สะดวก
ทองคำเป็นสินทรัพย์สำหรับการลงทุนเพื่อกระจายความเสี่ยงในกลุ่มหลักทรัพย์ โดยสามารถลดความผันผวนของมูลค่ากลุ่มหลักทรัพย์ในระยะยาว นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายหรือค่าธรรมเนียมในการทำธุรกรรมเกี่ยวกับการซื้อขายทองคำโดยทั่วไป มักจะต่ำกว่าสินทรัพย์ประเภทอื่น ๆ โดยการเปรียบเทียบ ในอดีตที่ผ่านมาประเทศไทยจะเน้นหนักที่ทองคำรูปพรรณ และเครื่องประดับส่วนใหญ่ ส่วนทองคำแท่งจะมีการซื้อขายในวงจำกัด โดยส่วนใหญ่จะเป็นร้านค้าทอง เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นทองคำรูปพรรณ

ราคาทองคำในตลาดโลกมีแนวโน้มปรับขึ้นลงตลอดเวลาเนื่องจากสถานการณ์ทางการเมืองที่ส่งผล หลังจาก นายโดนัลด์ ทรัมป์ ได้รับเลือกให้เป็นประธานาธิบดีของสหรัฐอเมริกา ซึ่งนโยบายที่จะช่วยหนุนภาวะเศรษฐกิจ และหนุนอัตราเงินเฟ้อให้ปรับตัวสูงขึ้น ส่งผลให้ดัชนีดอลลาร์แข็งค่าขึ้นแตะระดับสูงสุดในรอบ 14 ปี และเป็นปัจจัยสำคัญที่กดดันให้ราคาทองปรับตัวลดลงแตะระดับต่ำสุด และปัจจุบันหลังจากประธานาธิบดีโดนัลด์ ทรัมป์ ได้ประกาศเพิ่มมาตรการคว่ำบาตรด้านเศรษฐกิจและการทูตต่อเกาหลีเหนือ เพื่อให้ยุติโครงการพัฒนานิวเคลียร์และขีปนาวุธ ทำให้ในคาบสมุทรเกาหลีเหนือมีความตึงเครียดมากขึ้นส่งผลให้ราคาทองคำมีการปรับตัวสูงขึ้น

ราคาทองคำมีความผันผวนมากขึ้นตามปริมาณการลงทุนและการเก็งกำไรจากผู้ลงทุน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงราคาทองคำ ได้แก่ ค่าเงินเหรียญสหรัฐฯ เมื่อค่าเงินเหรียญสหรัฐฯ มีสัญญาณอ่อนค่าลง ธนาคารกลางประเทศต่าง ๆ ที่ถือครองเงินเหรียญสหรัฐฯ มักจะกระจายความเสี่ยง โดยแบ่งเงินไปลงทุนในสินทรัพย์อื่น เช่น เงินสกุลอื่น ๆ รวมถึงทองคำ ส่งผลให้ราคาทองคำปรับตัวสูงขึ้นด้วย, อัตราเงินเฟ้อ โดยเราจะสังเกตทิศทางอัตราเงินเฟ้อได้จากทิศทางราคาพลังงาน (น้ำมัน) และราคาอาหารต่าง ๆ เพราะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อภาวะเงินเฟ้อโดยตรง , สถานการณ์ทางการเมืองและระบบเงิน ราคาทองคำมักจะปรับตัวเพิ่มขึ้นในช่วงที่มีความตึงเครียดทางการเมืองระหว่างประเทศ และความไม่แน่นอนสูงในระบบการเงินโลก, อุปสงค์และอุปทานในตลาด หากปัจจัยอื่นคงที่ ราคาทองคำจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีผู้ต้องการซื้อทองคำในปริมาณที่มากกว่าปริมาณทองคำที่มีในตลาด (Demand มากกว่า Supply) และค่าเงินบาทเมื่อเทียบกับค่าเงินเหรียญสหรัฐฯ ราคาทองคำในประเทศไทยจะปรับตัวเพิ่มขึ้นเมื่อค่าเงินบาทเทียบกับค่าเงินเหรียญสหรัฐฯ อ่อนค่าลง (เสาวรัจน์ อภิรักษ์เดชาชัย, 2553)

การเปลี่ยนแปลงของราคาทองคำในตลาดโลกนับเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ราคาทองคำในประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากราคาทองคำในประเทศจะอ้างอิงราคาจากต่างประเทศ Spot Gold เป็นหลัก ซึ่งผู้ศึกษาได้มีความสนใจในการเปลี่ยนแปลงของราคาทองคำในประเทศไทย และมีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลให้ราคาทองคำในประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลง

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณ และหาตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ราคาทองคำและทองคำรูปพรรณ การศึกษานี้จะทำให้ทราบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อราคาทองคำแท่งและรูปพรรณในประเทศไทย และตัวแบบที่ได้สามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ราคาทองคำในปัจจุบันและอนาคตได้ ผู้ศึกษาได้ใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) ในการหาตัวแบบสำหรับการศึกษาครั้งนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อราคารับซื้อและขายออกของทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณ
2. เพื่อหาตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ราคารับซื้อและขายออกของทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณ

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาทองคำในประเทศไทยจะใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคุณหาตัวแบบเพื่อใช้ในการพยากรณ์ และปัจจัยที่มีผลต่อราคาทองคำโดยใช้ข้อมูลดังนี้ในการศึกการศึกษา

1. ข้อมูลอัตราแลกเปลี่ยนดอลลาร์-บาท ตั้งแต่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 กันยายน 2560 (ไม่นับรวมวันหยุดเสาร์อาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์)
2. ข้อมูลราคาทองคำในตลาดโลก ตั้งแต่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 กันยายน 2560 (ไม่นับรวมวันหยุดเสาร์อาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์)
3. ข้อมูลสัญญาซื้อขายล่วงหน้าน้ำมันดิบ WTI ตั้งแต่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 กันยายน 2560 (ไม่นับรวมวันหยุดเสาร์อาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์)
4. ราคาทองคำแท่ง และทองคำรูปพรรณ ตั้งแต่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 กันยายน 2560 (ไม่นับรวมวันหยุดเสาร์อาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์)

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้มี 3 ตัวแปร การทำกรอบแนวคิดสามารถช่วยอธิบายถึงการศึกษางานวิจัยได้อย่างมีเหตุผลและเป็นระเบียบ ดังนั้นก่อนเริ่มทำการวิจัยจึงได้กำหนดกรอบแนวคิด เพื่อใช้ในการศึกษาถึงการสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์ราคาทองคำ และปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณในประเทศไทย ซึ่งจากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวกับราคาทองคำ สามารถนำมาเขียนเป็นกรอบแนวคิดที่ใช้ในการศึกษาได้ดังนี้

ปัจจัย (ตัวแปรอิสระ)		ราคา (ตัวแปรตาม)
1. ราคาทองคำตลาดโลก (X_1)	→	1. ราคารับซื้อทองคำแท่ง (Y_1)
2. อัตราการแลกเปลี่ยนดอลลาร์-บาท (X_2)		2. ราคาขายออกทองคำแท่ง (Y_2)
3. สัญญาซื้อขายน้ำมันดิบล่วงหน้า WTI (X_3)		2. ราคารับซื้อทองคำรูปพรรณ (Y_3)
		4. ราคาขายออกทองคำรูปพรรณ (Y_4)

การดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลราคาทองคำ และได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาทองคำแท่งและทองรูปพรรณ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับราคารับซื้อ และขายออของทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณ
2. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อราคารับซื้อและขายออกของทองคำแท่ง และทองรูปพรรณ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาทองคำ	แหล่งที่มา
อัตราการแลกเปลี่ยนดอลลาร์-บาท	www.goldtraders.or.th
ราคาทองคำตลาดโลก	www.goldtraders.or.th
สัญญาซื้อขายน้ำมันดิบล่วงหน้า WTI	https://th.investing.com

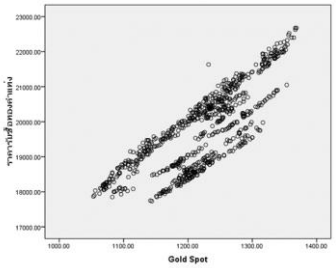
3. กำหนดตัวแปรตาม คือราคาทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณในประเทศไทย และกำหนดตัวแปรอิสระ คือ อัตราการแลกเปลี่ยนดอลลาร์-บาท ราคาทองคำตลาดโลก และสัญญาซื้อขายน้ำมันดิบล่วงหน้า WTI
4. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS 17
5. สรุปและอภิปรายผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

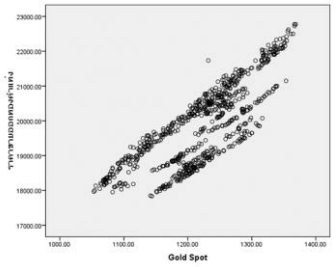
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาตัวแบบในการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณ คือการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณซึ่งมีตัวแบบถดถอยคือ $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon_i$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS เวอร์ชั่น 17

ผลการวิจัย

ในการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อราคาทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณในประเทศไทย ซึ่งตัวแปรอิสระที่ทำการศึกษานี้คือ ราคาทองคำตลาดโลก (X_1) อัตราการแลกเปลี่ยนดอลลาร์-บาท (X_2) และสัญญาซื้อขายน้ำมันดิบล่วงหน้า WTI (X_3) และตัวแปรตามคือราคารับซื้อทองคำแท่ง (Y_1) ราคาขายออกทองคำแท่ง (Y_2) ราคารับซื้อทองคำรูปพรรณ (Y_3) และราคาขายออกทองคำรูปพรรณ (Y_4) เมื่อทำการพิจารณาจากแผนภาพการกระจายระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นต่อราคารับซื้อ และขายออกทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณในประเทศไทย คือ ราคาทองคำในตลาดโลก (X_1) ดังรูปภาพที่ 1-4 ส่วนปัจจัยอื่น ๆ นั้นเมื่อทำการพิจารณาจากแผนภาพการกระจายนั้นพบว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันกับราคาทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณ

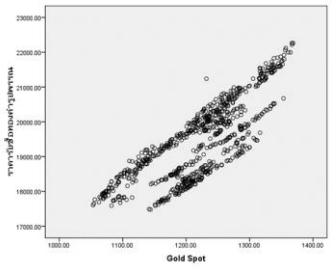


ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคารับซื้อทองคำแท่ง



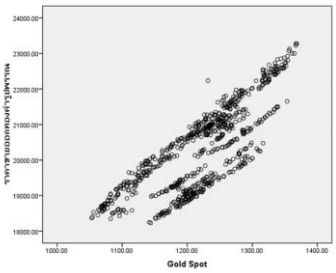
ภาพที่ 2 แสดงการกระจายระหว่างราคาขายออกทองคำแท่ง

และราคาทองคำในตลาดโลก



ภาพที่ 3แสดงการกระจายระหว่างราคารับซื้อทองคำรูปพรรณและราคาทองคำในตลาดโลก

และราคาทองคำในตลาดโลก



ภาพที่ 4 แสดงการกระจายระหว่างราคาขายออกทองคำรูปพรรณและราคาทองคำในตลาดโลก

และเมื่อทำการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างราคาทองคำตลาดโลก (X_1) อัตราการแลกเปลี่ยนดอลลาร์-บาท (X_2) และสัญญาซื้อขายน้ำมันดิบล่วงหน้า WTI(X_3) และตัวแปรตามคือราคารับซื้อทองคำแท่ง (Y_1) ราคาขายออกทองคำแท่ง(Y_2) ราคารับซื้อทองคำรูปพรรณ (Y_3)และราคาขายออกทองคำรูปพรรณ (Y_4) พบว่าได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

Foctors		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	X_1	X_2	X_3
X_1	Pearson Correlation	.802	.802	.802	.800	1	-.332	.162
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.000
	N	771	771	771	771	771	771	771
X_2	Pearson Correlation	.293	.293	.293	.295	-.332	1	-.679
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000		.000
	N	771	771	771	771	771	771	771
X_3	Pearson Correlation	-.267	-.267	-.267	-.267	.162	-.679	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	771	771	771	771	771	771	771

จากตารางที่ 1 พบว่า ราคารับซื้อทองคำแท่ง (Y_1) ราคาขายออกทองคำแท่ง(Y_2) ราคารับซื้อทองคำรูปพรรณ (Y_3)และราคาขายออกทองคำรูปพรรณ (Y_4) กับราคาทองคำตลาดโลก(X_1) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง คือ 0.802 0.802 0.802 และ 0.800 ตามลำดับ

