

ส่งเสริม เผยแพร่ และแลกเปลี่ยนความรู้ด้านการวิจัย
ระหว่าง คณาจารย์ นิสิต นักศึกษา นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป



สถาบันวิจัยและพัฒนา



มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
1 หมู่ 20 ถนน 48 ถนนพหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180
โทรศัพท์ : 0-2909-3036 โทรสาร : 0-2909-3036
<http://rd.vru.ac.th>



วารสารวิจัยและพัฒนา
วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

VRU Research and Development Journal // ISSN 2351-0366

Science and Technology

ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (เดือนพฤษภาคม - เดือนสิงหาคม 2562)

Volume 14 Number 2 (May - August 2019)



ISSN 2351-0366 ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม - เดือนสิงหาคม 2562

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีสารสนเทศ สู่นักวิจัยและผู้สนใจทั่วไป
2. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมไปถึงประสบการณ์ในการวิจัยระหว่างสถาบัน

เจ้าของ

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์

กำหนดออกเผยแพร่

ปีละ 3 ฉบับ

ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน)

ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม)

ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม)

บรรณาธิการอำนวยการ

อ.ดร.สุพจน์ ทราญแก้ว

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.มนัญญา คำวชิระพิทักษ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผศ.ดร.ปยุตญนุช นิลแสง

อ.กนกนาฏ พรหมนคร

อ.พัชรารักษ์ จันทระมา

อ.ภูมิรินทร์ ทวีศรี

นางวารุณี จันทพงษ์

น.ส.กัญญาวิวิร์ กุลพิพัฒน์เดชนาถ

นายชูศักดิ์ ชันธชาติ

น.ส.ณัฐพิพัฒน์ ดอกเทียน

น.ส.ชนาพร วยาทรง

นายณพลสิทธิ์ เหมื่อนสังข์

น.ส.ปรียา ยอดจันทร์

กองบรรณาธิการ

1. รศ.ดร.วิลาศ พุ่มพิมล

2. รศ.ดร.กิริติ ชยะกุลศิริ

3. รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

4.รศ.ดร.ธีระชัย ธนानันต์

5. ผศ.ดร. กิตติพันธ์ เตชะกิตติโรจน์

6 .รศ.ดร.สุทธิพันธ์ แก้วสมพงษ์

7.รศ.ดร.ชูสิทธิ์ ประดับเพชร

8.ผศ.ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร

9.ผศ.ดร.ปรียาพร โกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏ

พระนครศรีอยุธยา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปณ.จ.ประตูน้ำพระอินทร์ ตำบลคลองหนึ่ง
อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180

โทรศัพท์/โทรสาร 0 2909 3036

E-mail: rdi_published@vru.ac.th

Website: <http://rd.vru.ac.th>

โรงพิมพ์

ศูนย์เรียนรู้การผลิตและจัดการธุรกิจสิ่งพิมพ์ดิจิทัล

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปณ.จ.ประตูน้ำพระอินทร์ ตำบลคลองหนึ่ง

อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180

โทรศัพท์ 0 2529 0674 7, 0 2909 1633

Website: www.vru.ac.th

จำนวน 80 เล่ม

อัตราค่าธรรมเนียมบำรุงวารสาร

บทความละ 2,500 บาท

ข้อความและบทความในวารสารนี้
เป็นความคิดเห็นของผู้นิพนธ์โดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหา
และข้อคิดเห็นอื่นๆ แต่อย่างใด

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

VRU Research and Development Journal

Science and Technology

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สู่นักวิจัยและผู้สนใจทั่วไป และเพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และประสบการณ์ในการวิจัยระหว่างสถาบัน ซึ่งได้รับการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการจากศูนย์อ้างอิงดัชนีวารสารไทย (TCI) โดยถูกจัดให้เป็น วารสารกลุ่มที่ 2 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีกำหนดออกเผยแพร่ปีละ 3 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – เดือนเมษายน) ฉบับที่ 2 (เดือนพฤษภาคม – เดือนสิงหาคม) ฉบับที่ 3 (เดือนกันยายน – เดือนธันวาคม) สำหรับนักวิจัยที่มีความประสงค์จะส่งต้นฉบับเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา สามารถส่งบทความวิจัยดังกล่าวมายังกองบรรณาธิการได้โดยตรง ทั้งนี้บทความวิจัยที่เสนอขอตีพิมพ์จะต้องไม่เคยหรือได้อยู่ในระหว่างขอเสนอลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่นมาก่อน ซึ่งบทความวิจัยดังกล่าวจะต้องได้รับการอ่านและประเมินคุณภาพพร้อมได้รับความเห็นชอบให้ตีพิมพ์เผยแพร่จากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขาวิชานั้น ๆ ของวารสารวิจัยและพัฒนา อย่างน้อย 2 ท่านก่อนลงตีพิมพ์ บทความวิจัยที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษรหรือมีการอ้างอิงอย่างถูกต้องชัดเจน โดยเนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนา เป็นความรับผิดชอบของผู้พิมพ์บทความวิจัยเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

ปัจจุบันวารสารวิจัยและพัฒนา ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (เดือนพฤษภาคม – เดือนสิงหาคม 2562) ฉบับนี้ได้รับรวบรวมบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 10 เรื่อง เผยแพร่ผ่าน 3 ช่องทางได้แก่การจัดพิมพ์เป็นรูปเล่มวารสาร การเผยแพร่ออนไลน์ผ่านทางเว็บไซต์ <http://rd.vru.ac.th> และเว็บไซต์ <http://www.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/issue/archive>

สุดท้ายนี้ ทางกองบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและส่งผลงานบทความวิจัยเข้าร่วมลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา อย่างดีตลอดมา

บรรณาธิการ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ
ประจำวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 14 ฉบับที่ 2

รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ	บุญกุศล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิกา	อัมพูช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรพัฒน์	วณิชวัฒนะโกศล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์	จันจุฬา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐสิมา	โทชน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงพล	ต่อนี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตา	พักตร์วิไล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศรัณย์	จันทร์ชุ่ม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิภา	แพงศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา	ฉินนะโสต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณธิชา	เศวตบวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระวัฒน์	อุ่นเสนาหา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันหวัช	ไชยวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาทิพย์	จันทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริรัตน์	เยี่ยมตระกูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงพลธนฤทธิ	มฤคัฐอินแปลง
ดร.เชาวลิต	หามนตรี
ดร.พิมพ์พรรณ	พิมพ์รัตน์
ดร.สิริรัตน์	พึงชมภู
ดร.อัศรินทร์	พูลกระจ่าง

สารบัญ

	หน้า
๑ การสำรวจไม้ต้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี มัทนภรณ์ ใหม่คามิ พรรณวิภา แพงศรี วัฒนา อัจฉริยะโพธา ตีรณรรณ ศรีสุนนท์ พิมพ์นารา นิลฤทธิ นฤมล ธนารัตน์	1
๑ เครื่องควบคุมการเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายเพื่อผู้พิการและผู้สูงอายุด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ โยชิตา เจริญศิริ ชุมพล ปทุมมาเกษร เฉลิมพล แก้วเทพ คณินิต ปทุมมาเกษร	12
๑ การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสด้วยดินในสถานะน้ำขัง ณัฐกร อินทรวิเศษ ภาณุชัย ประมวล	22
๑ โอติเซลจากน้ำมันกรดคำโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และเพอริกซัลเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สมสุข ไตรศุภกิตติ พรพิมล พลคำ วุฒรา เสนาจักร จอห์น มอริส	33
๑ เครื่องปั้นดินเผาอุณหภูมิต่ำทำจากเถ้าลอยลิกไนต์ และดินเหนียวทะเลแก้ว จังหวัดพิษณุโลก พนารัช จิตชาญวิชัย	47
๑ เกณฑ์การประเมินวัสดุก่อสร้างสีเขียวเบื้องต้น : ประเภทอิฐ เลิศชาย สถิตย์พนาวงศ์ ศศิมา เจริญกิจ	59
๑ การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการคลั่งสินค้าอาหารสัตว์สำเร็จรูป กรณีศึกษา : โรงงานผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูปแห่งหนึ่ง อริษา แซ่ไคว่ สุธี ประจักษ์ศักดิ์ ชัชวาล มงคล สายฝน เสกขุนทด	69
๑ การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาข้างเหลืองแห้งด้วยน้ำไอโซน ปรกรณ์ แสนจิตต์ ชัชวาล มงคล สุธี ประจักษ์ศักดิ์ สายฝน เสกขุนทด	78
๑ ภาวะสุขภาพจิตของผู้สูงอายุจังหวัดชัยภูมิ กรณีศึกษา : ตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ ศักดิ์ชาย เพ็ชรตรา มรรยาท เพ็ชรตรา ทศพร ชูศักดิ์	88
๑ เตาชีวมวลผลิตเชื้อเพลิงแก๊สให้กับเตาเผาเซรามิก กฤษฎาภรณ์ ศุภระมูล อุษา โพธิ์สุวรรณ กฤตยชญ์ คำมิ่ง กิตติโชติ ศุภกานันต์	102

การสำรวจไม้ต้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

มัทนภรณ์ ใหม่คามิ¹ พรณวิภา แพงศรี¹ วัฒนา อัจฉริยะโพธา¹
ติรณรรด ศรีสุนนท์² พิมพ์นารา นิลฤทธิ์³ นฤมล ธนानันต์^{1*}

Received : February 9, 2019

Revised : April 26, 2019

Accepted : May 31, 2019

บทคัดย่อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี เป็นสถานศึกษาที่ปลูกพรรณไม้ต่าง ๆ เพื่อให้ร่มเงา ปรับภูมิทัศน์ และเป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับชุมชนเมือง นอกจากนี้มหาวิทยาลัยยังได้ดำเนินงานสนองพระราชดำริโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) โดยดำเนินงานเป็นศูนย์ประสานงาน อพ.สธ. ดังนั้นจึงได้มีโครงการสำรวจชนิดและจำนวนของไม้ต้นภายในมหาวิทยาลัย เพื่อเป็นการเพิ่มข้อมูลพื้นฐานของพรรณไม้ที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงานด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการสำรวจพื้นที่ และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อระบุชนิดของพืช ผลการสำรวจพบว่าภายในมหาวิทยาลัยมีไม้ต้น (Tree) ที่ปลูกและเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติทั้งสิ้น 23 วงศ์ 65 ชนิด โดยพบไม้ต้นในวงศ์ FABACEAE มากที่สุดถึง 13 ชนิด รองลงมาได้แก่วงศ์ BIGNONIACEAE และ MORACEAE ซึ่งมีจำนวนชนิดเท่ากันคือ 7 ชนิด จากการแบ่งพื้นที่สำรวจเป็น 5 พื้นที่พบว่าบริเวณสนามกีฬาถึงบ้านพักบุคลากรเป็นพื้นที่ที่พบชนิดของไม้ต้นมากที่สุด 43 ชนิดจากทั้ง 65 ชนิด โดยในภาพรวมของพื้นที่ทั้งหมดของมหาวิทยาลัยพบว่ามีราชพฤกษ์ (*Cassia fistula* L.) เป็นไม้ต้นระดับสูงที่พบมากที่สุด โดยพบทั้งสิ้น 447 ต้น เนื่องจากเป็นต้นไม้ประจำมหาวิทยาลัย ส่วนไทรทอง (*Ficus microcarpa* L. f.) เป็นไม้ต้นขนาดกลาง-ใหญ่ที่พบมากที่สุดเนื่องจากการปลูกอย่างหนาแน่นเพราะนิยมปลูกเป็นรั้ว และริมถนนมีจำนวน 1,532 ต้น ไม้ต้นสามารถเพื่อช่วยสร้างความร่มรื่น ปรับภูมิทัศน์ ตลอดจนเป็นไม้ผลเพื่อใช้บริโภค ที่สำคัญพรรณไม้เหล่านี้ยังเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและการปรับภูมิทัศน์ เพื่อในการสร้างความรู้ ความเข้าใจ ตลอดจนสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ความหลากหลายของพรรณไม้แก่ประชาชน บุคลากร และนักศึกษาในมหาวิทยาลัย

คำสำคัญ : มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ พืช ไม้ต้น

¹ อาจารย์หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: mattanaporn@vru.ac.th phanwipa@vru.ac.th wattana@vru.ac.th narumol394@gmail.com

² อาจารย์หลักสูตรการป้องกันภัยพิบัติและบรรเทาสาธารณภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: treeranut@vru.ac.th

³ เจ้าหน้าที่หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: somnuk@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: narumol394@gmail.com

A SURVEY OF TREE IN VALAYA ALONGKORN UNIVERSITY UNDER THE ROYAL PATRONAGE, PATHUM THANI

Mattanaporn Maikami¹ Phanwipa Pangsri¹ Watthana Atchariyaphotha¹
Treeranut Srisunont² Phimnara Nilrit³ Narumol Thanananta^{1*}

Abstract

Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathum thani is an educational institute that plants varieties of plant in order to shade, landscape and increase green space to the urban area. Moreover, the university has been operating on Plant Genetic Conservation Project under the Royal Initiation of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn (RSPG) as an RSPG Coordination Centre. Consequently, there was the survey project of type and number of trees in the university in order to increase the fundamental information of plants that can be applied in other related fields. The method was a survey around the area and a study plant morphology for plant identification. The survey result demonstrated that in the university consist of the tree both planted and naturally grown 23 families 65 species. The kind of tree in FABACEAE was found the highest 13 species. The subordinate kind of plant was BIGNONIACEAE and MORACEAE that found 7 species. The exploration area was divided into 5 area. It showed that the area from the athletic stadium to the staff accommodation was found the greatest of tree species. The tree was detected 43 species from all 65 species. The entire area of the campus, Golden shower (*Cassia fistula* L.) was a tall plant that the largest number found. It was found 447 trees because the plant was the university symbolic tree. Chinese banyan (*Ficus microcarpa* L. f.) was a medium plant-large that the largest number found because these trees are densely planted due to popular for fence and along the street. It was found 1,532 trees. The tree was capable of shading, landscaping and consuming fruit. Importantly, these plants were also a part of the various learning and teaching that related to plant and landscape. Furthermore, the plant was able to create a knowledge, understand and consciousness of plant diversity conservation to the people, staff and students in the university.

Keywords : Valaya Alongkorn Rajabhat University, plant, tree

¹ Lecturer of Biotechnology Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: e-mail: mattanapom@vru.ac.th phanwipa@vru.ac.th wattana@vru.ac.th narumol394@gmail.com

² Lecturer of Disaster Management and Public Hazard Mitigation Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: teachercom@hotmail.com

³ Officer of Biotechnology Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: somnuk@vru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: narumol394@gmail.com

บทนำ

มหาวิทยาลัย หรือสถาบันการศึกษาที่ต้องการบรรยากาศในการเรียนรู้ สอดคล้องกับผังหลักของมหาวิทยาลัย จึงมีความสำคัญ เนื่องจากมหาวิทยาลัยมีการใช้งานยาวนาน และมีการขยายตัว นอกจากนั้นไม้ต้นยังได้รับความนิยมนำมาใช้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม (landscape architecture) เนื่องจากปลูกและดูแลรักษา ง่าย เจริญเติบโตเร็ว สวยงาม เป็นฉากบังสายตา ให้ร่มเงา ช่วยลดอุณหภูมิ เพิ่มคุณภาพอากาศ ลดผลกระทบ ทางด้านเสียง (กฤษฎา ประเสริฐสิทธิ, ม.ป.ป; ปารณ ชาทกุล, 2553) ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี เป็นพื้นที่ที่มีพรรณไม้ปลูกเพื่อปรับภูมิทัศน์ของ ของมหาวิทยาลัยให้มีความสวยงาม โดยมีการผสมผสานพรรณไม้เป็นจำนวนมาก ทั้งไม้ดอก ไม้ประดับ ไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม ไม้เลื้อย ไม้คลุมดิน ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักเป็นพรรณไม้ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์แล้ว ซึ่งพรรณไม้ในประเทศไทยนั้นมีความ หลากหลายสูง โดยลักษณะของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดนั้นแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับพันธุ์กรรมและสิ่งแวดล้อม หากแบ่งตามลักษณะของลำต้นสามารถแบ่งออกได้เป็น ไม้ยืนต้น (trees) ไม้พุ่ม (shrubs) ไม้คลุมดิน (ground cover) และ ไม้เลื้อย (vines) (เอี่ยมพร วิสมหมาย และคณะ, 2540) อย่างไรก็ตาม การทราบชื่อ ชนิด และจำนวนพรรณไม้ต่าง ๆ มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการวางแผนบริหารจัดการพื้นที่ และการออกแบบภูมิทัศน์ เช่น การสร้างอาคาร การจัดสวน การดำเนินการเหล่านี้จำเป็นต้องบริหารพื้นที่เพื่อไม่ให้กระทบกับสภาพแวดล้อม เดิม และยังช่วยอนุรักษ์พรรณไม้เดิมของมหาวิทยาลัยอีกด้วย เพื่อเป็นการสนองพระราชดำริโครงการอนุรักษ์ พันธุ์กรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี หรือ อพ.สธ.ที่ มหาวิทยาลัยเริ่มโครงการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 และยังคงดำเนินงานเป็นศูนย์ประสานงาน อพ.สธ. ยิ่งต้องคำนึงถึง การปลูกฝังความตระหนักรู้คุณค่าทรัพยากรพืชของบุคลากร นักเรียน นักศึกษาภายในมหาวิทยาลัย โดยเริ่มจาก จุดเล็กๆที่ถูกรอบตัว จึงเป็นที่มาของ การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของพรรณไม้ต้นที่พบ และจำนวน ภายในมหาวิทยาลัย เพื่อเป็นการเพิ่มข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ ในการที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงาน ด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง และเป็นการสร้างและเผยแพร่ความรู้ ความเข้าใจ ตลอดจนสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ ความหลากหลายของพรรณไม้แก่ประชาชน บุคลากร และนักศึกษาในมหาวิทยาลัยฯ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของพรรณไม้ต้น และจำนวนที่พบภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏ วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การตรวจเอกสารและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย ประวัติความเป็นมา ที่ตั้ง ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ ลักษณะสังคมพืช

2. การสำรวจ ศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลพรรณไม้ในภาคสนาม

- 2.1 เก็บข้อมูลพรรณไม้ด้วยการสำรวจพื้นที่ทั้ง 86 ไร่ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี (ภาพที่ 1) โดยกำหนดบริเวณในการศึกษาเป็น 5 บริเวณ คือ ประตุมหาวิทยาลัยถึงถนนหน้าศูนย์อาหาร ศูนย์อาหารถึงถนนหน้าเรือนไทย บริเวณเรือนไทยถึงหอพักแพทย โรงยิมเนเซียม 3 หอพักนักศึกษาถึงบางส่วนของบ้านพักบุคลากร และบริเวณสนามกีฬาถึงบ้านพักบุคลากร นอกจากนั้นภายในแต่ละบริเวณยังแบ่งออกเป็น 9 แปลงย่อยเท่า ๆ กัน โดยการสำรวจจะหว่างเดือนมิถุนายน ถึงธันวาคม 2560

2.2 ถ่ายภาพพรรณไม้ ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ตรวจสอบหาชนิด ชื่อวงศ์ ชื่อวิทยาศาสตร์ จากเอกสารต่าง ๆ เช่น ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (เต็ม สมิตินันท์, 2557) คู่มือจำแนกพรรณไม้ (กองกานดา ชยามฤต, 2545) ลักษณะประจำวงศ์พรรณไม้ 1-3 (กองกานดา ชยามฤต, 2548: 2550: 2551) ระบุวิธานพืชจากหนังสือพรรณพฤกษชาติประเทศไทย บทควม และเอกสารทางพฤกษศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่นไม้ป่ายืนต้นของไทย 1 (เอื้อมพร วิสมหมาย และปณัฐาน แก้วดวงเทียน, 2552) หรือสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านพืช



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ที่มา: Google earth.com

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการสำรวจชนิดพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ทั้ง 5 พื้นที่ พบไม้ต้น (tree) ในพื้นที่ศึกษาที่ปลูกและเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ทั้งหมด 65 ชนิด 3,904 ต้น 23 วงศ์ โดยชนิด จำนวน และวงศ์ของพรรณไม้แต่ละชนิดในแต่ละบริเวณแสดงตามตารางที่ 1 โดยพบไม้ต้นในวงศ์ FABACEAE มากที่สุด 13 ชนิด รองลงมาได้แก่วงศ์ BIGNONIACEAE และ MORACEAE ซึ่งมีจำนวนชนิดเท่ากันคือ 7 ชนิด ส่วนวงศ์ MYRTACEAE พบไม้ต้น 4 ชนิด ในขณะที่วงศ์ ANACARDIACEAE, CALOPHYLLACEAE, DIPTEROCARPACEAE, LYTHRACEAE, MELIACEAE, SAPOTACEAE มีจำนวนไม้ต้น 3 ชนิด วงศ์ RUBIACEAE และ LECYTHIDACEAE พบไม้ต้น 2 ชนิด ส่วนวงศ์ที่พบพรรณไม้เพียง 1 ชนิดมี 10 วงศ์ ได้แก่ APOCYNACEAE, CASUARINACEAE, CUPPRESSACEAE, DILLENIACEAE, ELAEOCARPACEAE, GENTIANACEAE, LAMIACEAE, MAGNOLIACEAE, RUTACEAE และ SAPINDACEAE เมื่อพิจารณาจำนวนต้นของไม้ต้นพบว่า ไทรทอง (*Ficus microcarpa* L. f.) เป็นไม้ต้นที่มีพบมากที่สุด โดยพบมากถึง 1,532 ต้น

รองลงมาคือราชพฤกษ์ พบจำนวน 447 ต้น จากพื้นที่สำรวจทั้ง 5 บริเวณจะพบชนิดของไม้ต้น 29 37 29 27 และ 43 ชนิด ตามลำดับ

ไม้ต้น (tree) ซึ่งมีลักษณะเป็นลำต้นลำเดียว สูงมากกว่า 6 เมตร เจริญเติบโตตั้งตรงขึ้นไปเป็นอิสระ โดยไม่ต้องอาศัยพาดพิงวัสดุอื่น ๆ ในการเจริญเติบโตและมีการแตกกิ่งก้านสาขาแผ่ทางด้านบนต้นในระดับสูง มีอายุมากกว่า 1 ปี และมีลักษณะอยู่ 2 ชนิด คือเป็นไม้เนื้ออ่อนหรือไม้เนื้อแข็ง และมีรูปร่างแตกต่างกัน (เอื้อมพร วิสมหมาย และคณะ, 2540) ไม้ต้นจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ แข็งแรง ทนทาน ยังช่วยสร้างความร่มรื่นและให้ร่มเงาแก่อาคาร เมื่อพิจารณาแต่ละพื้นที่จะพบว่าบริเวณที่ 1-5 โดยบริเวณที่ 5 เป็นสนามกีฬาถึงบ้านพัก บุคลากรเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของไม้ต้นมากที่สุด โดยมีมากถึง 43 ชนิด จากชนิดไม้ต้นทั้งหมด 65 ชนิด อาจเกิดจากบุคลากรของมหาวิทยาลัยปลูกต้นไม้ภายในบริเวณบ้านพัก และไม้ต้นที่พบในบริเวณหลายชนิดเป็นไม้ผลที่สามารถรับประทานได้ที่พบได้น้อย หรือไม่พบเลยในบริเวณอื่น เช่น กระท้อน ขนุน ชมพู่มะกอกน้ำ มะขาม มะตูม มะม่วง มะยงชิด สอดคล้องกับ ปารณ ชาตกุล (2553) ที่รายงานว่าตามบ้านพักอาศัยมักปลูกไม้ผลสำหรับรับประทานและสามารถนำไปใช้งานอื่นๆ ได้ หรือเป็นไม้มงคลตามความเชื่อ

ไม้ต้นในวงศ์ FABACEAE เป็นวงศ์ที่มีจำนวนชนิดที่สามารถพบได้มากที่สุดในการศึกษาเนื่องจากพืชวงศ์นี้ประกอบด้วยอนุวงศ์ (Subfamily) ย่อย 3 อนุวงศ์ ได้แก่ LEGUMINOSAE-CAESALPINIOIDEAE พืชที่ดอกมีลักษณะคล้ายดอกราชพฤกษ์ LEGUMINOSAE-MIMOSOIDEAE พืชที่ดอกมีลักษณะคล้ายดอกกระถิน และ LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE พืชที่ดอกมีลักษณะคล้ายดอกถั่ว ราชพฤกษ์เป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ (ความสูง 8-15 เมตร) (เอื้อมพร วิสมหมาย และคณะ, 2540) ที่พบมากที่สุด โดยพบเป็นจำนวน 447 ต้น เนื่องจากราชพฤกษ์เป็นต้นไม้ประจำมหาวิทยาลัยจึงมีการปลูกเป็นจำนวนมากในทุก ๆ พื้นที่ที่ศึกษา ซึ่งราชพฤกษ์มีช่อดอกสวยงามสีเหลืองห้อยลงยาวประมาณ 20-60 เซนติเมตร (สำนักงานหอพรรณไม้, 2559) ส่วนไทรทองเป็นไม้ต้นขนาดกลาง-ใหญ่ (ความสูง 5-10 เมตร) (เอื้อมพร วิสมหมาย และคณะ, 2540) ที่พบจำนวนต้นมากที่สุด เนื่องจากการจัดสวนนิยมปลูกไทรทองให้เป็นไม้พุ่ม ไม้แนวรั้วและตามแนวทางเดินมากกว่าการปลูกให้เป็นไม้ยืนต้น (วรรณา แท้, 2548) จึงต้องใช้จำนวนมากเพื่อให้พุ่มแนวรั้วมีความสวยงาม นอกจากนั้นเอื้อมพร วิสมหมาย และคณะ (2540) แนะนำว่าควรปลูกไทรทอง 12 ต้นต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตร

ตารางที่ 1 จำนวนไม้ต้นแต่ละพื้นที่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จ.ปทุมธานี โดยจำแนกตามชื่อสามัญ ชื่อวิทยาศาสตร์ และวงศ์

ลำดับ	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	จำนวนไม้ต้นในแต่ละพื้นที่ (ต้น)					รวม
				1	2	3	4	5	
1	กระถินณรงค์	<i>Acacia auriculiformis</i> A. Cunn. ex Benth.	FABACEAE	3	5	0	7	6	21
2	กระพ่อน	<i>Spondias koetiae</i> (Burm. f.) Merr.	MELIACEAE	0	0	0	0	3	3
3	กระดังงา	<i>Calophyllum inophyllum</i> L.	CALOPHYLLACEAE	0	0	2	0	0	2
4	กระพ้อจีน	<i>Millettia brandisiana</i> Kuiz	FABACEAE	0	0	6	0	0	6
5	ก้านกระ	<i>Fagraea fragrans</i> Roxb.	GENTIANACEAE	0	0	2	0	1	3
6	กร่าง	<i>Ficus altissima</i> Blume	MORACEAE	2	0	0	4	0	6
7	ขนุน	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	MORACEAE	0	3	0	1	11	15
8	ข่อย	<i>Streblus asper</i> Lour.	MORACEAE	19	4	0	0	1	24
9	ขี้เหล็ก	<i>Senna siamea</i> (Lam.) H. S. Irwin & Barneby	FABACEAE	1	6	0	9	17	33
10	แคนา	<i>Dalichandrone serulata</i> (Wall. ex DC.) Seem.	BIGNONIACEAE	0	1	11	0	5	17
11	แคแสด	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	BIGNONIACEAE	0	1	0	0	0	1
12	จิกนมยาน	<i>Barringtonia macrocarpa</i> Hassk.	LECYTHIDACEAE	0	0	1	0	0	1
13	จำปี	<i>Magnolia xalba</i> (DC.) Figlar	MAGNOLIACEAE	1	1	0	1	4	7
14	จามจุรี	<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	FABACEAE	0	5	5	21	7	38
15	ชมพู	<i>Syzgium</i> sp.	MYRTACEAE	1	0	0	3	3	7

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	จำนวนไม้ได้รับใบแดงพื้นที่ (ต้น)					รวม
				1	2	3	4	5	
16	ขมหนูขี้ติพย์	<i>Tabeutia rosea</i> (Berol.) Bertero ex A. DC.	BIGNONIACEAE	3	7	1	10	12	33
17	ตะเคียนทอง	<i>Hopsea odorata</i> Roxb.	DIPTEROCARPACEAE	0	0	0	0	2	2
18	ตะแบก	<i>Lagerstroemia floribunda</i> Jack var. <i>cuspidata</i> C. B. Clarke	LYTHRACEAE	1	26	19	34	5	85
19	ทองกวาว	<i>Butea monosperma</i> (Lam.) Taub.	FABACEAE	7	5	0	0	0	12
20	ทองหลางลาย	<i>Erythrina variegata</i> L.	FABACEAE	0	1	3	0	0	4
21	ไทรทอง	<i>Ficus microcarpa</i> L. f.	MORACEAE	1532	0	0	0	0	1532
22	ไทรข้อใบแหลม	<i>Ficus benjamina</i> L.	MORACEAE	2	25	2	6	3	38
23	นนทรีย์	<i>Peltophorum pterocarpum</i> (DC.) Backer ex K. Ileyne	FABACEAE	47	16	8	0	8	79
24	บุณาค	<i>Mesua ferrea</i> L.	CALOPHYLLACEAE	0	0	1	0	0	1
25	ประดู่บ้าน	<i>Pterocarpus indicus</i> Willd.	FABACEAE	55	33	2	8	175	273
26	ปิ่น	<i>Millingtonia hortensis</i> L. f.	BIGNONIACEAE	14	15	2	4	12	47
27	ปิ่นทอง	<i>Badenmachaera hainanensis</i> Merr.	BIGNONIACEAE	0	0	0	0	1	1
28	แมงลักขาว	<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet	MYRTACEAE	0	5	0	0	0	5

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	จำนวนไม้ต้นในเขตพื้นที่ (ต้น)					รวม
				1	2	3	4	5	
29	พะยุง	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> Pierre	FABACEAE	1	0	0	0	0	1
30	พะยอม	<i>Shorea roxburghii</i> G.Don	DIPTEROCARPACEAE	0	0	1	0	0	1
31	พิทุล	<i>Mimusops elaeagnifolia</i> L.	SAPOTACEAE	20	2	8	25	3	58
32	พุดน้ำบุศย์	<i>Gardenia coninata</i> Wall. ex Roxb.	RUBIACEAE	0	0	1	0	0	1
33	โพธิ์นก	<i>Ficus rumphii</i> Blume	MORACEAE	0	4	1	8	11	24
34	มะรอกน้ำ	<i>Elaeocarpus hypophyllus</i> Kurz	ELAEOCARPACEAE	0	0	0	4	3	7
35	มะขาม	<i>Tamarindus indica</i> L.	FABACEAE	0	3	2	8	60	73
36	มะขวิด	<i>Limonia acidissima</i> L.	RUTACEAE	0	0	1	0	0	1
37	มะตาด	<i>Dillenia indica</i> L.	DILLENIACEAE	0	0	0	0	1	1
38	มะตูม	<i>Aegle marmelos</i> (L.) Correa ex Roxb.	RUTACEAE	0	0	0	0	1	1
39	มะม่วง	<i>Mangifera indica</i> L.	ANACARDIACEAE	0	28	3	30	32	93
40	มะขัง	<i>Bouea oppositifolia</i> (Roxb.) Meisn.	ANACARDIACEAE	0	0	0	0	1	1
41	มะขอกก้านใบใหญ่	<i>Swietenia macrophylla</i> King	MELIACEAE	28	13	0	8	3	52
42	ยางอินเดีย	<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem	MORACEAE	0	2	0	0	0	2

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	จำนวนไม้ต้นในเขตพื้นที่ (ต้น)					รวม
				1	2	3	4	5	
43	ยางนา	<i>Dioscoreosaurus alatus</i> Roxb. ex G. Don	DIPTEROCARPACEAE	0	0	0	0	13	13
44	ยูคาลิปตัส	<i>Eucalyptus</i> sp.	MYRTACEAE	0	0	0	0	1	1
45	ราชพฤกษ์	<i>Cassia fistula</i> L.	FABACEAE	92	63	90	177	25	447
46	ตะบุด	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Raven	SAPOTACEAE	0	0	0	0	1	1
47	ตะบุดเขมร	<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	SAPOTACEAE	0	0	0	0	1	1
48	ลำไย	<i>Dioscoreosaurus longan</i> Lour. var. <i>longan</i>	SAPINDACEAE	0	1	0	2	1	4
49	สนประดิพัทธ์	<i>Casuarina junghuhniana</i> Miq.	CASUARINACEAE	0	3	2	0	0	5
50	สนมังกร	<i>Juniperus Chinensis</i> L.	CUPRESSACEAE	13	0	0	0	0	13
51	สัก	<i>Tectona grandis</i> L. f.	LAMIACEAE	0	0	0	0	1	1
52	สะเดา	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	MELIACEAE	15	1	1	5	10	32
53	สัตบรรณ	<i>Alstonia scholaris</i> (L.) R. Br.	APOCYNACEAE	3	31	24	6	5	69
54	สารภี	<i>Moronea siamensis</i> (Miq.) T. Anderson	CALOPHYLLACEAE	0	2	0	0	0	2
55	สาละลังกา	<i>Couroupita guianensis</i> Aubl.	LECYTHIDACEAE	0	0	6	0	3	9

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	จำนวนไม้ต้นในเขตพื้นที่ (ต้น)					รวม
				1	2	3	4	5	
56	เสลา	<i>Lagerstroemia loudonii</i> Telism. & Bind.	LYTHIRACEAE	40	5	0	0	0	45
57	ศรีตรัง	<i>Jacaranda obtusifolia</i> Bonpl.	BIGNONIACEAE	3	2	0	0	0	5
58	หัว	<i>Syzylum cumini</i> (L.) Skeels	MYRTACEAE	1	2	0	13	6	22
59	หางนกยูงฝรั่ง	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	FABACEAE	6	18	1	1	0	26
60	ทุกระจง	<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev.	COMBRETACEAE	44	47	7	18	9	125
61	ทุกวาง	<i>Terminalia catappa</i> L.	COMBRETACEAE	2	5	5	5	4	21
62	เหียง	<i>Parkia timoriana</i> (DC.) Merr.	FABACEAE	0	3	0	0	0	3
63	เหียงปรีดียาธร	<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda	BIGNONIACEAE	0	5	1	0	2	8
64	อินทนิล	<i>Lagerstroemia speciosa</i> (L.) Pers.	LYTHIRACEAE	133	0	0	0	0	133
65	อโศกเทศาภิบาล	<i>Moronea longifolium</i> (Sonn.) B. Xue & R. M. K. Saunders	ANNONACEAE	75	20	20	185	6	306
รวม				2164	419	239	603	479	3904

สรุป

จากการสำรวจชนิดพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ทั้ง 5 บริเวณ พบพรรณไม้ทั้งหมด 65 ชนิด 3,904 ต้น 23 วงศ์ โดยพบพรรณไม้ในวงศ์ Fabaceae มากที่สุด 13 ชนิด รองลงมาได้แก่วงศ์ BIGNONIACEAE และ MORACEAE ซึ่งมีจำนวนชนิดเท่ากันคือ 7 ชนิด ราชพฤกษ์ (*Cassia fistula* L.) เป็นไม้ต้นที่พบมากที่สุด โดยพบทั้งสิ้น 447 ต้น บริเวณสนามกีฬาถึงบ้านพักบุคลากรเป็นพื้นที่ที่พบชนิดของไม้ต้นมากที่สุด 43 ชนิด

เอกสารอ้างอิง

- ก่องกานดา ชยามฤต. (2545). **คู่มือจำแนกพรรณไม้**. กรุงเทพฯ : หอพรรณไม้ กรมป่าไม้.
- _____. (2550). **ลักษณะประจำวงศ์พรรณไม้**. กรุงเทพฯ : กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- _____. (2550). **ลักษณะประจำวงศ์พรรณไม้ 2**. กรุงเทพฯ : กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- _____. (2551). **ลักษณะประจำวงศ์พรรณไม้ 3**. กรุงเทพฯ : กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- กฤษดา ประเสริฐสิทธิ. (ม.ป.ป.). “**ป่าไม้ในเขตเมืองในมุมมองของภูมิสถาปัตย์**”. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: <http://forprod.forest.go.th/forprod/techtransfer/document /document/คู่มือฝึกอบรม/รุกรกร/ป่าไม้ในเขตเมืองในมุมมองของภูมิสถาปัตย์.pdf>. (2561, 1 พฤศจิกายน)
- จันทร์จิรา ตรีเพชร. (2559). ความหลากหลายทางชีวภาพของพืชพรรณไม้ยืนต้น เพื่อการจัดการและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ. **วารสารวิชาการศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์**. 3(2): 33-47
- ปารณ ชาติกุล. (2553). ต้นไม้ใหญ่ : ความนิยมในงานภูมิสถาปัตยกรรมของประเทศไทย ช่วง 30 ปีที่ผ่านมา. **วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. 59: 131-140.
- วรรณา แท้. (2548). **ไม้ประดับสวน**. กรุงเทพฯ : แม็ค.
- วิสุทธิ ใบไม้. (2545). **วิวัฒนาการ มนุษย์ และความหลากหลายทางชีวภาพ** รวมบทความวิชาการ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร.
- เต็ม สมิตินันท์. (2557). **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- สำนักงานหอพรรณไม้. (2559). **สารานุกรมพืชในประเทศไทย (ฉบับย่อ) : เฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงเจริญพระชนมายุ 60 พรรษา**. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- สุภัทตรา อ่อนศรี. (2550). การสำรวจความหลากหลายพันธุ์ไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ. ศรีสะเกษ: มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
- เอี่ยมพร วิสมหมาย และคณะ. (2540). **พรรณไม้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม (Plants for landscape architecture in Thailand)**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์พิมพ์ดี.
- _____ และปณิธาน แก้วดวงเทียน. (2552). **ไม้ป่ายืนต้นของไทย 1**. กรุงเทพฯ : เอช เอ็น กรุ๊ป จำกัด.

เครื่องควบคุมการเปิด - ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายเพื่อผู้พิการและผู้สูงอายุด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่

โยชิตา เจริญศิริ^{1*} ชุมพล ปทุมมาเกษร² เฉลิมพล แก้วเทพ³ คณินิต ปทุมมาเกษร⁴

Received : February 11, 2019

Revised : May 9, 2019

Accepted : June 21, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและออกแบบเครื่องควบคุมการเปิด - ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายเพื่อผู้พิการ ผู้สูงอายุ และบุคคลทั่วไป ด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และพัฒนาระบบโดยศึกษาความต้องการจากผู้ใช้งาน เพื่อใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า จากนั้นทำการเก็บผลการทดสอบ โดยมีผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำ การประเมินผลต่อความเหมาะสมและประสิทธิภาพของเครื่อง และนำไปทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่อง ผลการทดสอบปรากฏว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อความเหมาะสมของเครื่องด้านความสามารถในการทำงานค่าโดยรวมอยู่ระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.40$, SD. = 0.49) ด้านความถูกต้องของการทำงานค่าโดยรวมอยู่ระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.43$, SD. = 0.51) ด้านการออกแบบและการใช้งานค่าโดยรวมอยู่ระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.24$, SD. = 0.50) ความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.71$, SD. = 0.44) เมื่อพิจารณาารายด้าน พบว่า ทุกด้านมีผลการประเมินดีมาก

คำสำคัญ : ผู้พิการ ผู้สูงอายุ บุคคลทั่วไป

¹ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารและคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: yosita2515@gmail.com

² หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารและคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: toy161@hotmail.com

³ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารและคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: kaewthepo@gmail.com

⁴ ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม จังหวัดกรุงเทพมหานคร e-mail: syck59@hotmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: yosita2515@gmail.com

WIRELESS REMOTE CONTROLLED DEVICES IN ELECTRICAL EQUIPMENT FOR MUTILATOR AND OLDER PERSON WITH MOBILE PHONES

Yosita charoensiri^{1*} Chumpon patummakason² Chaloeiphol Kaewthep³
Kanungnit patummakason⁴

Abstract

The objective of this research is to develop and design the wireless power control device by using mobile phone for the disabled people, the elderly, and the general public. The researcher has analyzed and developed the system by studying the requirements from users in order to develop the mobile application for controlling electrical device. Then, the measured results are collected. The expert has advised and evaluated the suitability and efficiency of device. Then, device has been taken to test the user satisfaction. It is found that the expert opinion on the suitability of device in the ability to work is very good level ($\bar{X}$ = 4.40, SD. = 0.49). The overall accuracy of device is very good level ($\bar{X}$ = 4.43, SD. = 0.51). In terms of design and usage are very good level ($\bar{X}$ = 4.24, SD. = 0.50). The overall user satisfaction is very good level ($\bar{X}$ = 4.71, SD. = 0.44). When considering each aspect, it is found that all aspect has very good evaluation results.

Keywords : the disabled people, the elderly, the general public

¹ Bachelor of Science Program in Electronics communication and computer Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: yosita2515@gmail.com

² Bachelor of Science Program in Electronics communication and computer Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: toy161@hotmail.com

³ Bachelor of Science Program in Electronics communication and computer Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: kaewthepo@gmail.com

⁴ Department of Management Technology, Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University, e-mail: syck59@hotmail.com

* Corresponding author, e-mail: yosita2515@gmail.com

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ อีกทั้งทั่วโลกมีแนวโน้มผู้พิการเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ และสถิติข้อมูลคนพิการของกรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการสอดคล้องกับการสำรวจของกระทรวงสาธารณสุข พบว่า ทั่วประเทศ มีคนพิการประมาณ 1.9 ล้านคน โดยมีคนพิการที่ขึ้นทะเบียนคนพิการได้รับการช่วยเหลือแล้ว 1.3 ล้านคน โดยคนพิการส่วนใหญ่เกือบครึ่งเป็น คนพิการ ทาง การ เคลื่อน ไหว หรือ ทาง ร่าง กาย (ร้อยละ 48.37) รองลงมาคนพิการ ทาง การ ได้ยิน หรือ สื่อ ความหมาย (ร้อยละ 21.43) และคนพิการทางสติปัญญา (ร้อยละ 13.87)ตามลำดับ ทั้งนี้คาดการณ์ว่าจำนวนคนพิการของไทย จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและกลายเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศ (สำนักงานสถิติแห่งชาติในการสำรวจคนพิการ, 2559) จากข้อมูลทางสถิติพบว่า ผู้พิการจำนวนไม่น้อยที่รอการช่วยเหลือจากภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และปัญหาของผู้สูงอายุ และผู้พิการทางการเคลื่อนไหว คือ การเคลื่อนที่ไปปิด – ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆภายในบ้านนั้นเป็นไปด้วยความยากลำบาก เนื่องจากผู้สูงอายุหลายรายไม่สามารถเดินได้สะดวก ผู้สูงอายุที่สูญเสียทางการเคลื่อนไหวที่เกิดจากภาวะโรคพาร์กินสัน ผู้พิการช่วงล่างที่ไม่สามารถเดินได้ ผู้ป่วยโรคอัมพาตช่วงล่าง ผู้ป่วยที่พักฟื้นไม่สามารถเคลื่อนร่างกายได้ เป็นต้น ซึ่งจากภาวะดังกล่าวนี้จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตของผู้ป่วยเหล่านั้นอย่างเร่งด่วน

เทคโนโลยีบลูทูธ (Bluetooth) เป็นมาตรฐานหนึ่งที่ใช้ในการสื่อสารไร้สายแบบระยะสั้นบนโทรศัพท์มือถือ โดยในปัจจุบันโทรศัพท์มือถือทุกรุ่นที่มีเทคโนโลยีดังกล่าวอยู่ภายในเครื่อง แต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานด้านการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เนื่องจากยังไม่มีโปรแกรม และฮาร์ดแวร์ที่สั่งการควบคุมการเปิด – ปิดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่จะเกิดขึ้นหลังจากพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวแล้วว่ามีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการพัฒนาและความคุ้มค่าในการสร้างเทคโนโลยีอำนวยความสะดวกสบาย และช่วยเหลือสังคมผู้สูงอายุ หรือผู้พิการ การพัฒนาสร้างเครื่องควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์ส่องสว่าง พัดลม เครื่องปรับอากาศ กาต้มน้ำ โทรศัพท์ เป็นต้น ด้วยการสั่งการระยะไกลผ่านเครือข่ายไร้สายของโทรศัพท์มือถือ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับสังคมผู้พิการ และผู้สูงอายุตลอดจนบุคคลทั่วไปที่ต้องการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างเครื่องควบคุมการเปิด – ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายไร้สายด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่
2. เพื่อสร้างโปรแกรมประยุกต์เพื่อเชื่อมต่อกับเครื่องควบคุมการเปิด – ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการใช้งานบอร์ดอาร์ดูโน ในการควบคุมอุปกรณ์อาร์ดแวร์
3. เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเทคโนโลยีบลูทูธด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยได้ทำการออกแบบ และทดลองการพัฒนาเครื่องควบคุมการเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายเพื่อผู้พิการ ผู้สูงอายุ และบุคคลทั่วไปด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบของการพัฒนาระบบ โดยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานเป็นสี่ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนแรกศึกษาความต้องการจากผู้ใช้งาน
- ขั้นตอนสองแผนภาพระบบการทำงานของแอปพลิเคชันควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
- ขั้นตอนสามการออกแบบแอปพลิเคชันควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
- ขั้นตอนสี่การออกแบบกล่องควบคุม

1. ศึกษาความต้องการจากผู้ใช้งาน

ในส่วนนี้จะเป็นการศึกษาความต้องการจากผู้ใช้งาน คือ ผู้สูงอายุ ผู้พิการ และบุคคลทั่วไป จำนวน 100 กลุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้เพื่อใช้ในการออกแบบระบบให้ตรงความต้องการของผู้ใช้งาน และมีประสิทธิภาพ โดยได้สรุปผลความต้องการในระบบนำทางจากแบบสอบถามที่ได้ทำการแจกโดยมีประเด็นคำถามหลักๆดังนี้

เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าการเปิด – ปิดต้องมีฟังก์ชันแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ทั้งในส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

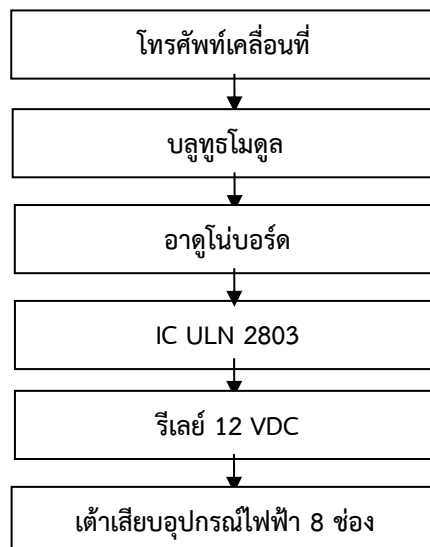
เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าการเปิด – ปิดต้องมีฟังก์ชันใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน

เครื่องควบคุมการเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องมีฟังก์ชันระบบป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรในอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

เครื่องควบคุมการเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องสามารถใช้บนโทรศัพท์ที่มีระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์ได้ทุกรุ่นจากการศึกษาความต้องการของผู้พิการ ผู้สูงอายุ และบุคคลทั่วไปได้จึงได้ข้อสรุปเบื้องต้นเพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาระบบต่อไปเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และเกิดประโยชน์ในการนำไปใช้งานจริง

2. แผนภาพระบบการทำงานของแอปพลิเคชันควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

การทำงานของแอปพลิเคชันควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถเขียนแผนภาพแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงกระบวนการทำงาน

จากภาพที่ 1 แสดงถึงกระบวนการทำงานของแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งคำสั่งผ่านสัญญาณไร้สายบลูทูธ (Bluetooth) ไปยังบลูทูธโมดูล (Bluetooth Module) เป็นตัวรับสัญญาณมายังภาครับ จากนั้นส่งคำสั่งไปยัง อาดูโนบอร์ด เพื่อประมวลคำสั่งแล้วก็จะส่งคำสั่งเปิดปิดรีเลย์ (Relay) ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเปิดปิด โดยมีเพาเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) แปลงไฟจาก 220 โวลต์กระแสสลับ (Vac) เป็นไฟกระแสตรง 12 Vdc เป็นไฟเลี้ยงให้กับบอร์ดรีเลย์ (Relay) และจะผ่านไปยัง IC 7805 ที่ทำหน้าที่แปลงเป็นไฟกระแสตรง 5 Vdc เป็นไฟเลี้ยงให้กับอาดูโนบอร์ด และ IC ULN 2803

3. การออกแบบแอปพลิเคชันควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า



ภาพที่ 2 ภาพรวมหน้าจอการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากภาพที่ 2 แสดงถึงภาพรวมทั้งหมดของหน้าจอแอปพลิเคชันจะประกอบไปด้วย

หมายเลข 1 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับผู้จัดทำ และ อาจารย์ที่ปรึกษา

หมายเลข 2 ปุ่มซึ่งค์เวลาของตัวเครื่องควบคุมให้ตรงกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อใช้ในการตั้งเวลาเปิด - ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

หมายเลข 3 แสดงภาพอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าควบคุม

หมายเลข 4 ปุ่มเปิดสวิตซ์ทั้ง 8 ช่องสัญญาณ

หมายเลข 5 ปุ่มปิดสวิตซ์ทั้ง 8 ช่องสัญญาณ

4. การออกแบบกล่องควบคุม



ภาพที่ 3 กล่องควบคุม

จากภาพที่ 3 แสดงถึงหน้ากล่องควบคุม จะประกอบไปด้วยสวิตช์เปิดและปิดกล่องควบคุม ไฟวส์ ป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อเกิดเหตุไฟฟ้าลัดวงจร ไฟแสดงสถานะพร้อมทำงาน ของกล่องควบคุม ไฟแสดงสถานะของเต้าเสียบทั้ง 8 ช่องสัญญาณและเต้าเสียบไฟ 220 VAC สำหรับให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเสียบใช้งาน โดย

หมายเลข 1 เต้าเสียบอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 8 ช่อง (อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้รวมกันจะต้องไม่เกิน 2000 วัตต์)

หมายเลข 2 สวิตช์เปิด - ปิด ของตัวเครื่องควบคุม

หมายเลข 3 ไฟแสดงสถานะการณเปิด - ปิด ของสวิตช์ที่ 1 - 8

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บผลการทดสอบโดยได้ทำการทดลองจริงกับผู้พิการ ผู้สูงอายุ และบุคคลทั่วไป โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านให้คำแนะนำและการประเมินผลต่อความเหมาะสมของเครื่อง จากนั้นนำไปทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายเพื่อผู้พิการและผู้สูงอายุด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ ให้ผลการทดสอบดังแสดงตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อความเหมาะสมของเครื่องควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายเพื่อผู้พิการและผู้สูงอายุด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่

ความเหมาะสมของระบบ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านความสามารถในการทำงาน			
1.1 ความสามารถในการแสดงผล	4.56	0.44	ดีมากที่สุด
1.2 ความสามารถการเชื่อมต่อวงจร	4.32	0.58	ดีมาก
1.3 ความสามารถของระยะทางการรับส่งสัญญาณของระบบไร้สาย	4.51	0.52	ดีมากที่สุด
1.4 ความสามารถการควบคุมอุปกรณ์	4.22	0.45	ดีมาก
รวม	4.40	0.49	ดีมาก
2. ด้านความถูกต้องของการทำงาน			
2.1 ความถูกต้องในการแสดงผล	4.83	0.51	ดีมากที่สุด
2.2 การแสดงผลรวดเร็วชัดเจน	4.12	0.44	ดีมาก
2.3 ความถูกต้องของระยะทางการรับส่งของระบบไร้สาย	4.17	0.56	ดีมาก
2.4 ความถูกต้องการควบคุมอุปกรณ์เปิดปิด	4.61	0.53	ดีมากที่สุด
รวม	4.43	0.51	ดีมาก
3. ด้านการออกแบบและการใช้งาน			
3.1 ความง่ายของการใช้งาน	4.25	0.49	ดีมาก
3.2 ความเหมาะสมของเมนูใช้งาน	4.29	0.53	ดีมาก
3.3 การจัดวางรูปแบบหน้าจอต่อการใช้งาน	4.32	0.55	ดีมาก
3.4 ความเหมาะสมของขนาดอุปกรณ์ และความปลอดภัยใช้งาน	4.13	0.46	ดีมาก
รวม	4.24	0.50	ดีมาก
รวมทั้งหมด	4.36	0.50	ดีมาก

ผลจากการทำแบบสำรวจสามารถแบ่งได้เป็น 3 ด้าน ค่าโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.36$, SD. = 0.50) สามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยด้านความสามารถในการทำงานค่าโดยรวมอยู่ระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.40$, SD. = 0.49) ด้านความถูกต้องของการทำงานค่าโดยรวมอยู่ระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.43$, SD. = 0.51) ด้านการออกแบบและการใช้งานค่าโดยรวมอยู่ระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.24$, SD. = 0.50)

ตารางที่ 2 ผลสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายเพื่อผู้พิการและผู้สูงอายุด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่

ความพึงพอใจที่มีต่อระบบควบคุม	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1. ความสวยงาม ความทันสมัย ความน่าสนใจของเครื่อง	4.61	0.44	ดีมาก
2. ความเร็วในการแสดงผล	4.56	0.47	ดีมาก
3. การใช้งานระบบมีความง่ายและสะดวก	4.70	0.39	ดีมาก
4. ความถูกต้องการควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า	4.85	0.41	ดีมาก
5. ความเหมาะสมการออกแบบใช้งานของเครื่อง	4.76	0.45	ดีมาก
6. ความเร็วการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมกับโทรศัพท์เคลื่อนที่	4.55	0.46	ดีมาก
7. ความเหมาะสมของเมนูใช้งานของแอปพลิเคชัน	4.66	0.48	ดีมาก
8. ความปลอดภัยของการใช้งานเครื่อง	4.74	0.43	ดีมาก
9. ประโยชน์ของเครื่องสามารถนำไปใช้งานได้	4.87	0.42	ดีมาก
10. ความสามารถของระบบทางการรับส่งสัญญาณของระบบไร้สาย	4.84	0.46	ดีมาก
รวม	4.71	0.44	ดีมาก

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายเพื่อผู้พิการและผู้สูงอายุด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.71$, $SD. = 0.44$) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ทุกด้านมีผลการประเมินดีมาก

อภิปรายผล

ปัญหาและการแก้ปัญหา

ไฟที่เข้าไปเลี้ยงบอร์ดอาร์ดูโน้แรงดันไม่พอแก้ปัญหาโดยเพิ่มบอร์ด switching power supply 12V . เพื่อเพิ่มแรงดันให้กับรีเลย์

มีการต่อสายเข้าบอร์ดอาร์ดูโน้ ผิด เกิดการช็อตของบอร์ด แก้ปัญหาโดยสั่งซื้อบอร์ดอาร์ดูโน้ (Arduino) ใหม่

โมดูลจีเอสเอ็มไม่จับสัญญาณโทรศัพท์แก้ปัญหาโดยการต่อไอโอดเบอร์ 1N4001 กับตัวเก็บประจุขนาดกับังจระของโมดูล GSM เพื่อปรับกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับวงจร

สรุป

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการเปิด และปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับผู้พิการ ผู้ทุพพลภาพการเคลื่อนไหว ผู้สูงอายุ และบุคคลทั่วไป โดยจะส่งผ่านสัญญาณไร้สายบลูทูธจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ไปยังส่วนควบคุมที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งง่ายต่อการใช้งาน มีความปลอดภัยทันสมัย โดยขั้นตอนการดำเนินงาน เริ่มจากศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน และศึกษาหลักการทำงานของบอร์ดอาร์ดูโน้ รีเลย์

จีเอสเอ็มโมดูล และการสื่อสารไร้สายเทคโนโลยีบลูทูธ สำหรับนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ภาครับเพื่อไปควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า และศึกษาการเขียนแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ ด้วยโปรแกรมแอปพลิเคชันอินเวนเตอร์

ผลการทดลองเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กล่าวคือ การพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อการสื่อสารผ่านเทคโนโลยีบลูทูธ ส่งผ่านไปยังอุปกรณ์ภาครับโดยมีบอร์ดอาร์ดูโน้ เป็นตัวหลัก โดยที่มีการทำงานของระบบต่างๆ เช่น ความสามารถในการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถเปิดและปิด หรือเลือกส่วนการทำงานของอุปกรณ์ได้ ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.71$, $SD. = 0.44$) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าทุกด้านมีผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก

ข้อเสนอแนะ

1. การนำไปใช้ประโยชน์

ผู้ใช้งานสามารถเปิด - ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องได้สะดวกรวดเร็ว ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน และปลอดภัย อุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวสามารถแยกการเปิดและปิดอย่างอิสระ ไม่จำเป็นต้องเปิด ทุกตัวหรือปิดทุกตัว เลือกเปิดเฉพาะที่ต้องการจะใช้อุปกรณ์

2. แนวทางการประยุกต์หรือพัฒนาต่อยอดในลักษณะอื่นๆ

สามารถนำไปประยุกต์ใช้เปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในหอพักนักศึกษาและคอนโด หรือสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดให้กับผู้พิการทางอื่นได้เช่น พิกการทางสายตา และสามารถพัฒนาให้ใช้ได้ในระบบ IOS ได้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง เครื่องควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายเพื่อผู้พิการ ผู้สูงอายุและบุคคลทั่วไปด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวัดและทดลอง

สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย (ทุน วช.) จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีงบประมาณ 2561

เอกสารอ้างอิง

บริษัทอาร์ดูอิทรอนิกส์. (2561). **Bluetooth Module + HC-05**. 6 มกราคม 2561. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก

:<http://www.arduitronics.com/article/-การใช้งาน-bluetooth-module-hc-05>

บริษัท แฟคโตมาร์ท จำกัด.(2561). **รีเลย์**. 6 มกราคม 2561. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก :

<https://mall.factomart.com/relay/>

พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร, (2555). **คู่มือเขียนแอป Android**. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์โพธิ์วิชัน

วิกิพีเดีย. (2561). สมาร์ทโฟน. (27 พฤศจิกายน 2561. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก :

<http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%95%E0%B9%82%E0%B8%9F%E0%B8%99>

วิวัฒน์ มีสุวรรณ.(2561). **แอปพลิเคชันอินเวนเตอร์**. 4 กรกฎาคม 2561. ออนไลน์, เข้าถึงได้จาก :

<http://wiwatmee.blogspot.com/2012/09/blog-post.html>.

- สำนักงานสถิติแห่งชาติในการสำรวจคนพิการ. (2559). 2 สิงหาคม 2559. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก :
<http://service.nso.go.th>.
- Arduino Board. (2561), 7 มกราคม 2560. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.thaieasyelec.com/index.php?lang=th>
- Android Community (2559). 20 มกราคม 2559. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก :
<http://source.android.com/> Thailand Android Community
- Bluetooth Module + HC-05. (2561), 9 กุมภาพันธ์ 2561. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.arduitronics.com/article/การใช้งาน-bluetooth-module-hc-05>
- Database SQLite. (2561), 1 มกราคม 2561. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.thaicreate.com/mobile/android-sqlite-database.html>
- Ed Burnette, (2009). Hello, Android: Introducing Google's Mobile Development Platform (Pragmatic Programmers). 250 pp., Pragmatic Bookshelf, October 2009.
- Project Andii. (2561), 2 กุมภาพันธ์ 2561. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก : <http://project-andii.blogspot.com/>
- RS232. (2561), 2 กุมภาพันธ์ 2561. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.thaieasyelec.com/index.php?lang=th>
- ULN2803 DARLINGTON GATE ARRAY IC. (2561), 8 มกราคม 2560. ออนไลน์. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.sproboticworks.com/ics/ics/uln-2803-ic.html>

การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสด้วยดินในสภาวะน้ำขัง

ณัฐกร อินทวิชะ^{1*} ภาณุชัย ประมวล²

Received : March 3, 2019

Revised : April 13, 2019

Accepted : May 31, 2019

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ต่อการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ 3x4 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยการทดลองประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1 คือน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำตาลกลูโคส 200 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจัยที่ 2 คือระยะเวลาในการขังน้ำเสียสังเคราะห์ 4 ระดับ ได้แก่ 0 1 3 และ 5 วันตามลำดับ ดินที่ใช้ในการศึกษาคือดินจากอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการในการบำบัดน้ำเสียทางเคมี (COD) ลดลงตามระยะเวลาที่ขังน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) แต่ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์กับการลดลงของค่า COD ในน้ำเสียสังเคราะห์ ($P<0.05$) ในส่วนของปริมาณฟอสฟอรัส พบว่าปริมาณของฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์สามารถบำบัดได้จนอยู่ในระดับไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตั้งแต่ระยะเวลาขังน้ำเสียสังเคราะห์ที่เวลา 1 วัน

คำสำคัญ : การบำบัดน้ำเสียชุมชน ฟอสฟอรัส ดินในสภาวะน้ำขัง

¹ อาจารย์, สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมเพื่อการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

² อาจารย์, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน e-mail : phanuchai.p@gmail.com

*ผู้นิพนธ์หลัก e-mail : kung32123@gmail.com

URBAN WASTEWATER TREATMENT WITH PHOSPHORUS CONTAMINATION BY SOIL FLOODING

Nuttakorn Intaravicha^{1*} Phauchai Pramual²

Abstract

The objective of this research was to study the effect of phosphorus concentration on urban wastewater treatment. The experimental design of this study was 3x4 Factorial in Completely Randomize Design with 3 replications and there were 2 experimental factors in this research; phosphorus concentration and flooding period. The first factor was phosphorus concentration, there were 4 levels of phosphorus concentration in synthetic wastewater with 200 mg/L glucose; 0, 5 and 10 mg/L, respectively. The second factor was flooding periods, there were 4 levels of flooding period; 0, 1, 3 and 5 days, respectively. The soil sample for this experiment was collected from Bang-Khonthi district, Samut-Songkhram province.

The result shown as, the chemical oxygen demand was quite decreased depended on flooding periods with highly significant ($P < 0.01$). There had not found the interaction between phosphorus concentration and decreasing of the chemical oxygen demand in synthetic wastewater ($P < 0.05$). Besides that, this experiment could reduce phosphorus concentration in synthetic urban wastewater, were not over 2 mg/l since the 1st flooding day.

Keywords : Urban Wastewater Treatment, Phosphorus, Soil Flooding

¹ Department of Environmental Technology for Agriculture, Faculty of Science and Technology, Phatumwan Institute of Technology.

² Department of Environmental Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phatumwan Institute of Technology. e-mail : phanuchai.p@gmail.com

* Corresponding e-mail: kung32123@gmail.com

บทนำ

ปัญหาน้ำเสียจากที่พักอาศัยเป็นปัญหาที่มีสะสมมานาน เนื่องจากกิจกรรมการอยู่อาศัยของมนุษย์ย่อมมีการใช้น้ำในการดำรงชีวิต กิจกรรมการใช้น้ำของมนุษย์ โดยมีแหล่งที่มาจาก บ้านเรือน ที่อยู่อาศัย ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้ เมื่อปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมจะทำให้แหล่งน้ำมีความสกปรก เชื้อโรคและ มีกลิ่น หากมีการปนเปื้อนของน้ำเสียในปริมาณมากแหล่งน้ำก็จะไม่สามารถนำไปใช้ในการอุปโภค บริโภคได้ โดยองค์ประกอบของน้ำเสียชุมชนที่ประกอบไปด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กรดอินทรีย์ สารอินทรีย์ระเหยง่าย และธาตุอาหารพืช องค์ประกอบเหล่านี้ยังเอื้อประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และพืชในแหล่งน้ำอีกด้วย (สันตติ ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2549 ; Eriksson E, et al., 2002) ในส่วนของฟอสฟอรัสที่ถือเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นของพืชและจุลินทรีย์ มีรายงานพบการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำชุมชน จากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ปุ๋ยเคมีเพื่อการเกษตร การทำฟาร์มปศุสัตว์ (Firmansyah I, et al., 2017 ; Siziba N, 2017 ; Sanabria-León R, et al., 2007) โดยพบระดับการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชน อยู่ที่ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (มันสิน และ มันรักษ์, 2545) เมื่อฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของฟอสเฟต จะจัดเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้จุลินทรีย์ในน้ำเกิดการเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งธาตุอาหารพืชที่ส่งเสริมให้พืชและสาหร่ายในน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เมื่อเป็นดังนี้พืชน้ำจะทำให้เกิดการบดบังการส่องผ่านของแสงอาทิตย์ลงสู่แหล่งน้ำ เมื่อผ่านไประยะเวลาหนึ่ง พืชที่เจริญเติบโตเต็มที่และเริ่มตายลงในแหล่งน้ำ เกิดการย่อยสลายพืช โดยจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ ทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนไม่สามารถละลายลงในน้ำทดแทนได้ทัน ส่งผลให้แหล่งน้ำมีปริมาณออกซิเจนลดลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง จนไม่เพียงพอต่อการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ ทำให้เกิดกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน เกิดกรดอินทรีย์ สารอินทรีย์ระเหยง่าย ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ จนกระทั่งสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำไม่สามารถปรับตัวได้ทันเพราะขาดแก๊สออกซิเจนและมีสารปนเปื้อนในแหล่งน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ทำให้เกิดการล้มตายเป็นจำนวนมาก ระบบนิเวศของแหล่งน้ำเกิดผลกระทบอย่างรุนแรง (Zhang W and Zhang X, 2017) การบำบัดน้ำเสียที่มีฟอสฟอรัสปนเปื้อน พบว่ามีการบำบัดโดยใช้กระบวนการทางเคมี ทำปฏิกิริยาแล้วตกตะกอนแยกชั้นออกจากน้ำเสีย เป็นต้น (Kim JG, et al., 2003) แม้จะบำบัดฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในน้ำเสียได้ แต่ต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด ในขณะที่การสร้างโรงงานในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ จะต้องรองรับต้นทุนในการก่อสร้าง บำรุงรักษาระบบ และกำจัดตะกอน ซึ่งมีราคาและค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง (Sancho FH and Garrido RS, 2009) จึงมีการนำวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติที่มีการใช้ดิน แล้วปล่อยให้น้ำเสียท่วมขัง เช่นระบบบำบัดน้ำเสียแบบดินเปียกสลับแห้งร่วมกับพืชมาช่วยในการบำบัดน้ำเสียชุมชนเหล่านี้ โดยพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบดินเปียกสลับแห้งร่วมกับพืช จะต้องมีการเติมของดินเหนียวมากกว่า 21 % จึงจะมีศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชน จนสามารถผ่านมาตรฐานที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ (สุกัญญา สารณาคมนกุล, 2548) ฟอสฟอรัสและธาตุอาหารพืชอื่นๆที่ปนเปื้อนในน้ำเสียสามารถถูกบำบัดได้จากกระบวนการตรึงธาตุอาหารพืชไว้ในดินและการที่ธาตุอาหารพืชถูกพืชนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต (ดาริกาและสุดสาคร, 2548 ; Yodkaew S, et al., 2017) อีกทั้ง ชัยณพพงศ์ ประทุม (2560) ยังพบว่า หญ้าแฝกหอมมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียในรูปของปริมาณของออกซิเจนที่ใช้ย่อยสลายทางเคมี (Chemical Oxygen Demand : COD) จากโรงงานขนมจีนได้ดีกว่าต้นกกกลม อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการบำบัดมีผลต่อคุณภาพของน้ำเสียที่จะปลดปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม

การศึกษาวิธบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีฟอสฟอรัสปนเปื้อนโดยดินในสภาวะน้ำขังนี้ จะทำการศึกษา กับดินตัวอย่างที่ได้จาก ตำบลบางนกแขวก อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม เนื่องจากเป็นดินที่อยู่ใกล้ กับแหล่งน้ำ มีเปอร์เซ็นต์ของดินเหนียวมากกว่า 21 % และเป็นพื้นที่ที่มีการทำการเกษตร จึงมีโอกาสที่น้ำ เสียจากที่อยู่อาศัยที่มีกิจกรรมทางการเกษตรจะมีการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำได้ (ศูนย์บริการ และถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรประจำตำบลบางนกแขวก, 2559) จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีฟอสฟอรัสปนเปื้อนโดยใช้ดินตัวอย่างที่อยู่ในสภาวะน้ำขัง ต่อความสามารถบำบัดฟอสฟอรัส และ ปริมาณความต้องการของออกซิเจนทางเคมี ของน้ำเสียชุมชนที่ สังเคราะห์ขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. คุณสมบัติของดินเบื้องต้น

ทำการเก็บตัวอย่างดินจากตำบลบางนกแขวก อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม ความ ลึกของดินไม่เกิน 30 เซนติเมตร นำดินที่ได้มาตากให้แห้งในห้องปฏิบัติการ นำไปบดและร่อนด้วยตะแกรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างดินที่ได้ใส่ถุง นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณดินทราย ดินทรายแป้ง ดินเหนียว เนื้อดิน และนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็น กรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้าของดิน อินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (USDA, 2009)

2. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำเสีย

โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ 3x4 Factorial in Completely Randomize Design จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยของฟอสฟอรัสในน้ำเสีย 3 ระดับ ได้แก่ 0 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในทุก ปัจจัยของความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมีการสังเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์จากน้ำตาลกลูโคส 200 มิลลิกรัมต่อ ลิตรลงในทุกปัจจัยการทดลอง โดยได้สารละลายฟอสฟอรัสตั้งต้นความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรเตรียม จาก ชั่ง KH_2PO_4 0.4394 กรัมละลายในน้ำ 1 ลิตรจากนั้นนำไปผสมกับกลูโคส ตามตำรับการทดลองดังนี้

ตำรับการทดลองที่มีน้ำเสียสังเคราะห์ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร เตรียมได้จากชั่งน้ำตาลกลูโคส 200 มิลลิกรัมละลายในน้ำปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

ตำรับการทดลองที่มีน้ำเสียสังเคราะห์ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เตรียมได้จากชั่งน้ำตาลกลูโคส 200 มิลลิกรัมร่วมกับสารละลายฟอสฟอรัสตั้งต้น จำนวน 50 มิลลิลิตร ละลายละลายในน้ำปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

ตำรับการทดลองที่มีน้ำเสียสังเคราะห์ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เตรียมได้จากชั่งน้ำตาลกลูโคส 200 มิลลิกรัมร่วมกับสารละลายฟอสฟอรัสตั้งต้น จำนวน 100 มิลลิลิตร ละลายละลายในน้ำปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

ปัจจัยการชั่งน้ำเสียแบ่งเป็นตามเวลาในการชั่งน้ำเสีย 4 ระดับ ได้แก่ 0 1 3 และ 5 วัน โดยทำการชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ลงในขวดพลาสติกขนาด 180 มิลลิลิตรที่มีฝาปิด ชั่งน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำตาลกลูโคส 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ผสมกับฟอสฟอรัสที่มีความเข้มข้นตามตำรับการทดลองน้ำเสียสังเคราะห์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จากนั้นปิดฝาขวดและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องตามระยะเวลาในการรับการทดลอง