การวิเคราะห์เพื่อหาตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ราคารับซื้อและขายออกทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณนั้น ได้ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณโดยใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) พบว่าตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อราคาทองคำแท่ง และทองคำรูปพรรณราคาทองคำตลาดโลก(X_1)เพียงตัวแปรเดียวได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของราคารับซื้อทองคำแท่ง

Model	Unstandardized Coefficients	
	B	Std. Error
Constant	3889.894	427.022
X_1	12.998	0.350

ตารางที่ 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของราคาขายออกทองคำแท่ง

Model	Unstandardized Coefficients	
	B	Std. Error
Constant	3,988.503	427.066
X_1	12.999	0.350

ตารางที่ 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของราคารับซื้อทองคำรูปพรรณ

Model	Unstandardized Coefficients	
	B	Std. Error
Constant	4,172.021	410.413
X_1	12.505	0.336

ตารางที่ 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของราคาขายออกทองคำรูปพรรณ

Model	Unstandardized Coefficients	
	B	Std. Error
Constant	3,942.154	442.080
X_1	13.402	.362

จากตารางที่ 2 พบว่าราคาทองคำตลาดโลก (X_1) มีผลต่อราคารับซื้อทองคำแท่ง (Y_1) เขียนเป็นตัวแบบได้ คือ $\hat{Y_1} = 3889.894 + 12.998\ X_1$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 0.643

ในตารางที่ 3 พบว่าราคาทองคำตลาดโลก (X_1) มีผลต่อราคาขายออกทองคำแท่ง (Y_2) เขียนเป็นตัวแบบได้คือ $\hat{Y_2} = 3988.503 + 12.999\ X_1$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ 0.643

ส่วนตารางที่ 4 พบว่าราคาทองคำตลาดโลก (X_1) มีผลต่อราคารับซื้อทองคำรูปพรรณ (Y_3) เขียนเป็นตัวแบบได้คือ $\hat{Y_3} = 4172.021 + 12.505\ X_1$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ 0.643

และตารางที่ 5 พบว่าราคาทองคำตลาดโลก (X_1) มีผลต่อราคาขายออกทองคำรูปพรรณ (Y_4) เขียนเป็นตัวแบบได้ คือ $\hat{Y_4} = 3942.154 + 13.402\ X_1$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ 0.641

อภิปรายผล

จากสมมติฐานที่ว่า “อัตราแลกเปลี่ยนดอลลาร์-บาท ราคาทองคำในตลาดโลก และสัญญาซื้อขายล่วงหน้าน้ำมันดิบ WTI จะส่งผลต่อราคาทองคำแท่งและราคาทองคำรูปพรรณในประเทศไทย” ผลการศึกษา พบว่า ราคาทองคำในตลาดโลกส่งผลต่อราคารับซื้อและขายออกของทองคำแท่งและราคาทองคำรูปพรรณในประเทศไทย เนื่องจากราคาทองคำในประเทศจะอ้างอิงราคาจากต่างประเทศ คือ ราคาทองคำในตลาดโลก (Spot Gold) เป็นหลัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณภาส์อัญญ์ พิบูลพาณิชย์การ ได้ทำการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อราคาทองคำในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตลาดทองคำ การลงทุนในทองคำ และสถานการณ์ราคาทองคำในประเทศไทยและปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อราคาทองคำในประเทศไทย (ณภาส์อัญญ์ พิบูลพาณิชย์การ, 2558) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวรัจน์ อภิรักษ์เดชาชัย ได้ทำการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อราคาทองคำแท่งในประเทศไทย และจากผลกาวิจัยตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยของราคารับซื้อทองคำแท่งมีความสัมพันธ์กับราคาทองคำในตลาดโลก (เสาวรัจน์ อภิรักษ์เดชาชัย, 2553)

ส่วนตัวแบบถดถอยเชิงเส้นที่ได้จากการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณคือ $\hat{Y_1} = 3889.894 + 12.998\ X_1$ $\hat{Y_2} = 3988.503 + 12.999\ X_1$ $\hat{Y_3} = 4172.021 + 12.505\ X_1$ และ $\hat{Y_4} = 3942.154 + 13.402\ X_1$ เมื่อ X_1 คือราคาทองคำตลาดโลก และ $\hat{Y_1}, \hat{Y_2}, \hat{Y_3}, \hat{Y_4}$ คือราคารับซื้อทองคำแท่ง ราคาขายออกทองคำแท่ง ราคารับซื้อทองคำรูปพรรณ ราคา

ขายออกทองคำรูปพรรณ พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อราคาทองคำนั้น คือ ราคาทองคำตลาดโลก เป็นผลอันเนื่องจากจากราคาทองคำในประเทศได้อ้างอิงราคาทองคำในตลาดโลก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Z. Ismail, A. Yahya & A. Shabri. ที่ได้ศึกษาเรื่องการพยากรณ์ราคาทองคำโดยใช้การถดถอยพหุคูณ ซึ่งพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาทองคำคือ ราคาทองคำในตลาดโลก (Z. Ismail, A. Yahya & A. Shabri., 2009) เช่นเดียวกันกับ วิชัย สัตตธรรมกุล ได้ทำการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อราคาทองคำแท่งไทย พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อราคาทองคำแท่งไทยอย่างมีนัยสำคัญ คือ ราคาทองคำแท่งในตลาดโลก (วิชัย สัตตธรรมกุล, 2553) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวรัจน์ อภิรักษ์เดชาชัย ได้ทำการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อราคาทองคำแท่งในประเทศไทย และจากผลกาวิจัยตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยของราคารับซื้อทองคำแท่งมีความสัมพันธ์กับราคาทองคำในตลาดโลก (เสาวรัจน์ อภิรักษ์เดชาชัย, 2553)

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อราคารับซื้อและขายออกของทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณ พบว่า ราคาทองคำในตลาดโลกเป็นปัจจัยที่มีส่งผลต่อราคาทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณในประเทศไทย และเมื่อทำการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณพบว่า ราคาทองคำในตลาดโลก(X_1) มีอิทธิพลต่อราคารับซื้อและขายออกของทองคำแท่งและทองคำรูปพรรณ ซึ่งได้ตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยทั้งหมด 4 ตัวแบบ คือ ตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยของราคารับซื้อทองคำแท่ง $\hat{Y}_1 = 3889.894 + 12.998\ X_1$ เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ตัวแบบสามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องแม่นยำ 64.30% ในตัวแบบที่สองเป็นตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยของราคาขายออกทองคำแท่ง คือ $\hat{Y}_2 = 3988.503 + 12.999\ X_1$ เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ตัวแบบสามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องแม่นยำ 64.30% ในตัวแบบที่สามเป็นตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยของราคารับซื้อทองคำรูปพรรณ คือ $\hat{Y}_3 = 4172.021 + 12.505\ X_1$ เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ตัวแบบสามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องแม่นยำ 64.30% และตัวแบบที่สี่เป็นตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยของราคาขายออกทองคำรูปพรรณ คือ $\hat{Y}_4 = 3942.154 + 13.402\ X_1$ เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิการตัดสินใจ ตัวแบบสามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องแม่นยำ 64.10%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชฎารัตน์ ถาปัน และอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ

เอกสารอ้างอิง

ข้อมูลย้อนหลังของ สัญญาซื้อขายล่วงหน้าน้ำมันดิบ WTI. เข้าถึงได้จาก: https://th.investing.com/commodities/crude-oil-historical-data (วันที่ค้นข้อมูล: 15 สิงหาคม 2560)

ณภาส์อัญญ์ พิบูลพาณิชย์การ. (2558). **การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อราคาทองคำในประเทศไทย**. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. บทที่ 13 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่าย.เข้าถึงได้จาก http://www.stvc.ac.th/elearning/stat/csu13.html วันที่สืบค้น: 15 ส.ค. 2560.

วิชัย สัตตธรรมกุล. (2553). **ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อราคาทองคำแท่งไทย.** วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสาวรัจน์ อภิรักษ์เดชาชัย. (2553). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อราคาทองคำแท่งในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สมาคมค้าทองคำ. (2552). **ประวัติศาสตร์ทองคำ.** เข้าถึงได้จาก: http://www.goldtraders.ot.th/glod.php?id=2. วันที่สืบค้น 17 ส.ค. 2560.

สมาคมค้าทองคำ (Gold Traders Association). (2560). **ราคาทองคำย้อนหลัง.** เข้าถึงได้จาก: http://www.goldtraders.or.th/UpdatePriceList.aspx. วันที่สืบค้น 15 ส.ค. 2560.

Z. Ismail, A. Yahya & A. Shabri. (2009). Forecasting Gold Prices Using Multiple Linear Regression Method. **American Journal of Applied Sciences**. 6(8): 1509-1514.

ทฤษฎีบทจาคอปแบบ (s,t) และจาคอป-ลูคัสแบบ (s,t) โดยวิธีการเมทริกซ์

(s,t) JACOBSTHAL AND (s,t) JACOBSTHAL-LUCAS THEOREMS BY MATRIX METHODS

กมลรัตน์ ทองเพชร* บัญชรี เปรมศรี และ โชคชัย แซ่ย่า และ อุไรวรรณ จิตต์บุรุษ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
*corresponding author e-mail : Kamolrat.T@psru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นักวิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับจาคอปแบบ (s,t) และจาคอป-ลูคัสแบบ (s,t) ของเมทริกซ์ A เมื่อเมทริกซ์ $A=\begin{bmatrix} s^2+4t & 2s \\ st & 4t \end{bmatrix}$ โดยใช้วิธีการของเมทริกซ์ นอกจากนี้ผู้วิจัยจะได้ สูตรCassini สูตรBinet และเอกลักษณ์บางประการสำหรับ จาคอปแบบ (s,t) และจาคอป-ลูคัสแบบ (s,t) สำหรับเมทริกซ์ A

คำสำคัญ : ลำดับจาคอปแบบ (s,t) จาคอป-ลูคัสแบบ (s,t) เมทริกซ์

Abstract

In this paper , The researchers study (s,t) Jacobsthal and (s,t) Jacobsthal-Lucas by definition matrix. use the method of the matrix , Cassini's formulas. Binet's formulas and some identity for (s,t) Jacobsthal and (s,t) Jacobsthal-Lucas for A - Matrix.

keywords : (s,t) Jacobsthal numbers , (s,t) Jacobsthal-Lucas numbers , Matrix Methods

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ในปี 1969 Hoggatt V.E. [1] ได้ศึกษาเกี่ยวกันลำดับฟีโบนัชชี และลำดับลูคัส โดยลำดับฟีโบนัชชีสามารถเขียนแทนด้วย $\{F_n\}$ นิยามโดยความสัมพันธ์เวียนเกิดดังต่อไปนี้ $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$ สำหรับ $n \geq 2$ เมื่อมีเงื่อนไขเริ่มต้น $F_0 = 0, F_1 = 1$ และลำดับลูคัสสามารถเขียนแทนด้วย $\{L_n\}$ นิยามโดยความสัมพันธ์เวียนเกิดดังต่อไปนี้ $L_n = L_{n-1} + L_{n-2}$ สำหรับ $n \geq 2$ เมื่อมีเงื่อนไขเริ่มต้น $L_0 = 2, L_1 = 1$ และในปี 1996 Horadam [2] ได้ศึกษาเกี่ยวกับลำดับจาคอปและลำดับจาคอป-ลูคัสโดยลำดับจาคอปสามารถเขียนแทนด้วย $\{J_n\}$ นิยามโดยความสัมพันธ์เวียนเกิดดังต่อไปนี้ $J_n = J_{n-1} + J_{n-2}$ สำหรับ $n \geq 2$ เมื่อมีเงื่อนไขเริ่มต้น $J_0 = 0, J_1 = 1$ และลำดับจาคอป-ลูคัสสามารถเขียนแทนด้วย $\{j_n\}$ นิยามโดยความสัมพันธ์เวียนเกิดดังต่อไปนี้ $j_n = j_{n-1} + j_{n-2}$ สำหรับ $n \geq 2$ เมื่อมีเงื่อนไขเริ่มต้น $j_0 = 2, j_1 = 1$

ในปี 2015 S.Srisawat , W.Sriprad , O.Sthityanak [6,7] ได้ศึกษาเกี่ยวกับลำดับจาคอปและลำดับจาคอป-ลูคัส ลำดับจาคอปแบบ k และลำดับจาคอป-ลูคัสแบบ k เมื่อ k เป็นจำนวนจริงบวก ลำดับจาคอปแบบ k เขียนแทนด้วย

$\{J_{k.n}\}_{n\geq 0}$ และลำดับจาครอป-ลูคัสแบบ k เขียนแทนด้วย $\{j_{k.n}\}_{n\geq 0}$ นิยามตามลำดับโดยความสัมพันธ์เวียนเกิดดังต่อไปนี้