ในส่วนของการชั่งน้ำเสียสังเคราะห์ ทำในห้องปฏิบัติการสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ในช่วงวันที่ 2 – 6 สิงหาคม พ.ศ. 2560 ทำการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำเสียทางเคมีโดยการวิเคราะห์ปริมาณของออกซิเจนที่ใช้อยู่สลายทางเคมี (Chemical Oxygen Demand : COD) ด้วยวิธีฟลักซ์ปิด และปริมาณของฟอสฟอรัสในน้ำเสียด้วยวิธีแวนาโดโมลิบโดฟอสฟอริก แอซิด (อรรถัย ขวาลภาฤทธิ์, 2545)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. คุณสมบัติน้ำของดินเบื้องต้น

จากที่ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินตัวอย่างที่ ตำบลบางนกแขวก อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงครามพบว่าคุณสมบัติของดินเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของดินตัวอย่างที่ ตำบลบางนกแขวก อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม

คุณสมบัติของดิน (Soil properties)	
เนื้อดิน (Soil texture)	Silty Clay Loam (SiCL)
ทราย (Sand) : %	16
ทรายแป้ง (Silt) : %	45
ดินเหนียว (Clay) : %	39
ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)	7.6
ค่าการนำไฟฟ้า (EC) : mS/cm	0.23
ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) : %	2.39
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) : mg/kg	87
ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) : mg/kg	10
ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) : mg/kg	417
ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) : mg/kg	29

2. อิทธิพลของความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ ต่อการบำบัดน้ำเสียในรูปแบบของ COD

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของ COD ที่ตรวจวัดได้พบว่าการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์เริ่มต้นที่มีส่วนผสมของน้ำตาลกลูโคส 200 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของค่า COD พบว่า ค่า COD ที่ตรวจวัดได้เริ่มต้นอยู่ในช่วง 187 – 198 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเมื่อคิดค่าเฉลี่ยของปริมาณ COD ที่ตรวจวัดได้เริ่มต้นการทดลองอยู่ที่ 187 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อพิจารณาจากการทดลองแล้วพบว่าปริมาณของฟอสฟอรัสในน้ำเสียมีอิทธิพลร่วมกับจำนวนวันในการบำบัดน้ำเสียที่ตรวจวัดในรูปแบบของ COD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่เมื่อพิจารณาจำนวนวันพบว่าจำนวนวันที่ซึ่งน้ำมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) กล่าวคือจำนวนวันที่เพิ่มมากขึ้นจะสามารถบำบัดน้ำเสียในรูปแบบของ COD ได้มากขึ้นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อิทธิพลของจำนวนวันที่ขังน้ำต่อการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ในรูปของการวิเคราะห์ปริมาณของออกซิเจนที่ใช้อยู่สลายทางเคมี (COD : mg/l)

จำนวนวันที่ขังน้ำ			
0 วัน	1 วัน	3 วัน	5 วัน
187 d	78 c	62 b	49 a

R square=0.99, %CV = 7.1, Mean square error = 49.78

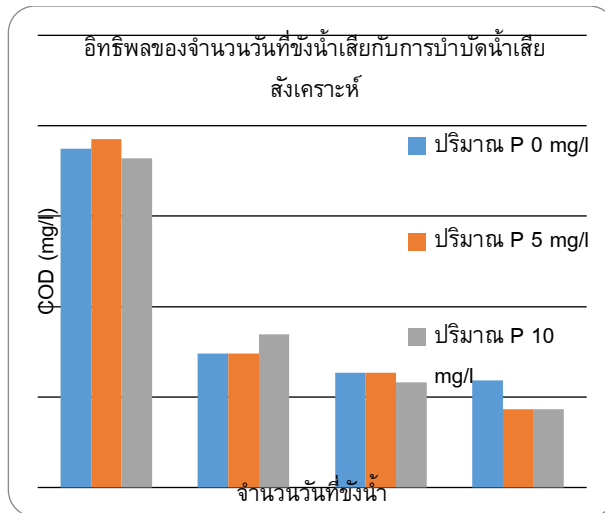
แต่กลับพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) กับความสามารถในการบำบัดน้ำเสียในรูปแบบของ COD ดังรูปที่ 1 และ ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อิทธิพลของปริมาณฟอสฟอรัสต่อการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ของการวิเคราะห์ปริมาณของออกซิเจนที่ใช้อยู่สลายทางเคมี (COD : mg/l)

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำเสีย		
0 mg/l	5 mg/l	10 mg/l
96 ns	93 ns	92 ns

R square=0.99, %CV = 7.1, Mean square error = 49.78

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างระยะเวลาขังน้ำกับปริมาณฟอสฟอรัสทั้ง 3 ระดับพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 อิทธิพลของจำนวนวันที่ขังน้ำเสียกับการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ในรูปของการวิเคราะห์ปริมาณของออกซิเจนที่ใช้อยู่สลายทางเคมี (COD : mg/l)

เนื่องจากพบว่าภายหลังการขังน้ำเสีย 1 วันเป็นต้นไป ไม่สามารถตรวจวัดปริมาณของฟอสฟอรัสในน้ำเสียด้วยวิธีแวนาโดมอลิโบโดฟอสฟอริก แอซิดได้ จึงทำการทดลองตรวจสอบปริมาณของฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปัจจัย 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วง 2 และ 4 ชม. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของฟอสฟอรัสในน้ำเสียพบว่า น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ระดับ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังขังน้ำเสียกับดินตัวอย่างเป็นเวลา 2 และ 4 ชั่วโมง จำนวนอย่างละ 6 ข้าง พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในขณะที่น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ระดับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรภายหลังขังน้ำเสียกับดินตัวอย่างเป็นเวลา 2 และ 4 ชั่วโมง พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.48 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนที่ระบุว่าคุณภาพฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียต้องไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เหลืออยู่ในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l)

ระยะเวลาขังน้ำ	ปริมาณฟอสฟอรัสเริ่มต้นในน้ำเสียสังเคราะห์	
	5 mg/l	10 mg/l
2 ชั่วโมง	1.67±0.02	6.48±0.02
4 ชั่วโมง	0	0.5±0.03

สรุป

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของฟอสฟอรัสในน้ำเสียช่วง 0 – 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามที่มันลินและมันรักซ์ (2545) รายงานไว้ การบำบัดน้ำเสียในดินที่มีการขังน้ำ สามารถบำบัดปริมาณฟอสฟอรัสเหล่านี้ได้จากสภาวะการตรึงฟอสฟอรัสในดิน โดยพบว่าดินที่ทำการทดลองมีสภาวะเป็นด่างอีกทั้งยังมีปริมาณของ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ถึง 417 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการตรึงฟอสฟอรัสในดิน ปริมาณของฟอสฟอรัสที่ปนเปื้อนในน้ำเสียในรูปของสารอนินทรีย์ฟอสเฟตจะสามารถถูกดินตรึงเอาไว้ในรูปที่ละลายน้ำได้ยาก ซึ่งคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544) กล่าวว่ากระบวนการตรึงฟอสฟอรัสในดิน จะขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ไอออนบวก เช่น เหล็ก แมงกานีส แคลเซียมและแมกนีเซียม ปริมาณไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม และแร่ดินเหนียวในดิน ในส่วนของการบำบัดของเสียอินทรีย์ในน้ำเสียชุมชน สุกัญญา สารณาคมนกุล (2548) และ อรทัย เชื้อวงศ์ (2550) พบว่าความสามารถในการบำบัดน้ำเสียชุมชนจากจังหวัดเพชรบุรี ที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนมีความจำเป็นที่ดินที่ใช้ในการทำการทดลองต้องแห้งสนิทและมีปริมาณของแร่ดินเหนียวมากกว่า 21 เปอร์เซ็นต์ จึงจะสามารถสร้างระบบบำบัดน้ำเสียในระบบดินเปียกสลับแห้งร่วมกับพืช ให้มีค่าที่สามารถปลดปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งจากงานทดลองนี้พบว่าเปอร์เซ็นต์ของแร่ดินเหนียวในดินตัวอย่างสูงถึง 39 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาการบำบัดน้ำเสียภายใน 5 วัน พบว่าค่า COD ในวันที่ 5 อยู่ในช่วง 43 - 59 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งผ่านตามค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาดที่กำหนดไว้ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2535)

อย่างไรก็ดีการทำการทดลองนี้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ในสภาพพื้นที่การใช้ประโยชน์จริงต้องมีการควบคุมปัจจัยของดินที่ทำการทดลองให้แห้งสนิทก่อนเพราะปัจจัยของความชื้นในดินจะมีผลต่อการมีตัวรับอิเล็กตรอนที่เพียงพอต่อกิจกรรมการหายใจและการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในสภาวะน้ำขัง ส่งผลให้หากดินไม่แห้งสนิทจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดของเสียอินทรีย์ลดลง (Intaravicha N, et al., 2013) อีกทั้ง Martin M, et al., (2013) พบว่าการบำบัดน้ำเสียที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสปนเปื้อนด้วยวิธี vertical flow constructed wetland สามารถลดปริมาณของธาตุอาหารเช่นไนโตรเจน ฟอสเฟตในน้ำเสียลงได้ อีกทั้งยังส่งเสริมให้เกิดการบำบัดน้ำเสียในรูปของ COD ให้ดีขึ้นได้เล็กน้อย ทั้งนี้หากมีปริมาณ organic carbon ในรูปของอินทรีย์วัตถุเพิ่มมากขึ้นจะสามารถในการบำบัด COD ได้ดียิ่งขึ้นด้วย

ดังนั้นจากการศึกษานี้ทำให้ทราบว่าความสามารถของการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำขังของดินที่มีสภาพเป็นด่างเล็กน้อยว่า สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และฟอสฟอรัสปนเปื้อนที่ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีค่า COD เริ่มต้นที่ 187 มิลลิกรัมต่อลิตร ในห้องปฏิบัติการให้ผ่านตามค่ามาตรฐานที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปปรับใช้ในการบำบัดน้ำเสียแบบดินเปียกสลับแห้งร่วมกับพืช ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2535). **กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด**, พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535.
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2553). **กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน**. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป, 127 (69).
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, (2544). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชีษณุพงศ์ ประทุม. (2560). ผลของสารอินทรีย์ปริมาณสูงในน้ำเสียโรงงานขนมจีนต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของหญ้าแฝกหอมและกกกลมน้ำพุ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**; 36 (3), 324-332.
- ดารีกา วสุนธรากุล และ สุตสาคร พุกงาม. (2548). การใช้พืชน้ำใน กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ. **วารสารวิทยาศาสตร์ทักษิณ**. 2(2), 44-55.
- มันสิน ตันกุลเวศม์ และ มันรัช ตันกุลเวศม์. (2545). **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย**. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์บริการและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรประจำตำบลบางนกแขวก. (2559). **แผนพัฒนาการเกษตรระดับตำบลบางนกแขวก อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม**, สำนักงานเกษตรจังหวัดสมุทรสงคราม, กรมส่งเสริมการเกษตร.
- สุกัญญา สารณาคมนกุล. (2548). **การศึกษาคุณสมบัติบางประการของน้ำเสียชุมชนเทศบาล เมืองเพชรบุรีและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งชุมชนของพุทธรักษา ธรรมรักษา และ ชิงแดงในสภาพน้ำขังสลับแห้งของดินร่วมกับพืช**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สันหัต ตีรอนันต์ไพบูลย์. (2549). **ระบบบำบัดน้ำเสีย : การเลือกใช้ การออกแบบ การควบคุม และการแก้ไขปัญหา**. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์ ท็อป.
- อรรถัย ขวาลภาฤทธิ์. (2545). **คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย**. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์ จุฑทอง จำกัด.
- อรรถัย เชื้อวงศ์. (2550). **การศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรีด้วยพุทธรักษา 3 พันธุ์ ในระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M. and Ledin, A. (2002). **Characteristics of grey wastewater**. Urban Water, (4), 85–104.
- Firmansyah, I., Spiller, M., Ruijter, FJD., Carsjens, GJ. and Zeeman, G. (2017). **Assessment of nitrogen and phosphorus flows in agricultural and urban systems in a small island under limited data availability**. Science of the Total Environment, (574), 1521 – 1532.

- Intaravicha, N., Prabuddham, P. and Popan, A. (2013). **Potential of Thai Soil on the Anaerobic Treatment of Urban Wastewater in the Alternate Flooding and Drying of the Soil with Plant System**. *Modern Applied Science*, 7(5), 1-10.
- Kim, JG., Kin, JH., Moon, HS., Chon, CM. and Ahn, JS. (2003). **Removal capacity of water plant alum sludge for phosphorus in aqueous solutions**. *Chemical Speciation and Bioavailability*, (14), 67-73.
- Martin, M., Gargallo, S., Hernández-Crespo, C. and Oliver, N. (2013). **Phosphorus and nitrogen removal from tertiary treated urban wastewaters by a vertical flow constructed wetland**. *Ecological Engineering*, (61), 34–42.
- Sanabria-León, R., Cruz-Arroyo, LA., Rodríguez, AA. and Alameda, M. (2007). **Chemical and biological characterization of slaughterhouse wastes compost**. *Waste Management*, (27), 1800-1807.
- Sancho, FH. and Garrido, RS. (2009). **Technical efficiency and cost analysis in wastewater treatment processes : A DEA approach**. *Desalination*, (249), 230–234.
- Siziba, N., (2017). **Effects of damming on the ecological condition of urban wastewater polluted rivers**. *Ecological Engineering*, (102), 234-239.
- United States Department Agricultural : USDA. (2009). **Soil Survey field and laboratory methods manual**. Soil Survey field and laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report. 51 Lincoln, Nebraska USA.
- Yodkaew, S., Intaravicha, N., Rakthai, S., Srigobur, P., Soponsatian, S., Kongson, C., Potcanakunakorn, R., Hiroshi, T. and Naoko, I. (2017). **The Treatment of High Concentration Nitrogen by Phytoremediation Process Using Water Hyacinth (*Eichnornia crassipes Mart.Solms.*) and Coontail (*Ceratophyllum demersum L.*)**. *Journal of Vocational Institute of Agricultural*, (1), 30-37.
- Zhang, W., Zhang, X. (2017). **Phase behavior and stabilization of phosphorus in sub- and supercritical water gasification of cyanobacteria**. *The Journal of Supercritical Fluids*, (130), 40-46.

ไบโอดีเซลจากน้ำมันกรดดำโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และเพอริกซัลเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

สมสุข ไตรศุกิตติ^{1*} พรพิมล พลคำ¹ วัชรรา เสนาจักร² และ จอห์น มอร์ริส³

Received : April 1, 2019

Revised : May 22, 2019

Accepted : July 24, 2019

บทคัดย่อ

ประเทศไทยใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซล แต่เนื่องจากการผลิตน้ำมันปาล์มไม่เพียงพอต่อความต้องการ งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันกรดดำโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และเพอริกซัลเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เราหาสภาวะที่มีผลต่อผลได้ไบโอดีเซล ได้แก่ อัตราส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อน้ำมันกรดดำ อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา เวลาในการทำปฏิกิริยา และปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา เราพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเกิดไบโอดีเซลอยู่ที่อัตราส่วนโดยปริมาตรของเมทานอลต่อน้ำมันกรด 5 ต่อ 1 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 70 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 120 นาที ด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และเพอริกซัลเฟต 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำมันกรดดำ ผลได้ไบโอดีเซลเป็น 87.5 และ 70.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล, น้ำมันกรดดำ, โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์, เพอริกซัลเฟต

¹ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

² สาขาวิชาชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

เลขที่ 80 ถนนศรีนครินทร์ ต.ตลาด อ.เมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000 ประเทศไทย

³ สำนักบริหารงานวิจัยและนวัตกรรมการประมงทะเลสาบกระบอง, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ถนนลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 ประเทศไทย

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: somasuk_rmu@yahoo.com

BIODIESEL FROM BLACK ACID OIL USING KOH AND $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ CATALYSTSSomsuk Trisupakitti^{1*} Pornpimol Ponkham¹ Watchara Senajuk² John Morris³**Abstract**

Thailand uses palm oil as a raw material for biodiesel, but palm oil production does not meet the biodiesel demand. This study examined the production of biodiesel from black acid oil, using KOH and $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ as catalysts. We determined conditions such as the methanol to black acid oil volume ratio, reaction temperature, reaction time and catalyst loading that would optimize biodiesel yield. We found that the optimum yield of biodiesel occurred with methanol to black acid oil volume ratio 5:1; reaction at 70°C for 120 min; with 1.5 wt% of KOH and 1 wt% $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ loading. The biodiesel yield was 87.5% using KOH and 70.0% using $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ catalysts.

Keywords : biodiesel, black acid oil, potassium hydroxide, ferric sulphate

¹ Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University

² Department of Biology, Faculty of Education, Rajabhat Maha Sarakham University
80 Nakhonsawan Road, Muang, Maha Sarakham 44000, Thailand

³ KRIS, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
1 Chalong Krung Road, Lat Krabang, Bangkok 10520, Thailand

* Corresponding author, email: somasuk_rmu@yahoo.com

Introduction

The price of petroleum is constantly increasing: this impacts the overall economy and may hinder both current and future national growth. Thailand does not produce enough crude oil to meet internal demands and it imports oil. Demand for fossil fuel is high, especially for diesel, which is mainly used for transportation. Therefore, development of alternative fuels to replace petroleum and diesel must be established as a matter of urgency and this drives research on domestic raw materials, such as vegetable oils, from which biodiesel can be produced.

Biodiesels are renewable resources, biodegradable and nontoxic, thus they affect the environment less than traditional diesels. They have similar properties to diesel and can be used as fuel for vehicles, without modifications to the engine; it also helps to maintain the condition of the engine, which lasts longer as the oxygen in biodiesel leads to more complete combustion, which, in turn, leads to fewer exhaust products, such as black smoke and carbon monoxide and a reduction in air pollution. Moreover, biodiesel reduces blockages in the exhaust system, as it contains no sulfur and the oxygen content, not only gives better combustion, but reduces pollution from sulfur dioxide, hydrocarbons, carbon monoxide and dust. Biodiesel has, therefore, become a very promising alternative to diesel from fossil fuel.

Currently, biodiesels are made from vegetable oil, used vegetable oil, animal fats, palm oil, physic nut, soybean, peanut, castor and sunflower oils. However, another type of oil increasingly used is coconut oil from the pulp of coconuts or black acid oil. The main components of coconut oil are saturated fatty acids, with medium chain length molecules, such as lauric acid. This is more easily absorbed by the body and accumulates less in fatty tissue than fatty acids with longer chains. The basic production of biodiesel from vegetable oils, has been described in detail by Cervero et al. (2008): vegetable oil fatty acids, with short to medium length carbon chains, are transesterified, using an alkaline catalyst (sodium or potassium hydroxide at $\sim 80^{\circ}\text{C}$). Ethanol is obtained from the fermentation of sugars, present in the vegetable structure (McCoy, M., 1998; Wright, J.D., 1988). The direct use of vegetable oils as fuels has not been satisfactory in diesel engines, because of their high viscosity, low volatility, polyunsaturated compound content, high concentration of free fatty acids, resins and rubber (formed by oxidation or spontaneous polymerization) and cinder deposits. Thus, the chemical modification of vegetable oils to obtain suitable fuels, in particular, the synthesis of fatty acid esters, yielding the so-called biodiesel, has been studied. A simple life-cycle analysis shows that the conversion of vegetable oils to biodiesel requires a substantial amount of energy, because of the high temperature needed for effective reaction (Van Gerpe, J., 2005). The enzymatic catalyzed reaction generates smaller waste streams and enzymes can efficiently convert both triglycerides and free fatty acids into biodiesel, under mild conditions. Phase stability leads to a

product with few impurities and the aqueous phase, which contains the catalyst is very stable (Vicente, G., et al., 2007).

In this study, biodiesel can also be used as a heating fuel in domestic and commercial boilers. Research is underway to determine whether such main components of coconut oil are saturated fatty acids, with medium length chains such as lauric acid. This is more easily absorbed by the body and accumulates less in fatty tissue than long chain fatty acids. Our key objectives were 1) to investigate the optimum conditions for biodiesel production from black acid oil, 2) to analyze the influence of operating conditions, such as; the volume ratio of methanol to black acid oil, reaction temperature and reaction time using KOH and $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ as catalysts and 3) to obtain a high yield of biodiesel from black acid oil.

Research objectives

This study examined the production of biodiesel from black acid oil, using KOH and $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ as catalysts

Methodology

1. Preparation of material

Biodiesel is derived from vegetable oils; the black acid oil was selected by various methods, among which transesterification were the most widely used. The present work explored the effects of variations in free fatty acids (FFA) of vegetable oils on the biodiesel production method as well as on the yield. Black acid oil was purchased from Saengsook Industry Co. Ltd, Samutprakan Province, Thailand and was heated at 100°C for 15 min to remove moisture. Methanol, potassium hydroxide (KOH) and ferric sulphate ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) were Laboratory Reagent (LR) grade.

2. To analyze the influence of operating conditions

We analyzed the influence of operating conditions, including the volume ratio of methanol to black acid oil, reaction temperature and reaction time, using KOH and $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ as the catalyst, using typical edible plant oils, such as black acid oil, for the production of biodiesel. These raw materials are not entirely suitable, thus we investigated the influence of operating variables on the transesterification of *black acid oil* to biodiesel over KOH and $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ catalysts. The individual and combined effects of three variables: reaction time, reaction temperature and catalyst amounts were evaluated. The conversion of black acid oil to biodiesel was achieved through the transesterification reaction over the catalysts at various methanol-to-oil volume ratios in a batch reactor. Physicochemical properties of the KOH and $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ catalysts were obtained.

3. To synthesize the biodiesel production from black acid oil that was obtained a high yield of biodiesel

This step explored the effects of variations in free fatty acids (FFA), namely; black acid oil of vegetable oils on the biodiesel production methodology as well as on the yield. This wealth has led to an increased development of production, transformation and preservation of from Saengsook Industry Co.,Ltd, which generates large amounts of coconut oil mill waste.

4. To synthesize of the properties of black acid oil

The following properties of black acid oil were measured: pH value, acid value (AOAC, 1989), saponification value (PORIM Test Methods, 1995) and iodine value (AOAC, 1997). Production of biodiesel from black acid oil and methanol in presence of KOH and $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ as catalyst was measured in a 200 ml round-bottom flask, equipped with magnetic stirrer and reflux condenser (Figure 1(b)). The methanol to black acid oil volume ratios varied over a 3:1-10:1 range. Reaction temperatures were 40°C, 50°C, 60°C and 70°C. for times ranging ranging from 30, 60, 90 to 120 min and catalyst loading from 0.5 1.0 1.5 to 2.0 wt%. The reaction was started by stirring at 250 rpm. After the reaction, the upper layer consisted of biodiesel, while the lower layer was glycerol. The biodiesel was washed several times with warm water and heated at 70°C for 30 min to remove the methanol. The biodiesel yield was calculated from:

$$\text{Yield (\%)} = (\text{Weight of biodiesel} / \text{Weight of oil}) \times 100$$

5. To synthesize the biodiesel production from black acid oil that was obtained a high yield of biodiesel

In this work, we focused on managing the black acid oil fraction efficiently when producing biodiesel and investigated KOH and $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ as catalysts transesterification to produce biodiesel. For the transesterification, we also synthesized KOH and $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ composites, by the direct impregnation method, as base and acid catalysts for the transesterification of hydrolyzed littered edible oil fraction. The successful development of this process would greatly increase the prospects of using a low-quality feedstock for economical biodiesel production.

6. Catalyst formulation

The correct amount of catalyst needs to be used, because both excess as well as insufficient amount of catalyst will cause soap formation. Correct amount of catalyst can be determined by volumetric titration of the oil. Commonly used alkaline catalysts in the biodiesel industry are potassium hydroxide (KOH) and sodium hydroxide (NaOH) flakes which are inexpensive and easy to handle in transportation and storage. Here we used KOH pellets and $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ as the catalyst, i.e. a solid chemical catalyst, whose advantages are short reaction time, usually between 1 hour to 4 hours, requiring low catalysts concentration (about 1%). This catalyst is also cheap and does not inhibit the reaction.

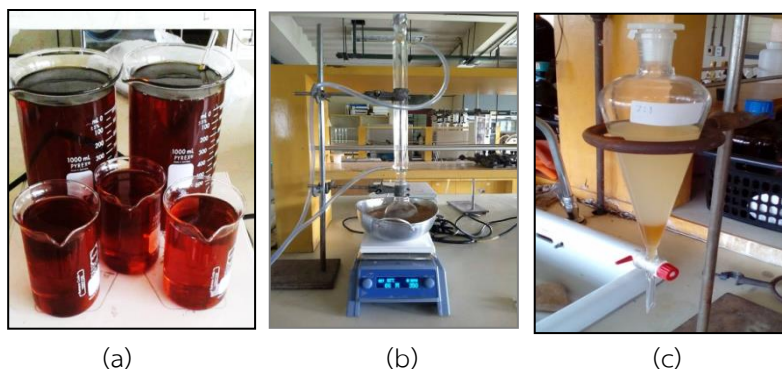


Figure 1. Experimental setup (a) Black acid oil (b) Reflux set for biodiesel production and (c) Biodiesel produced.

Result and discussion

The black acid oil was very dark brown (Figure 1a). The pH was 4.65. The acidity was 233 mg-KOH/g, the saponification value was 268 mg-KOH/g and the iodine value was 57.3 g-I₂/g (Trisupakitti, S., 2016).

1. Effect of methanol to oil volume ratio

One of the most important parameters affecting the yield of biodiesel is the molar ratio of alcohol to triglyceride. Stoichiometrically 3 moles of alcohol and 1 mole of triglyceride are required for transesterification to yield 3 moles of fatty acid methyl/ethyl esters and 1 mole of glycerol. In order to shift the reaction to the right, it is necessary to either use excess alcohol or remove one of the products from the reaction mixture. The second option is usually preferred for the reaction to proceed to completion. The reaction rate was highest when 100% excess methanol was used (Shereena, K.M. & Thangaraj, T., 2009; Ghaly, A.E., Dave, D., Brooks M.S. & Budge, S., 2010). Although methanol, ethanol, propanol, butanol and amyl alcohol can be used, methanol is applied more frequently, as its cost is low and it is physically and chemically advantageous (more polar as the shortest chain alcohol). On the other hand, ethanol may be preferred over methanol, since it is derived from agricultural products and is renewable and biologically less damaging in the environment. The effect of the ratio of methanol or ethanol to oil was studied. The highest biodiesel yield was nearly 99.5% at 6:1 methanol/oil. In comparison, biodiesel yield using methanol continuously increases with the raise of methanol molar ratio (Hossain, A.B.M.S. & Boyce, A.N., 2009).

Biodiesel yield (%)

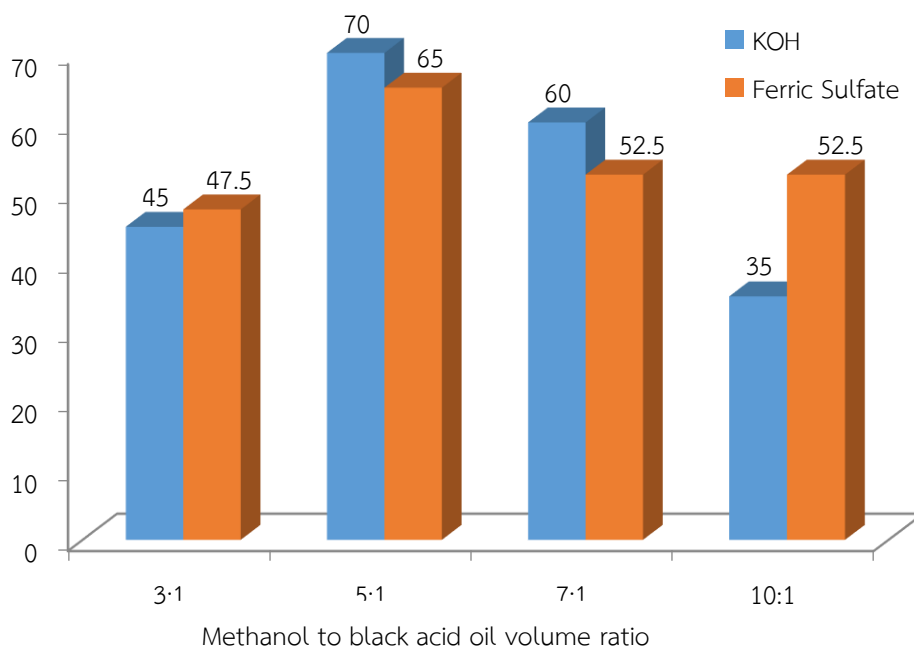


Figure 2. Biodiesel yield (%) vs methanol to black acid oil volume ratio. Reaction conditions: reaction time 120 min, catalyst 1 wt% and reaction temperature 60°C.

Figure 2 shows the effect of methanol to black acid oil volume ratio on biodiesel yield. The volume ratio of methanol to black acid oil at 5:1 shows the highest yield of biodiesel at 70% was produced from transesterification using KOH as a catalyst, while $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ catalyst shows the highest yield at 65%. However, when the proportion of methanol to black acid oil increased to over 5:1, biodiesel yield decreased. This might be because transesterification is a diverted reaction and the alcohol content must be large enough to drive the reaction in the right direction and increase the yield of biodiesel. Our results were similar to those of Phan and Phan (2008), who used vegetable cooking oil as a renewable energy option. Therefore, the 5:1 volume ratio of methanol to black acid oil was selected in our study, as this generated the best biodiesel yield. However, this value depends on the properties of black acid oil and the type of catalyst used. For example, Centikaya and Karaosmanoglu (2004) found that a methanol:oil ratio below 5:1 is insufficient for the base-catalyzed transesterification, while Zheng et al. (2006) observed that the methanol:oil ratio could be up to 250:1 in the presence of an acidic catalyst.

2. Effect of reaction temperature

Biodiesel yield was highest at 60°C. At 70°C, the temperature exceeds the boiling point of methanol (64.7°C). Methanol readily evaporated and many bubbles were observed. This led to a three-phase system (Islam et al., 2013), in which the bubbles reduced reactant contact. Although higher temperature would normally accelerate the reaction, the biodiesel yield peaked at 65°C, just below the methanol boiling point (Usta et al., 2016). Other reports similarly found that peak yields occurred just below the methanol boiling point (Khan, N.A. & Dessouky, E.H., 2009; Ma, F. & Hanna, M.A., 2009; Pramanik, K., 2003; Srivastava, A. & Prasad, R., 2000).

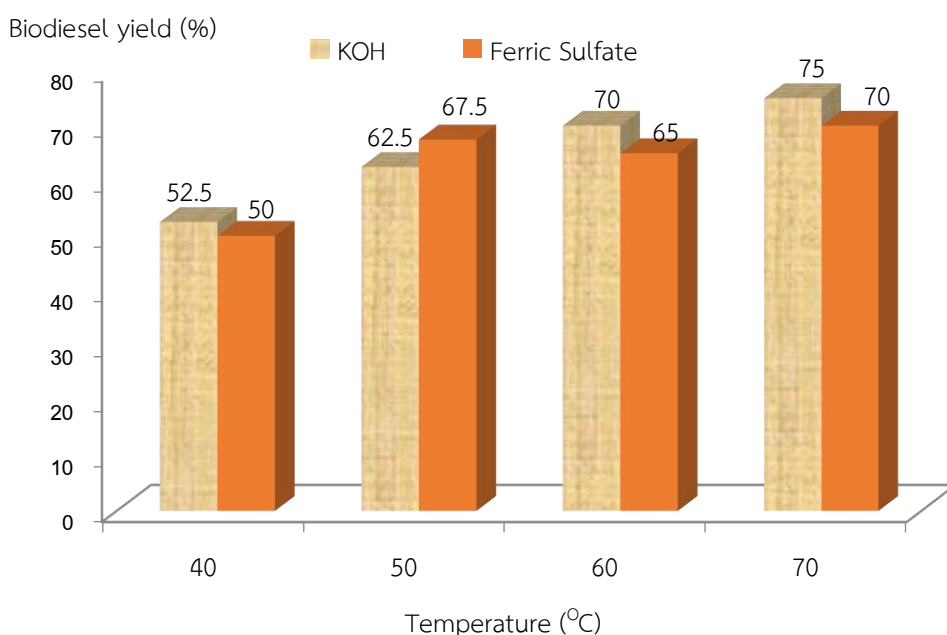


Figure 3. Yield vs reaction temperature: Reaction condition: methanol to black acid oil ratio 5:1, reaction time 120 min and catalyst loading 1 wt%.

Figure 3 shows the effect of reaction temperature on biodiesel yield. The optimum reaction temperature was 60-70°C. Raising the reaction temperature had a positive effect on methanolysis of black acid oil. These results are similar to those of Cvengros and Povazance (1996) for biodiesel from rapeseed. They showed a maximum yield at 68-70°C. However, as the reaction system was operated at ambient pressure, it was impossible to rise the temperature further: at 70°C. methanol kept boiling.

3. Effect of reaction time

Fatty acid ester conversion increased with reaction time. The reaction is slow at the beginning due to mixing and dispersion of alcohol and oil. After that the reaction proceeded very quickly. Further increase in reaction time did not increase the yield, i.e. biodiesel/mono alkyl ester. Besides, longer reaction time led to reduction of end product (biodiesel), due to the reversible transesterification reaction, resulting in loss of esters as well as soap formation (Mathiyazhagan, M. & Ganapathi, A., 2011; Musa, I.A., 2016). This was in accordance with the results of Meng et al. (2008), who reported that increasing the reaction time from 2 to 4 h had no significant effect on the glyceride conversion was observed. This suggests the reaction was in the equilibrium at a slow rate. Meng et al. (2008) also reported that, in alkaline methanolysis, the reaction time was from 1 to 4-hours with temperature at 60 or 65°C.

Figure 4 also illustrates the change of biodiesel yield of two catalysts as function of reaction time. Under the same reaction conditions, the yield increased with the reaction time from 30 to 120 min. However, the reaction time at 120 min shows the biodiesel yield reached 75% for KOH and 70% for $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ as catalysts.

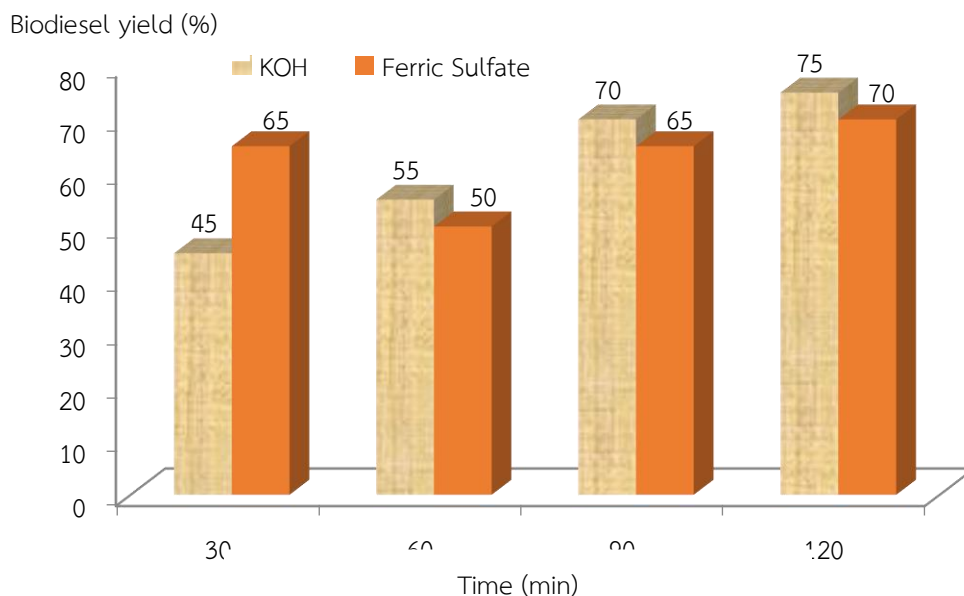


Figure 4. Yield vs reaction time: Reaction conditions: methanol to black acid oil ratio 5:1, reaction temperature 70°C and catalyst loading 1 wt%.

4. Effect of catalyst loading

Biodiesel formation was also affected by the concentration of catalyst. Commonly used catalysts for biodiesel production are sodium hydroxide (NaOH) or potassium hydroxide (KOH) (Mathiyazhagan, M. & Ganapathi, A., 2011). The type and amount of catalyst required in the transesterification usually depended on the quality of the feedstock and method of the transesterification. For a purified feedstock, any type of catalyst could be used for the transesterification. However, for feedstock with high moisture and free fatty acid content, homogenous transesterification was unsuitable, due to the high possibility for saponification, to occur instead of transesterification. The yield of fatty acid alkyl esters generally increased with increasing amount of catalyst. This was due to availability of more active sites by addition of larger amounts of catalyst. However, from an economic perspective, a larger amount of catalyst may not be profitable, due to the cost of the catalyst itself. Therefore, similar to the ratio of oil to alcohol, optimization is necessary to determine the optimum amount of catalyst required for transesterification (Musa, I.A., 2016; Colombo, K., Ender, L. & Barros, A.A.C., 2017). Other researchers reported that, after the reaction reached the maximum yield, further increase in the catalyst decreased the yield (Jiang, S. T., Zhang, F. J. & Pan, L. J., 2010; Efavi, J. K., Kanbogtah, D., Apalangya, V., Nyankson, E., Tiburu, E.K., Dadoo-Arhin, D., Onwona-Agyeman, B. & Yaya, A., 2018). Below 0.8 % of catalyst, the little transesterification occurred as there was not enough KOH to drive the reaction to completion. Observations showed that at higher catalyst amount (above 2.0 %), saponification occurred. Soap formation in the presence of high catalyst amount increased the viscosity of the reactants and decreased yield (Hossain, A.B.M.S., Boyce, A.N., Salleh, A. & Chandran, S., 2010). Karmakar et al. (2010) reported that a 91.8 wt% biodiesel yield was obtained with 2.0 wt % of KOH. Surya et al. (2012) reported that 2 wt% of KOH or NaOH was not sufficient to obtain 95 wt% of biodiesel yield, because the free fatty acid of jatropha was high, 1.39 mg/g KOH. In this study, the catalyst amount was increased to 2 % to compensate for the high free fatty acid content in coconut waste oil (Keera, S.T., El Sabagh, S.M. & A.R. Taman, A.R., 2011).

The effect of catalyst loading on yield of biodiesel is shown in Figure 5. The biodiesel yield increased to 87.5% with KOH catalyst with increased catalyst amount, but when the catalyst loading reached 1.5 wt%, it started to decrease. This was attributed to the formation of soap, which hindered the separation of the methyl ester phase during the washing step: the saponification of free fatty acid with KOH is shown in equation (I). The decrease in yield was due to soap formation at higher KOH loading. Furthermore, Figure 5 shows the effect of $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ loading on biodiesel yield for heterogenous catalysis. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ is an effective solid acid catalyst in the esterification shown in equation (II). At 1 wt% catalyst loading, a maximum yield (70%) was found. On further increasing the amount of catalyst, biodiesel yield decreased as the mixture of reactant and catalyst became viscous, leading to insufficient mixing and

therefore incomplete reaction.

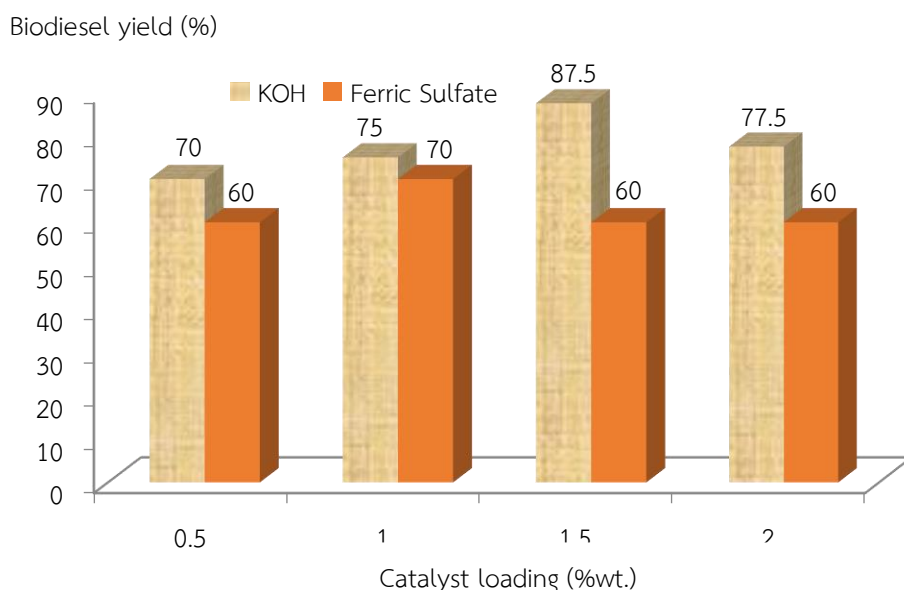


Figure 5. Effect of catalyst loading on biodiesel yield. Reaction conditions: methanol to black acid oil ratio 5:1, reaction temperature 70°C and reaction time 120 min.



Basically, making biodiesel from oil, methanol (or ethanol) and catalyst, is a simple chemical process. The problem lies in the chemical reaction kinetics. The conventional transesterification of the triglycerides to fatty methyl esters and glycerine is slow and not complete. During the conversion, not all fatty acid chains are turned into alkyl esters (biodiesel). This reduces biodiesel quality and yield significantly. All kinds of plant oils and waste materials, for example, cooking oil wastes have been suggested as feedstocks for biodiesel production through transesterification. Chemical transesterification, in presence of alkaline catalysts, has been the method of choice for biodiesel production and commercialized in many places. It has been shown that enzymatic transesterification can be successful with a variety of lipases with higher yields using a large variety of oils, fats and acyl acceptors. Optimization of parameters of reaction systems will reduce the cost of the production of biodiesel and will make enzymatic

transesterification for biodiesel production more promising (Ghaly, A.E., Dave, D., Brooks M.S. & Budge, S., 2010).

Conclusion

We determined the optimum conditions for producing biodiesel from black acid oil using transesterification and esterification. For transesterification using KOH catalyst, the maximum biodiesel yield was 87.5% at a 5:1 volume ratio of methanol to oil at 70°C for 1.5 wt% catalyst and 120 min reaction time. Esterification using $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ catalyst produced maximum biodiesel at 70% with a 5:1 volume ratio of methanol to black acid oil at 70°C, catalyst loading at 1 wt% and reaction time at 120 minutes.

Acknowledgement

We thank Saengsook Industry Co.,Ltd for providing black acid oil. Excellent support came from the Chemistry Department and Science Center, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University in providing experimental site, glassware for lab equipment and chemicals.

References

- AOAC. (1997). **Iodine Value of Fats and Oils Cyclohexane Method**. Office Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign: American Oil Chemists' Society.
- AOAC. (1989). In: D. Firestone, **Office Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society**, Champaign: American Oil Chemists' Society.
- Centikaya, M. & Karaosmanoglu, F. (2004). **Optimization of base-catalyzed transesterification reaction of used cooking oil**. *Energy & Fuels*, 18: 1888-1895.
- Cervero, J.M.; Coca, J. & Luque, S. (2008). **Production of biodiesel from vegetable oils**. *Grasas y Aceites*, 59(1): 76-83.
- Colombo, K., Ender, L. & Barros, A.A.C. (2017). The study of biodiesel production using CaO as a heterogeneous catalytic reaction. *Egyptian Journal of Petroleum*, 26(2): 341-349.
- Cvengros, J. & Povazance, F. (1996). **Production and Treatment of Rapeseed Oil Methyl Ester as Alternative Fuels for Diesel Engines**. *Bioresource Technology*, 55: 145-150.
- Efavi, J. K., Kanbogtah, D., Apalangya, V., Nyankson, E., Tiburu, E.K., Dodoo-Arhin, D., Onwona-Agyeman, B. & Yaya, A. (2018). **The effect of NaOH catalyst concentration and extraction time on the yield and properties of Citrullus vulgaris seed oil as a potential biodiesel feed stock**. *South African Journal of Chemical Engineering*, 25: 98-102.

- Ghaly, A.E., Dave, D., Brooks M.S. & Budge, S. (2010). Production of biodiesel by enzymatic transesterification: Review. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology**, 6(2): 54-76.
- Hossain, A.B.M.S., Boyce, A.N., Salleh, A. & Chandran, S. (2010). Impacts of alcohol type, ratio and stirring time on the biodiesel production from waste canola oil. **African Journal of Agricultural Research**, 5(14): 1851-1859.
- Hossain, A.B.M.S. & Boyce, A.N. (2009). Biodiesel production from waste sunflower cooking oil as an environmental recycling process and renewable energy. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, 15(4): 312-317.
- Islam, A., Taufiq-Yap, Y.H., Chu, C.M., Ravindra, P., & Chan, E.S. (2013). Transesterification of palm oil using KF and NaNO_3 catalysts supported on spherical millimetric $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. **Renewable Energy**, 59: 23-29.
- Jiang, S. T., Zhang, F. J. & Pan, L. J. (2010). Sodium phosphate as a solid catalyst for biodiesel preparation. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, 27(1): 137 – 144.
- Karmakar, A., Karmakar, S. & S. Mukherjee, S. (2010). **Properties of various plants and animals feedstocks for biodiesel production**. *Bioresource Technology*, 101(19): 7201-7210.
- Keera, S.T., El Sabagh, S.M. & A.R. Taman, A.R. (2011). Transesterification of vegetable oil to biodiesel fuel using alkaline catalyst. *Fuel*, 90(1): 42-47.
- Khan, N.A. & Dessouky, E.H. (2009). **Prospect of biodiesel in Pakistan**. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 13: 1576-1583.
- Ma, F. & Hanna, M.A. (2009). **Biodiesel production: a review**. *Bioresource Technology*, 70: 1-15.
- McCoy, M. (1998). **Biomass ethanol inches forward**. *Chemical and Engineering News*. 76(49): 29-32.
- Mathiyazhagan, M. & Ganapathi, A. (2011). Factors affecting biodiesel production. **Journal of Plant Biology Research**, 1(2): 1-5.
- Meng, X., Chen, G. & Wang, Y. (2008). **Biodiesel production from waste cooking oil via alkali catalyst and its engine test**. *Fuel Processing Technology*, 89(9): 851-857.
- Musa, I.A. (2016). The effects of alcohol to oil molar ratios and the type of alcohol on biodiesel production using transesterification process. **Egyptian Journal of Petroleum**, 25(1): 21-31.
- Phan AN, & Phan TM. (2008). **Biodiesel production from waste cooking oils**. *Fuel*, 87: 3490-3496.
- PORIM Test Methods, (1995). **Palm Oil Research Institute of Malaysia**. Ministry of Primary Industries, Malaysia.
- Pramanik, K. (2003). **Properties and use of jatropha curcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine**. *Renewable Energy*, 28: 239-248.

- Shereena, K.M. & Thangaraj, T. (2009). Biodiesel: An alternative fuel produced from vegetable oils by transesterification. **Electronic Journal of Biology**, 88: 81-86.
- Srivastava, A. & Prasad, R. (2000). **Triglycerides-based diesel fuels**. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 4: 111-133.
- Surya Abadi Ginting, M., Tazli Azizan, M., & Yusup, S. (2012). **Alkaline in situ ethanolysis of *Jatropha curcas***. Fuel, 93: 82-85.
- Trisupakitti, S. (2016). Biodiesel production from black acid oil using transesterification. **Princess of Naradhiwas University Journal**, 8(1): 62-69.
- Usta, S., Mathur, B. & Samad, D. (2016). Optimization of Transesterification Process for Production of Thumba Methyl Ester. **International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology**, 5(1): 311-316.
- Van Gerpe, J. (2005). **Biodiesel processing and production**. Fuel Processing Technology, 86(10): 1097-1107.
- Vicente, G., Martinez, M., & Aracil, J. (2007). **Optimisation of intergrated biodiesel production. A study of the material balance**. Bioresource Technology, 98: 1754-1761.
- Wright, JD. (1988). **Ethanol from biomass by enzymatic hydrolysis**. Chemical Engineering and Processing, 84: 62-73.
- Zheng, S., Dube, M.A., Kates, M. & David D. Mclean. (2006). **Acid-catalyzed production of biodiesel from waste cooking oil**. Biomass & Bioenergy, 30: 267-272.

เครื่องปั้นดินเผาอุณหภูมิต่ำจากเถ้าลอยลิกไนต์ และดินเหนียวทะเลแก้ว จังหวัดพิษณุโลก

ทนารัช จิตชาญวิชัย^{1*}

Received : April 1, 2019

Revised : June 7, 2019

Accepted : August 1, 2019

บทคัดย่อ

วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ และสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นอุณหภูมิต่ำที่มีเถ้าลอยลิกไนต์ และดินเหนียวทะเลแก้วเป็นส่วนผสม เถ้าลอยเป็นวัสดุที่เป็นกากจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานถ่านหิน กับดินทะเลแก้ว ซึ่งเป็นดินสีแดงที่มีคุณภาพดีสามารถเผาได้อุณหภูมิสูง นำมาใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาอุณหภูมิต่ำที่มีคุณภาพได้ โดยนำเถ้าลอยลิกไนต์และดินเหนียวทะเลแก้วศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ สุ่มตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบเจาะจงบนแกนเส้นตรง จำนวน 10 อัตราส่วนผสม ขึ้นรูปโดยวิธีการอัดแบบ ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นก่อนเผา เผาขึ้นทดลองที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบเผาไหม้สมบูรณ์ และแบบเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นหลังเผา ปรากฏว่า วัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด มีความละเอียดเฉลี่ยสูง อยู่ในช่วง $251\mu\text{m}$ -2 mm และจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ และดินเหนียวทะเลแก้ว มีปริมาณซิลิกาออกไซด์สูงที่สุดคือร้อยละ 35.50 และ 62.00 รองลงมาคือ อลูมินาออกไซด์ ร้อยละ 18.80 และ 18.20 ตามลำดับ แต่ในเถ้าลอยลิกไนต์ ยังพบปริมาณแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 17.30 เหล็กออกไซด์ร้อยละ 12.90 ด้วย ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1 มีปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ร้อยละ 5 ในอัตราส่วนผสม เป็นส่วนผสมที่ดีที่สุด จากการเผาทั้งสองบรรยากาศ ในบรรยากาศแบบเผาไหม้สมบูรณ์ มีความแข็งแรงสูงสุด 242.79 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีความหนาแน่นสูงสุด 2.04 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 12.60 และ ในบรรยากาศแบบเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ มีความแข็งแรงสูงสุด 244.30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีความหนาแน่นสูงสุด 1.95 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 5.37 และมีสี Light Red 6/8 2.5YR (น้ำตาลแดง) ทั้งสองบรรยากาศ จึงเลือกมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อดินปั้นที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกับเนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์

คำสำคัญ : เครื่องปั้นดินเผา เถ้าลอยลิกไนต์ เทคโนโลยีวัสดุ วัสดุศาสตร์ ดินเหนียวทะเลแก้ว

¹ สาขาเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: chittrapap@yahoo.com

LOW-TEMPERATURE POTTERY MADE FROM LIGNITE FLY ASH AND THALEKAEW CLAY IN PHITSANULOK PROVINCE

Thanarat Jitcharnvichai^{1*}

Abstract

This research aimed at studying the properties of the raw material and physical properties of clay mixed with lignite fly ash and Thalekaew clay in the production. Lignite fly ash is the remain of coal used in electricity production. Thalekaew clay has a good quality and can be used in the production of low temperature pottery. This research applied the mixing ratio all ingredients by base line diagram to get ten ingredients. Then test pieces were formed by press archetype. The physical characteristics of the clay were examined before burning. After that the sample was burned at a temperature of 1100 °C in both atmosphere (oxidation and reduction). Then, the characteristics of archetype were examined. The results showed that the most average finesse range of both raw materials (lignite fly ash and Thalekaew clay) was 251 μ -2 mm. The chemical composition analysis of the lignite fly ash and Thalekaew clay indicated that the percentage of silica oxide was 35.50% and 62%, alumina oxide 18.80% and 18.20%. It was found that the percentage of calcium oxide was 17.30% and zinc oxide 12.90% in lignite fly ash. The results also showed that the first ingredient (mixture with 5 % of lignite fly ash) was the best ingredient of all the atmosphere. In the oxidation atmosphere, it was found that the highest strength was 244.79 kg/cm²; the highest density was 2.04 g/cm³; and water absorption was 12.60 %. In the reduction atmosphere the results showed that the highest strength was 244.03 kg/cm²; the highest density was 1.95 g/cm³; and water absorption was 5.47 % with light red color of 6/8 2.5YR all of atmosphere. Therefore, the two atmospheres were chosen to manufacture the products because the properties of the ingredients were equivalent to the properties of earthenware.

Keywords: Pottery, Lignite Fly Ash, Material Technology, Material Science, Thalekaew Clay

¹ Program in Ceramics, Faculty of Industrial Technology Pibulsongkram Rajabhat

* Corresponding author, e-mail: chittrapap@yahoo.com

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมควบคู่กันไป เนื่องจากการเติบโตทางเศรษฐกิจทั้งสองด้านเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง พลังงานไฟฟ้าจึงมีสำคัญอย่างมากส่งผลให้ภาครัฐและเอกชนเร่งคิดค้นและสำรวจแหล่งพลังงานเพิ่มขึ้น หนึ่งในนั้นเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากถ่านหินซึ่งถูกเลือกนำมาใช้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ถึงแม้จะมีผลกระทบมากมายตามมา โดยเฉพาะด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพและการดำเนินชีวิตของประชาชนที่เกี่ยวข้องอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ผู้ผลิตพลังงานก็ได้ได้เพิกเฉยพยายามหาวิธีป้องกันผลกระทบต่างๆ ที่เกิดจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหิน สิ่งหนึ่งที่ได้จากการดำเนินการป้องกันมลพิษทางอากาศคือ ติดตั้งอุปกรณ์ดักจับฝุ่นละอองที่ทำงานด้วยหลักการไฟฟ้าสถิตเพื่อกดจับฝุ่นละอองไม่ให้หลุดรอดไปสู่บรรยากาศภายนอก ฝุ่นละอองที่ดักจับได้มีจำนวนมหาศาลเรียกว่า เถ้าลอย (Fly Ash)

เถ้าลอย คือ วัตถุพลอยได้จากการเผาถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า โรงงานกระดาษ เถ้าลอยที่ดีจะได้จากถ่านลิกไนต์ (Lignite) จนถึงแอนทราไซต์ (Anthracite) ซึ่งคุณสมบัติของเถ้าลอยนี้จะดีขึ้นอยู่กับคุณภาพถ่านหิน เถ้าลอยได้จากการเผาที่อุณหภูมิ 800 – 1200 องศาเซลเซียส มีลักษณะเป็นควันละเอียดลอยสู่บรรยากาศ เถ้าลอยที่ดักจับได้มีขนาดเท่าควันบุรี ปัจจุบันสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ได้กำหนดมาตรฐานเถ้าลอยด้วยเลข มอก. 2135-2545 เป็นมาตรฐานประเทศไทย เถ้าลอยจากแหล่งโรงไฟฟ้าแม่เมาะเป็นเถ้าลอยลิกไนต์ มีคุณภาพสูงเป็นที่ยอมรับและนำมาใช้งานมากที่สุดในประเทศไทย โดยเถ้าลอยแหล่งนี้จะประกอบไปด้วย ซิลิกา อลูมินา เหล็ก และแคลเซียม ในปริมาณค่อนข้างสูง จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเซรามิกส์ GM Grand Midas. (2557) รายงานว่า เฉพาะโรงงานผลิตไฟฟ้าแม่เมาะเพียงแหล่งเดียวสามารถดักจับเถ้าลอยได้ถึงวันละ 6,000 ตัน โดยนำไปใช้อย่างแพร่หลายในการเป็นวัตถุดิบประกอบการผลิตซีเมนต์ และยิปซัม หากนำไปใช้ไม่หมดจำเป็นต้องฝังกลบตามหลักการควบคุมมลพิษ <http://maemoh.egat.com> (20 กันยายน 2557) ซึ่งน่าเสียดายอย่างยิ่งเพราะเถ้าลอยมีส่วนประกอบของออกไซด์หลายชนิดที่มีความจำเป็นต่ออุตสาหกรรมหลายด้าน รวมถึงด้านเซรามิกส์

ในกระบวนการผลิตเซรามิกจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบที่มีส่วนประกอบทางเคมีที่มี ซิลิกา อลูมินาและออกไซด์หลายชนิด วัตถุดิบเหล่านี้ได้จากแร่ต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ มีราคาแตกต่างกันตามชนิด ปริมาณ และความต้องการใช้วัตถุดิบ วัตถุดิบบางชนิดหายากผลิตยากย่อมมีราคาแพง ทำให้กระบวนการผลิตมีต้นทุนที่สูง อีกทั้งปัจจุบันผู้ผลิตต้องแบกรับต้นทุนของเชื้อเพลิงในการผลิตที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้ผู้ประกอบการประสบภาวะขาดทุนและบางรายต้องปิดกิจการ หากสามารถนำวัตถุดิบที่มีต้นทุนต่ำและมีส่วนประกอบทางเคมีของออกไซด์ที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิตเซรามิกมาใช้ ย่อมส่งผลดีต่ออุตสาหกรรมเซรามิก ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาสมบัติทางกายภาพของเครื่องปั้นดินเผาอุณหภูมิต่ำทำจากเถ้าลอยลิกไนต์และดินเหนียวทะเลแก้ว ซึ่งเป็นดินท้องถิ่น ในจังหวัดพิษณุโลก เป็นดินที่มีความเหนียว หากผลการวิจัยนี้ประสบผลดี ย่อมสามารถได้วัตถุดิบในการผลิตเซรามิกเพิ่มขึ้น ช่วยลดต้นทุนการผลิตเซรามิก ทั้งยังช่วยลดกากอุตสาหกรรมจากโรงไฟฟ้าที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนได้อีกทาง

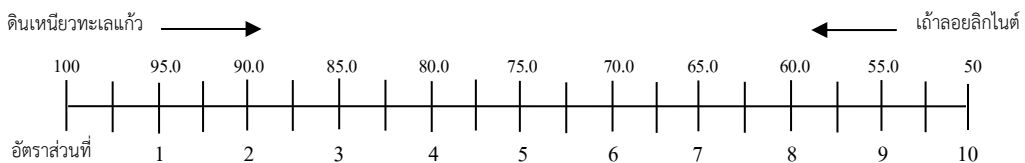
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติของเถ้าลอยลิกไนต์ และดินเหนียวทะเลแก้วที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตเซรามิก
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นอุณหภูมิต่ำที่มีเถ้าลอยลิกไนต์ และดินดินเหนียวทะเลแก้วเป็นส่วนผสม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผาอุณหภูมิต่ำทำจากเถ้าลอยลิกไนต์ และดินเหนียวทะเลแก้ว จังหวัดพิษณุโลก ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. วิธีดำเนินการทดลอง นำวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย เถ้าลอยลิกไนต์ และดินเหนียวทะเลแก้ว นำวัตถุดิบ มาล้างทำความสะอาดแยกเศษหิน วัสดุแปลกปลอม และ อบให้แห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 110 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อให้วัตถุดิบมีความชื้นใกล้เคียงกัน แบ่งวัตถุดิบไปทดสอบการกระจายขนาดของอนุภาคจากเครื่องหาการกระจายความละเอียด และศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ นำวัตถุดิบที่ใช้วิจัยไปผ่านตะแกรงร่อนขนาด 105 ไมโครเมตร ซึ่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนที่กำหนดในทุกอัตราส่วนผสม นำวัตถุดิบไปบดเปียกด้วยเครื่องบดความเร็วสูงที่ 300 รอบต่อวินาที นาน 30 นาที นำวัตถุดิบที่บดเปียกแล้วมาลดความชื้นเพื่อนำมาขึ้นรูปโดยวิธีการอัดแบบในแม่พิมพ์โลหะที่เตรียมไว้ โดยการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบที่จะอัดในแต่ละขึ้นให้เท่ากันทุกอัตราส่วนผสม คือ 50 กรัม ซึ่งในการขึ้นรูปนี้ยังเป็นการศึกษาความสามารถในการขึ้นรูปของแต่ละอัตราส่วนผสมด้วยว่าสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดแบบได้ดีเพียงใด กำหนดกลุ่มตัวอย่างของเนื้อดินปั้น โดยกำหนดอัตราส่วนผสมแบบเจาะจงบนแกนเส้นตรง กำหนดให้ดินเหนียวทะเลแก้วอยู่ในช่วงร้อยละ 50 – 95.0 และเถ้าลอยลิกไนต์ มีปริมาณแปรผกผันไปตามอัตราส่วนผสมของเซอร์โคเนียมซิลิเกต ได้ทั้งสิ้น จำนวน 10 อัตราส่วนผสมดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การผสมวัตถุดิบสองชนิดเข้าหากันบนแกนเส้นตรง แสดงอัตราส่วนผสมแต่ละจุดของเนื้อดินปั้น

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นโดยใช้ขั้นทดสอบในการคำนวณ สมบัติละ 10 ขึ้นทดสอบต่อ 1 อัตราส่วนผสม มีวิธีการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นก่อนเผา และหลังเผา และสูตรในการคำนวณดังนี้

2.1 การหัดตัวก่อนเผา และหลังเผา ทดสอบโดยวัดระยะห่างของรอยขีดบนขึ้นทดสอบ หา ค่าเฉลี่ยของระยะ ห่างนั้นในแต่ละอัตราส่วนผสม นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปคำนวณตามสูตร (1) และ (2) (สุจินต์ พรราวพันธ์, 2534 : 20)

$$\text{ร้อยละการหดตัวก่อนเผา} = \frac{\text{ความยาวของชิ้นทดสอบเริ่มต้น} - \text{ความยาวของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง}}{\text{ความยาวของชิ้นทดสอบเริ่มต้น}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{ร้อยละการหดตัวหลังเผา} = \frac{\text{ความยาวของชิ้นทดสอบเริ่มต้น} - \text{ความยาวของชิ้นทดสอบหลังเผา}}{\text{ความยาวของชิ้นทดสอบเริ่มต้น}} \times 100 \quad (2)$$

2.2 ความแข็งแรงก่อนเผา และหลังการเผา บันทึกความหนาและความกว้างของชิ้นทดสอบ หาค่าเฉลี่ยในแต่ละอัตราส่วนผสม นำชิ้นทดสอบไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงด้วยวิธีการกด มีระยะห่างระหว่างลิ้มรองรับ 8 เซนติเมตร บันทึกแรงที่ใช้กดเป็นกิโลกรัม คำนวณหาค่าความแข็งแรง (Modulus of Rupture, MOR) ตามสูตร (3) (ปริดา พิมพ์ขาวขำ, 2539 : 72)

$$MOR = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3)$$

กำหนดให้	MOR	= ความแข็งแรงต่อแรงกด (kg/cm ²)
	P	= แรงกดที่ทำให้ชิ้นทดสอบหัก (kg)
	L	= ระยะระหว่างแท่นรองรับ (cm)
	b	= ความกว้างของชิ้นทดสอบ (cm)
	d	= ความหนาของชิ้นทดสอบ (cm)

2.3 การดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้น นำชิ้นทดสอบไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ชั่งชิ้นทดสอบก่อนดูดซึมน้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย นำชิ้นทดสอบดังกล่าวไปต้มในน้ำเดือดนาน 2 ชั่วโมง ขณะที่ต้มชิ้นทดสอบต้องจมอยู่ในน้ำตลอดเวลาโดยชิ้นทดสอบต้องไม่ติดกับก้นภาชนะที่ต้ม หลังจากนั้นแช่ชิ้นทดสอบไว้ในน้ำนั้นอีก 24 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำใช้ผ้าหมาดๆ ซับผิวชิ้นทดสอบ นำชิ้นทดสอบไปชั่งน้ำหนักหลังต้มหาค่าเฉลี่ย นำไปคำนวณตามสูตร (4) (Rhodes, 1974 : 200)

$$\text{ร้อยละการดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักของชิ้นทดสอบหลังต้ม} - \text{น้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนต้ม}}{\text{น้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนต้ม}} \times 100 \quad (4)$$

2.4 ความหนาแน่นของเนื้อดินปั้น โดยหลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes' Principle) หรือการหาค่าความหนาแน่นโดยการชั่งน้ำหนัก วิธีการทำได้โดยการหาค่ามวลของวัตถุในอากาศ และขณะที่จุ่มอยู่ในน้ำ โดยใช้สูตรคำนวณคือ (5) (ปราณี รัตนวลิตโรจน์, 2543 : 131)

$$\rho = \frac{W_a}{W_a - W_{fl}} \times \rho_{fl} \quad (5)$$

กำหนดให้

ρ = ค่าความหนาแน่นของชั้นทดสอบ (g/cm^3)

ρ_{fl} = ค่าความหนาแน่นของของเหลว (g/cm^3)

W_a = น้ำหนักแห้งของชั้นทดสอบ (g)

W_{fl} = น้ำหนักของชั้นทดสอบในของเหลว (g)

2.5 ศึกษาลักษณะสีหลังเผาโดยใช้ชุดทดสอบเปรียบเทียบสี Munsell Soil Color Book

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

1. ลักษณะของวัตถุดิบ ศึกษาการกระจายความละเอียดของวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด มีขนาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 251 ไมโครเมตร -2 มิลลิเมตรเมตร โดยถั่วลันเตาที่มีปริมาณร้อยละ 20.67 และดินเหนียวทะเลแก้ว มีปริมาณร้อยละ 59.39 ด้านผลวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบพบว่า ถั่วลันเตาที่มีซิลิกาออกไซด์สูงถึงร้อยละ 35.50 มีลูมินาออกไซด์ร้อยละ 18.80 มีแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 17.30 มีเหล็กออกไซด์ร้อยละ 12.90 โดยมีวานาเดียมไดออกไซด์และโครมไดออกไซด์ ร้อยละ 0.03 และ 0.01 ตามลำดับ และดินเหนียวทะเลแก้ว มีซิลิกาออกไซด์สูงถึงร้อยละ 62.00 มีลูมินาออกไซด์ร้อยละ 18.20 มีเหล็กออกไซด์ร้อยละ 5.48 โดยมีแมงกานีสออกไซด์ วานาเดียมไดออกไซด์ และโครมไดออกไซด์ ร้อยละ 0.03 0.03 และ 0.01 ตามลำดับ

2. สมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น แสดงตามตารางที่ 1 2 และ 3

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติทางกายภาพของชั้นทดลองก่อนเผา

อัตราส่วนผสมที่	สมบัติทางกายภาพของชั้นทดลองก่อนเผา		
	ความสามารถในการขึ้นรูป	การหดตัว (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (kg/cm^2)
ดินทะเลแก้ว	ขึ้นรูปได้	5.70	99.12
1	ขึ้นรูปได้	5.00	69.60
2	ขึ้นรูปได้	4.30	68.88
3	ขึ้นรูปได้	4.30	61.68
4	ขึ้นรูปได้	4.00	57.60
5	ขึ้นรูปได้	2.70	53.52
6	ขึ้นรูปได้	2.00	48.72
7	ขึ้นรูปได้	1.70	39.68
8	ขึ้นรูปได้	1.30	29.52
9	ขึ้นรูปได้	0.70	18.48
10	ขึ้นรูปได้	0.50	12.72

ตารางที่ 2 แสดงสมบัติทางกายภาพของชั้นทดลองหลังเผา ในบรรยากาศการเผาแบบเผาไหม้สมบูรณ์

อัตรา ส่วนผสมที่	สี	สมบัติทางกายภาพของชั้นทดลองหลังเผา			
		การหดตัว (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (kg/cm ²)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความหนาแน่น (g/cm ³)
ดินทะเลแก้ว	Light Red 6/8 2.5YR	9.37	295.02	8.22	2.07
1	Light Red 6/8 2.5YR	9.33	242.79	12.60	2.04
2	Light Red 6/8 2.5YR	9.30	206.09	14.52	1.89
3	Light Red 6/8 2.5YR	9.27	148.57	18.38	1.89
4	Light Red 6/8 2.5YR	9.23	114.87	18.57	1.85
5	Light Red 6/8 2.5YR	9.07	95.26	18.89	1.84
6	Light Red 6/8 2.5YR	9.00	90.32	24.94	1.74
7	Light Red 6/8 2.5YR	8.90	86.87	25.70	1.70
8	Light Red 6/8 2.5YR	8.80	79.33	25.99	1.66
9	Light Red 6/8 2.5YR	8.70	66.54	26.42	1.54
10	Light Red 6/8 2.5YR	8.30	52.70	29.68	1.52

ตารางที่ 3 แสดงสมบัติทางกายภาพของชั้นทดลองหลังเผา ในบรรยากาศการเผาแบบเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

อัตรา ส่วนผสมที่	สี	สมบัติทางกายภาพของชั้นทดลองหลังเผา			
		การหดตัว (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (kg/cm ²)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความหนาแน่น (g/cm ³)
ดินทะเลแก้ว	Light Red 6/8 2.5YR	9.30	343.41	5.27	2.08
1	Light Red 6/8 2.5YR	9.27	244.30	5.37	1.95
2	Light Red 6/8 2.5YR	9.05	226.99	9.72	1.90
3	Light Red 6/8 2.5YR	8.90	164.45	9.76	1.86
4	Light Red 6/8 2.5YR	8.73	151.59	10.20	1.81
5	Light Red 6/8 2.5YR	8.73	138.79	13.62	1.81
6	Light Red 6/8 2.5YR	8.63	123.18	16.02	1.81
7	Light Red 6/8 2.5YR	8.60	98.67	22.47	1.79
8	Light Red 6/8 2.5YR	8.30	49.74	27.54	1.73
9	Light Red 6/8 2.5YR	8.27	30.67	26.08	1.73
10	Light Red 6/8 2.5YR	-	-	-	-