$J_{k,\mathrm{n}} = kJ_{k,n-1} + 2J_{k,n-2}$ เมื่อมีเงื่อนไขเริ่มต้น $J_{k,0} = 0$ และ $J_{k,1} = 1$ สำหรับ $n \geq 2$

$j_{k,\mathrm{n}} = kj_{k,n-1} + 2j_{k,n-2}$ เมื่อมีเงื่อนไขเริ่มต้น $j_{k,0} = 2$ และ $j_{k,1} = k$ สำหรับ $n \geq 2$

ในปี 2008 H.Civciv , R.Turkmen [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับลำดับฟีโบนัชชีแบบ (s,t) และลำดับลูคัสแบบ (s,t) เมื่อ s,t เป็นจำนวนจริงบวก ต่อมาในปี 2012 K.Uslu , S.Uygun [4] ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดของ H.Civciv , R.Turkmen มาเป็นลำดับที่เรียกว่าจาครอปแบบ (s,t) และจาครอป-ลูคัสแบบ (s,t) เมื่อ s,t เป็นจำนวนจริง ลำดับจาครอปแบบ (s,t)

เขียนแทนด้วย $\{J_n(s,t)\}$ และลำดับจาครอป-ลูคัสแบบ (s,t) เขียนแทนด้วย $\{j_n(s,t)\}$ นิยามตามลำดับโดยความสัมพันธ์เวียนเกิดคือ

$J_n(s,\mathrm{t}) = \mathrm{s}\,J_{n-1}(s,t) + 2tJ_{n-2}(s,t)$ เมื่อมีเงื่อนไขเริ่มต้น $J_0(s,t) = 0$, $J_1(s,t) = 1$

$j_n(s,\mathrm{t}) = \mathrm{s}\,j_{n-1}(s,t) + 2tj_{n-2}(s,t)$ เมื่อมีเงื่อนไขเริ่มต้น $j_0(s,t) = 2,\ j_1(s,t) = s$

สำหรับ $n \geq 2$ ให้ $s > 0$ $t \neq 0$ และ $s^2 + 8t \neq 0$

จากแนวคิดของ F.Koken , D.Bozkuit [5] ในปี 2008 ได้ศึกษาเกี่ยวกับจาครอปของเมทริกซ์ F และจาครอปของเมทริกซ์ M โดยใช้สูตรของบิเน็ท และวิธีการของเมทริกซ์ โดยกำหนดเมทริกซ์ $F = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ และเมทริกซ์ $M = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$ พวกเขาได้แสดงให้เห็นการเชื่อมโยงระหว่างเมทริกซ์และจำนวนจาครอป

ในปี 2015 S.Srisawat , W.Sriprad , O.Sthityanak [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับจาครอปแบบ k ของเมทริกซ์ S และจาครอป

แบบ k ของเมทริกซ์ W โดยใช้แนวคิดเดียวกับ F.Koken , D.Bozkuit โดยกำหนดเมทริกซ์ $S = \begin{bmatrix} k & 2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ และเมทริกซ์ $W = \begin{bmatrix} k^2+1 & 2k \\ k & 2 \end{bmatrix}$ นอกจากนี้ S.Srisawat , W.Sriprad , O.Sthityanak [7] ได้นำเมทริกซ์ S และเมทริกซ์ W มาศึกษาเกี่ยวกับลำดับจาครอป-ลูคัสแบบ k ของเมทริกซ์ A กำหนดเมทริกซ์ $A = \begin{bmatrix} k^2+4 & 2k \\ k & 4 \end{bmatrix}$

จากการศึกษาครั้งนี้เราได้แนวคิดของ K.Uslu,S.Uygun [4] และของ S.Srisawat ,W.Sriprad ,O.Sthityanak [7] ได้ศึกษาเกี่ยวกับลำดับจาครอปแบบ $(s,\ t)$ และจาครอป-ลูคัสแบบ $(s,\ t)$ ของเมทริกซ์ A มาศึกษาเป็นทฤษฎีบทจาครอป

แบบ $(s,\ t)$ และจาครอป-ลูคัสแบบ $(s,\ t)$ สำหรับเมทริกซ์ A โดยใช้วิธีการของเมทริกซ์ สูตรCassini และสูตรBinet กำหนดให้

$$A = \begin{bmatrix} s^2+4t & 2s \\ st & 4t \end{bmatrix} \qquad \text{---------- (1)}$$

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีบทจาครอปแบบ $(s,\ t)$ และจาครอป-ลูคัสแบบ $(s,\ t)$ สำหรับเมทริกซ์ A
2. เพื่อขยายแนวความคิดโดยใช้กระบวนการคิดและวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์

สมมติฐานของการวิจัย

จาก $A = \begin{bmatrix} s^2+4t & 2s \\ st & 4t \end{bmatrix}$ เราจะศึกษาทฤษฎีบทจาครอปแบบ $(s,\ t)$ และจาครอป-ลูคัสแบบ $(s,\ t)$ โดยวิธีการเมทริกซ์

จะได้ทฤษฎีบทหลักคือทฤษฎีบทจากสูตรBinet ,ทฤษฎีบทจากสูตรCassini และจะทำให้ได้เอกลักษณ์บางประการสำหรับจาครอป

แบบ $(s,\ t)$ และจาครอป-ลูคัสแบบ $(s,\ t)$ สำหรับเมทริกซ์ A

ขอบเขตการวิจัย

เราศึกษาทฤษฎีบทจาครอปแบบ $(s,\ t)$ และจาครอป-ลูคัสแบบ $(s,\ t)$ สำหรับเมทริกซ์ A

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่องทฤษฎีบทจาครอปแบบ (s,t) และจาครอป-ลูคัสแบบ (s,t) โดยวิธีการเมทริกซ์ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาให้เกิดองค์ความรู้ใหม่

รูปแบบของงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพโดยการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร และเก็บรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่ได้มีการศึกษามาแล้ว พร้อมทั้งได้ศึกษาแนวทางใหม่ๆ ด้วย

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างปัญหาใหม่จากทฤษฎีบทเดิมที่เคยศึกษาไว้
3. ดำเนินการพิสูจน์
4. สรุปและอภิปรายผล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นการศึกษาจากตำรา เอกสาร บทความ ทฤษฎีบท หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลการวิจัย

ให้ $A=\begin{bmatrix} s^2+4t & 2s \\ st & 4t \end{bmatrix}$ เราจะศึกษาทฤษฎีบทจาครอปแบบ $(s,\ t)$ และจาครอป-ลูคัสแบบ $(s,\ t)$ โดยวิธีการเมทริกซ์

เราได้ทฤษฎีบทหลักคือ

ทฤษฎีบท 1 ให้ $A=\begin{bmatrix} s^2+4t & 2s \\ st & 4t \end{bmatrix}$ เป็นเมทริกซ์ สำหรับ $n\geq 1$ แล้ว

$$A^n=\begin{cases} \left(\sqrt{s^2+8t}\right)^n\begin{bmatrix} J_{n+1}(s,t) & 2J_n(s,t) \\ tJ_n(s,t) & 2tJ_{n-1}(s,t) \end{bmatrix} & \text{, ถ้า } n \text{ เป็นจำนวนคู่} \\ \left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{n-1}\begin{bmatrix} j_{n+1}(s,t) & 2j_n(s,t) \\ tj_n(s,t) & 2tj_{n-1}(s,t) \end{bmatrix} & \text{, ถ้า } n \text{ เป็นจำนวนคี่} \end{cases}$$

พิสูจน์ เราจะพิสูจน์โดยใช้หลักการอุปนัยทางคณิตศาสตร์

<u>กรณี 1</u> n เป็นจำนวนคี่

ให้ $P(n)$ แทนข้อความ “ $A^n=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{n-1}\begin{bmatrix} j_{n+1}(s,t) & 2j_n(s,t) \\ tj_n(s,t) & 2tj_{n-1}(s,t) \end{bmatrix}$ ”เป็นจริง

จะแสดงว่า $P(1)$ เป็นจริง

เนื่องจาก $A^1=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{1-1}\begin{bmatrix} j_{1+1}(s,t) & 2j_1(s,t) \\ tj_1(s,t) & 2tj_{1-1}(s,t) \end{bmatrix}$

$$= \left(\sqrt{s^2+8t}\right)^0 \begin{bmatrix} j_2(s,t) & 2j_1(s,t) \\ tj_1(s,t) & 2tj_0(s,t) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} s^2+4t & 2s \\ st & 4t \end{bmatrix}$$

ดังนั้น $P(1)$ เป็นจริง

กำหนดให้ m เป็นจำนวนจริงใดๆ

ให้ $P(m)$ แทนข้อความ " $A^m = \left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{m-1} \begin{bmatrix} j_{m+1}(s,t) & 2j_m(s,t) \\ tj_m(s,t) & 2tj_{m-1}(s,t) \end{bmatrix}$ " เป็นจริง

จะแสดงว่า $P(m+1)$ เป็นจริง

พิจารณา $A^{m+2} = A\left(AA^m\right)$

$$= A\left(A\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{m-1} \begin{bmatrix} j_{m+1}(s,t) & 2j_m(s,t) \\ tj_m(s,t) & 2tj_{m-1}(s,t) \end{bmatrix} \right)$$

$$= \left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{m-1} A\left(\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{m-1} \begin{bmatrix} j_{m+2}(s,t) & 2j_{m+1}(s,t) \\ tj_{m+1}(s,t) & 2tj_m(s,t) \end{bmatrix} \right)$$

$$= \left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{m+1} \begin{bmatrix} j_{m+3}(s,t) & 2j_{m+2}(s,t) \\ tj_{m+2}(s,t) & 2tj_{m+1}(s,t) \end{bmatrix}$$

ดังนั้น $P(m+1)$ เป็นจริง □

ทฤษฎีบท 2 (Cassini's formulas) สำหรับ $n \geq 1$ แล้วข้อความต่อไปนี้เป็นจริง

(I) $J_{n+1}(s,t)J_{n-1}(s,t) - J_n^2(s,t) = (-1)^n \cdot (2t)^{n-1}$

(II) $j_{n+1}(s,t)j_{n-1}(s,t) - j_n^2(s,t) = (-1)^{n+1} \cdot \left(s^2+8t\right)(2t)^{n-1}$

พิสูจน์ เราพิสูจน์โดยใช้หลักการอุปนัยทางคณิตศาสตร์

(I) จะแสดงว่า $J_{n+1}(s,t)J_{n-1}(s,t) - J_n^2(s,t) = (-1)^n \cdot (2t)^{n-1}$

กรณี n เป็นจำนวนคู่ และจากทฤษฎีบท 4.3 และ 4.4 จะได้ว่า

พิจารณา $\det\left(\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^n \begin{bmatrix} J_{n+1}(s,t) & 2J_n(s,t) \\ tJ_n(s,t) & 2tJ_{n-1}(s,t) \end{bmatrix} \right) = \det\left(A^n\right)$

$$\left(s^2+8t\right)^n \cdot 2t\left(J_{n+1}(s,t)J_{n-1}(s,t) + J_n^2(s,t)\right) = \left(s^2+8t\right)^n \cdot (2t)^n$$

$$J_{n+1}(s,t)J_{n-1}(s,t) - J_n^2(s,t) = \frac{\left(s^2+8t\right)^n \cdot (2t)^n}{\left(s^2+8t\right)^n \cdot (2t)}$$

$$J_{n+1}(s,t)J_{n-1}(s,t) - J_n^2(s,t) = (2t)^{n-1}$$

$$J_{n+1}(s,t)J_{n-1}(s,t) - J_n^2(s,t) = (-1)^n \cdot (2t)^{n-1}$$

เราจะใช้คุณสมบัติลำดับจาครอปแบบ (s,t) เพื่อพิสูจน์กรณี $n-1$

$$J_{n+1}(s,t)J_{n-1}(s,t) - J_n^2(s,t) = (-1)^n \cdot (2t)^{n-1}$$

$$\left(sJ_n(s,t) + 2tJ_{n-1}(s,t)\right)J_{n-1}(s,t) - J_n(s,t)\left(sJ_{n-1}(s,t) + 2tJ_{n-2}(s,t)\right) = (-1)^n \cdot (2t)^{n-1}$$

$$sJ_n(s,t)J_{n-1}(s,t) + 2tJ_{n-1}^2(s,t) - sJ_n(s,t)J_{n-1}(s,t) + 2tJ_n(s,t)J_{n-2}(s,t) = (-1)^n \cdot (2t)^{n-1}$$

$$2tJ_{n-1}^2(s,t) - 2tJ_n(s,t)J_{n-2}(s,t) = (-1)^n \cdot (2t)^{n-1}$$

$$2t\left(J_{n-1}^2(s,t) - J_n(s,t)J_{n-2}(s,t)\right) = (-1)^n \cdot (2t)^{n-1}$$

$$J_n(s,t)J_{n-2}(s,t) - J_{n-1}^2(s,t) = \frac{(-1)^n \cdot (2t)^{n-1}}{2t}$$

$$J_n(s,t)J_{n-2}(s,t)-J_{n-1}^2(s,t)=(-1)^n\cdot(2t)^{n-2}$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า $J_{n+1}(s,t)J_{n-1}(s,t)-J_n^2(s,t)=(-1)^n\cdot(2t)^{n-1}$ เป็นจริง □