อภิปรายผล

จากการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ และสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น เผา อุณหภูมิเตาที่มีถ่านล้อยิกไนต์ และดินเหนียวทะเลแก้วเป็นส่วนผสม พบว่า ลักษณะของวัตถุดิบ ประกอบด้วย ความละเอียดของวัตถุดิบ ได้แก่ ถ่านล้อยิกไนต์ และ ดินเหนียวทะเลแก้ว มีความละเอียดเฉลี่ยสูงสุดที่ขนาด $251\mu\text{m}$ และปริมาณส่วนใหญ่ที่เหลือมีขนาดเล็กกว่า $251\mu\text{m}$ แทบทั้งสิ้น ซึ่งจัดว่ามีความละเอียดสูงมาก โดยเฉพาะ ดินเหนียวทะเลแก้ว มีปริมาณมากถึงร้อยละ 59.39 ซึ่งสอดคล้องกับ ประสิทธิ์ แก้วพุ้งรังสี. (2539 : 160 – 161) ที่กล่าวว่า ดินเหนียวทะเลแก้วจึงเป็นดินที่อยู่ในทุ่งทะเลแก้วลักษณะดินเป็นดินเหนียว เนื้อละเอียด และ ไฟจิตร อังศิริวัฒน์. (2541 : 22) ได้กล่าวว่าวัตถุดิบที่มีความละเอียดเหมาะสมสำหรับนำไปผสมกับเนื้อดินปั้น หรือใช้งานในขั้นตอนการผลิตเซรามิกต้องมีความละเอียดมาก สามารถผ่านตะแกรง 100 เมช (150 ไมครอน) ได้และหากนำไปบดด้วยหม้อบดจะช่วยลดขนาดของวัตถุดิบลงได้อีก ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ ได้แก่ ถ่านล้อยิกไนต์ มีซิลิกาออกไซด์สูงมากถึงร้อยละ 35.50 มีอลูมินาออกไซด์ร้อยละ 18.80 มีแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 17.30 มีเหล็กออกไซด์ร้อยละ 12.90 สอดคล้องกับ GM Grand Midas. (2557) รายงานว่า ถ่านล้อยิกไนต์ โรงงานผลิตไฟฟ้าแม่เมาะประกอบไปด้วย ซิลิกา อลูมินา เหล็ก และแคลเซียม และจากผลวิเคราะห์ทางเคมีของ รongรัตน์ ระมิงค์วงศ์ และ กิตติชัย ระมิงค์วงศ์. (2557 : 102) ใกล้เคียงกัน คือ มีปริมาณ ซิลิกา อลูมินาสูง รองลงมาคือ เหล็ก และแคลเซียมเช่นเดียวกัน ดินเหนียวทะเลแก้ว มีซิลิกาออกไซด์สูงมากถึงร้อยละ 62.00 มีอลูมินาออกไซด์ร้อยละ 18.20 มีเหล็กออกไซด์ร้อยละ 5.48 และจากผลวิเคราะห์ทางเคมีของ ประสิทธิ์ แก้วพุ้งรังสี. (2539 : 143) มีความใกล้เคียงกัน คือ มีปริมาณซิลิกาออกไซด์ร้อยละ 61.60 มีอลูมินาออกไซด์ร้อยละ 17.40 มีเหล็กออกไซด์ร้อยละ 6.80 ซึ่งถือได้ว่าแหล่งวัตถุดิบยังคงความเสถียร และคุณภาพที่เชื่อถือได้

สมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นก่อนเผา ได้แก่ ความสามารถในการขึ้นรูป ทุกอัตราส่วนผสม สามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดแบบได้ แต่มีความยากง่ายต่างกัน จากสูตรอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน โดยอัตราส่วนผสมส่วนใหญ่ที่มีปริมาณถ่านล้อยิกไนต์ผสมอยู่เป็นปริมาณสูงจะขึ้นรูปและการคงรูปของชิ้นทดลองได้ค่อนข้างยากกว่า อัตราส่วนผสมส่วนใหญ่ที่มีปริมาณถ่านล้อยิกไนต์ผสมอยู่เป็นปริมาณต่ำกว่า การหดตัวก่อนการเผา และความแข็งแรงก่อนเผา อัตราส่วนผสมที่ 10 มีค่าการหดตัวก่อนการเผาและความแข็งแรงก่อนเผาต่ำที่สุด ซึ่งอัตราส่วนนี้มีปริมาณถ่านล้อยิกไนต์สูงถึงร้อยละ 50 เป็นผลมาจากการทดสอบความละเอียดของวัตถุดิบนี้ มีความหยาบมากกว่าดินเหนียวทะเลแก้ว จึงทำให้ผงวัตถุดิบมีการเรียงตัวชิดกันได้ไม่มากจึงทำให้เกิดการหดตัวน้อยกว่าเนื้อดินที่มีความละเอียดสูงกว่า

สมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นหลังเผา ได้แก่ ความทนไฟ ทุกอัตราส่วนผสม ยกเว้นอัตราส่วนผสมที่ 10 ที่ผ่านการเผาในบรรยากาศรีดักชัน สามารถทนอุณหภูมิในการเผาที่ 1100 องศาเซลเซียส ได้โดยไม่เสียรูปทรง บิดเบี้ยว โก่งงอ หรือคดบวม ซึ่งสอดคล้องกับ รongรัตน์ ระมิงค์วงศ์ และ กิตติชัย ระมิงค์วงศ์. (2557 : 99) ที่กล่าวว่า เนื้อดินสามารถเผาได้สูงที่สุดที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาแบบเผาไหม้สมบูรณ์ เนื้อดินยังคงรูปไม่หลอมตัวสีของเนื้อดินที่ได้ มีสีน้ำตาลแดง เนื่องจากในส่วนประกอบทางเคมีของถ่านล้อยิกไนต์ และ ดินเหนียวทะเลแก้วมีเหล็กออกไซด์ปริมาณที่สูง โดยเฉพาะถ่านล้อยิกไนต์มีเหล็กออกไซด์ร้อยละ 12.90 ซึ่ง สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2534 : 13) ได้กล่าวว่า เหล็กออกไซด์เป็นสารให้สีน้ำตาลแดง และยังเป็นสารที่ช่วยในการหลอมละลายที่ดี ส่วนมากมักเกิดในลักษณะเป็นสิ่งเจือปนที่เราพยายามกำจัดออก การหดตัวหลังเผา จากการทดสอบ อัตราส่วนผสมที่ 10 มีค่าการหดตัวหลังการเผาต่ำที่สุด และอัตราส่วนผสมที่ 1 มีค่าการหดตัวหลังการเผามากที่สุด เนื่องจากมีส่วนผสมของถ่านล้อยิกไนต์ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ आयวัฒน์ สว่างผล (2541 : 19) กล่าวว่า การหดตัวของดินมีความสำคัญต่อการผลิตเครื่องปั้นดินเผาเป็นอย่างมาก เพราะถ้าดินหดตัว

มากจะทำให้ผลิตภัณฑ์แตกร้าได้ง่ายหรือทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ตรงตามความต้องการ ส่วนสาเหตุสำคัญของการหดตัวเนื่อง มาจากน้ำที่ผสมในเนื้อดินระเหยออกไปเนื้อดินจะหดตัวแทนที่การระเหยน้ำเร็ว การหดตัวของดินย่อมมากด้วย จากลักษณะการหดตัวมีความสำคัญต่อการผลิตเครื่องปั้นดินเผาเป็นอย่างยิ่ง เพราะถ้าดินหดตัวมาก อาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แตกร้าได้ง่ายหรือเกิดการบิดเบี้ยวได้ง่าย แต่ถ้าดินหดตัวน้อยหรือไม่มีการหดตัวแสดงให้เห็นว่าเนื้อดินนั้นไม่มีความเหนียวทำให้เกิดปัญหาสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เมื่อมีความเหนียวน้อยเกินไปหรือเหนียวมากเกินไปมีผลต่อความสามารถในการขึ้นรูปอย่างแน่นอน ดังนั้นจึงต้องมีการปรุงแต่งเนื้อดินให้สมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมกับการผลิตเครื่องปั้นดินเผาแต่ละชนิด ความแข็งแรงหลังเผา จากการทดสอบ อัตราส่วนผสมที่ 10 มีความแข็งแรงหลังเผาต่ำที่สุด และอัตราส่วนผสมที่ 1 มีความแข็งแรงหลังเผามากที่สุด เมื่อนำผลการทดสอบความแข็งแรงมาเปรียบเทียบกับค่าการหดตัว จะเห็นได้ว่าความหดตัวมีผลสอดคล้องต่อความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นด้วย เมื่ออัตราส่วนผสมได้มีการหดตัวมาก ความแข็งแรงของเนื้อดินก็สูง แต่เมื่ออัตราส่วนผสมได้มีการหดตัวต่ำความแข็งแรงก็ลดต่ำลงเช่นกัน เมื่อสังเกตอัตราส่วนผสมแต่ละอัตราส่วนผสมจะพบว่า อัตราส่วนที่มีปริมาณดินเหนียวทะเลแก้วมาก เนื้อดินปั้นจะมีการหดตัวสูง และมีความแข็งแรงสูงเช่นกัน เนื่องจากเป็นดินที่มีความเหนียว เนื้อดินมีความละเอียดเมื่อแห้งยึดเกาะกันแน่นส่งผลให้เนื้อดินปั้นมาความแข็งแรงมาก สอดคล้องกับ โกมล รัชวงศ์ (2531 : 9) กล่าวว่า ดินเหนียวเป็นวัตถุดิบที่ใช้มากในอุตสาหกรรมที่มีผลละเอียดมีความเหนียวที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ให้ความแข็งแรงต่อผลิตภัณฑ์เมื่อยังไม่เผา นอกจากนี้ ปรีดา พิมพ์ขาวชา (2539 : 53) กล่าวว่า ดินเหนียวมีลักษณะพิเศษคือ มีสารอินทรีย์ปนอยู่เสมอสารอินทรีย์นี้มีส่วนประกอบคล้ายกลีโคไลต์มาก ดินเหนียวเมื่อแห้งมีความแข็งแรงสูงและมีความหดตัวสูงเช่นกัน เมื่อผสมเนื้อดินปั้นจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงสูงตามด้วย การดูดซึมน้ำ จากการทดสอบ อัตราส่วนผสมที่ 1 มีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด และอัตราส่วนผสมที่ 10 มีการดูดซึมน้ำมากที่สุด สอดคล้องกับ คณธิป อิสระกุล. (2557) ที่กล่าวว่า กระเบื้องเซรามิกส์ที่มีส่วนผสมของเถ้าลอยกลีโคไลต์ผสมอยู่ หากมีการดูดซึมน้ำสูง จะมีค่าโมดูลัสการแตกร้าที่ต่ำลง ซึ่งการดูดซึมน้ำนั้นมีความสัมพันธ์กับการพูนตัว ซึ่งประจจุติ สารสิทธิ์ (2541 : 96) กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์หลังจากผ่านการเผาแล้ววัตถุดิบจะหลอมตัวกันจนเกิดเป็นโครงสร้างใหม่แต่โครงสร้างของเซรามิกส์ก็มีส่วนที่เป็นฟองอากาศขนาดเล็กปะปนอยู่ในโครงสร้าง ซึ่งเรียกว่า รูพูน นอกจากนี้ ดนัย อารยะพงษ์ (2538 : 17) กล่าวว่า รูพูนบางชนิดจะอยู่ใกล้กับผิวผลิตภัณฑ์ เรียกว่า รูพูนเปิด (Open Pores) และมีรูพูนบางชนิดจะเหลืออยู่ในเนื้อดินหลังเผา เรียกว่า รูพูนปิด (Closed Pores) ซึ่งรูพูนปิดและรูพูนเปิดที่เกิดขึ้นเหล่านี้เกิดจากการสลายตัวของวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่เกิดปฏิกิริยาในขณะที่ทำการเผา และ ปรีดา พิมพ์ขาวชา (2539 : 337) กล่าวไว้เช่นกันว่าความพูนตัวของผลิตภัณฑ์มีน้อยที่สุดที่อุณหภูมิระหว่าง 1100 – 1200 องศาเซลเซียส และจะมีค่ามากขึ้นเนื่องจากการขยายตัวของรูพูน รูพูนนี้เกิดจากก๊าซซึ่งอาจมาจากน้ำ คาร์บอนเต และซัลเฟส หรือเกิดจากการเผาไหม้ของคาร์บอน รูพูนที่กล่าวนี้ซ่อนตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์ไม่เชื่อมต่อภายนอก ส่วนรูพูนอีกชนิดหนึ่งจะเชื่อมต่อกับภายนอก รูพูนชนิดนี้เกิดจากพวกฟองอากาศ ที่ถูกกักอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่ปั้นเสร็จใหม่ และในระหว่างการเผาที่ไม่สามารถเชื่อมโยงรูพูนเหล่านี้ให้ปิดสนิทได้ อย่างไรก็ดีเราสามารถลดรูพูนชนิดนี้ได้ หรือทำให้หมดไปเลยโดยการควบคุมสภาวะการเผาให้เหมาะสมแต่เราไม่สามารถลดรูพูนที่ซ่อนอยู่ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ลงได้หมดด้วยวิธีปกติจากการทดลองเนื้อดินมีการหลอมหรือเผาถึงจุดสุกตัวรูพูนจะเล็กลงทำให้เกิดช่องว่างเล็กลง ปริมาณน้ำที่เข้าไปภายในมีน้อยทำให้ค่าการดูดซึมน้ำน้อยแต่ถ้ามีรูพูนมากและมีช่องว่างที่ใหญ่จะส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำมากขึ้นเช่นกัน ความหนาแน่น จากการทดสอบ อัตราส่วนผสมที่ มีปริมาณของเถ้าลอยกลีโคไลต์ต่ำจะมีความหนาแน่นสูงซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงที่มีค่าสูงด้วยเช่นกัน ดังนั้นเมื่อดูความสัมพันธ์ของตัวแปร ค่าความแข็งแรง

สูงค่าหนาแน่นก็จะสูงด้วยเช่นกัน (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 174) ดังนั้นเมื่อมองในภาพรวมจากการวิจัยครั้งนี้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การนำเถ้าลอยลิกไนต์มาผสมลงในดินเหนียวทะเลแก้วเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก นั้น มีข้อจำกัดในปริมาณของเถ้าลอยลิกไนต์ หากใช้ในปริมาณสูงจะจับตัวเป็นก้อนมีความเหนียวสูงแต่ยากต่อการขึ้นรูปและเสียรูปทรงง่าย จึงไม่ควรใช้เถ้าลอยลิกไนต์ในปริมาณที่มากกว่า ร้อยละ 20 หากสูงกว่านี้เนื้อดินจะขาดสมบัติที่ดีในการทำผลิตภัณฑ์ โดยเนื้อดินที่เหมาะสมนี้มีสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับเนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์ มีการดูดซึมน้ำสูง แต่มีความแข็งแรงมาก หากต้องนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ เถ้าลอยลิกไนต์เหมาะสมกับการผสมกับวัตถุดิบที่ความเหนียวต่ำ

สรุป

จากศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ และสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น เเผาในอุณหภูมิต่ำที่มีเถ้าลอยลิกไนต์ และดินเหนียวทะเลแก้วเป็นส่วนผสม สรุปว่า อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ดีที่สุดคือ สามารถขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อแบบได้ดี มีความแข็งแรงและความหนาแน่นสูง ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 1 ประกอบด้วย ดินเหนียวทะเลแก้ว ร้อยละ 95 เถ้าลอยลิกไนต์ ร้อยละ 5 สามารถเผาได้ทั้งบรรยากาศแบบเผาไหม้สมบูรณ์ และเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เนื้อดินปั้นส่วนผสมดังกล่าวสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิก ตามภาพที่ 2 (ก) และ (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์เซรามิกจากการวิจัยที่ผลิตเนื้อดินปั้นที่มีส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์ และดินเหนียวทะเลแก้ว ทั้งในบรรยากาศแบบเผาไหม้สมบูรณ์ (ก) และเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (ข)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1.1 การนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ การนำผลการทดลองไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการทดลองอัตราส่วนผสมใหม่อีกครั้ง เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละแหล่งมีสมบัติ และส่วนประกอบของแร่ธาตุต่างๆ แตกต่างกัน

1.2 การนำวัตถุดิบมาใช้ในการวิจัยแต่ละครั้ง ควรมีการควบคุมความชื้นของวัตถุดิบให้อยู่ในระดับที่สามารถรับได้ในการวิจัย เนื่องจากมีผลต่อการขึ้นรูป และสมบัติทางกายภาพ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยด้านเนื้อดินปั้น ควรมีการปรับปรุงส่วนผสม หรือเพิ่มเติมวัตถุดิบชนิดต่างๆ เข้าไปเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป

2.2 ควรมีการศึกษ้อัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นในกลุ่มตัวอย่างอื่น และกำหนดอุณหภูมิในการเผาที่สูงขึ้นหรือต่ำลง

2.3 เนื้อดินที่ได้จากการวิจัยนี้มีการแห้งตัวช้า และเสียรูปทรงบิดรูปได้ง่าย ในการทดลองครั้งต่อไปควรควบคุมความชื้น และน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป เพื่อช่วยป้องกันการบิดเบี้ยวเสียรูปทรงของชิ้นงาน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ขอขอบคุณสาขาวิชาเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

โกมล รักวงศ์. (2531). วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาช่างปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครูพระนคร.

คณาธิป อิศระกุล. (2557). การพัฒนากระเบื้องเซรามิกด้วยการผสมของเถ้าแกลบ และเถ้าลอยลิกไนต์. กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

दनัย อารยะพงษ์. (2538). เอกสารการฝึกอบรมเรื่อง การหล่อผลิตภัณฑ์. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสิทธิ์ แก้วพุ้งรังษี. (2539). การทดลองหาประสิทธิภาพเนื้อดินปั้นประเภทสโตนแวร์ของดินเหนียวทะเลแก้ว อำเภอมือง จังหวัดพิษณุโลก. พิษณุโลก : วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ประจตุติ สารสิทธิ์. (2541). การทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ในงานเซรามิกส์. นครศรีธรรมราช : คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช.

ปราณี รัตนวลิตโรจน์. (2543). เครื่องเครื่องวัดความหนืด ใน วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชาและสุพจ หารหนองบัว (บก). เครื่องมือวิจัยทางวัสดุศาสตร์ : ทฤษฎีและหลักการทำงานเบื้องต้น. (หน้า 145-156) กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปริดา พิมพ์ขาวขำ. (2539). เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิกส์. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.

โรงไฟฟ้าแม่เมาะ. การนำเถ้าลอยลิกไนต์ไปใช้ประโยชน์. 20 กันยายน 2557. <http://maemoh.egat.com>

รองรัตน์ รมะมิ่งวงศ์ และ กิตชัย รมะมิ่งวงศ์. (2557). การวิจัยและพัฒนาสมบัติเชิงกลของกระเบื้องปูพื้นดินเผาจากเถ้าลอยลิกไนต์. กรุงเทพมหานคร : การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4 ประจำปี 2557. 11-13 มิถุนายน 2557.

สุจินต์ พรราวพันธ์. (2543). เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่องการทดสอบ ผลของความร้อน

ของเนื้อดิน ความทนไฟ การหดตัว Weight Loss ในการตรวจวิเคราะห์วัตถุโบราณคดีตาม
มาตรฐานสากล. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. (2534). น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช.
อายุวัฒน์ สว่างผล. (2541) วัตถุที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์. กำแพงเพชร : สถาบันราชภัฏกำแพงเพชร.
Rhodes, Deniel. (1972). Clay and Glazer for The Potter. London: Pitman Publishing Company.
GM Grand Midas. (2014). September 8, 2557, Website : <http://www.g-midas.com>

เกณฑ์การประเมินวัสดุก่อสร้างสีเขียวเบื้องต้น : ประเภทอิฐ

เลิศชาย สถิตยพนาวาศ^{1*} ศศิมา เจริญกิจ¹

Received : April 1, 2019

Revised : May 12, 2019

Accepted : June 11, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเกณฑ์การประเมินวัสดุก่อสร้างสีเขียวเบื้องต้นสำหรับประเมินวัสดุก่อสร้างประเภทอิฐ และทดลองใช้เกณฑ์ที่พัฒนาขึ้นกับโรงงาน 3 โรงงาน งานวิจัยมีการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาเกณฑ์การประเมินเบื้องต้น ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบความถูกต้องของตัวชี้วัด และ ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบเกณฑ์การประเมินเบื้องต้นสำหรับอิฐสีเขียว ผลการวิจัยพบว่าเกณฑ์การประเมินเบื้องต้นควรแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้ : ด้านวัตถุดิบมี 3 เกณฑ์ 7 ตัวชี้วัด เน้นการใช้แหล่งทรัพยากรที่อยู่ในท้องถิ่นได้รับอนุญาตถูกต้องและยั่งยืน ด้านคุณสมบัติมี 3 เกณฑ์ 3 ตัวชี้วัด เน้นในเรื่องผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานเฉพาะผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติด้านพลังงาน และปลอดภัยกับผู้ใช้ ด้านการผลิตและการขนส่งมี 2 เกณฑ์ 4 ตัวชี้วัด ที่เน้นกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ ประหยัดทรัพยากร และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้านการจัดมี 1 เกณฑ์ 2 ตัวชี้วัด ที่เน้นการบริหารจัดการขยะไม่ให้เกิดผลต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อนำแบบประเมินทดลองประเมินกับโรงงาน 3 โรงงาน พบว่าโรงงานที่ 1 (โรงงานยังไม่มีมาตรฐาน) โรงงานที่ 2 (โรงงานกำลังขอรับรองมาตรฐาน) และโรงงานที่ 3 (โรงงานได้รับมาตรฐานแล้ว) มีผลคะแนนรวมทุกด้านร้อยละ 31.25 ร้อยละ 68.75 และร้อยละ 71.87 ตามลำดับ โรงงานที่ 1 คะแนนประเมินทุกด้านน้อย โรงงานที่ 2 และโรงงานที่ 3 คะแนนในด้านวัตถุดิบ ด้านคุณสมบัติและด้านการการจัดได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม แต่คะแนนด้านการผลิตและการขนส่งมีคะแนนที่ต่ำ โรงงานควรมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการขนส่งตามตัวชี้วัด เพื่อให้โรงงานทั้ง 2 โรงงาน ผ่านการประเมินทุกด้านและพร้อมยื่นขอมาตรฐานขั้นสูงต่อไป

คำสำคัญ : เกณฑ์การประเมิน วัสดุก่อสร้างสีเขียว อิฐ

¹ สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

*ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: ta95559@yahoo.com

ASSESSMENT CRITERIA OF GREEN BUILDING MATERIAL : BRICK

Lerdchai Sathitpanawong^{1*} Sasima Charoenkit¹**Abstract**

Research was aimed to develop the basic green building materials assessment criteria regarding to the building materials: brick. The developed criteria was then examined within the three factories. The operations procedure was absolutely analyzed into three steps including the basic assessment criteria development, the 2nd step was the validity correcting of indicators followed by the green building bricks criteria assessment testing in the 3rd step. The result showed that the appropriate evaluation criteria should be proper by the follow: the focusing on the authorized and sustainable raw materials abundantly found in the local. The qualification criteria should be focus on the specific standard depending on the typical products, the other properties attended to energy and also safety features. The production and transportation were compromised based on the recovery process as well as the reduction of natural resources utilization and greenhouse gas emissions. Lastly, the removal criteria qualified based on waste management provide the non-affective to environmental impact. Moreover, the assessment was evaluated in 3 factories, that plant no.1 (non-standardized), plant no. 2 (standardize processing) and the last 3rd factory (standardized), processed the analytical score of 31.25%, 68.75% and 71.87 %, respectively. The overall score of plant no. 1 was less than half of all points. More than half scores of plant no. 2 and 3 were appeared within the term of raw materials, products properties and the removal criteria, while the lowest score was occurred through the production and transportation process. The production and transportation process of those plants should be improve according to the specific indicators leading to the most evaluated assessment passing and further standard certification submission.

Keywords : Assessment Criteria, Green Building Material, Brick

¹Faculty of Architecture Naresuan University, Phitsanulok, Thailand 65000

*Corresponding author, e-mail: ta95559@yahoo.com

บทนำ

ปัจจุบันการประเมินผลิตภัณฑ์เพื่อขอการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์สีเขียวมีเกณฑ์การประเมินที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ การตรวจประเมินมีกระบวนการ วิธีการที่ย่างยากซับซ้อน ก่อนการรับรองผลิตภัณฑ์ เกณฑ์การประเมินของแต่ละประเทศส่วนใหญ่ นำข้อกำหนดของระบบ ISO14000 มาพัฒนาเครื่องมือและเกณฑ์ประเมินเพื่อนำไปสู่การรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์สีเขียวของประเทสนั้น ๆ เช่น แบบประเมินสหภาพยุโรปเรียก มาตรฐานการประเมินว่า EU-Eco Label หรือ EU-Flower สหราชอาณาจักรใช้การติดฉลาก Carbon Footprint และ Carbon label program ประเทศเยอรมนีเป็นประเทศแรกที่มีการพัฒนาโครงการฉลาก สิ่งแวดล้อม โดยใช้ฉลากที่เรียกว่า “นางฟ้าสีฟ้า” (Blue Angel) สหรัฐอเมริกามีฉลากสิ่งแวดล้อมที่เรียกว่า “Green Seal” ประเทศญี่ปุ่นมีฉลากสีเขียวของแต่ละผลิตภัณฑ์โดยกำหนดเกณฑ์บังคับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ เฉพาะผลิตภัณฑ์เช่น ไอโคมาร์ค (Eco Mark) เป็นต้น (Green Future Solutions . 2011)

วัสดุอุปกรณ์ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก กระบวนการผลิตในประเทศไทยตั้งแต่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ขนส่ง ส่งมอบให้ลูกค้า การกำจัดของเสีย ในหลายกิจกรรมเป็นสาเหตุในการทำลายสิ่งแวดล้อม การพัฒนากระบวนการผลิตเริ่มตั้งแต่วัตถุดิบ คุณสมบัติผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต การขนส่ง ตลอดจนการจัด จนผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐานการรับรองสีเขียว สามารถช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้ ผู้บริโภคที่เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านมาตรฐานสีเขียวจะมีความเชื่อมั่นว่าช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้จากการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรองสีเขียว แต่ปัญหาของการขอรับรองมาตรฐานสีเขียว นั้นยังมีปัญหาในเรื่องความยุ่งยากของการขอการรับรองมาตรฐานสีเขียว การขอการรับรองมีค่าใช้จ่ายที่สูง เป็นปัญหาสำคัญสำหรับผู้ประกอบการรายย่อยที่ต้องการขอการรับรองมาตรฐาน การเตรียมความพร้อมเพื่อขอ การรับรองมาตรฐานสีเขียวจึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยสร้างความมั่นใจในผลการประเมินขอการรับรอง

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการประเมินเบื้องต้นสำหรับวัสดุก่อสร้างสีเขียว : ประเภทอิฐ บนพื้นฐานของการประเมินที่มีมาตรฐานทั้งในและต่างประเทศ ด้วยการสังเคราะห์ข้อมูลศึกษาเปรียบเทียบ เกณฑ์ประเมินวัสดุสีเขียวและสร้างเกณฑ์เพื่อใช้พิจารณาคุณลักษณะของวัสดุก่อสร้างสีเขียวประเภทอิฐ สำหรับ ผู้ประกอบการรายย่อย ผู้สร้างอาคาร ผู้ผลิตวัสดุ ผลิตภัณฑ์สีเขียว ช่วยเตรียมความพร้อมในการขอมาตรฐานที่ สูงขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเกณฑ์การประเมินวัสดุก่อสร้างสีเขียวเบื้องต้นสำหรับการประเมินวัสดุก่อสร้าง ประเภทอิฐ
2. เพื่อทดลองใช้เกณฑ์ที่พัฒนาขึ้นกับวัสดุก่อสร้างประเภทอิฐ โดยการออกแบบประเมินสำหรับการ ประเมินเบื้องต้นจากเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาเกณฑ์การประเมินเบื้องต้นสำหรับอิฐสีเขียวมีขั้นตอนการดำเนินการ วิจัย 3 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาเกณฑ์การประเมินเบื้องต้นสำหรับวัสดุสีเขียว โดยพัฒนาเกณฑ์การประเมิน เบื้องต้นสำหรับวัสดุสีเขียวจาก

1) กรอบแนวคิดวัสดุสีเขียว เริ่มจากการรวบรวมเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับนิยามวัสดุสีเขียว (K.N.Sheth .b .2016) (Asian Productivity Organization. 2010) (The Constructor- Civil Engineering Home. 2017) (Nguyen, et al. 2013) (โครงการฉลากเขียว .2555) เกณฑ์วัสดุก่อสร้างสีเขียว (Paresh H. Shah. 2010) จากกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเข้าถึงได้ มีข้อมูลของเกณฑ์การประเมิน ตัวชี้วัด ที่เปิดเผยโดยวิเคราะห์จากการให้คำนิยามของ “วัสดุเชิงนิเวศและผลิตภัณฑ์สีเขียว”

2) ร่างเกณฑ์การประเมินเบื้องต้นสำหรับวัสดุสีเขียว ได้จากการนำกรอบแนวคิดวัสดุสีเขียวมาสังเคราะห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์วัสดุก่อสร้างสีเขียว (สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2561) เกณฑ์มาตรฐานการรับรองผลิตภัณฑ์สีเขียว 4 มาตรฐานประกอบด้วย ISO 14021 (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2560) ฉลากเขียวผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างของประเทศไทย (โครงการฉลากเขียว. 2554) Green Label ของประเทศอิสราเอล (The Standards Institution of Israel. 2017) และ Eco Mark ของประเทศญี่ปุ่น (Japan Environment Association Eco Mark Office. 2017) โดยใช้วิธีการของวัสดุ (แหล่งวัตถุดิบ คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต/ การขนส่ง และการกำจัด) นำมาสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เกณฑ์การประเมินสำหรับใช้ในออกแบบร่างแบบเกณฑ์การประเมินเบื้องต้นสำหรับวัสดุสีเขียว

- ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบความถูกต้องของตัวชี้วัด เมื่อผู้วิจัยได้ออกแบบร่างเกณฑ์การประเมินเบื้องต้นสำหรับวัสดุสีเขียวแล้ว ใช้วิธีการประเมินคุณภาพของเกณฑ์โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญในด้านวัสดุศาสตร์ ด้านพลังงาน ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสถิติ และด้านอื่นที่เกี่ยวข้อง ทั้งหมด 15 ท่าน โดยศึกษาผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านดังนี้ 1) ความสัมพันธ์ของเกณฑ์กับวัสดุสีเขียว 2) รายละเอียดของเกณฑ์การประเมิน 3) ความเหมาะสมของน้ำหนักคะแนน เพื่อใช้ข้อมูลความเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาสรุปหาค่า IOC (Index of item objective congruence) ในแต่ละตัวชี้วัดการหาค่า IOC (Index of item objective congruence) ของผู้เชี่ยวชาญ พิจารณาค่าความเที่ยงตรงของเกณฑ์ ตัวชี้วัด จากการให้คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- 1) ถ้าเห็นด้วยกับข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ได้คะแนน +1
- 2) ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ได้คะแนน 0
- 3) ถ้าไม่เห็นด้วยกับข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ ได้คะแนน -1

นำผลคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่า IOC ตามสมการที่1

$$IOC = \text{ผลรวมทั้งหมด/จำนวนข้อมูลการนำตัวชี้วัด} \dots\dots\dots \text{สมการ 1}$$

นำเกณฑ์ ตัวชี้วัด ไปใช้ออกแบบเครื่องมือประเมินเบื้องต้นของวัสดุสีเขียว เลือกจาก 1) ที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 เพราะมีค่าความเที่ยงตรงสามารถนำไปใช้ได้ 2) ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ต้องปรับปรุงยังใช้ไม่ได้

- ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบเกณฑ์การประเมินเบื้องต้นสำหรับวัสดุสีเขียว เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาปรับแก้ไขเกณฑ์และจัดทำแบบประเมินการประเมินเบื้องต้นสำหรับวัสดุสีเขียวแล้ว ใช้แบบประเมินทดลองประเมินโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทอิฐจำนวน 3 โรงงาน เพื่อสรุปผลการใช้เกณฑ์การประเมินเบื้องต้นสำหรับวัสดุสีเขียว กลุ่มตัวอย่างโรงงานสำหรับทดลองใช้แบบประเมินเบื้องต้นวัสดุสีเขียวได้จากการสุ่มตัวอย่างโรงงานแบบเจาะจงจำนวน 3 โรงงานในเขตพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และอ่างทอง ที่เป็นโรงงานจำพวกที่

1 ได้แก่ โรงงานประเภท ชนิดและขนาดที่สามารถประกอบกิจการโรงงานได้ทันทีตามความประสงค์ของผู้ประกอบกิจการโรงงาน โดยมีเครื่องจักรไม่เกิน 20 แรงม้า และคนงานไม่เกิน 20 คน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2557) ประเมินผลจากคะแนนรวมที่ได้ 4 ด้านประกอบด้วยด้านวัตถุดิบ ด้านคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ด้านกระบวนการผลิต/ การขนส่ง และด้านการกำจัด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่ากรอบแนวคิดวัสดุสีเขียวควรประกอบด้วยด้านวัตถุดิบที่มีเกณฑ์เกี่ยวข้องกับแหล่งวัตถุดิบและทรัพยากรที่ใช้มีแหล่งในท้องถิ่น การใช้วัตถุดิบในส่วนผสมด้วยวัสดุรีไซเคิลและไม่มีพิษต่อสิ่งแวดล้อม แหล่งใช้วัตถุดิบที่ยั่งยืนทดแทนจากธรรมชาติได้รวดเร็ว ด้านคุณสมบัติควรมีเกณฑ์มาตรฐานของวัสดุเดิม และสามารถนำมารีไซเคิลได้ มีคุณสมบัติด้านประหยัดพลังงาน เพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงาน คุณสมบัติพิเศษ และปลอดภัยทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม ด้านการผลิตและการขนส่งควรมีกระบวนการรีไซเคิลการนำกลับมาใช้ซ้ำ อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำ ประหยัดพลังงานในการขนส่ง ด้านการจัดควรมีเกณฑ์การจัดที่ไม่ก่อมลพิษในการกำจัด สามารถนำกลับมาใช้ใหม่และไม่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม จากการนำกรอบแนวคิดวัสดุสีเขียวมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์วัสดุก่อสร้างสีเขียว เกณฑ์ประเมินของ ISO14021 เกณฑ์ฉลากสีเขียว(ประเทศไทย) เกณฑ์ประเมินของ Green Mark (ประเทศอิสราเอล) และเกณฑ์การประเมินของ Eco Mark (ประเทศญี่ปุ่น) ดังผลการเปรียบเทียบตามตารางที่ 1

การเลือกเกณฑ์และตัวชี้วัด สำหรับนำไปออกแบบแบบประเมินเบื้องต้นของวัสดุสีเขียว พิจารณาการเลือกใช้หรือไม่เลือกใช้ หรือนำมาพัฒนาต่อจาก 1) ความต้องการทางด้านเทคนิคที่สูง หมายถึงเกณฑ์การประเมินที่ต้องมีการทำผลของห้องปฏิบัติการมาใช้ในการให้คะแนนหรือวิธีการได้มาของข้อมูลที่มีความยุ่งยากใช้เวลาในการทดสอบ 2) ค่าใช้จ่ายในการทดสอบที่สูง หมายถึงงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้ในขั้นตอนการนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไปทดสอบเพื่อขอการรับรองมาตรฐานการรับรองสีเขียว 3) ความสอดคล้องกับวัสดุอื่น หมายถึงเกณฑ์นั้นเกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของวัสดุประกอบด้วย แหล่งวัตถุดิบ คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต/การขนส่ง การกำจัด และอื่น ๆ

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะวัสดุสีเขียวกับมาตรฐานการรับรอง

เกณฑ์	คุณลักษณะวัสดุสีเขียว	มาตรฐานการรับรองสีเขียว				
		1	2	3	4	5
ด้านแหล่งวัตถุดิบ (Source Material)						
GC1.1	แหล่งวัตถุดิบและทรัพยากรที่ใช้มีแหล่งในท้องถิ่น	●	●		●	
GC1.2	การใช้วัตถุดิบมีส่วนผสมวัสดุรีไซเคิล / ร้อยละของวัสดุรีไซเคิล/ของเสีย/ เป็นวัตถุดิบที่ไม่มีพิษต่อสิ่งแวดล้อม	●	●	●	●	●
GC1.3	แหล่งวัตถุดิบที่ยั่งยืนได้จากการทดแทนจากธรรมชาติที่สามารถทดแทนได้รวดเร็ว/ทรัพยากรหมุนเวียน	●		●		
ด้านคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (Property of Product)						
GC2.1	มีคุณสมบัติพื้นฐานมาตรฐานของวัสดุเดิม และสามารถนำมารีไซเคิลได้	●		●		●
GC2.2	มีคุณสมบัติประหยัดพลังงาน/เพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงาน/คุณสมบัติพิเศษ	●		●	●	
GC2.3	ปลอดภัยทางชีวภาพ/สุขภาพและสิ่งแวดล้อม/ไม่มีสารอันตราย/ไม่เป็นพิษ/ไม่ปล่อยมลพิษ	●	●		●	●

ตารางที่ 1 (ต่อ)

เกณฑ์	คุณลักษณะวัสดุสีเขียว	มาตรฐานการรับรองสีเขียว				
		1	2	3	4	5
ด้านกระบวนการผลิต / การขนส่ง (Process / Transportation)						
GC3.1	กระบวนการรีไซเคิล/นำกลับมาใช้ซ้ำ	◎	◎	◎		
GC3.2	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิต/อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำ/ประหยัดพลังงาน/การขนส่ง /ไม่ปล่อยมลพิษ/ลดมลพิษ และบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	◎	◎	◎	◎	◎
ด้านการกำจัด (Removal)						
GC4.1	การไม่ก่อมลพิษในการกำจัด สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	◎	◎	◎	◎	◎

หมายเหตุ : มาตรฐานที่ 1 คือเกณฑ์วัสดุก่อสร้างสีเขียว มาตรฐานที่ 2 คือเกณฑ์ฉลากสีเขียว (ประเทศไทย) มาตรฐานที่ 3 คือเกณฑ์ประเมินของ ISO14021 มาตรฐานที่ 4 คือเกณฑ์ประเมินของ Green Mark (ประเทศอิสราเอล) มาตรฐานที่ 5 คือเกณฑ์การประเมินของ Eco Mark (ประเทศญี่ปุ่น)

: ◎ หมายถึงคุณลักษณะวัสดุสีเขียวที่เหมือนกับเกณฑ์มาตรฐานการรับรอง

จากตารางที่ 1 สามารถนำเกณฑ์และตัวชี้วัดมาออกแบบร่างเกณฑ์การประเมินเบื้องต้นสำหรับอฐิสีเขียวได้ดังนี้ ด้านวัตถุดิบมีเกณฑ์การประเมิน 3 เกณฑ์ 7 ตัวชี้วัด ด้านคุณสมบัติ/ผลิตภัณฑ์มีเกณฑ์การประเมิน 3 เกณฑ์ 3 ตัวชี้วัด ด้านกระบวนการผลิต/การขนส่งมีเกณฑ์การประเมิน 2 เกณฑ์ 4 ตัวชี้วัด และด้านการกำจัดมีเกณฑ์การประเมิน 1 เกณฑ์ 2 ตัวชี้วัด นำแบบร่างเกณฑ์การประเมินเบื้องต้นสำหรับอฐิสีเขียวเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านรวม 15 ท่าน ประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์ที่พัฒนาด้วยแบบสอบถามความเห็นในหัวข้อ 1) ความสัมพันธ์ของเกณฑ์กับวัสดุสีเขียว 2) รายละเอียดของเกณฑ์การประเมิน 3) ความเหมาะสมของน้ำหนักคะแนน มีผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวชี้วัดจากผู้เชี่ยวชาญ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวชี้วัดจากผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์	ตัวชี้วัด	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (IOC)		
		เงื่อนไข1	เงื่อนไข2	เงื่อนไข3
ด้านแหล่งวัตถุดิบ (Source Material)				
GC1.1 (4 คะแนน)	1) ระยะทางจากแหล่งของการผลิตของวัสดุ 1-200 กม.	1.00	1.00	1.00
	2) มีใบรับรองแหล่งวัตถุดิบ	0.93	0.93	1.00
GC1.2 (4 คะแนน)	1) ปริมาณและสัดส่วนโดยน้ำหนักของวัสดุที่มาจาก การแปรสภาพใช้ใหม่	1.00	1.00	1.00
	2) วัตถุดิบไม่มีพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม	0.86	0.86	0.73
GC1.3 (6 คะแนน)	1) วัสดุที่ประกอบด้วยชีวมวลมาจากสิ่งมีชีวิตและสามารถสร้างทดแทนได้อย่างต่อเนื่อง	1.00	1.00	0.86
	2) ข้อมูลการใช้วัสดุหมุนเวียน	0.93	0.93	0.86
	3) ปริมาณและสัดส่วนโดยน้ำหนักของวัสดุที่เป็นวัสดุหมุนเวียน	1.00	1.00	1.00
ด้านคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (Property of Product)				
GC2.1(2คะแนน)	1) ผลิตภัณฑ์ต้องผ่านเกณฑ์เฉพาะมาตรฐานผลิตภัณฑ์นั้น	1.00	1.00	1.00
GC2.2(2คะแนน)	1) คุณสมบัติด้านประหยัดพลังงาน /ลดการใช้พลังงาน	1.00	1.00	1.00
GC2.3(2คะแนน)	1) ไม่มีส่วนผสมของสารเคมีอันตราย	0.86	0.86	0.73
ด้านกระบวนการผลิต / การขนส่ง (Process / Transportation)				
GC3.1 (6คะแนน)	1) ปริมาณและเปอร์เซ็นต์ของการลดการใช้ทรัพยากรน้ำในช่วงการผลิต	1.00	1.00	1.00
	2) ปริมาณและสัดส่วนของการลดการใช้พลังงาน	0.86	0.86	1.00
	3) สัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนเทียบกับพลังงานที่ใช้ทั้งหมด	1.00	1.00	1.00

ตารางที่ 2 (ต่อ)

เกณฑ์	ตัวชี้วัด	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (IOC)		
		เงื่อนไข1	เงื่อนไข2	เงื่อนไข3
GC3.2 (2 คะแนน)	1) อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำ/ประหยัดพลังงาน/การขนส่ง/ไม่ปล่อยมลพิษ	0.86	0.86	1.00
ด้านการกำจัด (Removal)				
GC4.1 (4 คะแนน)	1) สามารถนำกลับมาใช้ใหม่	0.86	0.86	0.93
	2) ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	0.93	0.93	1.00

หมายเหตุ : เงื่อนไข 1 คือความสัมพันธ์ของตัวชี้วัดกับวัสดุสีเขียว เงื่อนไข 2 คือความสัมพันธ์ของตัวชี้วัดกับรายละเอียดของตัวชี้วัด เงื่อนไข 3 คือความสัมพันธ์ของตัวชี้วัดกับความเหมาะสมของน้ำหนักคะแนน น้ำหนักคะแนนของตัวชี้วัด (2 คะแนน)

นำเกณฑ์และตัวชี้วัดที่ผ่านการเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 มาใช้ออกแบบประเมินวัสดุก่อสร้างสีเขียวเบื้องต้นสำหรับอิฐ สำหรับทดลองใช้ประเมินโรงงาน 3 โรงงาน โดยมีรายละเอียดของแบบประเมิน แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลสถานประกอบการ ประกอบด้วย ที่ตั้ง จำนวนพนักงาน ลักษณะของผลิตภัณฑ์ และมาตรฐานที่ได้รับ

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินและตัวชี้วัด ด้านวัตถุดิบมีเกณฑ์การประเมิน 3 เกณฑ์ 7 ตัวชี้วัด น้ำหนักคะแนน 14 คะแนน ด้านคุณสมบัติ/ผลิตภัณฑ์มีเกณฑ์การประเมิน 3 เกณฑ์ 3 ตัวชี้วัด น้ำหนักคะแนน 6 คะแนน ด้านกระบวนการผลิต/การขนส่งมีเกณฑ์การประเมิน 2 เกณฑ์ 4 ตัวชี้วัดน้ำหนักคะแนน 8 คะแนน และด้านการกำจัดมีเกณฑ์การประเมิน 1 เกณฑ์ 2 ตัวชี้วัดน้ำหนักคะแนน 4 คะแนน การให้คะแนนตัวชี้วัดเป็นระดับคะแนน มีระดับคะแนน 0, 1 และ 2 คะแนน มีผลการทดลองนำแบบประเมินไปใช้กับโรงงานดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการนำแบบประเมินทดลองใช้กับโรงงาน

เกณฑ์การประเมิน		ผลการทดลองประเมิน (คะแนน)		
เกณฑ์	ตัวชี้วัด	โรงงานที่1	โรงงานที่2	โรงงานที่3
ด้านแหล่งวัตถุดิบ (Source Material)				
GC1.1 แหล่งวัตถุดิบและทรัพยากรที่ใช้มีแหล่งในท้องถิ่น (4 คะแนน)	1) ระยะทางจากแหล่งของการผลิตของวัสดุ 1-200 กม.	2	2	2
	2) มีใบรับรองแหล่งวัตถุดิบ	0	2	2
GC1.2 การใช้วัตถุดิบมีส่วนผสมวัสดุรีไซเคิล / ร้อยละของวัสดุรีไซเคิล/ของเสีย/ เป็นวัตถุดิบที่ไม่มีพิษต่อสิ่งแวดล้อม (4 คะแนน)	1) ปริมาณและสัดส่วนโดยน้ำหนักของวัสดุที่มาจาก การแปรสภาพใช้ใหม่	1	2	2
	2) วัตถุดิบไม่มีพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม	0	2	2
GC1.3 แหล่งวัตถุดิบที่ยั่งยืนได้จากการทดแทนจากธรรมชาติที่สามารถทดแทนได้รวดเร็ว/ทรัพยากรหมุนเวียน (6 คะแนน)	1) วัสดุที่ประกอบด้วยชีวมวลมาจากสิ่งมีชีวิต และสามารถสร้างทดแทนได้อย่างต่อเนื่อง	2	2	2
	2) ข้อมูลการใช้วัสดุหมุนเวียน	0	1	1
	3) ปริมาณและสัดส่วนโดยน้ำหนักของวัสดุที่เป็นวัสดุหมุนเวียน	1	1	1
คะแนนรวม (14 คะแนน)		6	12	12
ด้านคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (Property of Product)				
GC2.1 มีคุณสมบัติพื้นฐานมาตรฐานของวัสดุเดิมสามารถนำมารีไซเคิลได้ (2 คะแนน)	1) ผลิตภัณฑ์ต้องผ่านเกณฑ์เฉพาะมาตรฐานผลิตภัณฑ์นั้น	0	1	2

ตารางที่ 3 (ต่อ)

เกณฑ์การประเมิน		ผลการทดลองประเมิน (คะแนน)		
เกณฑ์	ตัวชี้วัด	โรงงานที่1	โรงงานที่2	โรงงานที่3
GC2.2 มีคุณสมบัติประหยัดพลังงาน/เพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงาน/คุณสมบัติพิเศษ (2 คะแนน)	1) คุณสมบัติด้านประหยัดพลังงาน/ลดการใช้พลังงาน	0	0	0
GC2.3 ปลดภัยทางชีวภาพ/สุขภาพและสิ่งแวดล้อม/ไม่มีสารอันตราย/ไม่เป็นพิษ/ไม่ปล่อยมลพิษ(2 คะแนน)	1) ไม่มีส่วนผสมของสารเคมีอันตราย	2	2	2
คะแนนรวม (6 คะแนน)		2	3	4
ด้านกระบวนการผลิต / การขนส่ง (Process / Transportation)				
GC3.1 กระบวนการรีไซเคิล/นำกลับมาใช้ซ้ำ (6 คะแนน)	1) ปริมาณและเปอร์เซ็นต์ของการลดการใช้ทรัพยากรน้ำในช่วงการผลิต	0	1	1
	2) ปริมาณและสัดส่วนของการลดการใช้พลังงาน	0	1	1
	3) สัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนเทียบกับพลังงานที่ใช้ทั้งหมด	0	0	0
GC3.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิต/อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำ/ประหยัดพลังงาน/การขนส่ง /ไม่ปล่อยมลพิษ (2 คะแนน)	1) อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำ/ประหยัดพลังงาน/การขนส่ง /ไม่ปล่อยมลพิษ	0	1	1
คะแนนรวม (8 คะแนน)		0	3	3
ด้านการกำจัด (Removal)				
GC4.1 การไม่ก่อกมลพิษในการกำจัด สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม(4 คะแนน)	1) สามารถนำกลับมาใช้ใหม่	1	2	2
	2) ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	1	2	2
คะแนนรวม(4 คะแนน)		2	4	4
คะแนนรวมทั้ง 4 ด้าน (32 คะแนน)		10	22	23

สรุป

แบบประเมินวัสดุก่อสร้างสีเขียวเบื้องต้นสำหรับอัฐิ มีส่วนประกอบ 2 ส่วน ส่วนที่1 ถามข้อมูลพื้นฐานของสถานประกอบการ ประกอบด้วย ที่ตั้ง จำนวนพนักงาน ลักษณะของผลิตภัณฑ์ และมาตรฐานที่ได้รับ ส่วนที่ 2 คือเกณฑ์การประเมินและตัวชี้วัดสำหรับประเมินโรงงานประกอบด้วยเกณฑ์ประเมิน 4 ด้านได้แก่ ด้านวัตถุดิบมีเกณฑ์การประเมิน 3 เกณฑ์ 7 ตัวชี้วัด น้ำหนักคะแนน 14 คะแนน ด้านคุณสมบัติ/ผลิตภัณฑ์มีเกณฑ์การประเมิน 3 เกณฑ์ 3 ตัวชี้วัด น้ำหนักคะแนน 6 คะแนน ด้านกระบวนการผลิต/การขนส่งมีเกณฑ์การประเมิน 2 เกณฑ์ 4 ตัวชี้วัดน้ำหนักคะแนน 8 คะแนน และด้านการกำจัดมีเกณฑ์การประเมิน 1 เกณฑ์ 2 ตัวชี้วัดน้ำหนักคะแนน 4 คะแนน การให้คะแนนตัวชี้วัดเป็นแบบระดับคะแนน มีระดับคะแนน 0, 1 และ 2 คะแนน ด้านวัตถุดิบมีเกณฑ์ที่เน้นการใช้แหล่งทรัพยากรที่อยู่ในท้องถิ่นได้รับอนุญาตถูกต้อง และยั่งยืน ด้านคุณสมบัติมีเกณฑ์เน้นในเรื่องผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานเฉพาะผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติด้านพลังงาน และปลอดภัยกับผู้ใช้งาน ด้านการผลิตและการขนส่งมีเกณฑ์ที่เน้นกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ ประหยัดทรัพยากร และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้านการกำจัดมีเกณฑ์ที่เน้นการบริหารจัดการขยะไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลการประเมินทดลองประเมินกับโรงงาน 3 โรงงาน พบว่าโรงงานที่ยังไม่มีมาตรฐานได้คะแนนไม่ถึงร้อยละ 50 โรงงานที่โรงงานกำลังขอรับรองมาตรฐาน และโรงงานที่ 3 โรงงานได้รับมาตรฐานแล้ว มีคะแนนรวมทุกเกณฑ์เกินร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม แต่ด้านกระบวนการผลิตและการขนส่งคะแนนยังน้อย จึงควรมีการปรับปรุงกิจกรรมที่ยัง

ขาดตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อพัฒนาให้ผ่านเกณฑ์ประเมินเบื้องต้น อันทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นผ่านเกณฑ์วัสดุสีเขียวในขั้นสูงได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การนำเกณฑ์ประเมินเบื้องต้นสำหรับวัสดุสีเขียวประเภทอิฐไปใช้ประเมินควรนำไปใช้ประเมินเฉพาะวัสดุก่อประเภทอิฐเท่านั้น เนื่องจากแบบประเมินได้ออกแบบมาเฉพาะการประเมินวัสดุก่อประเภทอิฐ
2. เกณฑ์การประเมินเป็นเพียงการประเมินเบื้องต้นเพื่อช่วยให้ประเมินได้ง่าย สะดวกสำหรับผู้ประกอบการรายย่อยใช้เตรียมความพร้อมก่อนจะเข้ารับการประเมินในขั้นสูง การขอการรับรองขั้นสูงบางตัวชี้วัดอาจต้องมีการประเมินอย่างละเอียดอีกครั้ง จึงเป็นข้อจำกัดในแบบประเมินเบื้องต้นนี้

ข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยครั้งต่อไป มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การพัฒนาเกณฑ์การประเมินเบื้องต้นสำหรับวัสดุสีเขียวในอนาคตควรพัฒนาเกณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ก่อสร้างชนิดอื่น ๆ เพื่อให้มีเกณฑ์บ่งชี้ว่าวัสดุชนิดนั้นได้มาตรฐานสีเขียวหรือไม่
2. การทดลองใช้เครื่องมือประเมินผลิตภัณฑ์ควรใช้กับโรงงานเป็นมีขนาดใหญ่มีมาตรฐานสีเขียวแล้ว เพื่อตรวจสอบเปรียบเทียบตัวชี้วัดของเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ให้เทียบเท่ามาตรฐานที่มีอยู่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์คณะสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร สาขาสีงแวดล้อม สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และสาขาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่ช่วยเสนอแนะข้อมูลต่าง ๆ อนุเคราะห์ทรัพยากรในการดำเนินงานวิจัยให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยดี ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้สละเวลาประเมินเกณฑ์ และขอขอบคุณผู้จัดการโรงงานทั้ง 3 โรงงานที่ให้โอกาสนำเครื่องมือไปทดลองใช้ และขอขอบคุณทุกภาคส่วนที่ไม่ได้กล่าวนามมาที่ทำงานวิจัยสำเร็จไปด้วยดี ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- โครงการฉลากเขียว. (2554). **ข้อกำหนดฉลากเขียวผลิตภัณฑ์วัสดุก่อผนัง**. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- โครงการฉลากเขียว . (2555). **ฉลากเขียว**. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2560). **ฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 2 ตามมาตรฐาน ISO 14021**. <http://www2.mtec.or.th/website/backend/app/filemn/uploads/280812/องค์ความรู้.pdf>
- สำนักงานเลขาธิการโครงการฉลากเขียว มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2561). **ฉลากเขียว**. จังหวัดนนทบุรี. <http://www.tei.or.th/greenlabel/download/3-2.pdf>.
- Asian Productivity Organization. (2010). **Eco-products Directory**. <http://www.apo-tokyo.org>.
- The Constructor- Civil Engineering Home. (2017). **Building Construction Materials**. <https://theconstructor.org/>.
- The Standards Institution of Israel. (2017). **Green Mark**. http://www.sii.org.il/896-en/SII_EN.aspx.

- Japan Environment Association Eco Mark Office. (2017). **Eco mark japan**. Tile-blockVersion2.8”Certification Criteria. Japan.
- K.N.Sheth.b. (2016). **Environmental Awareness on Green Buildings among Builders and Civil Contractors in the State of Gujarat**. Journal of Management & Research. V.6
- Nguyen, et al. (2013). **MODULE- H : Eco Materials, University of Tokyo**. <http://www.d4s-sbs.org/MH.pdf>.
- Paresh H. Shah. (2010). **Evaluation-criteria-for-green-materials**. Civil Engineering Department, Institute of Technology, Nirma University, Ahmedabad.

การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการคลังสินค้าอาหารสัตว์สำเร็จรูป
กรณีศึกษา : โรงงานผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูปแห่งหนึ่ง

อริษา แซ่ไคว้^{1*} สุธี ประจักษ์ศักดิ์¹ ชัชวาล มงคล¹ สายฝน เสกขุนทด²

Received : April 14, 2019

Revised : May 21, 2019

Accepted : August 1, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการคลังสินค้าอาหารสัตว์สำเร็จรูปกรณีศึกษา : โรงงานผลิตอาหารสัตว์แห่งหนึ่ง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านความถูกต้อง ด้านคุณภาพ และด้านเวลาการวิจัยเริ่มจากการศึกษาการดำเนินงานคลังสินค้าและประยุกต์ใช้หลักการเขียนแผนภาพกระบวนการทางธุรกิจ (IDEFO) เทคนิคการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการคลังสินค้า หลักการวางแผนคลังสินค้าและหลักการ ECRS เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แบบบันทึกการนับสินค้า 2) แบบบันทึกสินค้าคงคลังตามระบบ FIFO 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของพนักงานสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และ สถิติ t – test ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องในการนับสินค้าผู้วิจัยได้วัดผลหลังจากปรับปรุงกระบวนการพบว่าสามารถลดความผิดพลาดของข้อมูลสินค้าที่ตรวจนับผิดได้ 18.67 รายการ คิดเป็นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.52 ประสิทธิภาพด้านคุณภาพหลังจากปรับปรุงกระบวนการ สามารถลดความผิดพลาดของการจ่ายสินค้าไม่ FIFO ได้เฉลี่ย 5 รายการ คิดเป็นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.42 และประสิทธิภาพด้านเวลา หลังจากปรับปรุงกระบวนการสามารถลดเวลาในการจ่ายออกสินค้าเป็นเวลานาน ได้เฉลี่ย 44.92 นาทีที่ต่อคันลดเวลาได้ 16.24 นาทีคิดเป็นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.68 ความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานหลังจากปรับปรุงการปฏิบัติงานอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.83 และผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพหลังการปรับปรุงสูงกว่าก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : การปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้า

¹ สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

² คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

* ผู้มีพันธหลัก e-mail: arisa.nhee@gmail.com

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF ANIMAL FEED MILL WAREHOUSE MANAGEMENT A CASE STUDY OF ANIMAL FEED MILL

Arisa Saekhow^{1*} Sudhee Prajongsak¹ Chatchawarn Mongkhon¹ Saifon Sekkhunthod²

Abstract

This research aims to efficiency improvement process finished feed warehouse. Case study of animal feedmill. For effectiveness achieve optimal accuracy, quality and working time. The research methodology implements the warehouse operations and apply the IDEF₀ (integration definition for function modeling), Techniques to improve the warehouse processes, principles of layout and the warehouse and ECRS principles. The research instruments for collecting data were Inventory count record, Inventory FIFO system record, the assessment for satisfaction of employees, the statistics used in the research were mean, percentage, and t-test. The research revealed that efficiency in the counting accuracy. After process improved can reduced the errors of data items wrong counted 18.67 items. Increased efficiency 16.52 percent. The efficiency quality after process improved can reduced the errors pay goods is not FIFO average 5 items. Increased efficiency 4.42 percent. The efficiency on time after process improved can reduced time the pay goods average 44.92 minutes per vehicle and reduced time 16.24 minutes. Increased efficiency 28.68 percent. The satisfaction of the employees after the development was at high level with 4.83 of mean. The comparison of efficiency result after the development was higher than before the development at .05 statistically significant level.

Keywords : efficiency improvement, warehouse management.

¹ *Department of Industrial Management, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University*

² *Faculty of Education, Rajanagarindra Rajabhat University*

** Corresponding author, e-mail: arisa.nhee@gmail.com*

บทนำ

ในปัจจุบันคลังสินค้ามีบทบาทที่มากขึ้นกว่าในอดีต ซึ่งช่วยทำให้สินค้ามีการเคลื่อนไหวได้สะดวกมากขึ้น และเป็นหนึ่งในห่วงโซ่ที่สำคัญของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดส่งสินค้าที่มีประสิทธิภาพ การจัดการคลังสินค้าก่อให้เกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างฝ่ายผลิตที่ทำหน้าที่ในการผลิตให้ได้ตามแผนที่วางไว้ โรงงานผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูปแห่งหนึ่งพบปัญหาหลักที่เกิดขึ้นภายในคลังสินค้า จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ตั้งแต่เดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2560 พบว่า 1) ข้อมูลสินค้าที่ตรวจนับได้จริงไม่ตรงกับยอดในระบบ ส่งผลด้านความถูกต้องในการควบคุมสินค้า ซึ่งอาจมีการแจ้งยอดสินค้ากับลูกค้าตามจำนวนในระบบ แต่จำนวนสินค้าที่ตรวจนับได้จริงไม่ตรงกัน จะทำให้เสียเวลาในแก้ไขรายการสั่งซื้อ และอาจทำให้ลูกค้าไม่พอใจที่ได้รับสินค้าไม่ครบตามจำนวน 2) ไม่สามารถหยิบจ่ายสินค้าตามเข้าก่อน ออกก่อน เข้าทีหลัง ออกทีหลัง (First In First Out : FIFO) ส่งผลต่อคุณภาพสินค้า เนื่องจากหากมีการจำหน่ายสินค้าไม่เป็นไปตามระบบ FIFO จะทำให้สินค้าที่มีอายุมากมีการตกค้างอยู่ภายในคลังสินค้า และอาจหมดอายุหรือเสื่อมสภาพได้ ในลูกค้าในบางรายจะไม่รับอาหารที่ไม่ FIFO ทำให้ทางโรงงานจะต้องนำอาหารที่ไม่ FIFO กลับเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำ 3) ใช้เวลาในการค้นหาสินค้าเป็นเวลานาน ส่งผลต่อการปฏิบัติงานขั้นต่อไป และยังทำให้ลูกค้าเสียเวลาในการรอคอยสินค้าอีก 4) สินค้าคงคลังชำรุดเสียหาย เช่น ปัญหาถุงอาหารชำรุด จะต้องเสียเวลาในการนำถุงอาหารที่ชำรุดไปเปลี่ยนถ่ายให้กลับมาสู่สภาพที่พร้อมจำหน่ายได้ 5) พาเลทไม่เพียงพอกับปริมาณสินค้า ก่อให้เกิดการเสียเวลาในการปฏิบัติงานขั้นต่อไป และอาจเป็นผลต่อเนื่องไปถึงการด้านเวลาในการส่งมอบสินค้าอีกด้วยจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจึงได้แสดงข้อมูลดังตาราง 1

ตาราง 1 ข้อมูลปัญหาหลักที่พบในคลังสินค้า เดือน มี.ค.-พ.ค. 2560

ปัญหาหลักที่พบในคลังสินค้า	จำนวน สินค้า (รายการ)	สินค้าที่พบ ปัญหา (รายการ)	คิดเป็น ร้อยละ
1) ข้อมูลสินค้าที่ตรวจนับได้จริงไม่ตรงกับยอดในระบบ	300	114	38.00
2) ไม่สามารถหยิบจ่ายสินค้าตามระบบ FIFO	300	68	22.67
3) ใช้เวลาในการค้นหาสินค้าเป็นเวลานาน	300	59	19.67
4) สินค้าคงคลังชำรุดเสียหาย	300	34	11.33
5) พาเลทไม่เพียงพอกับปริมาณสินค้า	300	25	8.33

ที่มา : แผนกคลังสินค้าของโรงงานผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูปแห่งหนึ่ง (2560)

จากตาราง 1 พบว่าปัญหาที่พบในคลังสินค้า เดือน มี.ค.-พ.ค. 2560 มีปัญหาหลักทั้งหมด 5 ปัญหา ปัญหาต่างๆที่กล่าวมาสร้างความเสียหายให้กับทางโรงงานโดยตรง และอาจเกิดความไม่เชื่อมั่นต่อลูกค้าอีกด้วย ผู้วิจัยเห็นเป็นปัญหาและมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการปรับปรุงประสิทธิภาพทางการจัดการคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากการศึกษาค้นคว้าหนังสือ ตำรา ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้า โดยใช้แนวคิดและหลักการการเขียนแผนภาพกระบวนการทางธุรกิจ (IDEF) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์จัดการคลังสินค้าสามารถแก้ไขปัญหาค่าความผิดพลาดคลังสินค้าได้ และผู้วิจัยจึงเชื่อว่าจะสามารถแก้ไขปัญหาลังสินค้าได้ และเพื่อลดสิ่งกีดขวางให้เป็นปัญหาและจุดอ่อนในการ

ปฏิบัติงานที่ไม่ดี รวมทั้งเพิ่มศักยภาพในการปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดการคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. หลังการปรับปรุงการจัดการคลังสินค้า โดยใช้หลักการการเขียนแผนภาพกระบวนการทางธุรกิจ (IDEF₀) จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านความถูกต้อง (การนับสินค้า) ได้หรือไม่
2. หลังการปรับปรุงการจัดการคลังสินค้า โดยใช้หลักการการเขียนแผนภาพกระบวนการทางธุรกิจ (IDEF₀) จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านคุณภาพสินค้า (การหยิบสินค้าได้ตามระบบ FIFO) ได้หรือไม่
3. หลังการปรับปรุงการจัดการคลังสินค้า โดยใช้หลักการการเขียนแผนภาพกระบวนการทางธุรกิจ (IDEF₀) จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านเวลา (การหยิบสินค้า) ได้หรือไม่

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขอบเขตของการวิจัย
 - 1.1 ผู้วิจัยศึกษาพื้นที่ปฏิบัติงานของฝ่ายคลังสินค้าโรงงานผลิตอาหารสัตว์แห่งหนึ่ง โดยเป็นส่วนงานที่มีการปฏิบัติงานในบริษัทกรณีศึกษาเท่านั้น
 - 1.2 ผู้วิจัยศึกษาแนวคิดหลักการเขียนแผนภาพกระบวนการทางธุรกิจ (IDEF)(กรมันต์ เชื่อเจ็ดตน, 2545)กระบวนการจัดการคลังสินค้า (ไชยยศ ไชยมั่งคง และมยุพันธ์ ไชยมั่งคง, 2556) แนวคิดระบบการจัดเก็บสินค้า(Tompkins & Smith, 1988, หน้า542)การศึกษางาน (work study) และการวิเคราะห์กระบวนการ (รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, 2552) แนวคิดความสูญเสีย 7 ประการ (ดวงรัตน์ ชีวะปัญญาโรจน์และศุภศักดิ์ พงษ์อนันต์, 2544) เครื่องมือควบคุมคุณภาพ7 อย่างโดยใช้แผนผังก้างปลาและกราฟ (ศุภชัย นาทะพันธ์, 2551) การลดความสูญเสียเปล่าด้วยหลักการ ECRS (ประเสริฐ ลาดสุวรรณ, 2549) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการจัดการคลังสินค้า
2. ศึกษาและสังเกตการณ์หน้างานจริงของการทำงานกระบวนการคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา เก็บข้อมูลตามระยะเวลาที่กำหนด นำไปเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ
3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
 - 3.1 แบบบันทึกการนับสินค้า
 - 3.2 แบบบันทึกสินค้าคงคลังตามระบบ FIFO
 - 3.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของพนักงาน
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

แบ่งออกเป็น 2 ตอน ซึ่งมีดังนี้

 - 4.1 เก็บข้อมูลการผลิตที่เกิดจากกระบวนการบรรจุสินค้าก่อนการปรับปรุงตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม ถึงวันที่ 30 พฤษภาคม 2560 โดยหยุดวันอาทิตย์ ช่วงเวลาเก็บข้อมูล 8.00-17.00 น.
 - 4.2 เก็บข้อมูลการผลิตที่เกิดจากกระบวนการบรรจุสินค้าหลังการปรับปรุงตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม ถึงวันที่ 30 กันยายน 2560 โดยหยุดวันอาทิตย์ ช่วงเวลาเก็บข้อมูล 8.00-17.00 น.