พิสูจน์ เราพิสูจน์โดยใช้หลักการอุปนัยทางคณิตศาสตร์

(II) จะแสดงว่า $j_{n+1}(s,t)j_{n-1}(s,t)-j_n^2(s,t)=(-1)^{n+1}\cdot(s^2+8t)(2t)^{n-1}$

กรณี n เป็นจำนวนคี่ และจากทฤษฎีบท 4.3 และ 4.4 จะได้ว่า

พิจารณา $\det\left(\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{n-1}\begin{bmatrix} j_{n+1}(s,t) & 2j_n(s,t) \\ tj_n(s,t) & 2tj_{n-1}(s,t)\end{bmatrix}\right)=\det(A^n)$

$$\left(s^2+8t\right)^n\cdot 2t\left(j_{n+1}(s,t)j_{n-1}(s,t)+j_n^2(s,t)\right)=\left(s^2+8t\right)^n\cdot(2t)^n$$

$$j_{n+1}(s,t)j_{n-1}(s,t)-j_n^2(s,t)=\frac{\left(s^2+8t\right)^n\cdot(2t)^n}{\left(s^2+8t\right)^{n-1}\cdot(2t)}$$

$$j_{n+1}(s,t)j_{n-1}(s,t)-j_n^2(s,t)=\left(s^2+8t\right)\cdot(2t)^{n-1}$$

$$j_{n+1}(s,t)j_{n-1}(s,t)-j_n^2(s,t)=(-1)^n\left(s^2+8t\right)\cdot(2t)^{n-1}$$

เราจะใช้คุณสมบัติลำดับจาครอปแบบ (s,t) เพื่อพิสูจน์กรณี $n+1$

$$j_{n+1}(s,t)j_{n-1}(s,t)-j_n^2(s,t)=(-1)^{n+1}\left(s^2+8t\right)\cdot(2t)^{n-1}$$

$$\left(sj_n(s,t)+2tj_{n-1}(s,t)\right)j_{n-1}(s,t)-j_n(s,t)\left(sj_{n-1}(s,t)+2tj_{n-2}(s,t)\right)=(-1)^{n+1}\left(s^2+8t\right)\cdot(2t)^{n-1}$$

$$sj_n(s,t)j_{n-1}(s,t)+2tj_{n-1}^2(s,t)-sj_n(s,t)j_{n-1}(s,t)+2tj_n(s,t)j_{n-2}(s,t)=(-1)^{n+1}\left(s^2+8t\right)\cdot(2t)^{n-1}$$

$$2t\left(j_{n-1}^2(s,t)-j_n(s,t)j_{n-2}(s,t)\right)=(-1)^{n+1}\left(s^2+8t\right)\cdot(2t)^{n-1}$$

$$j_n(s,t)j_{n-2}(s,t)-j_{n-1}^2(s,t)=\frac{(-1)^{n+1}\left(s^2+8t\right)\cdot(2t)^{n-1}}{-2t}$$

$$j_n(s,t)j_{n-2}(s,t)-j_{n-1}^2(s,t)=(-1)^n\left(s^2+8t\right)\cdot(2t)^{n-2}$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า $j_{n+1}(s,t)j_{n-1}(s,t)-j_n^2(s,t)=(-1)^{n+1}\cdot(s^2+8t)(2t)^{n-1}$ เป็นจริง □

ทฤษฎีบท 3 (Binet's formulas) สำหรับ $n\geq 1$ แล้วข้อความต่อไปนี้เป็นจริง

(I) $J_n(s,t)=\dfrac{r_1^n-r_2^n}{r_1-r_2}$

(II) $j_n(s,t)=r_1^n+r_2^n$

เมื่อ $r_1=\dfrac{s+\sqrt{s^2+8t}}{2}$ และ $r_2=\dfrac{s-\sqrt{s^2+8t}}{2}$

พิสูจน์ เราสามารถเขียนสมการเฉพาะของจาครอป-ลูคัสแบบ (s,t) ของเมทริกซ์ A

จากสมการ (1) และบทนิยามค่าเจาะจงและเวกเตอร์เจาะจง

$\det(A-\lambda I)=0$ จะได้ว่า $\lambda^2-\left(s^2+8t\right)\lambda+2t\left(s^2+8t\right)=0$

จากนั้นเราคำนวณหาค่าเจาะจง และเวกเตอร์เจาะจงของ A เพื่อให้เราได้ค่าเจาะจง

(I) เราจะพิจารณาหาค่าเจาะจงและเวกเตอร์เจาะจงของเมทริกซ์ A

นั้นคือ เราจะแสดงว่า $Av=\lambda v$ หรือ $(A-\lambda I)v=0$ เมื่อ λ เป็นค่าเจาะจงของเมทริกซ์ A

$$\left(\begin{bmatrix} s^2+2t & 2s \\ st & 2t\end{bmatrix}-\lambda\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}\right)\begin{bmatrix}v_1\\ v_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0\\ 0\end{bmatrix}$$

$$\left(\begin{bmatrix} s^2+2t & 2s \\ st & 2t\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}\lambda & 0\\ 0 & \lambda\end{bmatrix}\right)\begin{bmatrix}v_1\\ v_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0\\ 0\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \left(s^2+2t\right)-\lambda & 2s-0 \\ st-0 & 2t-\lambda \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

ผลเฉลยไม่เป็นศูนย์เมื่อ

$$\det\begin{vmatrix} \left(s^2+2t\right)-\lambda & 2s-0 \\ st-0 & 2t-\lambda \end{vmatrix}=0$$

จะได้ว่า $\left(\left(s^2+2t\right)-\lambda\right)\left(2t-\lambda\right)-\left(2s\right)\left(st\right)=0$

$$\lambda^2-\left(s^2+8t\right)\lambda+2t\left(s^2+8t\right)=0$$

จากการแก้สมการหาผลเฉลยจะได้ $\lambda_1=\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1$ และ $\lambda_2=\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2$

ดังนั้น ค่าเจาะจงของเมทริกซ์ A คือ $\lambda_1=\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1$ และ $\lambda_2=\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2$

และพิจารณาค่าเวกเตอร์เฉพาะโดยการแทน λ_1 และ λ_2 ใน $Av=\lambda v$

จะได้ $v_1=\left(r_1,1\right)$ และ $v_2=\left(r_2,1\right)$

เมื่อ $r_1=\dfrac{s+\sqrt{s^2+8t}}{2}$ และ $r_2=\dfrac{s-\sqrt{s^2+8t}}{2}$

เนื่องจากค่าทั้ง 2 มีความแตกต่างกัน ดังนั้นเราสามารถเขียนเมทริกซ์ทแยงของเมทริกซ์ A

โดย $D=Q^{-1}AQ$ เมื่อ $Q=\left(v_1^T,v_2^T\right)=\begin{bmatrix} r_1 & r_2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$

จะได้ว่า $D=diag\left(\lambda_1,\lambda_2\right)=\begin{bmatrix} \sqrt{s^2+8t}\cdot r_1 & 0 \\ 0 & \sqrt{s^2+8t}\cdot r_2 \end{bmatrix}$

พิจารณา $A^n=QD^nQ^{-1}$

$$=\begin{bmatrix} r_1 & r_2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n & 0 \\ 0 & \left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dfrac{1}{r_1-r_2} & -\dfrac{r_2}{r_1-r_2} \\ -\dfrac{1}{r_1-r_2} & \dfrac{r_1}{r_1-r_2} \end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix} r_1\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n & r_2\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n \\ \left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n & \left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dfrac{1}{r_1-r_2} & -\dfrac{r_2}{r_1-r_2} \\ -\dfrac{1}{r_1-r_2} & \dfrac{r_1}{r_1-r_2} \end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix} \dfrac{r_1\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n-r_2\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n}{r_1-r_2} & \dfrac{-r_1r_2\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n+r_1r_2\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n}{r_1-r_2} \\ \dfrac{\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n-\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n}{r_1-r_2} & \dfrac{-r_2\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n+r_1\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n}{r_1-r_2} \end{bmatrix}$$

$$=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{n-1}\begin{bmatrix} \dfrac{r_1^{n+1}-r_2^{n+1}}{r_1-r_2} & \dfrac{r_1r_2^{n+1}-r_1^{n+1}r_2}{r_1-r_2} \\ \dfrac{r_1^n-r_2^n}{r_1-r_2} & \dfrac{r_1r_2^n-r_1^nr_2}{r_1-r_2} \end{bmatrix}$$

$$=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{n-1}\begin{bmatrix} \dfrac{r_1^{n+1}-r_2^{n+1}}{r_1-r_2} & r_2^{n+1}+r_1^{n+1} \\ \dfrac{r_1^n-r_2^n}{r_1-r_2} & r_2^n+r_1^n \end{bmatrix}$$

โดยทฤษฎีบท 1 เราสามารถสรุปได้ว่าในแถวที่ 2 หลักที่ 2 ของแต่ละเมทริกซ์ ถ้า n เป็นจำนวนคี่

จะได้ว่า $j_n\left(s,t\right)=r_1^n+r_2^n$ และถ้า n เป็นจำนวนคู่จะได้ว่า $J_n\left(s,t\right)=\dfrac{r_1^n-r_2^n}{r_1-r_2}$

เราใช้ $J_n\left(s,t\right)=sJ_{n-1}+2tJ_{n-2}\left(s,t\right)$ แล้วสามารถเขียนได้

$$J_n\left(s,t\right)=\frac{1}{s}\left(J_{n+1}-2tJ_{n-1}\left(s,t\right)\right)$$

จะได้ว่า (I) เป็นจริงสำหรับจำนวนคู่ n ถ้า n เป็นจำนวนคี่ เราใช้สมการ $x^2 = sx + 2t$

พิจารณา
$$\begin{aligned} J_n(s,t) &= \frac{1}{s}\left(J_{n+1} - 2tJ_{n-1}(s,t)\right) \\ &= \frac{1}{s}\left(\frac{r_1^{n+1} - r_2^{n+1}}{r_1 - r_2} - 2t\frac{r_1^{n-1} - r_2^{n-1}}{r_1 - r_2}\right) \\ &= \frac{1}{r_1 - r_2}\left(\frac{r_1^{n-1}\left(r_1^2 - 2\right) - r_1^{n-1}\left(r_2^2 - 2\right)}{s}\right) \\ &= \frac{1}{r_1 - r_2}\left(\frac{r_1^{n-1}(sr_1) - r_1^{n-1}(sr_2)}{s}\right) \\ &= \frac{r_1^n - r_2^n}{r_1 - r_2} \end{aligned}$$

ดังนั้น (I) เป็นจริงสำหรับ $n \in \mathrm{N}$ □

(II) เราจะพิจารณาหาค่าเจาะจงและเวกเตอร์เจาะจงของเมทริกซ์ A

นั้นคือ เราจะแสดงว่า $Av = \lambda v$ หรือ $(A - \lambda I)v = 0$ เมื่อ λ เป็นค่าเจาะจงของเมทริกซ์ A

$$\left(\begin{bmatrix} s^2 + 2t & 2s \\ st & 2t \end{bmatrix} - \lambda\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\right)\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\left(\begin{bmatrix} s^2 + 2t & 2s \\ st & 2t \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix}\right)\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \left(s^2 + 2t\right) - \lambda & 2s - 0 \\ st - 0 & 2t - \lambda \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

ผลเฉลยไม่เป็นศูนย์เมื่อ

$$\begin{bmatrix} \left(s^2 + 2t\right) - \lambda & 2s - 0 \\ st - 0 & 2t - \lambda \end{bmatrix} = 0$$

จะได้ว่า $\left(\left(s^2 + 2t\right) - \lambda\right)(2t - \lambda) - (2s)(st) = 0$

$$\lambda^2 - \left(s^2 + 8t\right)\lambda + 2t\left(s^2 + 8t\right) = 0$$

จากการแก้สมการหาผลเฉลยจะได้ $\lambda_1 = \sqrt{s^2 + 8t} \cdot r_1$ และ $\lambda_2 = \sqrt{s^2 + 8t} \cdot r_2$