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ศึกษาขั้นตอนและกระบวนการตรวจนับสินค้า จ่ายสินค้า และการขึ้นสินค้าบนรถขนส่งของบริษัทการศึกษาโดยเก็บข้อมูลและปัญหา ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการพร้อมบันทึกแบบบันทึกการนับสินค้าแบบบันทึกสินค้าคงคลังตามระบบ FIFO รวบรวมข้อมูลและคัดเลือกปัญหาโดยใช้เครื่องมือคุณภาพ เก็บรวบรวมข้อมูลการดำเนินงานคลังสินค้าก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

5.2 ตัวแปรที่ศึกษาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามดังนี้

5.2.1 ตัวแปรต้น คือ

การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตสี่สเปย์โดย

5.2.1.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการคลังสินค้า

5.2.1.2 หลักการการเขียนแผนภาพกระบวนการทางธุรกิจ IDEF

5.2.1.3 หลักการวางแผนคลังสินค้า

5.2.1.4 การลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS

5.2.2 ตัวแปรตาม คือ

5.2.2.1 ประสิทธิภาพของกระบวนการปฏิบัติงาน 3 ด้าน ดังนี้

1) ประสิทธิภาพด้านความถูกต้อง

2) ประสิทธิภาพด้านคุณภาพของสินค้า

3) ประสิทธิภาพด้านเวลา

5.2.2.2 มาตรฐานการปฏิบัติงานใหม่ (WI)

5.2.2.3 ความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงาน

5.3 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์หาสาเหตุและตัวแปรซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อปัญหาโดยการระดมสมองความคิด เพื่อช่วยกันหาสาเหตุที่เป็นปัจจัยของข้อบกพร่องต่างๆ ที่ทำให้เกิดของการสูญเสียโดยใช้แผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุและใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H กำหนดแนวทางแก้ไขร่วมกันและประยุกต์ใช้หลักการ ECERS ในการปรับปรุงลดขั้นตอน ลดเวลาและลดพื้นที่ในกระบวนการคลังสินค้า

5.4 ทดสอบและปฏิบัติงานจริง เพื่อเป็นการทดสอบแนวทางการแก้ไขปรับปรุงและมีแผนการดำเนินการในช่วงเดือน ก.ค.- ก.ย. 2561เป็นเวลา 76 วันและเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ 1) แบบบันทึกการนับสินค้า 2) แบบบันทึกสินค้าคงคลังตามระบบ FIFO

6. การวัดประสิทธิภาพก่อนและหลังปรับปรุง และผลการเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติ t-testซึ่งมีหัวข้อดังนี้

6.1 ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องในการนับสินค้า

6.2 ประสิทธิภาพด้านจ่ายสินค้าไม่ FIFO

6.3 ประสิทธิภาพด้านเวลาในการหยิบสินค้า

7. สำรวจความพึงพอใจของพนักงาน เพื่อประเมินผลการแก้ไขปรับปรุงและข้อเสนอแนะจากผู้ให้ข้อมูลและเพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีความเชื่อถือได้ผู้วิจัยจึงดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา โครงสร้าง และภาษา โดยใช้เทคนิคการหาความสอดคล้องหรือดัชนีของความสอดคล้องกันระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ (index of item

objective congruence หรือ IOC) ใช้เกณฑ์การประเมินหาความสอดคล้องระหว่างข้อความแต่ละข้อกับจุดประสงค์เมื่อได้แบบสำรวจความพึงพอใจผ่านการตรวจสอบ ทดสอบ แล้วจึงนำไปใช้งานและประเมินผล

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัยปรับปรุงการจัดการคลังสินค้าของโรงงานผลิตอาหารสัตว์แห่งหนึ่งผู้วิจัยได้เลือกปรับปรุงประสิทธิภาพด้านความถูกต้องในการนับสินค้า ด้านจ่ายสินค้าไม่ FIFO และด้านเวลาในการหยิบสินค้าได้ผลดังนี้

1. ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องในการนับสินค้า

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุและผลของแผนผังก้างปลาปัญหาจากการข้อมูลสินค้าที่ตรวจนับได้จริงไม่ตรงกับยอดในระบบ สาเหตุเกิดจากพนักงาน (man) ขาดการอบรมให้ความรู้ ขาดความรอบคอบ สาเหตุเกิดจากวัตถุดิบ พื้นที่ (material) จัดเก็บสินค้าไม่เป็นที่ พื้นที่จัดวางสินค้าหลายชนิด สาเหตุเกิดจากวิธีการ (method) ไม่มีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ชัดเจน จากปัญหาที่เกิดขึ้นทั้ง 3 ด้าน ผู้วิจัยและทีมงานแผนกคลังสินค้าได้ประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ในการกำหนดมาตรการแนวทางแก้ไขปัญหานี้

ผู้วิจัยและทีมงานแผนกคลังสินค้าได้ดำเนินการนำมาทดลองปฏิบัติงานจริง ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการ ECRS มาปรับปรุงขั้นตอนในส่วนของการการจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ (rearrange) ในเรื่องของ 1) จัดทำขั้นตอนปฏิบัติงานที่ชัดเจน 2) จัดทำแผนผังวางสินค้าใหม่ 3) ดำเนินการจัดวางสินค้าตามแผนผัง 4) ฝึกอบรมพนักงานให้เข้าใจถึงการปฏิบัติงานใหม่ โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ผลการทดลองหลังปรับปรุงแก้ไขวิธีการปฏิบัติงานและผลการวัดประสิทธิภาพด้านความถูกต้องในการนับสินค้าผู้วิจัยพบว่า

1. ก่อนปรับปรุงการตรวจนับสินค้าไม่ตรงกับยอดในระบบ จากรายการสินค้าทั้งหมด 113 รายการ ค่าเฉลี่ย 3 เดือนรายการสินค้าบันทึกผิด เท่ากับ 31 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 27.43

2. หลังปรับปรุงการตรวจนับสินค้าไม่ตรงกับยอดในระบบ จากรายการสินค้าทั้งหมด 113 รายการ ค่าเฉลี่ย 3 เดือนรายการสินค้าบันทึกผิด เท่ากับ 12.33 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 10.91

ผลจากการวัดประสิทธิภาพด้านความถูกต้องในการนับสินค้าผู้วิจัยได้วัดผลหลังจากปรับปรุงกระบวนการพบว่าสามารถลดความผิดพลาดของข้อมูลสินค้าที่ตรวจนับผิดได้ 18.67 รายการ คิดเป็นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.52

2. ประสิทธิภาพด้านจ่ายสินค้าไม่ FIFO

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุและผลของแผนผังก้างปลาปัญหาจากการจ่ายสินค้าไม่ FIFO สาเหตุเกิดจากพนักงาน (man) ขาดการอบรมให้ความรู้ ขาดความรอบคอบ สาเหตุเกิดจากวัตถุดิบ พื้นที่ (material) ไม่มีแผนผังในการจัดเก็บ พื้นที่ไม่เพียงพอ สาเหตุเกิดจากวิธีการ (method) ไม่มีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ชัดเจน จากปัญหาที่เกิดขึ้นทั้ง 3 ด้าน ผู้วิจัยและทีมงานแผนกคลังสินค้าได้ประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ในการกำหนดมาตรการแนวทางแก้ไขปัญหาดังนี้

ผู้วิจัยและทีมงานแผนกคลังสินค้าได้ดำเนินการนำมาทดลองปฏิบัติหน้างานจริง ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการ ECRS มาปรับปรุงขั้นตอนในส่วนของการการจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ (rearrange) ในเรื่องของ 1) จัดทำบอร์ดแสดงรายการสินค้าคงเหลือในคลังสินค้าและเพิ่มขั้นตอนในการปฏิบัติงานเรื่องการบริการขึ้นสินค้าในข้อที่ 4 ว่าด้วยการพิจารณาบิลส่งของกับสินค้าคงเหลือที่ระบุบนบอร์ดก่อนขึ้นสินค้า 2) ฝึกอบรม

พนักงานให้เข้าใจถึงวิธีการใช้แผนผังการจัดเก็บสินค้า โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งมีรายละเอียดผลการดำเนินงานดังนี้

ผลการทดลองหลังปรับปรุงแก้ไขการปฏิบัติงาน และการวัดประสิทธิภาพด้านจ่ายสินค้าไม่ FIFO ผู้วิจัยได้วัดผลหลังจากปรับปรุงกระบวนการพบว่า

1. ก่อนปรับปรุงการจ่ายสินค้าไม่ FIFO ระบบ จากรายการสินค้าทั้งหมด 113 รายการ ค่าเฉลี่ย 3 เดือนรายการจ่ายสินค้าไม่ FIFO เท่ากับ 6.66 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 5.89

2. หลังปรับปรุงการจ่ายสินค้าไม่ FIFO จากรายการสินค้าทั้งหมด 113 รายการ ค่าเฉลี่ย 3 เดือนรายการจ่ายสินค้าไม่ FIFO เท่ากับ 1.66 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 1.47

ผลหลังจากปรับปรุงกระบวนการ ในระยะเวลา 3 เดือนสามารถลดความผิดพลาดของการจ่ายสินค้าไม่ FIFO ได้เฉลี่ย 5 รายการ คิดเป็นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.42

3. ประสิทธิภาพด้านเวลาในการหยิบสินค้า

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุและผลของแผนผังก้างปลาปัญหาจากการใช้เวลาในการจ่ายออกสินค้าเป็นเวลานานสาเหตุเกิดจากพนักงาน (man) ทักษะความชำนาญ ขาดการอบรมให้ความรู้ ความรู้ร้อนในการทำงาน สาเหตุเกิดจากวัตถุดิบ พื้นที่ (material) ไม่มีแผนผังในการจัดเก็บ ในพื้นที่มีสินค้าหลายรายการทับซ้อนกัน สาเหตุเกิดจากวิธีการ (method) ไม่มีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ชัดเจนไม่มีแผนผังช่วยในการทำงาน จากปัญหาที่เกิดขึ้นทั้ง 3 ด้าน ผู้วิจัยและทีมงานแผนกคลังสินค้าได้กำหนดมาตรการแนวทางแก้ไขปัญหาดังนี้

ผู้วิจัยและทีมงานแผนกคลังสินค้าได้ดำเนินการนำมาทดลองปฏิบัติหน้างานจริง ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการ ECRS มาปรับปรุงขั้นตอนในส่วนของการการจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ (rearrange) ในเรื่องของ 1) การจัดให้มีแผนผังการจัดวางสินค้า (lay-out) เพื่อให้ทราบตำแหน่งจัดวางของสินค้า 2) จัดเรียงวางสินค้าใหม่ตามแผนผัง การจัดวางสินค้า (lay-out) 3) ฝึกอบรมพนักงานชั้นสินค้าให้มีความเข้าใจและวิธีการจัดวางทดลองปฏิบัติหน้างานจริงแล้วประเมินผล โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการซึ่งมีรายละเอียดผลการดำเนินงานดังนี้

ผลการทดลองหลังปรับปรุงแก้ไขการปฏิบัติงานและผลการวัดประสิทธิภาพด้านเวลาในการหยิบสินค้าผู้วิจัยได้วัดผลหลังจากปรับปรุงกระบวนการพบว่า

1. ก่อนปรับปรุงการเวลาในการหยิบสินค้าจากเวลาเฉลี่ยรวมขึ้นสินค้าเท่ากับ 20,796 นาที เวลาเฉลี่ยการขึ้นอาหารเท่ากับ 61.16 นาทีต่อคัน

2. หลังปรับปรุงการเวลาในการหยิบสินค้า จากเวลาเฉลี่ยรวมขึ้นสินค้าเท่ากับ 15,274 นาที เวลาเฉลี่ยการขึ้นอาหารเท่ากับ 44.92 นาทีต่อคัน

ผลหลังจากปรับปรุงกระบวนการ ในระยะเวลา 3 เดือนสามารถลดเวลาในการจ่ายออกสินค้าเป็นเวลานาน ได้เฉลี่ย 44.92 นาทีต่อคันลดเวลาได้ 16.24 นาที คิดเป็นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.68

สรุป

ผลหลังจากการปรับปรุงการจัดการคลังสินค้าผู้วิจัยได้ใช้หลักการเขียนแผนภาพกระบวนการทางธุรกิจ (IDEFO) ร่วมกับเครื่องมือคุณภาพ โดยเลือกใช้แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุของการดำเนินงานที่บกพร่องในคลังสินค้าระดมความคิดร่วมกับพนักงานแผนกคลังสินค้า ผู้วิจัยแยกประเภทของแผนผังก้างปลาออกเป็น 3 ปัญหาจากกิจกรรมต่างๆ ในการดำเนินงานของคลังสินค้าคือ 1) ด้านความถูกต้องในการนับสินค้า 2) ด้านจ่ายสินค้าไม่ FIFO 3) ด้านเวลาในการหยิบสินค้าและได้กำหนดมาตรการในการแก้ไขปรับปรุง

โดย 1) จัดทำแผนผังการจัดวางสินค้าใหม่ 2) จัดวางสินค้าตามแผนผังใหม่ 3) จัดทำบอร์ดบันทึกสินค้าคงเหลือจากการจ่ายสินค้า update ประจำวัน 3) อบรมให้ความรู้แก่พนักงานด้านกระบวนการปฏิบัติงานใหม่ ขั้นตอนการจ่ายสินค้าใหม่ ผลการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานใหม่หลังจากการปรับปรุงการจัดการคลังสินค้า ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องในการนับสินค้าพบว่าสามารถลดความผิดพลาดของข้อมูลสินค้าที่ตรวจนับผิดได้ 18.67 รายการ จาก 31 รายการ คิดเป็นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.52

2. ประสิทธิภาพด้านจ่ายสินค้าไม่ FIFO สามารถลดความผิดพลาดของการจ่ายสินค้าไม่ FIFO ได้เฉลี่ย 5 รายการ คิดเป็นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.42

3. ประสิทธิภาพด้านเวลาในการหยิบสินค้าสามารถลดเวลาในการจ่ายออกสินค้าเป็นเวลานาน ได้เฉลี่ย 44.66 นาทีต่อคันลดเวลาได้ 17.17 นาที คิดเป็นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 27.76

ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจหลังจากปรับปรุงกระบวนการทางคลังสินค้าพบว่าพนักงานมีความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพการทำงานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.83$) ความพึงพอใจด้านระยะเวลาการปฏิบัติงานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 5.00$) และความพึงพอใจในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 5.00$)

งานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดหลักการเขียนแผนภาพกระบวนการทางธุรกิจ (IDEF0) กระบวนการจัดการคลังสินค้า แนวคิดระบบการจับเก็บสินค้าเทคนิคการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการคลังสินค้า หลักการวางแผนคลังสินค้า หลักการ ECRS และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการจัดการคลังสินค้า นำมาประยุกต์ใช้ในบริษัทกรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูปแห่งหนึ่งและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการคลังสินค้าได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ข้อเสนอแนะ

1. นำวิธีการวิเคราะห์ผังระบบงาน (IDEF0) และประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ในการปรับปรุงขั้นตอนกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารสัตว์แห่งหนึ่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้กับองค์กร

2. ควรมีการให้ความรู้ ฝึกอบรมพนักงานเป็นประจำและต่อเนื่อง เพื่อให้จัดการคลังสินค้ามีประสิทธิภาพและเพื่อให้พนักงานสามารถรักษามาตรฐานการผลิตไว้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษา พนักงานฝ่ายคลังสินค้าทุกท่านและนักศึกษาปริญญาโท รุ่นที่ 5 หลักสูตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ที่มีส่วนร่วมช่วยเหลือทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมันต์ เชื้อเจ็ดตน. (2545). การปรับปรุงกระบวนการธุรกิจและการบริหารจัดการคลังเก็บชิ้นส่วนห้อง

โดยสารรถชุด. โครงการงานวิจัยอุตสาหกรรมวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.

ไชยยศ ไชยมันคง และมยุขพันธ์ ไชยมันคง. (2552). กลยุทธ์การขนส่ง. นนทบุรี: บริษัทวิชั่น พรีเมคส์.

ดวงรัตน์ ชิวะปัญญาโรจน์ และศุภศักดิ์ พงษ์อนันต์. (2544). ความสูญเสีย 7 ประการ. กรุงเทพมหานคร:

สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

- ประเสริฐ ลาดสุวรรณ. (2549). การลดระยะทางการเคลื่อนย้ายสินค้าในคลังสินค้าโดยใช้ระบบการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่มสินค้า. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการขนส่งและโลจิสติกส์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
- พงศ์พัฒน์ เพ็ชรรุ่งเรือง. (2549). การปรับปรุงประสิทธิภาพขั้นตอนงานคลังสินค้า. วิทยานิพนธ์ปริญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- มงคล เหล่าวราพันธ์และคณะ.(2561).การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตสินค้าสี่สเปย์. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 13(3), 143-152.
- รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2552). การศึกษางานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: บริษัท สำนักพิมพ์ท็อปจำกัด.
- ศุภชัย นาทะพันธ์. (2551).การควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- เสาวนีย์ ลาดน้อยและอบเชย วงศ์ทอง.(2560).การพัฒนากระบวนการผลิตและคุณภาพข้าวเกรียบจากปลายข้าวสินเหล็ก. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์. 12(2), 19-27.
- Tompkins, A. J, & Smith, J. D. (2009). The warehouse Management handbook. New York :McGraw-Hill.

การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาข้างเหลืองแห้งด้วยน้ำโอโซน

ปกรณ์ แสนจิตต์^{1*} ชัชวาล มงคล² สุธี ประจักษ์ศักดิ์³ สายฝน เสกขุนทด⁴

Received : April 15, 2019

Revised : May 17, 2019

Accepted : August 1, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยของความเข้มข้นและระยะเวลาของน้ำโอโซนในกระบวนการผลิตปลาข้างเหลืองตากแห้ง ต่อสมบัติทางจุลชีววิทยาระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา โดยศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ปนเปื้อนตามธรรมชาติ และปลาข้างเหลืองชำแหละสดที่ผ่านการแช่น้ำโอโซน ที่ความเข้มข้นของโอโซน 0.5 0.75 และ 1 ppm เวลาแช่ 3 ระดับ คือ 10 15 และ 20 นาที โดยนำเนื้อปลาที่ผ่านการแช่น้ำโอโซนมาตากแห้งที่อุณหภูมิ 35–40 องศาเซลเซียส นาน 3-4 ชั่วโมง หรือจนกว่ามีค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Aw) ไม่เกิน 0.85 จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของโอโซนและระยะเวลาในการแช่น้ำโอโซนมากขึ้น สภาวะที่เหมาะสมคือ การใช้น้ำโอโซนความเข้มข้น 1 ppm แช่ระยะเวลา 20 ทำให้คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองชำแหละสดดีที่สุด

การศึกษาอายุการเก็บรักษामลิตภัณฑ์ที่ผ่านน้ำโอโซนความเข้มข้น 1 ppm โดยการบรรจุ ในถุง Polyethylene (PE) ปรับสภาวะสุญญากาศเปรียบเทียบกับสภาวะการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 5 °C) อุณหภูมิแช่เย็น (7 ± 2 °C) และอุณหภูมิแช่แข็ง (-18 °C) พบว่าปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผ่านการแช่น้ำโอโซนความเข้มข้น 1 ppm ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 5 °C) อุณหภูมิแช่เย็น (7 ± 2 °C) และอุณหภูมิแช่แข็ง (-18 °C) และบรรจุในสภาวะสุญญากาศสามารถเก็บรักษาได้นาน 45 วัน และไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อการบริโภคในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สภาวะบรรจุ

คำสำคัญ : โอโซน, ปลาข้างเหลืองแห้ง, คุณภาพทางจุลินทรีย์, สี, เนื้อสัมผัส, อายุการเก็บรักษา

^{1*,2,3} สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

⁴ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: pondpak@gmail.com

IMPROVEMENT OF QUALITY AND SHELF LIFE EXTENSION OF THE DRIED YELLOW-STRIPLE TREVALLY FISH (*Selaroides leptolepis*) BY USING OZONATED WATER

Pakorn Saenjit^{1*} Chatchawarn Mongkhon²
Sudhee Prajongsak³ Saifon Sekkhunthod⁴

Abstract

The objective of this work is to study the effect of concentration of concentration and duration of ozone water in the production of dried yellow fish On microbiological properties during production and storage By studying the total amount of microorganisms naturally contaminated And fresh yellow fish dissected through ozone water immersion At ozone concentrations of 0.5 0.75 and 1 ppm, 3 levels of soaking time were 10, 15 and 20 minutes. Water Activity (Aw) not more than 0.85 from the experimental results It was found that the amount of microorganisms tended to decrease when the concentration of ozone and the duration of ozone immersion increased. The right conditions are The use of ozone water concentration 1 ppm, soaking time 20, makes the microbiological quality of the yellow fish freshly dissected.

The shelf life of product with ozone concentration 1 ppm was studied by packing in polyethylene (PE) bags. Compare storage conditions. At room temperature (30 ± 5 ° C), chilled temperature (7 ± 2 ° C) and freezing temperature (-18 ° C). It was found that dried yellow fish that passed 1 ppm ozone concentration at room temperature (30 ± 5 ° C) Refrigerated temperature (7 ± 2 ° C) and freezing temperature (-18 ° C) and packed in a vacuum condition can be stored for 45 days. All product packed under different conditions were free from health hazard microorganisms.

Keywords : Ozone application, Dried yellow-stripe trevally fish, microbial quality, color, texture, shelf life

^{1*,2,3} Department of Industrial Management, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University,

⁴ Department of Computer Education, Faculty of Education, Rajabhat Rajanagarindra University

* Corresponding author, email: pondpak@gmail.com

บทนำ

อาหารทะเลเป็นสินค้าประมงที่มีมูลค่าสามารถนำเข้าประเทศจากการส่งออกสูง โดยเฉพาะกลุ่มปลาและผลิตภัณฑ์ จากสถิติการส่งออกปี 2559 มีปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์รวม 972,776,251 กิโลกรัม มีมูลค่าการส่งออก 109,663 ล้านบาท (ฐานเศรษฐกิจ, 2560, ออนไลน์) แต่การส่งออกอาหารทะเลนั้นบางครั้งประสบกับปัญหาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรค และอายุการเก็บรักษาที่สั้น ซึ่งก่อให้เกิดความไม่น่าเชื่อถือของสินค้าในแง่ความปลอดภัยของอาหาร ส่งผลเสียต่อภาพพจน์ของประเทศและทำให้ ผู้บริโภคเสี่ยงต่อการเกิดโรคจากอาหารเป็นพาหะ เชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในสินค้าอาหารทะเลเหล่านั้น ได้แก่ *vibrio spp.*, *Escherichia coli* และ *salmonella spp.* (Park *et al.*, 2004) เนื่องจากในระหว่างขั้นตอนการผลิตของอาหารทะเลมีหลายขั้นตอนและมีโอกาสสัมผัสกับแหล่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น น้ำใช้ คนงาน และอุปกรณ์ การล้างด้วยน้ำสะอาดเพียงอย่างเดียวไม่สามารถกำจัดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ชนิดก่อโรคให้ออกไปได้หมด แต่สามารถลดการปนเปื้อนนั้นได้ด้วยการล้างด้วยน้ำผสมสารฆ่าเชื้อ ซึ่งปัจจุบันเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญใน กระบวนการผลิตเพื่อลดจุลินทรีย์ก่อโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปลาสดและอาหารทะเลดิบ ตลอดจนผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำที่สามารถเสื่อมเสียได้ง่ายเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดอื่น ซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเชื้อจุลินทรีย์จะไปย่อยสลายประกอบของเนื้อปลา โดยเฉพาะสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen) จึงเหนียวทำให้เกิด กลิ่นที่ผิดปกติ (off-odor) และทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้น (Campos, Rodríguez, Losada, Aubourg & Barros velazquez, 2005)

จากข้อมูลการผลิตปลาตากแห้ง ตลอดทั้งปีมีการสูญเสียของผลิตภัณฑ์ของโรงงาน ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและการผลิต จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า มีการเกิดสูญเสียจากปัจจัยต่างๆ เช่น การเกิดการเหม็นเปรี้ยว เชื้อเกินมาตรฐาน จากปัจจัยดังกล่าวทำให้ต้องสูญเสียผลผลิตไปเป็นจำนวน 5,346 กิโลกรัม คิดเป็นการสูญเสียรายได้เท่ากับ 1,309,770 บาท ต่อปี ถ้าหากคิดในแง่กลับกัน หากมีการปรับปรุงการผลิตที่ดีขึ้นส่งผลให้การสูญเสียผลิตภัณฑ์ทั้งหมดไม่เกิดขึ้นและมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดีขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการเชื่อมั่นในกระบวนการผลิตและความพึงพอใจของลูกค้าอีกด้วย

จากสภาพปัญหาที่กล่าวมาผู้วิจัยได้เสนองานวิจัยจากการวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นกับคุณภาพผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตของบริษัท กรณีศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงครามซึ่งเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำตากแห้ง ที่พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด หรือไม่ก็อายุการเก็บสั้น โดยการวิจัยในครั้งนี้เริ่มต้นจากการประยุกต์ใช้ไอโซนทอดแทนสารประกอบคลอรีน ในกระบวนการเตรียมและล้างวัตถุดิบ รวมถึงการศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บของปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำไอโซน ซึ่งอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งส่งผลต่อการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพ กลิ่น และยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้นสำหรับการส่งออกทำให้อาหารมีคุณภาพที่ดีขึ้นและมีความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภค ลดค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีการเรียกคืนสินค้าหรือทำลายสินค้า ทั้งนี้ยังเพิ่มศักยภาพของตลาดสินค้าอาหารทะเลสู่โลกการค้า ส่งผลให้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้ไอโซนในกระบวนการล้างและติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ เนื้อสัมผัส และการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ในปลาข้างเหลืองตากแห้ง
2. เพื่อประเมินหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ได้จากประยุกต์ใช้น้ำไอโซนร่วมกับกระบวนการผลิต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 สถานที่จัดเก็บข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้คือ บริษัท กรณีสึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงครามซึ่งเป็นโรงงานแปรรูปอาหารทะเลตากแห้งส่งออก ประชากรเป็นปลาข้างเหลืองสด การสุ่มตัวอย่างโดยผู้วิจัยพิจารณาคัดเลือกการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (surpose sampling) เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์การวิจัย (ระพินทร์ โพธิ์ศรี, 2549) โดยคัดเลือกปลาข้างเหลืองตากแห้งเป็นตัวแทนในการวิจัย ซึ่งพิจารณาจากความเหมาะสม ต่างๆ เช่น มูลค่าและคุณสมบัติของสินค้า ปริมาณการส่งออก และคุณภาพมาตรฐานที่เข้มงวด

1.2 การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพปัญหาในการผลิตปลาข้างเหลืองแห้ง ของบริษัท กรณีสึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงคราม ศึกษาคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาข้างเหลืองแห้ง โดยใช้วิธีการจัดการและปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น โดยศึกษาแนวความคิดการใช้โอโซน (สุรพล รักปทุม, 2543) กระบวนการทำแห้งในอาหาร (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2559) การล้างสัตว์น้ำ (สิริพร ธนเสาวภาคย์, 2543) และคุณภาพอาหารและการควบคุมคุณภาพโดยการตรวจติดตาม (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2559,)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งเป็น 4 ส่วนด้วยกัน ได้แก่

2.1 วัตถุดิบ ได้แก่ ปลาข้างเหลือง ซอร์บิทอลและเกลือป่น

2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ อาหารเลี้ยงเชื้อ สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานวิจัย ได้แก่ เครื่องผลิตโอโซน (FA-5000, Thailand) เครื่องมือทางห้องปฏิบัติการ

2.4 แบบฟอร์มการบันทึกการผลิตปลาข้างเหลืองแห้ง ได้แก่ แบบฟอร์มตรวจสอบค่า Aw และแบบฟอร์มการบันทึกควบคุมอุณหภูมิ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเก็บข้อมูลด้วยผู้วิจัยเอง ณ สถานที่ประกอบการ เริ่มจาก

3.1 การศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียในวัตถุดิบปลาข้างเหลืองสด

3.2 การศึกษาศึกษาปริมาณความเข้มข้น และระยะเวลาในการแช่น้ำโอโซนต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองแช่แช่สด

3.3 การศึกษาศึกษาผลของน้ำโอโซนต่อคุณลักษณะทางจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองตากแห้ง

3.4 การศึกษาผลของการใช้น้ำโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาของปลาข้างเหลืองตากแห้ง ทดลองทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ กุมภาพันธ์ 2561 ถึง กรกฎาคม 2561 เป็นเวลาทั้งหมด 6 เดือน โดยมีรายละเอียดข้อมูล ได้แก่ ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ ทางด้านจุลินทรีย์ กายภาพ แต่ละการทดลอง ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวัดปริมาณโอโซน

4.2 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ มีดังนี้ (แปรผลพิจารณาผล อ้างอิงมาตรฐานกรมประมง)

4.2.1 Salmonella spp.

4.2.2 Coliform

4.2.3 Yeasts and mold

4.2.4 Total viable count

4.3 การวิเคราะห์ทางเคมี (แปรผลพิจารณาผล อ้างอิงมาตรฐานกรมประมง)

ได้แก่ วอเตอร์แอคทีวิตี (A_w)

4.4 การประเมินลักษณะประสาทสัมผัส (อ้างอิงมาตรฐานบริษัท กรณศึกษา)

ได้แก่ Hedonic Scale 9 – point

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการตามตอนขั้นตอนดังนี้

วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป ในขั้นตอนการประเมินทางประสาทสัมผัส

ประเด็นแรก ศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียในวัตถุดิบปลาข้างเหลืองสด การเก็บตัวอย่าง ลงพื้นที่เก็บตัวอย่างปลาข้างเหลืองสด ณ จุดรับวัตถุดิบ ของบริษัท กรณศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงครามโดยได้กำหนดการศึกษาในตอนต้นที่ 1 วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) และ Yeasts and Molds และ Salmonella spp. และ Coliform Bacteria

ประเด็นที่สอง ศึกษาปริมาณความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่น้ำโอโซนต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองสด โดยได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายได้ (dissolved ozone, dO3) ที่ใช้ในการทดลองมี 3 ระดับคือ 0.5 0.75 และ 1.0 ppm และระยะเวลา 10 15 และ 20 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านจุลินทรีย์ ทั้งนี้เปรียบเทียบกับสภาวะควบคุมคือเนื้อปลาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำโอโซน ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่ดีคือ ปริมาณผลทางด้านจุลินทรีย์ที่มีปริมาณน้อยที่สุด หรือเปลี่ยนแปลงต่ำสุด

ประเด็นที่สาม ศึกษาผลของน้ำโอโซนต่อคุณลักษณะทางเคมี และจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองสดแห้ง โดยเนื้อปลาข้างเหลืองที่แล้ จากการทดลองในตอนต้นที่ 2 มาทำการหมักกับส่วนผสมตามสูตร แล้วตากแห้งให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (A_w) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.85 ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะด้านจุลินทรีย์ ทั้งนี้เปรียบเทียบกับสภาวะควบคุมคือเนื้อปลาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำโอโซน

ประเด็นสุดท้าย ศึกษาผลของการใช้น้ำโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาของปลาข้างเหลืองสดแห้ง โดยใช้ความเข้มข้นของโอโซนและระยะเวลาสัมผัส จากการพิจารณาในตอนต้นที่ 3 บรรจุอาหารทะเลในถุงพลาสติก Polyethylene เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ได้ ใน 3 อุณหภูมิ คือ อุณหภูมิห้อง (35 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิ 7 และ -18 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุกวัน 15 วัน เป็นระยะเวลา 45 วัน ศึกษาคุณภาพวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองสดแห้ง และทำการทดสอบการยอมรับโดยวิธีการชิม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 ศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียในวัตถุดิบปลาข้างเหลืองสด จากการตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างปลาข้างเหลืองสด ที่เก็บจากบริเวณ จุดรับวัตถุดิบ บริษัท กรณศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงคราม จำนวน 3 ตัวอย่าง พบว่าในตัวอย่างปลาข้างเหลืองสด มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเฉลี่ย 4.9×10^6 CFU/g มีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดเฉลี่ย 2.4 per 0.1 g มี Yeasts and molds ทั้งหมดเฉลี่ย <10 CFU/g และ Salmonella spp. ทั้งหมดเฉลี่ย ND per 125 g

กองตรวจสอบรับรองมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ออก เรื่อง ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยสินค้าประมง มาตรฐานผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำสำหรับส่งออก ได้กำหนดชนิดของจุลินทรีย์ปริมาณเชื้อที่พบสำหรับอาหารที่บริโภคได้ ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ในกลุ่มสินค้าปลาแห้ง มีจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (total viable count) ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน 5.0×10^5 CFU/g. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน <3 MPN/g. *Salmonella* spp. ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้อง ND per 125 g. และ Yeasts and molds ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน 1.0×10^3 CFU/g. ในตัวอย่างที่ทำการทดสอบ

เนื่องด้วยปลาและผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ สามารถเสื่อมเสียได้ง่ายเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ เนื้อสัตว์ชนิดอื่นโดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการปนเปื้อนของ เชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์จะไปย่อย ส่วนประกอบของเนื้อปลา จึงเหนียวน้ำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติ (off-odor) และเกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ทะเลโดยทั่วไปจึงนิยมล้างวัตถุดิบก่อนแปรรูปด้วยสารละลายเกลือ โดยจากการศึกษาของ Mendes และ Nunes (1992) พบว่าการล้างเนื้อปลาสำหรับทำซูริมีด้วยน้ำเกลือจะช่วยกำจัดไขมัน ชาร์ โคพลาส- มิคโปรตีน (sarcoplasmic protein) สารอื่นๆ ที่ไม่ต้องการอย่าง เลือด สารสี (pigment) และสารประกอบให้กลิ่นออกจากเนื้อปลา นอกจากนี้การแช่เนื้อปลาในสารละลายน้ำเกลือสามารถช่วยปรับปรุงรสชาติ และความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ของเนื้อปลารวมถึงช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของ เชื้อจุลินทรีย์ได้ (ประมุข, 2552)

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่น้ำไอโซนต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองชำแหละสด

ผลของความเข้มข้นของน้ำไอโซนและระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ปลาข้างเหลืองชำแหละสด ซึ่งไอโซนมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ในช่วงกว้าง และสามารถต้านเชื้อได้ทั้ง แบคทีเรีย และสปอร์ของแบคทีเรียและรา จากการทดลองพบว่า ความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่น้ำไอโซนที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณยีสต์/รา บริเวณหนังปลาข้างเหลืองสดและเนื้อปลาข้างเหลืองชำแหละสดลดลง และมีแนวโน้มที่จะลดลงตามความเข้มข้น และระยะเวลาในการแช่น้ำไอโซนที่มากขึ้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปลาข้างเหลืองชำแหละสด ในสภาวะควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่ไอโซน พบว่าการใช้ไอโซนส่งผลให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์/รา ทั้งที่บริเวณหนังและเนื้อปลาลดลง เนื่องจากไอโซนเป็นตัวย่อยสลายโปรตีนที่รุนแรงจึงสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้

การฆ่าเชื้อของไอโซนจะมีกระบวนการที่ซับซ้อนในการจับกับเซลล์เมมเบรน ส่วนประกอบ ของผนังเซลล์ เช่น ไขมันไม่อิ่มตัว และสารประกอบที่อยู่ภายในเซลล์ เช่น เอนไซม์ และกรดนิวคลีอิก โดยปกติเชื้อจุลินทรีย์จะถูกทำลายจากการทำให้ผนังเซลล์แตก หรือเกิดการแยกเป็นส่วนๆ เพื่อให้ เกิดการรั่วของสารประกอบภายในเซลล์ กลไกการทำงานของไอโซนในการยับยั้งจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ โดยโมเลกุลของไอโซนจะเข้าไปทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นสาเหตุสำคัญในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่ ไอโซน โดยจุดแรกที่เกิดการสัมผัสระหว่าง ไอโซนและเชื้อแบคทีเรียจะเกิดบริเวณเซลล์เมมเบรน ทำให้เกิดการออกซิเดชันของกรดอะมิโน เช่น ทริปโตเฟน (tryptophan) หรือการออกซิเดชันของไกลโคโปรตีน (glycoprotein) และไกลโคลิพิด (glycolipid) ที่ผนังเซลล์ นอกจากนี้อนุมูลตัวกลางอิสระที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชันจะเป็นตัวเข้าทำลายเซลล์เมมเบรน ไฮโดรฟาสซึมโปรตีนและชั้นของไขมันในเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อน โปรตีนแล้วทำให้เซลล์แตก หรือการเข้าทำลายระบบหายใจของเซลล์จุลินทรีย์ได้ (Dave, 1999) พบว่าไอโซนสามารถทำลายผนังเซลล์ของ

Salmonella enteritidis ได้ ซึ่งไอโซนอาจเข้าไปทำลาย หน้าที่ของเซลล์โดยการทำปฏิกิริยากับหมู่ซัลไฮดริล (sulfhydryl) ของเอนไซม์ที่มีส่วนในการเกิดเมแทบอลิซึม (metabolism) ของเซลล์โดยเฉพาะซิสเตอีน (cysteine) (Ingram และ Haines, 1949; Chang, 1971; Chawla, 2006) ประสิทธิภาพของไอโซนในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์จะเร็วกว่าคลอรีน เนื่องจากคลอรีนต้องแพร่กระจายเข้าสู่เซลล์ผ่านผนังเซลล์ แล้วจึงไปยับยั้งกิจกรรมทางชีวเคมีของ เชื้อจุลินทรีย์ก่อนทำให้เชื้อจุลินทรีย์ตาย (ประมุข. 2552)

จากการทดลองพบว่าการแช่น้ำไอโซนที่ความเข้มข้น 1 ppm นาน 20 นาทีสามารถลด ปริมาณ เชื้อจุลินทรีย์ได้มากที่สุด เมื่อพิจารณาจากการทดลองพบว่าการใช้ไอโซนที่ความเข้มข้น 1 ppm นาน 20 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ ราได้ดี

จากการทดลองจะเห็นว่าความเข้มข้นของไอโซนที่ 1 ppm ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณ เชื้อจุลินทรีย์ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามการเพิ่มความเข้มข้นของไอโซนให้สูงกว่า 1 ppm อาจจะสามารถช่วยลด ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในปลาข้างเหลืองชำแหละลงได้อีก แต่จากการทดลองเบื้องต้นพบว่า ความเข้มข้นที่ผลิตได้ 1 ppm เป็นค่าจำกัดสูงสุด เนื่องจากปริมาณไอโซนที่เพิ่มมากกว่านี้จะทำให้เกิด off-gassing ที่ส่งผลกระทบต่อ ผู้ใช้งานได้เช่นเดียวกับระยะเวลาในการแช่น้ำไอโซน จากการทดลองนี้ พบว่าเวลา 20 นาทีเป็นเวลาสูงสุดที่ สามารถรักษาความเข้มข้นของไอโซนให้คงที่ตลอดการแช่เนื้อปลาข้างเหลืองชำแหละสดได้

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาผลของน้ำไอโซนต่อคุณลักษณะทางจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองตากแห้ง

ปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผลิตโดยทั่วไปมักจะพบปริมาณเชื้อแบคทีเรีย โคลิฟอร์มแบคทีเรีย Yeasts and molds และ *Samonella* spp. ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาผลของน้ำไอโซนต่อคุณสมบัติทาง ชีววิทยาของปลาข้างเหลืองตากแห้ง โดยเนื้อปลาข้างเหลืองจะถูกนำมาตากแห้งที่อุณหภูมิ 35 - 40 องศาเซลเซียส ประมาณ 3-4 ชั่วโมงจนกระทั่งค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (A_w) ได้ 0.85 ผลการทดลองพบว่าการแช่น้ำ ไอโซนที่ความเข้มข้น 1 ppm สามารถช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ รา ในเนื้อปลาทากแห้งได้ดี ที่สุด

จากการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของอัจฉรา แสนคม และคณะ (2553) พบว่าน้ำไอโซนสามารถ ยับยั้งปริมาณเชื้อทั้งหมดในตัวอย่างได้ เมื่อใช้น้ำไอโซนความเข้มข้น 0.5 ppm ล้างกุ้งขาว หมึกและเนื้อปลานิล แล เวลาล้าง 15 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเขย่าอย่างต่อเนื่องที่ความเร็วรอบ 150 rpm สามารถลดเชื้อทั้งหมดในตัวอย่างได้ 0.63 (ร้อยละ 76.92), 0.56 (ร้อยละ 72.03) และ 0.27 (ร้อยละ 46.4) log CFU/g ตามลำดับ และการทดลองไม่พบว่ามี การปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli* ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา ของ Mielcke และ Ried (2004) ที่รายงานว่า การใช้ไอโซนที่ความเข้มข้นต่ำเพียง 0.01 ppm สามารถทำลาย แบคทีเรียลงได้ ทั้งนี้เชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะ มีความไวต่อการถูกทำลายโดยไอโซนแตกต่างกัน เชื้อแบคทีเรีย จะสามารถถูกทำลายได้ง่ายกว่ายีสต์/ รา เชื้อแบคทีเรียแกรมบวกสามารถทำลายได้ง่ายกว่าแกรมลบ ในขณะที่ สปอร์สามารถทนต่อไอโซนได้