ดังนั้น ค่าเจาะจงของเมทริกซ์ A คือ $\lambda_1 = \sqrt{s^2 + 8t} \cdot r_1$ และ $\lambda_2 = \sqrt{s^2 + 8t} \cdot r_2$

และพิจารณาค่าเวกเตอร์เฉพาะโดยการแทน λ_1 และ λ_2 ใน $Av = \lambda v$

จะได้ $v_1 = (r_1, 1)$ และ $v_2 = (r_2, 1)$

เมื่อ $r_1 = \dfrac{s + \sqrt{s^2 + 8t}}{2}$ และ $r_2 = \dfrac{s - \sqrt{s^2 + 8t}}{2}$

เนื่องจากค่าทั้ง 2 มีความแตกต่างกัน ดังนั้นเราสามารถเขียนเมทริกซ์ทแยงของเมทริกซ์ A

โดย $D = Q^{-1}AQ$ เมื่อ $Q = \left(v_1^T, v_2^T\right) = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$

จะได้ว่า $D = diag(\lambda_1, \lambda_2) = \begin{bmatrix} \sqrt{s^2 + 8t} \cdot r_1 & 0 \\ 0 & \sqrt{s^2 + 8t} \cdot r_2 \end{bmatrix}$

จากสมบัติของเมทริกซ์ที่คล้ายกัน เราสามารถเขียนได้ว่า

$$A^n = QD^nQ^{-1}$$

$$=\begin{bmatrix} r_1 & r_2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n & 0 \\ 0 & \left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \frac{1}{r_1-r_2} & -\frac{r_2}{r_1-r_2} \\ -\frac{1}{r_1-r_2} & \frac{r_1}{r_1-r_2} \end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix} r_1\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n & r_2\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n \\ \left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n & \left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \frac{1}{r_1-r_2} & -\frac{r_2}{r_1-r_2} \\ -\frac{1}{r_1-r_2} & \frac{r_1}{r_1-r_2} \end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix} \frac{r_1\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n - r_2\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n}{r_1-r_2} & \frac{-r_1r_2\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n + r_1r_2\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n}{r_1-r_2} \\ \frac{\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n - \left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n}{r_1-r_2} & \frac{-r_2\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_1\right)^n + r_1\left(\sqrt{s^2+8t}\cdot r_2\right)^n}{r_1-r_2} \end{bmatrix}$$

$$=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{n-1}\begin{bmatrix} \frac{r_1^{n+1}-r_2^{n+1}}{r_1-r_2} & \frac{r_1r_2^{n+1}-r_1^{n+1}r_2}{r_1-r_2} \\ \frac{r_1^n-r_2^n}{r_1-r_2} & \frac{r_1r_2^n-r_1^nr_2}{r_1-r_2} \end{bmatrix}$$

$$=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{n-1}\begin{bmatrix} \frac{r_1^{n+1}-r_2^{n+1}}{r_1-r_2} & r_2^{n+1}+r_1^{n+1} \\ \frac{r_1^n-r_2^n}{r_1-r_2} & r_2^n+r_1^n \end{bmatrix}$$

โดยทฤษฎี 1 เราสามารถสรุปได้ว่าในแถวที่ 2 หลักที่ 2 ของแต่ละเมทริกซ์ ถ้า n เป็นจำนวนคี่ จะได้ว่า $j_n(s,t)=r_1^n+r_2^n$ และถ้า n เป็นจำนวนคู่จะได้ว่า $J_n(s,t)=\frac{r_1^n-r_2^n}{r_1-r_2}$

เราใช้ $j_n(s,t)=sj_{n-1}+2tj_{n-2}(s,t)$ แล้วสามารถเขียนได้

$$j_n(s,t)=\frac{1}{s}\left(j_{n+1}-2tj_{n-1}(s,t)\right)$$

จะได้ว่า (II) เป็นจริงสำหรับจำนวนคี่ n เมื่อ n เป็นจำนวนคู่ เราใช้สมการ $x^2=sx+2t$

จะได้ $$j_n(s,t)=\frac{1}{s}\left(j_{n+1}-2tj_{n-1}(s,t)\right)$$

$$=\frac{1}{s}\left(r_1^{n+1}+r_2^{n+1}-2t\left(r_1^{n-1}+r_2^{n-1}\right)\right)$$

$$=\frac{1}{s}\left(r_1^{n-1}\left(r_1^2-2t\right)+r_2^{n-1}\left(r_2^2-2t\right)\right)$$

$$=\left(\frac{r_1^{n-1}\left(sr_1\right)+r_2^{n-1}\left(sr_2\right)}{s}\right)$$

$$=r_1^n+r_2^n$$

ดังนั้น (II) เป็นจริงสำหรับ $n\in\mathbb{N}$ □

<u>กรณี 2</u> n เป็นจำนวนคู่

ให้ $P(n)$ แทนข้อความ “ $A=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^n\begin{bmatrix} J_{n+1}(s,t) & 2J_n(s,t) \\ tJ_n(s,t) & 2tJ_{n-1}(s,t) \end{bmatrix}$ ” เป็นจริง

จะแสดงว่า $P(1)$ เป็นจริง

พิจารณา $A^1=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^1\begin{bmatrix} J_{1+1}(s,t) & 2J_1(s,t) \\ tJ_1(s,t) & 2tJ_{1-1}(s,t)\end{bmatrix}$

$$=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^1\begin{bmatrix} J_2(s,t) & 2J_1(s,t) \\ tJ_1(s,t) & 2tJ_0(s,t)\end{bmatrix}$$

$$=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)\begin{bmatrix} s & 2 \\ t & 0\end{bmatrix}$$

จะได้ว่า $P(1)$ เป็นจริง

กำหนดให้ m เป็นจำนวนจริงใด ๆ

ให้ $P(m)$ แทนข้อความ " $A=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^n\begin{bmatrix} J_{n+1}(s,t) & 2J_n(s,t) \\ tJ_n(s,t) & 2tJ_{n-1}(s,t)\end{bmatrix}$ " เป็นจริง

จะแสดงว่า $P(m+1)$ เป็นจริง

พิจารณา $A^m=AA^{m-1}$

$$=A\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{m-2}\begin{bmatrix} j_m(s,t) & 2j_{m-1}(s,t) \\ tj_{m-1}(s,t) & 2tj_{m-2}(s,t)\end{bmatrix}$$

$$=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{m-2}\left(\left(s^2+8t\right)\begin{bmatrix} J_{m+1}(s,t) & 2J_m(s,t) \\ tJ_m(s,t) & 2tJ_{m-1}(s,t)\end{bmatrix}\right)$$

$$=\left(\sqrt{s^2+8t}\right)^{m}\begin{bmatrix} J_{m+1}(s,t) & 2J_m(s,t) \\ tJ_m(s,t) & 2tJ_{m-1}(s,t)\end{bmatrix}$$

ดังนั้น $P(m+1)$ เป็นจริง □

อภิปรายผล

ในโครงงานทางคณิตศาสตร์นี้ได้ศึกษาทฤษฎีบทจาครอปแบบ (s,t) และจาครอป-ลูคัสแบบ (s,t) หลังจากใช้เมทริกซ์ A เราได้รับเอกลักษณ์บางอย่าง สูตรแคสสินี และสูตรของบิเน็ท สำหรับจาครอปแบบ (s,t) และจาครอป-ลูคัสแบบ (s,t)

ทั้งนี้ผู้จัดทำได้แนะนำให้ใช้วิธีการของเมทริกซ์ที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์เราอาจจะกำหนดในรูปแบบนี้เป็นเมทริกซ์ใหม่ ซึ่งนำไปสู่เอกลักษณ์บางอย่างที่น่าสนใจ

สรุปผลการวิจัย

ให้ $A=\begin{bmatrix} s^2+4t & 2s \\ st & 4t\end{bmatrix}$ แล้วศึกษาทฤษฎีบทจาครอปแบบ $(s,\ t)$ และจาครอป-ลูคัสแบบ $(s,\ t)$ โดยใช้วิธีการเมทริกซ์ ซึ่งเราได้ทฤษฎีบทหลักคือ ทฤษฎีบท 1 และสูตร Cassini จากทฤษฎีบท 2 และได้สูตร Binet จากทฤษฎีบท 3 และทำให้ได้เอกลักษณ์บางประการสำหรับจาครอปปแบบ $(s,\ t)$ และจาครอป-ลูคัสแบบ $(s,\ t)$ สำหรับเมทริกซ์ A

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.อุไรวรรณ จิตต์บุรุษ และอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ

เอกสารอ้างอิง

ดำรง ทิพย์โยธา. (2542). **"พีชคณิตเชิงเส้น (Linear algebra)".** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Hoggatt, V.E. Jr. (1969). **"Fibonacci and Lucas numbers. Houghton – Mifflin Co"**. Boston.

Horadam, F. (1996). **"Jacobsthal Representation Numbers, The Fibonacci Quarterly"**. Vol. 34. no.1. pp.40-54.

H.Civciv, R.T. (2008). **“On the (s, t)-Fibonacci and Fibonacci Matrix Se-quences”**. Ars Comb.87.

K.Uslu, S.Uygun. (2012). **“The (s, t) Jacobsthal and (s, t) Jacobsthal-Lucas Matrix Sequences”**. Applied Mathematical Sciences. Vol. 9. no. 70. pp.3467 – 3476.

F.K, D.B. (2008). “On The Jacobsthal Numbers by Matrix Methods”. **Int.J.Contemp. Math. Sciences**. Vol.3. no.13. pp.605-614.

S.Srisawat ,W. Sriprad,O.Sthityanak. (2015). “On the k-Jacobsthal Numbers By Matrix Methods”. **science and Technology RMUTT Joumal.** vol.5 no.1. pp.70-76.

S.Srisawat, W. Sriprad, O.S. (2015). **“On the k-Jacobsthal-Lucas Numbers By Matrix Methods”** . lnterntional conference on science and Technology RMUTT .

K.Uslu, N.Taskara ,H.Kose. (2011). **“The Generalized k-Fibonacci and k-Lucas numbers”**. Ars Comb.99. pp.25-32.

การศึกษาการผลิตโปรตีนข้าวผงที่ละลายน้ำได้จากข้าวและรำข้าว

STUDY ON THE PRODUCTION OF SOLUBLE PROTEIN POWDER FROM RICE AND RICE BRAN

นับดาว มากจุ้ย[1*] เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์[1,2] และ ทิพวรรณ ทองสุข[1,2]
[1]คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก
[2]สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการ ด้านไขมันและน้ำมัน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก
[*]corresponding author e-mail : nd2_togethr@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการผลิตโปรตีนข้าวผงที่ละลายน้ำได้จากข้าวและรำข้าว ศึกษาการผลิตโปรตีนข้าวโดยการสกัดด้วยด่างแล้วตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็กทริกแล้วทำแห้งโดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) การสกัดด้วยด่างร่วมกับการใช้เอนไซม์โปรติเอสแล้วทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) การสกัดโดยใช้เอนไซม์แล้วทำแห้งแบบพ่นฝอย ผลการศึกษาพบว่าโปรตีนรำข้าวผงที่เตรียมโดยวิธีที่ 1 (RBP1) มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าโปรตีนรำข้าวผงที่เตรียมโดยวิธีที่ 2 (RBP3) และวิธีที่ 3 (RBP4) ($p\leq0.05$) อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการละลายของ RBP3 และ RBP4 สูงกว่า RBP1 ($p\leq0.05$) ในขณะที่โปรตีนข้าวผงที่เตรียมโดยวิธีที่ 2 (RP 3) มีปริมาณโปรตีนและความสามารถในการละลาย สูงกว่า โปรตีนข้าวผงที่เตรียมโดยวิธีที่ 1 (RP 1) ($p\leq0.05$) ดังนั้น การสกัดโปรตีนโดยวิธีการสกัดด้วยด่างร่วมกับการใช้เอนไซม์โปรติเอสแล้วทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเตรียมโปรตีนข้าวผงชนิดละลายน้ำได้ทั้งจากข้าวและรำข้าว

คำสำคัญ : การสกัดโปรตีน รำข้าว ข้าวท่อน เอนไซม์โปรติเอส

Abstract

The objective of this study was to produce soluble protein powder from rice and rice bran. The methods studied include alkaline extraction for rice protein then precipitating the extracted protein at isoelectric point followed by freeze drying, the combination of alkaline and enzymatic (protease) extraction of rice protein followed by spray drying, enzymatic extraction followed by spray drying. Results show that the rice bran protein powder prepared by method 1 (RBP1) had significantly higher protein content than the rice bran protein powder prepared by method 2 (RBP3) and by method 3 (RBP4) ($p\leq0.05$). However, RBP3 and RBP4 showed much higher water solubility than RBP1. For protein powder prepared from rice, the rice protein powder prepared by method 2 (RP3) had higher protein content and water solubility than the rice protein powder prepared by method 1 (RP1) ($p\leq0.05$). This indicated that the combination of alkaline and enzymatic (protease) extraction of rice protein followed by spray drying was an efficient method for the production of soluble protein powder prepared from both rice and rice bran.

Keywords : protein extraction, rice bran, broken rice, protease enzyme

บทนำ

ผลพลอยได้จากขั้นตอนของการขัดสีข้าวประกอบด้วย รำข้าว และเมล็ดข้าวหักหรือปลายข้าว ผลพลอยได้เหล่านี้นอกจากจะเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตแล้วยังมีโปรตีนที่มีคุณค่าทางอาหารด้วย ปลายข้าวมีปริมาณโปรตีน 5.6-13.3% และรำข้าวมีปริมาณโปรตีน 12.1-17.2% (Juliano, 1972) โปรตีนรำข้าวมีคุณภาพสูงเนื่องจากประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดที่

จำเป็นต่อร่างกาย (essential amino acids) ในปริมาณที่สามารถเทียบเคียงได้กับโปรตีนเข้มข้นจากถั่วเหลืองและเคซีนในนม และมีไลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในปริมาณสูง (Lasztity, 1984) แม้ว่าข้าวจะมีปริมาณโปรตีนน้อยเมื่อเทียบกับถั่วเหลืองและน้ำนมวัว แต่โปรตีนในข้าวเป็นโปรตีนที่คนส่วนใหญ่ไม่เกิดอาการแพ้ (hypoallergenic) ซึ่งเป็นข้อเด่นแตกต่างจากโปรตีนจากแหล่งอื่น

การผลิตโปรตีนจากข้าวและรำข้าวที่ทำได้ง่ายคือการสกัดด้วยด่าง (alkaline extraction) ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการละลายของโปรตีน ซึ่งโปรตีนรำข้าวมีความสามารถในการละลายที่ค่าความเป็นกรดด่าง 9.0-11.0 จากนั้นจึงตกตะกอนโปรตีนดังกล่าวด้วยการปรับค่าความเป็นกรดด่างไปที่จุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point, pI) ของโปรตีนเพื่อลดความสามารถในการละลายของโปรตีนในสารละลาย จึงทำให้โปรตีนตกตะกอนแยกออกมาจากสารละลาย ข้อจำกัดสำคัญของโปรตีนจากข้าวคือมีความสามารถในการละลายต่ำ เนื่องจากมีสัดส่วนโปรตีนชนิด glutelin ในปริมาณสูง (70-80% ในโปรตีนจากข้าว และ 40-60% ในโปรตีนจากรำข้าว) ในขณะที่โปรตีนถั่วเหลืองมีโปรตีนชนิดที่ละลายน้ำได้ (albumin และ globulin) ทำให้สกัดได้ง่ายและเนื่องจากโปรตีนละลายน้ำได้ดีจึงประยุกต์ใช้ได้หลากหลายโดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาวิธีการสกัดโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากข้าวและรำข้าว แล้วเตรียมให้อยู่ในรูปผงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) แล้วศึกษาปริมาณโปรตีนและความสามารถในการละลายของโปรตีนผง เพื่อให้สามารถนำไปต่อยอดงานวิจัยด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบผงพร้อมชงสำเร็จรูปและเพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารชนิดอื่นๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

รำข้าวสกัดน้ำมันโดยวิธีบีบเย็น (defatted rice bran) ที่ได้จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลหนองโสน ตำบลหนองโสน อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร เก็บตัวอย่างในถุงโพลีเอทิลีนแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และข้าวท่อน (broken rice) ที่ได้จากโรงสีในอำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก เก็บตัวอย่างในถุงโพลีเอทิลีนแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนบดละเอียดและร่อนผ่านตะแกร่งร่อนขนาด 60 เมช

2. เอนไซม์ที่ใช้

เอนไซม์ทางการค้าที่ใช้มี 2 ชนิด ได้แก่ 1) เอนไซม์ Protease P6 ซึ่งมีแอคติวิตีของเอนไซม์โปรติเอส (protease activity) 580,000 DU/g ผลิตจาก *Bacillus licheniformis* สภาวะที่เหมาะสมในการทำงานคือที่ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0-10.0 และอุณหภูมิ 25-70 องศาเซลเซียส และ 2) เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α-amylase) ซึ่งมีแอคติวิตีของเอนไซม์อะไมเลส (α-amylase activity) ≥120,000 u/ml สภาวะที่เหมาะสมในการทำงานคือที่ค่าความเป็นกรดด่าง 4.5-6.5 และอุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส ซึ่งได้มาจากบริษัท สยามวิคตอรี่ เคมิคอล จำกัด ซึ่งเป็นผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย

3. การสกัดโปรตีนรำข้าว (rice bran protein)

3.1 การสกัดโปรตีนจากรำสกัดน้ำมันโดยการสกัดด้วยด่าง (RBP1)

เตรียมรำสกัดน้ำมันผสมน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 (w/v) ปรับค่าความเป็นกรดด่างเป็น 9.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ กวนผสมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (26 องศาเซลเซียส) แยกกากรำข้าวหลังสกัดโปรตีนออกจากสารละลายโปรตีน โดยนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 5000 rpm (K240 R, Centurion) เป็นเวลา 10 นาที และตกตะกอนโปรตีนที่ค่าความเป็นกรดด่าง 4.0 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ล้างตะกอนโปรตีนด้วยน้ำกลั่นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 5000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกตะกอนโปรตีน นำตะกอนโปรตีนและรำข้าวหลังสกัดโปรตีนไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Catalog No.79340-01, Labconco) โดยเรียกโปรตีนรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยด่างว่า RBP1

3.2 การสกัดโปรตีนจากรำสกัดน้ำมันโดยการสกัดด้วยด่างร่วมกับการใช้เอนไซม์ (RBP2 และ RBP3)

เตรียมรำสกัดน้ำมันและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 (w/v) ปรับค่าความเป็นกรดด่างเป็น 9.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ กวนผสมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (26 องศาเซลเซียส) เติมเอนไซม์โปรติเอส 0.25 มิลลิลิตรต่อตัวอย่างรำสกัดน้ำมัน 100 กรัม กวนผสมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที แยกรำหลังสกัดโปรตีนออกจากสารละลายโปรตีน ด้วยเครื่องกรองแยกกาก นำสารละลายโปรตีนรำข้าวไปทำแห้งแบบพ่นฝอย (L-8 Spray dryer, Model) ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส อัตราเร็ว 20 มิลลิลิตร/นาที ส่วนรำข้าวหลังสกัดโปรตีนนำไปทำแห้งโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยเรียกโปรตีนรำข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยด่างร่วมกับการใช้เอนไซม์โปรติเอสว่า RBP3 และเรียกโปรตีนที่สกัดโดยวิธีการเดียวกันแต่ไม่ใช้เอนไซม์โปรติเอสว่า RBP2

3.3 การสกัดโปรตีนจากรำสกัดน้ำมันโดยการใช้เอนไซม์ (RBP4)

เตรียมรำสกัดน้ำมันผสมน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 (w/v) ปรับค่าความเป็นกรดด่างเป็น 6.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส 5 ไมโครลิตรต่อตัวอย่างรำข้าว 30 กรัม กวนผสมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปรับค่าความเป็นกรดด่างเป็น 8.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ เติมเอนไซม์โปรติเอส 1 มิลลิลิตร กวนผสมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที แยกรำหลังสกัดโปรตีนออกจากสารละลายโปรตีนด้วยเครื่องกรองแยกกาก นำสารละลายโปรตีนไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส อัตราเร็ว 20 มิลลิลิตร/นาที ส่วนรำข้าวหลังสกัดโปรตีนทำแห้งโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยเรียกโปรตีนรำข้าวที่ได้จากการใช้เอนไซม์ว่า RBP4

4. การสกัดโปรตีนจากข้าว

4.1 การสกัดโปรตีนจากข้าวโดยการสกัดด้วยด่าง (RP1)

เตรียมแป้งข้าวผสมน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 (w/v) ปรับค่าความเป็นกรดด่างเป็น 9.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ กวนผสมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แยกข้าวหลังสกัดโปรตีนออกจากสารละลายโปรตีน โดยนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 5000 rpm เป็นเวลา 10 นาที และตกตะกอนโปรตีนที่ pH 4.8 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ล้างตะกอนโปรตีนด้วยน้ำกลั่น นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 5000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกตะกอนโปรตีน นำตะกอนโปรตีนข้าวไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยเรียกโปรตีนข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยด่างว่า RP1

4.2 การสกัดโปรตีนจากข้าวโดยการสกัดด้วยด่างร่วมกับการใช้เอนไซม์ (RP2 และ RP3)

เตรียมแป้งข้าวผสมน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:5 (w/v) ปรับค่าความเป็นกรดด่างเป็น 6.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส 10 ไมโครลิตรต่อตัวอย่างแป้งข้าว 30 กรัม กวนผสมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที แยกข้าวส่วนที่ไม่ละลายออกจากสารละลายส่วนใสด้วยเครื่องกรองแยกกาก นำข้าวหลังการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสไปทำแห้งโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ชั่งตัวอย่างข้าวหลังการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 (w/v) ปรับค่าความเป็นกรดด่างเป็น 9.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ กวนผสมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เติมเอนไซม์โปรติเอส 0.25 มิลลิลิตรต่อตัวอย่างข้าวหลังการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลส 100 กรัม กวนผสมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที แยกกากข้าวหลังสกัดโปรตีนออกจากสารละลายโปรตีนด้วยเครื่องกรองแยกกาก นำสารละลายโปรตีนข้าวไปทำแห้งแบบ พ่นฝอยที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส อัตราเร็ว 20 มิลลิลิตร/นาที ส่วนข้าวหลังสกัดโปรตีนนำไปทำแห้งโดยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยเรียกโปรตีนข้าวที่ได้จากการสกัดด้วยด่างร่วมกับการใช้เอนไซม์โปรติเอสว่า RP3 และเรียกโปรตีนที่สกัดโดยวิธีการเดียวกันแต่ไม่ใช้เอนไซม์โปรติเอสว่า RP2

4.3 การสกัดโปรตีนจากข้าวโดยการใช้เอนไซม์ (RP4)

ชั่งตัวอย่างข้าวหลังการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 (w/v) ปรับค่าความเป็นกรดด่างเป็น 8.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ เติมเอนไซม์โปรติเอส 1 มิลลิลิตรต่อตัวอย่างข้าวหลังการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลส 100 กรัม กวนผสมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที แยกข้าวหลังสกัดโปรตีนออกจากสารละลาย โดยนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 5000 rpm เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายโปรตีนข้าวไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส อัตราเร็ว 20 มิลลิลิตร/นาที ส่วนข้าวหลังสกัดโปรตีนนำไปทำแห้งโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยเรียกโปรตีนข้าวที่ได้จากการสกัดโดยการใช้เอนไซม์ว่า RP4

5. วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างรำข้าวสกัดน้ำมันและข้าวทั้งก่อนและหลังการสกัดโปรตีน โดยใช้วิธี Kjeldahl method (AOAC, 2000)

6. วิเคราะห์ความสามารถในการละลาย

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างผง 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิน้ำกลั่น 30 องศาเซลเซียส กวนด้วยแท่งกวนแม่เหล็กนาน 5 นาที นำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ 5000 rpm เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกตะกอนกับสารละลายส่วนใส นำสารละลายส่วนใสเทลงใน moisture can นำไปอบระเหยน้ำด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง (Shittu and Lawal, 2007) คำนวณหาความสามารถในการละลาย (%) ดังนี้

ความสามารถในการละลาย (%)

$$= \frac{\text{น้ำหนัก moisture can กับน้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ละลายในส่วนใส } (g) - \text{ น้ำหนัก moisture can}(g)}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างทั้งหมด } (g)} \; x\; 100$$

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS statistics 17.0

ผลการวิจัย

การสกัดโปรตีนจากรำข้าว

โปรตีนผงที่สกัดโดยวิธีแตกต่างกันมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 1 พบว่า RBP1 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดคือ 55.03% รองลงมาคือ RBP3 RBP2 และ RBP4 โดยมีปริมาณโปรตีนคือ 22.14%, 19.21% และ 15.74% ตามลำดับ มีข้อสังเกตว่าโปรตีนผงที่เตรียมโดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย RBP3 และ RBP4 มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าโปรตีนผง RBP1