ตอนที่ 4 เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำไอโซนต่ออายุการเก็บรักษาของปลาข้างเหลืองตากแห้ง

จากการศึกษาผลของน้ำไอโซนต่อการเปลี่ยนแปลงในเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งระหว่างการเก็บ รักษาพบว่า การเก็บรักษาเนื้อปลาที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำไอโซนในสภาวะแช่แข็งมีแนวโน้มที่จะช่วยชะลอ การเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับผลของอุณหภูมิที่สภาวะการจัดเก็บปกติ ทั้งนี้ พบว่าอุณหภูมิส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ การเก็บรักษาเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผ่านการ แช่น้ำไอโซนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สามารถช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง หรือ 35 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้จากการทดลองพบว่าปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น ดังนั้นจากผลการทดลองจะเห็นว่าเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผ่านโอโซนทุกสภาวะการเก็บรักษาจะสามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 45 วันโดยที่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ / รา ไม่เกินข้อกำหนดของกรมประมง ซึ่งอายุการเก็บรักษาดังกล่าวมากกว่าเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ไม่ผ่านโอโซนประมาณ 3 เท่า เนื่องจากเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ไม่ผ่านโอโซนจะมีอายุการเก็บรักษาเพียง 0 วัน ในจุลินทรีย์ประเภท total viable ยกเว้น โคลิฟอร์มแบคทีเรีย, *Samonella* spp. และ Yeasts and molds ที่ผ่านเกณฑ์กำหนด

จากการประเมินลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงนำมาหาผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่ง ประเมินคุณภาพทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ตัวอย่างเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้ง ที่ผ่านโอโซนจะมีค่าสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับความชอบปานกลางทุกข้อข่ายการเก็บรักษา ทั้งนี้ค่าคุณลักษณะสี กลิ่นของเนื้อปลาทั้งจะมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าสภาวะในการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษา ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาข้างเหลืองแห้ง

สรุป

จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปผล ได้ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียในวัตถุดิบปลาข้างเหลืองสด

ตัวอย่างปลาข้างเหลืองสด ที่เก็บจากบริเวณ จตุรัสวัดดุสิต ของบริษัท กรณีสีกแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงคราม3 ตัวอย่าง พบว่าใน ตัวอย่างปลาข้างเหลืองสด มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดพบในปริมาณสูงเกินเกณฑ์ทั้งหมด มีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มี Yeasts and molds และ *Samonella* spp. อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด โดยมาตรฐานกองตรวจสอบรับรองมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ออกเรื่องข้อกำหนดด้านความปลอดภัยสินค้าประมง มาตรฐานผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำสำหรับส่งออก ได้กำหนดชนิดของจุลินทรีย์ปริมาณเชื้อที่พบสำหรับอาหารที่บริโภคได้ ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในกลุ่มสินค้าปลาแห้ง มีจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (total viable count) ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน 5.0×10^5 CFU/g. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน <3 MPN/g. *Samonella* spp. ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้อง ND per 125 g. และ Yeasts and molds ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน 1.0×10^3 CFU/g. โดยวัดจากจำนวนจุลินทรีย์ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบ

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่น้ำโอโซนต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองแช่และสด

ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตปลาข้างเหลืองตากแห้ง โดยศึกษาความเข้มข้นของน้ำโอโซน 3 ระดับ คือ 0.5, 0.75 และ 1 ppm ระยะเวลาในการแช่คือ 10, 15 และ 20 นาที พบว่าปลาข้างเหลืองแช่และสด ที่ผ่านการแช่น้ำโอโซนจะส่งผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ลดลง 1-2 logs โดยตัวอย่างทั้งหมดไม่พบปริมาณเชื้อ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย *Samonella* spp และ Yeasts and molds ในตัวอย่างการทดลอง ผลการทดลองพบว่าโอโซนที่ความเข้มข้น 1 ppm และระยะเวลา แช่ที่ 20 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และยีสต์/ราลงได้มากที่สุด

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาผลของน้ำไอโซนต่อคุณลักษณะทางจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองตากแห้ง

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่น้ำไอโซนปลาข้างเหลืองชำแหละสด ก่อนการตากแห้งพบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์/รา โดยการประยุกต์ใช้ไอโซนที่ความเข้มข้นสูง และระยะเวลาในการแช่นานขึ้นทำให้เชื้อจุลินทรีย์มีแนวโน้มลดลง เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง $1 - 2 \log \text{CFU} / \text{g}$. เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะควบคุมที่ไม่มีการใช้ไอโซน ในขณะที่ปริมาณยีสต์ รา ลดลง $0.60 \log \text{CFU/g}$. และ $0.95 \log \text{CFU/g}$ ตามลำดับ เนื่องจากไอโซนมีคุณสมบัติ เป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรงสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยการฆ่าจากการสัมผัส โดยตรงที่ผนังเซลล์ และยังส่งผลให้เกิดการออกซิเดชันของสารที่เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์

ตอนที่ 4 เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำไอโซนต่ออายุการเก็บรักษาของปลาข้างเหลืองตากแห้ง

จากการศึกษาเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาของเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผ่านการแช่น้ำไอโซน ที่ความเข้มข้น 1 ppm นาน 20 นาที หลังจากนั้นนำไปตากแห้งที่อุณหภูมิ 35- 40 องศาเซลเซียสจนกว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตี (A_w) ได้มากกว่า 0.85 แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 3 สภาวะคือการ เก็บรักษาที่สภาวะบรรยากาศ และสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 7 และ -18 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่ากระบวนการใช้ไอโซน การเก็บในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่ดีที่สุดที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งได้นาน 45 วัน ในขณะที่สภาวะไม่ควบคุม (ไม่ใช้ไอโซน เก็บในสภาวะบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ไม่สามารถเก็บรักษาได้ในวันที่ 0 ของการทดลอง ในส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมพบว่าคะแนนอยู่ในช่วงขอบปานกลาง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาถึงความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการทำลายเชื้อโรคชนิดนั้นๆ เพราะแม้ว่าน้ำไอโซนจะไม่ก่อให้เกิดสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม แต่น้ำไอโซนเป็นก๊าซที่มีกลิ่นฉุน หากผู้ใช้สัมผัสกับไอโซนที่ความเข้มข้นสูงมากหรือความเข้มข้นน้อยแต่สัมผัสเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดอาการแสบจมูก และอาจอาเจียนได้ จึงควรออกแบบเครื่องมือให้สามารถป้องกันกลิ่นฉุนนี้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการใช้น้ำไอโซนร่วมกับการใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ในด้านการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษา คณะอาจารย์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมทุกท่านที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ ชี้แนะแนวทาง ให้คำแนะนำ ในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดา ผู้ที่ให้ชีวิต ความรู้ ทุกสิ่งทุกอย่างกับข้าพเจ้า และเป็นกำลังใจ สนับสนุนด้วยดีตลอดมา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่บุคคลที่สนใจที่จะศึกษาในเรื่องของความเป็นไปได้ นำข้อมูลในส่วนที่เหมาะสมไปประยุกต์ใช้ในงานวิทยานิพนธ์เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ฐานเศรษฐกิจ. รายงานสถานการณ์ส่งออกประจำปี 2560. (online). เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 15 ธันวาคม 2560.

จาก <http://www.thansettakij.com>

ประมุข กระจกสุกสถิตย์. (2552). การปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพ เนื้อสัมผัสและอายุการเก็บรักษาของ
ปลานิลแดงเดียวโดยใช้การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำร่วมกับน้ำไอโซน. กรุงเทพฯ: ภาควิชา
เทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระพีพันธ์ โพธิ์ศรี. (2549). สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ : ด้านสุทธาการพิมพ์.

สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง. (2560). การคัดแยกและศึกษาสมบัติบางประการของแอคติโนแบคทีเรียที่มีผลต่อ
การเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย. วารสารวิจัยและ
พัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 12(1), 107-117.

สุรพล รักปทุม. (2543) ไอโซนเพื่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.

สิริพร ธนเสาวภาคย์. (2543). ไอโซนกับความปลอดภัยในอาหาร. อาหาร 30 (2): 79-86.

อัจฉรา แสนคม, น้ำทิพย์ ชันทยาภรณ์ และวราภา มหากาญจนกุล. (2553). การประยุกต์การใช้สารฆ่าเชื้อ
กลุ่มออกซิไดส์ซึ่งเพื่อกำจัดจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Campos, C. A., O. R. guez, V. Losada, S. P. Aubourgc and J. B. Zquez. (2005). Effects of storage
in ozonised slurry ice on the sensory and microbial quality of sardine (*Sardina*
pilchardus). Int. J. Food Microbiology. 103: 121– 130. Microbiology. 91: 13–18.

Park, H., Y. C. Hung and D. Chung. (2004). Effects of chlorine and pH on efficacy of
electrolyzed water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria*
monocytogenes. Int. J. Food

ภาวะสุขภาพจิตของผู้สูงอายุจังหวัดชัยภูมิ
กรณีศึกษา : ตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ

ศักดิ์ชาย เพ็ชรตรา^{1*} มรรยาท เพ็ชรตรา² ทศพร ชูศักดิ์³

Received : May 1, 2019

Revised : June 25, 2019

Accepted : August 1, 2019

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนามุ่งหมายเพื่อศึกษาภาวะสุขภาพจิตของผู้สูงอายุและศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ และเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้สูงอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปในตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ จำนวน 400 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามวัดภาวะสุขภาพจิตของผู้สูงอายุ และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้สถิติเชิงอนุมานคือ การทดสอบไค-สแควร์ เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ และการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ

ผลการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุที่มีภาวะซึมเศร้า อยู่ในระดับมีสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไป ร้อยละ 74.0 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพสมรส และการศึกษา ปัจจัยด้านครอบครัวและเศรษฐกิจ ประกอบด้วย รายได้เฉลี่ยต่อเดือน แหล่งรายได้หลัก และความเพียงพอของรายได้ และปัจจัยด้านสุขภาพ ได้แก่ การมีโรคประจำตัว สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อายุ แหล่งรายได้หลัก การมีโรคประจำตัว และความสัมพันธ์ในครอบครัว โดยสามารถรวมทำนายภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุได้ ร้อยละ 24.2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .001$)

คำสำคัญ : ภาวะสุขภาพจิต, ผู้สูงอายุ

¹ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ จังหวัดชัยภูมิ

² นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ โรงพยาบาลลำสนธิ อำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี

³ อาจารย์ประจำคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: sakpattr@gmail.com

THE MENTAL HEALTH OF ELDERLY IN CHAIYAPHUM PROVINCE
CASE STUDY: NAPHAH SUB-DISTRICT, MUANG CHAIYAPHUM DISTRICT,
CHAIYAPHUM PROVINCE

Sakchai Pattra^{1*} Manyart Pattra² Thassaporn Chusak³

Abstract

This descriptive research aims to: 1) study the mental health of the elderly, 2) study the mental health of the elderly, and 3) to study factors that affect mental health in the elderly. The 400 samples used in this study were males and females aged more than 60 years in Naphai sub district, Muang Chaiyaphum district, Chaiyaphum province and during August and December 2557. The tools was a questionnaire survey has two parts 1) general information of the elderly and 2) the test of mental health indicators for Thailand by the Department of Mental Health, Ministry of Public Health. Analyzed data using descriptive statistics i.e. percentage, mean. The inferential statistics to analyze the relationship and effected between personal factors and mental health indicators were used Chi-square method and Stepwise Multiple Regression Analysis.

The results showed that: The most of mental health levels of elderly in lower than the general citizen 74.00%. The factors associated with the depression ($P < 0.05$) were 1) personal factors i.e. sex, age, marital status and education, 2) family and economic factors i.e. average income per month, source of income, enough of income and 3) health factors i.e. congenital disease. The factors that effect of the depression in the elderly with statistically significant i.e. age, main source of income, congenital disease and a amicable relationship family with That could predict depression in elderly 24.20 percent statistically significant ($P < 0.001$).

Keywords : mental health, elderly

¹ Faculty of Art and Science, Chaiyaphum Rajabhat University

² Lomsonthi Hospital, Lopburi province

³ Faculty of Public Health, Valaya Alongkom Rajabhat University under the Royal Patronage

* Corresponding E-mail: sakpattra@gmail.com

บทนำ

ปัจจุบันจำนวนผู้สูงอายุทั่วโลกมีมากขึ้น และสิ่งหนึ่งที่มักจะตามมาภัยที่สูงขึ้นก็คือ ปัญหาด้านสุขภาพ เช่น โรคหัวใจ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขข้อและกระดูกเสื่อมสภาพ โรคสมองเสื่อม รวมทั้งปัญหาทางด้านจิตใจที่เกิดจากภาวะซึมเศร้าจากค่าประมาณประชากรขององค์การสหประชาชาติ ปี พ.ศ. 2547 และคณะกรรมการสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติปี พ.ศ. 2546 ชี้ว่าทั้งจำนวนประชากรรวม ประชากรผู้สูงอายุ และสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุของประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก ประมาณ 26.6 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2503 เป็น 61.4 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2543 และจะเพิ่มเป็น 72.6 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2568 เช่นเดียวกับ จำนวนประชากรผู้สูงอายุที่เพิ่มจาก 1.3 ล้านคน เป็น 5.7 ล้านคน และ 14 ล้านคน ในแต่ละปี พ.ศ. เดียวกัน และจากการคาดการณ์จำนวนประชากรสูงอายุของประเทศไทย โดยองค์การสหประชาชาติ พบว่า ในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2543-2563 จะมีผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นจาก 4.49 ล้านคน เป็น 10.04 ล้านคน โดยส่วนใหญ่การเพิ่มขึ้นพบในกลุ่มอายุ 60-79 ปี (เล็ก สมบัติ, ศติพัฒน์ ยอดเพชร และ ธนิกันต ศักดาพร, 2554) สะท้อนจำนวนผู้สูงอายุที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปในเขตตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ สภาพชุมชนเป็นชุมชนขนาดใหญ่ อยู่ห่างจากตัวอำเภอเมืองประมาณ 15 กิโลเมตรเป็นชุมชนเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การคมนาคมมีรถโดยสารประจำทาง มีศูนย์บริการสุขภาพอนามัย คือ โรงพยาบาลชัยภูมิและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนาฝาย จากข้อมูลจำนวนประชากรทั้งหมดในปี 2554 มีประชากร 11,574 คน เป็นผู้สูงอายุ 1,464 คน คิดเป็นร้อยละ 12.64 ของประชากรทั้งหมดในปี 2555 มีประชากร 12,030 คน เป็นผู้สูงอายุ 1,896 คน คิดเป็นร้อยละ 15.76 และ ประชากรทั้งหมดในปี 2556 มี 12,160 คน เป็นผู้สูงอายุ จำนวน 2,173 คิดเป็นร้อยละ 17.87 สะท้อนจำนวนผู้สูงอายุในแต่ละปีที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆและจำนวนผู้สูงอายุที่มีปัญหาสุขภาพจิตและจิตเวช ในปี 2553-2556 มีจำนวน 23 คน ซึ่งเป็นเป็นผู้ป่วยผู้สูงอายุ อายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป แยกเป็นชาย 17 คน หญิง 6 คน ส่วนมากเป็นผู้ป่วยซีโพรเนีย (Schizophrenia) ภาวะซึมเศร้า และ วิตกกังวล (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนาฝาย, 2560)

การเปลี่ยนแปลงของผู้สูงอายุมีข้ออยู่ที่ยาวนานแต่เพียงเท่านั้น แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงของร่างกายที่เห็นได้ชัดเจน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายๆอย่าง เช่น พันธุกรรม การดำเนินชีวิต และสภาพจิตใจ เป็นต้น เห็นได้จากผู้สูงอายุบางคนแม้อายุมากแต่ยังคงไม่แก่แต่บางคนอายุไม่มากแต่ทำไมดูแก่เกินวัย ทั้งนี้เป็นเพราะองค์ประกอบดังได้กล่าวมาแล้ว ฉะนั้นการยอมรับการเปลี่ยนแปลงของผู้สูงอายุจะขึ้นอยู่กับการได้รับการศึกษา ให้ความรู้เมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านร่างกาย พบว่า มีการเสื่อมถอยของร่างกายอย่างรวดเร็วทั้งทางด้านกายภาพและการทำหน้าที่ของร่างกาย การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนต่างๆส่งผลกระทบต่อการทำงานที่ของร่างกายทุกระบบ เช่น ความอยากอาหาร การรับรู้รสชาติ การได้ยิน การรับสัมผัส การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ด้านสังคม พบว่า ความสามารถและความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมลดลง แยกตัวเองออกจากสังคม ด้านจิตใจ พบว่า มีอารมณ์อ่อนไหวง่าย น้อยใจ โกรธ กังวล คิดมาก บางรายที่รุนแรงอาจมีอาการซึมเศร้าและสิ้นหวัง ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงด้านร่างกายตามวัยนั่นเอง (นิพนธ์ ดาราวุฒิมาประกรณ์, 2552) สะท้อนผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้สูงอายุ ที่ถึงแม้การเปลี่ยนแปลงเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุจะมีลักษณะโดยรวมตามธรรมชาติเหมือนกันในทุกคน ทุกเชื้อชาติ ศาสนา หากแต่การเข้าสู่ความชราอาจเร็วช้าต่างกันขึ้นกับปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น สิ่งแวดล้อม การดูแลสุขภาพ พันธุกรรมภาวะสุขภาพของแต่ละบุคคล บทบาทและการยอมรับของผู้สูงอายุแต่ละคน จำเป็นอย่างยิ่งที่บุคคลรอบข้างควรให้ความสนใจการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้

ปัจจุบันปัญหาสุขภาพจิตของผู้สูงอายุขยายวงกว้างเป็นปัญหาในระดับโลกผลงานวิจัยพบว่า ผู้สูงอายุ 1 ใน 65 คน เป็นโรคซึมเศร้า ร้อยละ 5.00 ของผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป และร้อยละ 25.00 ของผู้สูงอายุที่มีอายุ 85 ปีขึ้นไป จะเป็นโรคสมองเสื่อม ซึ่งเป็นปัญหาสุขภาพจิตที่พบบ่อยในผู้สูงอายุ โรคซึมเศร้าจะทำให้ผู้สูงอายุรู้สึกมีอารมณ์เศร้า หหมดความสนใจในสิ่งที่เคยสนใจ มีอาการเบื่ออาหาร นอนไม่หลับ และนอกจากอาการเหล่านี้จะมีผลต่อผู้สูงอายุแล้วยังมีผลกระทบต่อครอบครัวและผู้ดูแลผู้สูงอายุด้วย ผู้ที่ป่วยเป็นโรคซึมเศร้ามีความเสี่ยงต่อการฆ่าตัวตาย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่สนับสนุนให้ผู้สูงอายุเป็นโรคซึมเศร้า คือ สถานะทางเศรษฐกิจและสังคม ขาดการบริการการรักษายาบาล เข้าถึงสิทธิทางสังคมได้ยาก รู้สึกโดดเดี่ยวไร้ญาติขาดมิตร ผู้สูงอายุเป็นผู้ที่มีความเปลี่ยนแปลงมาก ทั้งร่างกาย จิตใจ สังคม สิ่งแวดล้อม ภาวะซึมเศร้าจะทำให้โรคทางกายที่เป็นอยู่มีอาการมากขึ้น หรือทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนได้ง่ายขึ้น ถ้ามีอาการรุนแรงจะมีอันตรายจากการทำร้ายตนเองได้ มีรายงานการฆ่าตัวตายในผู้สูงอายุ ซึ่งพบว่า ร้อยละ 90 มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้า (ทิพาภรณ์ เกษตรสินธุ์, 2551)

จากข้อมูลข้างต้นสามารถประมวลผลในภาพรวมของภาวะสุขภาพจิตของผู้สูงอายุได้ว่าผู้สูงอายุเป็นบุคคลที่มีความสำคัญและควรจะได้รับความรู้ทั้งในเรื่องกายภาพและสุขภาพจิต โดยเฉพาะในส่วนของสุขภาพจิต ผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของภาวะสุขภาพจิตในผู้สูงอายุ จึงได้ทำการวิจัยในเรื่องภาวะสุขภาพจิตของผู้สูงอายุ กรณีศึกษา ตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิขึ้น เพื่อใช้ข้อมูลเป็นแนวทางในการจัดทำแผนส่งเสริมสุขภาพจิตสำหรับผู้สูงอายุและเป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้ประโยชน์ด้านการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุให้มีการใช้ชีวิตได้อย่างปกติสุข และคาดหวังว่าผลงานวิจัยจะสามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานให้หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านสุขภาพนำไปใช้ในการวางแผนการจัดบริการหรือจัดกิจกรรมให้แก่ผู้สูงอายุให้เหมาะสมถูกต้องต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาภาวะสุขภาพจิตของผู้สูงอายุในเขตตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ ในตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ
3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะสุขภาพจิตของผู้สูงอายุ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุและปัจจัยที่มีผลต่อภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ ตำบลนาฝาย อำเภอเมืองชัยภูมิ จังหวัดชัยภูมิ

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ บุคคลที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ตำบลนาฝาย จำนวน 2,173 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ บุคคลที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ โดยกำหนดลักษณะผู้สูงอายุที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง คือ 1) ยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย 2) สามารถอ่านและเขียนภาษาไทยได้ 3) ไม่มีอาการแสดงอย่างชัดเจนของความเจ็บป่วยทางด้านร่างกาย หรือจิตใจชนิดเฉียบพลัน หรือเรื้อรัง 4) ไม่มีประวัติไข้ยาเสพติด หรือโรคพิษสุราเรื้อรังและ 5) ไม่ใช่ว่าที่มีฤทธิ์ต่อจิตประสาท อย่างน้อยหนึ่งสัปดาห์ก่อนทำการศึกษาวินิจฉัย และคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยคำนวณจากสูตรของ ยามาเน่ (Yamane, 1970) ได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 338 คน เพื่อความสมบูรณ์ของผลงานวิจัย ผู้วิจัยได้เพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างเป็น 400 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบสอบถามประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 แบบสอบถาม ปัจจัยส่วนบุคคล ส่วนที่ 2 แบบทดสอบดัชนีชี้วัดสุขภาพจิตคนไทยฉบับสมบูรณ์ 55 ข้อ โดยคำตอบจะมี 4 ตัวเลือก คือ ไม่เลย เล็กน้อย มาก และมากที่สุด การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยการหาความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามรายข้อ และการหาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามการวิจัยที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบก่อนการเก็บข้อมูลจริง (Try out) กับผู้สูงอายุที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ตำบลห้วยต้อน อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิจำนวน 30 คน นำมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาร์ค (Cronbach's Coefficient Alpha) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86

เก็บรวบรวมข้อมูลโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจำนวน 2 คน ได้ชี้แจงให้ผู้เกี่ยวข้องทราบเพื่อการเก็บข้อมูลที่ถูกต้อง ครบถ้วนและสมบูรณ์ ใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2560

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป มีรายละเอียดดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) เพื่ออธิบายปัจจัยคุณลักษณะส่วนบุคคล ปัจจัยด้านครอบครัวและเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านสุขภาพ และภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยการวิเคราะห์ค่าไค-สแควร์ (Chi-Square Test) ในการหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่เป็นอิสระต่อกัน
3. การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) พยากรณ์ตัวแปรตามหนึ่งตัวซึ่งส่งผลมาจากตัวแปรต้นตั้งแต่สองตัวขึ้นไป

ผลการวิจัย

ผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง ร้อยละ 53.00 ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 60 - 69 ปี ร้อยละ 60.30 โดยมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 68.41 ปี ผู้สูงอายุมีสถานภาพสมรสคู่มากกว่าครึ่งหนึ่งคือร้อยละ 75.50 ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 76.75

ปัจจัยด้านครอบครัวและเศรษฐกิจ ผู้สูงอายุส่วนใหญ่อาศัยอยู่กับคู่สมรสหรือบุตรหลานถึง ร้อยละ 77.80 และส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์ในครอบครัวรักใคร่กันดี ร้อยละ 80.50 ผู้สูงอายุที่ไม่มีรายได้ ร้อยละ 8.80 และผู้สูงอายุที่มีรายได้ ร้อยละ 91.30 โดยรายได้เฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 501-1,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 48.00 แหล่งรายได้ส่วนใหญ่ได้มาจากรับการช่วยเหลือจากรัฐบาล ร้อยละ 46.80 ส่วนใหญ่มีรายได้ไม่เพียงพอ ร้อยละ 48.30

ปัจจัยด้านภาวะสุขภาพกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 3 ใน 4 มีโรคประจำตัว คิดเป็นร้อยละ 70.00 โดยโรคประจำตัวที่พบมากที่สุด คือ โรคเบาหวาน รองลงมาคือโรคความดันโลหิตสูง โรคระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ และโรคระบบทางเดินอาหาร คิดเป็นร้อยละ 22.30, 21.80, 20.50 และ 2.50 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ภาวะสุขภาพจิตในผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่างตำบลนาฝายในช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลจำนวน 400 คน พบว่ามีผู้สูงอายุที่มีสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไปจำนวน 296 คน คิดเป็นร้อยละ 74.00 ผู้สูงอายุที่

มีสุขภาพจิตเท่ากับคนทั่วไปจำนวน 93 คนคิดเป็นร้อยละ 23.30 และผู้สูงอายุที่มีสุขภาพจิตมากกว่าคนทั่วไปจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 2.70 ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุจำแนกตามกลุ่มสุขภาพจิต (n=400)

ภาวะซึมเศร้า	จำนวน (n=400)	ร้อยละ
มีสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไป (Poor)	296	74.00
มีสุขภาพจิตเท่ากับคนทั่วไป (Fair)	93	23.30
มีสุขภาพจิตมากกว่าคนทั่วไป (Good)	11	2.70

ผลการวิเคราะห์ผู้สูงอายุที่มี และไม่มีภาวะซึมเศร้าจำแนกตามเพศจากการคัดกรองจำนวนผู้สูงอายุที่มี และไม่มีภาวะซึมเศร้า (ตารางที่ 2) พบว่าผู้สูงอายุที่มีภาวะซึมเศร้า ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 84.57 ส่วนเพศหญิงร้อยละ 61.79 ของจำนวนผู้สูงอายุทั้งหมดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุที่มีและไม่มีภาวะซึมเศร้าจำแนกตามเพศ (n=400)

ภาวะซึมเศร้า	เพศ				รวม	
	ชาย		หญิง			
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ไม่มีภาวะซึมเศร้า	29	15.43	81	38.21	110	27.50
มีภาวะซึมเศร้า	159	84.57	131	61.79	290	72.50
รวม	188	100.00	212	53.00	400	100.00

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ พบว่า เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน แหล่งรายได้หลัก และความเพียงพอของรายได้ มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) โดยมีค่าความสัมพันธ์ (ค่า X^2) เท่ากับ 40.38, 70.98, 17.07, 88.46, 51.51, 36.10, 20.03 ตามลำดับ สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยคือ ปัจจัยส่วนบุคคลมีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝาย ส่วนการมีรายได้ไม่มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝาย

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านครอบครัวและเศรษฐกิจกับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ พบว่า ลักษณะการอยู่อาศัย และความสัมพันธ์ในครอบครัว ไม่มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝาย ($p > .001$) ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสุขภาพกับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ พบว่า การมีโรคประจำตัวมีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) โดยมีค่าความสัมพันธ์ (ค่า X^2) เท่ากับ 17.88 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยคือ ปัจจัยด้านสุขภาพมีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝาย ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยครอบครัวและเศรษฐกิจ และปัจจัยด้านสุขภาพ กับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุตำบลนาฝาย

ข้อมูลปัจจัย	สุขภาพจิตมากกว่า คนทั่วไป		มีสุขภาพจิตเท่ากับ คนทั่วไป		มีสุขภาพจิต ต่ำกว่าคนทั่วไป		χ ²	P-value
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ		
ปัจจัยส่วนบุคคล								
เพศ								
ชาย	9	2.25	18	4.50	161	40.25	40.38	0.00
หญิง	2	0.50	75	18.75	135	33.75		
อายุ								
60 – 69 ปี	0	0.0	37	2.95	204	51.00	70.98	0.00
70 – 79 ปี	11	2.75	55	13.75	64	16.00		
80 ปี ขึ้นไป	0	0.0	1	0.25	28	7.00		
สถานภาพสมรส								
โสด	3	0.75	3	0.75	17	42.50	17.07	0.00
คู่	8	2.00	79	19.75	215	53.75		
หม้าย/หย่า/แยก	0	0.00	11	2.75	64	16.00		
ระดับการศึกษา								
ไม่ได้เรียน	0	0.0	2	0.50	72	18.00	88.46	0.00
ประถมศึกษา	5	1.24	84	21.0	218	54.50		
มัธยมศึกษาขึ้นไป	6	1.50	7	1.750	6	1.50		
ปัจจัยด้านครอบครัวและเศรษฐกิจ								
เศรษฐกิจ								
ลักษณะการอยู่อาศัย								
อยู่คนเดียว	3	0.75	9	2.25	53	13.50	6.26	0.18
อยู่กับคู่/บุตรหลาน	8	2.00	80	20.00	223	55.75		
คนอื่นที่ไม่ใช่ญาติ	0	0.00	4	1.00	20	5.00		
ความสัมพันธ์ในครอบครัว								
รักใคร่กันดี							0.538	0.76
ต่างคนต่างอยู่/ขัดแย้งกัน	8	2.00	74	18.50	240	60.00		
	3	0.75	19	3.75	56	13.50		
รายได้ของผู้สูงอายุ								
ไม่มีรายได้	3	0.75	6	1.50	26	6.50	5.34	0.70
มีรายได้	8	2.00	87	21.75	270	67.50		
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน								
ไม่เกิน 1,000 บาท	0	0.00	39	9.75	196	49.00	51.51	0.00
1,001 – 3,000 บาท	6	1.50	12	3.00	53	15.25		
มากกว่า 3,000 บาท	5	1.25	42	10.50	47	11.75		
แหล่งรายได้หลัก								
บุตรหลาน/คู่สมรส	11	2.75	55	13.75	98	24.50	36.10	0.00
หารายได้เอง/การช่วย	0	0.00	38	9.50	198	49.50		
เหลือจากภาครัฐ								

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ข้อมูลปัจจัย	สุขภาพจิตมากกว่า คนทั่วไป		มีสุขภาพจิตเท่ากับ คนทั่วไป		มีสุขภาพจิต ต่ำกว่าคนทั่วไป		χ^2	P-value
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ		
ความเพียงพอของรายได้ พอเพียงและมีเงินเก็บ ไม่เพียงพอและเป็นหนี้	8	1.55	44	7.75	82	19.00	20.03	0.00
	3	0.75	49	12.255	214	53.50		
รายได้ของผู้สูงอายุ ไม่มีรายได้ มีรายได้	3	0.75	6	1.50	26	6.50	5.34	0.70
	8	2.00	87	21.75	270	67.50		
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ไม่เกิน 1,000 บาท 1,001–3,000 บาท มากกว่า 3,000 บาท	0	0.00	39	9.75	196	49.00	51.51	0.00
	6	1.50	12	3.00	53	15.25		
	5	1.25	42	10.50	47	11.75		
แหล่งรายได้หลัก บุตรหลาน/คู่สมรส หารายได้เอง/การ ช่วยเหลือจากภาครัฐ	11	2.75	55	13.75	98	24.50	36.10	0.00
	0	0.00	38	9.50	198	49.50		
ปัจจัยด้านสุขภาพ								
การมีโรคประจำตัว ไม่มีโรคประจำตัว มีโรคประจำตัว	6	1.50	42	10.50	72	18.00	17.88	0.00
	5	1.25	51	12.75	224	56.00		

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา การมีรายได้ของผู้สูงอายุ รายได้โดยเฉลี่ยต่อเดือน แหล่งรายได้ และความเพียงพอของรายได้ ปัจจัยด้านครอบครัวที่มีผลต่อภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ ได้แก่ ลักษณะการอยู่อาศัย และความสัมพันธ์ในครอบครัว และปัจจัยด้านสุขภาพที่มีผลต่อภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุ ได้แก่ การมีโรคประจำตัว โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) แบบเพิ่มตัวแปรทีละตัว (Stepwise) เพื่อทำนายภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านครอบครัว และปัจจัยด้านสุขภาพมีผลต่อการเกิดภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเพื่อค้นหาตัวแปรทำนายที่ดีที่สุดในการทำนายภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝาย จังหวัดชัยภูมิ พบว่า อายุ แหล่งรายได้หลัก การมีโรคประจำตัว มีผลต่อภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝาย ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย โดยตัวแปรทำนายอันดับแรกๆที่เข้าสู่สมการคืออายุตัวแปรทำนายอันดับที่ 2 คือแหล่งรายได้หลัก ตัวแปรทำนายอันดับที่ 3 คือการมีโรคประจำตัว และตัวแปรทำนายอันดับที่ 4 คือ ความสัมพันธ์ในครอบครัว ซึ่งตัวแปรทำนายทั้ง 4 ตัวสามารถร่วมทำนายภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยทำนายได้ร้อยละ 24.20 โดยอำนาจการทำนายเพิ่มขึ้นจากการใช้ตัวทำนายสามตัวแรกร้อยละ 1.30 ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน (β) เท่ากับ .114 ($p < .001$) โดยตัวแปรทำนายอันดับแรกอันดับที่ 2 และอันดับที่ 3 มีค่า

สัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน (β) เท่ากับ $-.318$ ($p < .001$), $-.280$ ($p < .001$) และ $-.251$ ($p < .001$) ตามลำดับโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์เท่ากับ $.057$ และค่าคงที่ของการสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบเท่ากับ 1.825 ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 แสดงตัวแปรปัจจัยที่ทำนายภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝาย

ตัวแปรทำนาย	b	SE	β	t	Sig.
อายุ	-.332	.057	-.318	-7.117	.000***
แหล่งรายได้	-.290	.047	-.280	-6.280	.000***
การมีโรคประจำตัว	-.279	.046	-.251	-5.700	.000***
ความสัมพันธ์ในครอบครัว	.147	.057	.114	2.565	.000***
R = .492		R ² = .242		F = 31.565	
SE _{est} = .057		Constant = 1.825		Sig = .000***	

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝาย สามารถเขียนสมการพยากรณ์ในรูปของคะแนนดิบและคะแนนมาตรฐานได้ดังต่อไปนี้

$$Y = -.332(\text{อายุ}) + (-.290)\text{แหล่งรายได้หลัก} + (-.279)\text{การมีโรคประจำตัว} + .147(\text{ความสัมพันธ์ในครอบครัว})$$

$$Z = -.318(\text{อายุ}) + (-.280)\text{แหล่งรายได้หลัก} + (-.251)\text{การมีโรคประจำตัว} + .114(\text{ความสัมพันธ์ในครอบครัว})$$

สรุปและอภิปรายผล

กลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุตำบลนาฝายส่วนมากมีสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไป ร้อยละ 74.0 จากการศึกษาของदारु้ง เกิดสิน (2548) พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุระหว่าง 56 – 65 ปี มีภาวะซึมเศร้า ร้อยละ 93.75 การศึกษาของนิพนธ์ ดาราวุฒิมาปกรณ์ (2552) พบว่า ผู้สูงอายุในพื้นที่เฝ้าระวังทางประชากรกาญจนบุรี มีภาวะซึมเศร้า ร้อยละ