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการละลายพบว่า RBP1 มีค่าความสามารถในการละลายเท่ากับ 3.43% ซึ่งต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ RBP2 มีความสามารถในการละลาย 39.77% มีค่าสูงกว่า RBP1 (3.43%) แต่ต่ำกว่า RBP3 (48.35%) และ RBP4 มีความสามารถในการละลายสูงที่สุดคือ 80.68%

รำสกัดน้ำมันมีปริมาณโปรตีนเริ่มต้น 11.56% เมื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในรำข้าวหลังสกัดโปรตีนพบว่าโปรตีนมีสัดส่วนลดลงบ่งบอกว่าวิธีการที่ใช้สามารถสกัดโปรตีนออกมาได้ อย่างไรก็ตามมีโปรตีนที่ไม่สามารถสกัดออกมาหลงเหลือในรำข้าว

ตารางที่ 1 ความสามารถในการละลายและปริมาณโปรตีนของโปรตีนผงที่เตรียมจากรำสกัดน้ำมัน

ตัวอย่าง	วิธีการทำแห้ง	ปริมาณโปรตีนในโปรตีนผง (%)*	ความสามารถในการละลายของโปรตีนผง (%)	ปริมาณโปรตีนในรำข้าวหลังสกัดโปรตีน (%)*
การสกัดด้วยด่างแล้วตกตะกอนที่ pI				
RBP1 (pH 9.0)	Freeze dry	55.03±0.30^{a}	3.43±0.22^{d}	9.88±0.69^{a}
การสกัดด้วยด่างร่วมกับการใช้เอนไซม์				
RBP2 (pH 9.0)	Spray dry	19.21±0.67^{c}	39.77±0.18^{c}	9.51±0.47^{a}
RBP3 (pH 9.0 และ Protease)	Spray dry	22.14±0.56^{b}	48.35 ±0.41^{b}	7.76±0.24^{b}
การใช้เอนไซม์				
RBP4 (α-amylase และ Protease)	Spray dry	15.74±1.22^{d}	80.68±0.15^{a}	10.47±0.60^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* กรัมโปรตีนต่อตัวอย่าง 100 กรัม

การสกัดโปรตีนจากข้าว

โปรตีนผงที่สกัดโดยวิธีแตกต่างกันมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 2 พบว่า RP3 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดคือ 45.49% รองลงมาคือ RP4 RP1 และ RP2 โดยมีปริมาณโปรตีน 32.79%, 30.87% และ 14.78% ตามลำดับ การสกัดโปรตีนโดยใช้เอนไซม์โปรติเอสมีประสิทธิภาพในการเตรียมโปรตีนข้าวผงที่ละลายน้ำได้โดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย (RP3 และ RP4) โดยให้โปรตีนข้าวผงที่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าวิธีการสกัดด้วยด่างแล้วตกตะกอนโปรตีนที่จุดไอโซอิเล็กทริก แตกต่างจากกรณีโปรตีนรำข้าวเนื่องจากข้าวหลังการใช้แอลฟา-อะไมเลสมีการปนเปื้อนจากองค์ประกอบอื่นๆ น้อยกว่ารำข้าวที่ไม่ผ่านการสกัดด้วยด่างก่อนการสกัดโปรตีน

ตารางที่ 2 ความสามารถในการละลายและปริมาณโปรตีนของโปรตีนข้าวผง

ตัวอย่าง	วิธีการทำแห้ง	ปริมาณโปรตีนในโปรตีนข้าวผง (%)*	ความสามารถในการละลายของโปรตีนข้าวผง (%)	ปริมาณโปรตีนในข้าวหลังสกัดโปรตีน (%)*
การสกัดด้วยด่างแล้วตกตะกอนที่ pI				
RP1 (pH 9.0)	Freeze dry	30.87±0.27^{b}	9.91±0.76^{d}	-
การสกัดด้วยด่างร่วมกับการใช้เอนไซม์				
RP2 (pH 9.0)	Spray dry	14.78±0.68^{c}	48.53±0.16^{b}	59.47±4.98^{ns}
RP3 (pH 9.0 และ Protease)	Spray dry	45.49±2.12^{a}	39.25±0.15^{c}	49.76±3.42^{ns}
การใช้เอนไซม์				
RP4 (Protease)	Spray dry	32.79±1.28^{b}	71.97±0.14^{a}	54.93±0.91^{ns}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

* กรัมโปรตีนต่อตัวอย่าง 100 กรัม

- หมายถึง ไม่ได้วิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการละลายพบว่า RP4 มีค่าความสามารถในการละลายสูงที่สุด (71.97%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ RP1 มีความสามารถในการละลายต่ำที่สุด (9.91%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สัดส่วนโปรตีนในข้าวหลังการใช้เอนไซม์อะไมเลสคือ 43.79% และหลังจากนำตัวอย่างนี้ไปสกัดโปรตีนพบว่าปริมาณโปรตีนในข้าวหลังสกัดโปรตีนมีสัดส่วนสูงขึ้นบ่งบอกว่าวิธีการที่ใช้ยังไม่สามารถสกัดโปรตีนออกมาได้ทั้งหมดและในระหว่างขั้นตอนการสกัดมีองค์ประกอบอื่นนอกจากโปรตีนละลายปนออกมาผสมกับโปรตีนที่สกัดได้

อภิปรายผล

การสกัดโปรตีนจากรำข้าว

การสกัดโปรตีนจากรำสกัดน้ำมันโดยการสกัดด้วยด่างร่วมกับการใช้เอนไซม์โปรติเอส (RBP3) ช่วยสกัดโปรตีนออกจากรำข้าวได้ดีกว่าการใช้การสกัดด้วยด่าง (RBP2) หรือการใช้เอนไซม์เพียงอย่างเดียว (RBP4) เนื่องจากเอนไซม์โปรติเอสสามารถสกัดโปรตีนได้เพิ่มมากขึ้นจากเดิมที่ไม่ใส่เอนไซม์โปรติเอส ซึ่งเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอสสามารถไฮโดรไลซ์พันธะเปปไทด์ของโปรตีน และเอนไซม์ Protease P6 เป็น Alkaline serine endopeptidase จะย่อยสลายพันธะเปปไทด์จากด้านในเปนเอนไซมกลุมที่สามารถทำงานได้ดีในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรดด่างในช่วงเปนดาง (alkaline protease) มีค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมตอการทำงานของเอนไซมอยู่ในช่วงมากกว่า 7 (ปราณี, 2558) ทำให้โปรตีนที่สกัดได้ยากเนื่องจากอาจจับกับองค์ประกอบอื่นๆ มีขนาดเล็กลงและสามารถละลายออกมาในสารละลายสกัดได้มากขึ้น งานวิจัยของ Hamada (1999) ได้ศึกษาการสกัดโปรตีนจากรำข้าวพันธุ์ Cypress โดยใช้เอนไซม์ Alkaline protease คือ Opticlean® L-100 และ Optimase® APL-440 F.G. พบว่าการใช้เอนไซม์โปรติเอสช่วยเพิ่มการละลายของโปรตีนรำข้าว เนื่องจากโปรติเอสสามารถไฮโดรไลซ์พันธะเปปไทด์ของโปรตีนในบริเวณที่มีการเกาะกลุ่มกัน ทำให้โปรตีนมีขนาดเล็กลง สามารถละลายน้ำได้มากขึ้น

โปรตีนผงที่เตรียมโดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย (RBP3) มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าโปรตีนผง RBP1 เนื่องจาก RBP1 เตรียมจากการนำสารละลายโปรตีนสกัดมาตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็กทริก (pI) ของโปรตีนข้าว วิธีการนี้เป็นการทำให้โปรตีนตกตะกอนแยกออกจากองค์ประกอบอื่นๆ ที่ละลายในสารละลายที่สกัดทำให้โปรตีนผงที่ได้มีความบริสุทธิ์กว่า RBP2 RBP3 และ RBP4 เนื่องจากโปรตีนผงเหล่านี้ได้จากการนำสารละลายโปรตีนสกัดไปทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยตรงทำให้โปรตีนผงที่ได้ยังคงมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น สตาร์ช น้ำตาล และเส้นใยอาหารปนอยู่มากกว่า RBP1

โปรตีนผง RBP4 มีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด เนื่องจากเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตให้สามารถเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ซึ่งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส เป็นเอนไซม์ที่ไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคไซด์ภายในสายพอลิเมอร์ของโมเลกุลสตาร์ช และไกลโคเจนที่ตำแหน่งแอลฟา 1-4 แบบสุ่ม ทำให้โมเลกุลของสตาร์ชมีขนาดของโมเลกุลเล็กลง ทำให้ในสารละลายโปรตีนที่สกัดได้มีเดกซ์ทริน (dextrin) และน้ำตาลไดแซ็กคาไรด์ เช่น มอลโทส ปนอยู่ เมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนจึงทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง อีกประการหนึ่งคือวิธีการใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสร่วมกับโปรติเอสอาจสกัดโปรตีนได้น้อยเนื่องจากไม่ได้ปรับสภาวะให้เป็นด่างเพื่อให้โปรตีนละลายออกมาก่อนใช้เอนไซม์

โปรตีนรำข้าวประกอบด้วยโปรตีนชนิด albumin globulin prolamin และ glutelin ในสัดส่วน 23.5-40.2%, 25.2-35.3%, 0.6-2.9% และ 33.8-38.2% ตามลำดับ (Wang et al., 2014) จะเห็นว่าโปรตีนหลักในรำข้าวคือ albumin และ globulin (Juliao, 1985) ซึ่ง albumin ละลายได้ในน้ำที่ค่าความเป็นกรดด่าง 6.6 globulin ละลายได้ในสารละลายเกลือเจือจางที่ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ส่วน prolamin ละลายได้ในเอธานอลเข้มข้น 70% และ glutelin ละลายได้ในสารละลายกรดที่ค่าความเป็นกรดด่าง 2 และสารละลายด่างที่ค่าความเป็นกรดด่าง 12 (Damondaran, 1996) การสกัดโปรตีนโดยการสกัดด้วยด่าง (RBP1) ได้โปรตีนที่ไม่ละลายน้ำคือ prolamin และ glutelin ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีความไม่ชอบน้ำสูง (highly hydrophobic protein) (Damodaran, 1996) RBP2 มีความสามารถในการละลายสูงกว่า RBP1 ($p \leq 0.05$) เพราะ

นำสารละลายโปรตีนสกัดซึ่งอาจมีองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ปนอยู่กับโปรตีนไปทำแห้งแบบพ่นฝอย ผงโปรตีนที่ได้จึงละลายน้ำดีกว่า RBP1 ในขณะที่ RBP3 มีความสามารถในการละลายสูงกว่า RBP2 ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอสสามารถไฮโดรไลซ์พันธะเปปไทด์ของโปรตีนทำให้โปรตีนมีขนาดเล็กลงและสามารถละลายน้ำได้มากขึ้น (Hamada, 1999) และ RBP4 มีความสามารถในการละลายสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ จากการเร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์สตาร์ชในรำข้าว

การสกัดโปรตีนจากข้าว

ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างข้าวท่อนเริ่มต้นคือ 8.78% ซึ่งใกล้เคียงกับ 8.1% ที่รายงานโดย Shih et al. (1999) องค์ประกอบที่มีสัดส่วนสูงสุดในข้าวท่อนคือ คาร์โบไฮเดรตซึ่งมีปริมาณสูงถึง 80.9% (Shih et al., 1999) การใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในข้าวทำให้สัดส่วนโปรตีนในข้าวหลังการใช้เอนไซม์อะไมเลสเพิ่มขึ้นเป็น 43.79% งานวิจัยของ Shih and Daigle (2000) ได้ศึกษาการเตรียมโปรตีนข้าวกล้องโดยการใช้เอนไซม์ โดยย่อยแป้งก่อนสกัดโปรตีน หลังจากไฮโดรไลซ์แป้งข้าวกล้องด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และกลูโคอะไมเลสพบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดจากเริ่มต้นมี 33.8% เหลือ 9.1% และพบว่าแป้งข้าวกล้องมีปริมาณโปรตีน 48.6% เมื่อนำมาสกัดโปรตีนพบว่าการกำจัดคาร์โบไฮเดรตออกจะช่วยทำให้โปรตีนละลายออกมาได้ง่ายขึ้น (กันยารัตน์, 2545) จึงทำให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้

การสกัดด้วยด่างร่วมกับการใช้เอนไซม์โปรติเอส (RP3) ทำให้ได้โปรตีนผงที่มีปริมาณโปรตีนมากกว่าการสกัดโดยใช้เอนไซม์โปรติเอสเพียงอย่างเดียว (RP4) อย่างไรตาม RP4 มีความสามารถในการละลายมากกว่า RP3 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการสกัดด้วยด่างทำให้สกัดโปรตีนชนิดไม่ละลายน้ำ (glutelin) ละลายออกมามาก ข้าวมีปริมาณโปรตีน 10.6% มีสัดส่วนของ albumin, globulin, prolamin และ glutelin คือ 4-6%, 6-13%, 2-7% และ 79-83% ตามลำดับ (Adebiyi et al., 2009; Agboola et al., 2005; Cao et al., 2009; Ju et al., 2001; Juliano, 1985 and Zhao et al., 2012) Cagampang et al. (1966) ศึกษาองค์ประกอบของโปรตีนในข้าวพันธุ์ Chia-nan 8 Taichung (Native 1) และ BPI 76 โดยแยกส่วนโปรตีนของข้าวกล้อง ข้าวสาร รำข้าว และรำละเอียดของข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่าข้าวกล้องและข้าวสารมีโปรตีน glutelin เป็นโปรตีนหลัก ส่วน albumin และ globulin พบมากในรำข้าวและรำละเอียด (Juliano, 1972)

วิธีการใช้โปรติเอสในการสกัดโปรตีนแล้วทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเตรียมโปรตีนข้าวผงชนิดละลายน้ำ โปรตีนข้าวที่ได้มีความสามารถในการละลายสูงกว่าโปรตีนข้าวผงที่เตรียมโดยวิธีการสกัดด้วยด่างแล้วตกตะกอนโปรตีนที่จุดไอโซอิเล็กทริก จะเห็นว่าโปรติเอสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนให้มีโครงสร้างเล็กลงเป็นเปปไทด์สายสั้น นอกจากทำให้สามารถสกัดโปรตีนที่สกัดออกมาได้ยากโดยการสกัดด้วยด่างออกมากแล้วเปปไทด์สายสั้นยังละลายง่ายขึ้นด้วย

สรุปผลการวิจัย

การสกัดโปรตีนโดยการสกัดด้วยด่างร่วมกับการใช้เอนไซม์โปรติเอสแล้วนำสารละลายโปรตีนสกัดมาทำเป็นโปรตีนผงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนสกัดชนิดผงที่ละลายน้ำได้จากข้าวและรำข้าว วิธีการนี้ดีกว่าวิธีการดั้งเดิมคือการสกัดโปรตีนโดยการสกัดด้วยด่างแล้วตกตะกอนโปรตีนที่จุดไอโซอิเล็กทริกก่อนทำให้แห้ง ซึ่งให้โปรตีนผงที่ละลายน้ำได้น้อย โปรตีนผงชนิดละลายน้ำที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดงานวิจัยด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบผงพร้อมชงสำเร็จรูปและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารชนิดอื่นๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยปี 2559 จากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ร่วมกับบริษัทเมดิฟูดส์(ประเทศไทย) จำกัด

เอกสารอ้างอิง

กันยารัตน์ เรียวกลาง. (2545). **การสกัดโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากข้าวเจ้า.** วิทยานิพนธ์ปริญญาหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราณี อ่านเปรื่อง. (2558). **เอนไซม์ทางอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Adebiyi, A. P., Adebiyi, A. O., Hasegawa, Y., Ogawa, T., and Muramoto, K. (2009). Isolation and characterization of protein fractions from deoiled rice bran. **European Food Research and Technology**. 228 : 391-401.

Agboola, S., Ng, D., and Mills, D. (2005). Characterisation and functional properties of Australian rice protein isolates. **Journal of Cereal Science**. 41 : 283-290.

AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis** (17th ed.). USA: Washington DC.

Cagampang, G. B., Cruz, L. J., Espiritu, S. G., Santiago, R. G., and Juliano, B. O. (1966). Studies on the extraction and composition of rice proteins. **Journal of Cereal Chem**. 43 : 145-155.

Cao, X., Wen, H., Li, C., and Gu, Z. (2009). Differences in functional properties and biochemical characteristics of congenetic rice proteins. **Journal of Cereal Science**. 50 : 184-189.

Damodaran, S. (1996). **Amino acid, peptides, and proteins**, pp.321-430. In O.R. Fennema (3rd ed.). Food Chemistry. Marcel Dekker, Inc., New York.

Hamada, J. S. (1999). Use of protease to enhance solubization of rice bran proteins. **Journal of Food Biochem**. 23 : 307-321.

Ju, Z. Y., Hettiarachchy, N. S., and Rath, N. (2001). Extraction denaturation and hydrophobic properties of rice flour proteins. **Journal of Food Science**. 66 : 229-232.

Juliano, B. O. (1972). **The rice caryopsis and its composition**, In D. F. Houston (ed), Rice: Chemistry and Technology, pp. 16-76. St. Paul: American Association of Cereal Chemists.

Juliano, B. O. (1985). **Polysaccharides, proteins, and lipids of rice**. In B. O. Juliano (Ed.), Rice: Chemistry and technology (2nd ed., pp. 59-174). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.

Lasztity, R. (1984). **Rice protein**, Ch. 8 in The chemistry of cereal protein. CRC Press, Florida : Boca Raton.

Shih, F. F., Champagne, Daigle, K., and Zarins, Z. (1999). Use of enzymes in the processing of protein products from rice bran and rice flour. **Nahrung**. 43 : 14-18.

Shih, F. F., and Daigle, K. W. (2000). Preparation and characterization of rice protein isolates. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. 77 : 885–889.

Shittu, T. A., and Lawal, M. O. (2007). Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. **Food Chemistry**. 100 : 91-98.

Wang, C., Li, D., Xu, F., Hao, T., and Zhang, M. (2014). Comparison of two methods for the extraction of fractionated rice bran protein. **Journal of Chemistry**. 2014 : 1-10.

Zhao, Q., Selomulya, C., Xiong, H., Chen, X. D., Ruan, X., Wang, S., Xie, J., Peng, H., Sun, W., and Zhou, Q. (2012). Comparison of functional and structural properties of native and industrial process-modified proteins from long-grain indica rice. **Journal of Cereal Science**. 56 : 568-575.

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

ผศ.ดร.ไพลิน ภู่จีนาพันธุ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ดร.วารัชต์ มัธยมบุรุษ	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผศ.ดร.สุภาพร ดอกไม้ทอง	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.รัชนี มุขแจ้ง	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.จุฑามณี สามัคคีนิชย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.พลดา เดชพลมาตย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.วัลลภัช สุขสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ณัฐเชษฐ์ พูลเจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.ประเสริฐ ศิริเสรีวรรณ	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
รศ.ดร.เนาวรัตน์ พลายน้อย	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.ภคพร วัฒนดำรงค์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.พนิดา จงสุขสมสกุล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.รดี ธนารักษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.ดร.ฟ้ารุ่ง มีอุดร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.กนกวรรณ มะโนรมย์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รศ.ดร.อุทัยวรรณ ภู่เทศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ดร.ศิรัตน์ สนชัย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.เกศินี ประทุมสุวรรณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
รศ.ดร.สุภาพร คงศิริรัตน์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.โสภา มะสืนาริ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.แคทรียา อังทองกำเนิด	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.ธัญญา สังขพันธานนท์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รศ.ดร.เพชรสุดา ภูมิพันธุ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
รศ.ดร.นงเยาว์ อุทุมพร	มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
รศ.ดร.เพ็ญพิศุทธิ์ ใจสนิท	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
ดร.สมเกียรติ อินทสิงห์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.สุดจิต ครุจิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ศ.ดร.กิจการ พรหมมา	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.อภิพงษ์ พุฒคำ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.อรสา เตติวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

ดร.ภัทรพร ตัสโต	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผศ.ดร.จันทนา กาญจน์กมล	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ผศ.ดร.อนุพันธ์ กงบังเกิด	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.จักรกฤษณ์ เสน่ห์ นมะหุต	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.พัชรี ครูขยัน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.กัมปนาท ปิยะธำรงชัย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.ปิยนันท์ บุญพยัคฆ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.สุรเดช จิตประไพกุลศาล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.ปิยะลักษณ์ พุทธวงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.พัชรินทร์ อนันต์ศิริวัฒน์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ปัทมา สุพรรณกุล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.สำราญ มีแจ้ง	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.ดนุลดา จามจุรี	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร.เอื้อมพร หลินเจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.สุวรรณี ทองรอด	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.เปรมวิทย์ วิวัฒนเศรษฐ์	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผศ.ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.สุวิทย์ กิระวิทยา	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.สหณัฐ เพชรศรี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ธีรพร กงบังเกิด	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.มนตรี มาลีวงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.นุตา ศุภคต	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.นิติพงศ์ จิตรีโภชน์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.นิทรา กิจธีระวุฒิวงษ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ประทุมา ฤทธิ์โพธิ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.โรชินี อุปรา	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี เชียงใหม่
ผศ.ดร.พนิดา จงสุขสมสกุล	มหาวิทยาลัยนเรศวร

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

ดร.บุญญานุช ชีวาเกียรติยิ่งยง	มหาวิทยาลัยพะเยา
ดร.สาธิต เชื้ออยู่นาน	มหาวิทยาลัยพะเยา
รศ.ดร.ไพฑูรย์ ทองทรัพย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ ดร.ปรารถนา โกวิทยางกูร	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผศ.ดร.สุภาภรณ์ สุดหนองบัว	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ปราโมทย์ วงศ์สวัสดิ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.ประสาท เนืองเฉลิม	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.กฤธยากาญจน์ โตพิทักษ์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผศ.สุพรรณี อินทร์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.นิสาพร วัฒนศัพท์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.จิรภาส จงจิตวิมล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.ณภัทร น้อยน้ำใส	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
รศ.ดร.สัมฤทธิ์ โม้พวง	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.วรรณวรางค์ รัตนานิคม	มหาวิทยาลัยบูรพา
รศ.ดร.เดช วัฒนชัยยิ่งเจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ลาวัณย์ สังขพันธานนท์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.แก้วกร เมืองแก้ว	มหาวิทยาลัยนเรศวร
อ.ดร.บัณฑิต ทิพย์เดช	มหาวิทยาลัยพะเยา

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

รศ.ดร.คงศักดิ์ ศรีแก้ว	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.ฐิติพร เจาะจง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.พงพันธุ์ พุทธิวิศิษฎ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.ธัมมะทินนา ศรีสุพรรณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.วิโรจน์ ติ๊กจ๊ะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
รศ.ดร.ธัชคณิน จงจิตวิมล	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.พัชราวลัย มีทรัพย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.ทัศนีย์ ปัทมสนธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.ณัฏฐิรา ทับทิม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.โชติ บดีรัฐ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.สุกัญญาโสภี ใจกล่ำ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.ปิยมนัส วรวิทย์รัตนกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.ธันวดี ศรีธาวิรัตน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.ศิริสุภา เอมหยวก	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ไพโรจน์ เยียระยง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.กุลวดี ปิ่นวัฒนะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.จุมพฏ พงศ์ศักดิ์ศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.ยุวดี ตรงต่อกิจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.ขวัญชนก นัยจรัญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.จิตศิริน ก้อนคง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.สุขสมาน สังโยคะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.อุทัยวรรณ ฉัตรธง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.รพิพรรณ จันทร์มะณี	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.วิจิตรา จำลองราษฎร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.ศุภลักษณ์ วิริยะสุมน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.บัญชา ศรีสมบัติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.ธนสาร เพ็งพุ่ม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.พัชรา วงศ์แสงเทียน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

ผศ.ดร.จักรกฤช ศรีละออ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.อลงกรณ์ เมืองไหว	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.สุพัตรา บดีรัฐ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.อัญชนา ปรีชาวรพันธ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
รศ.ดร.สุขแก้ว คำสอน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.อนุ เจริญวงศ์ระยับ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.วาสินี มีเครือเอี่ยม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.ทวีศักดิ์ ขันยศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.นงลักษณ์ ใจฉลาด	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.สมเกียรติ ติดชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
รศ.ดร.ยุพร ริมชลการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.สุภาวดี แหยมคง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.อรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ดร.ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.อนงค์ ศรีโสภา	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.นิวัตร พัฒนะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.ณัฏฐินี ดีแท้	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.นววรรณ ทองมี	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.กาญจนา ธนนพคุณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร. กิตติพงษ์ สุวรรณราช	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.สุชาดา เจียพงษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร.ผ่องลักษณ์ จิตต์การุญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
อ.สุภาวดี น้อยน้ำใส	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผศ.ดร. นิคม นาคอ้าย	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม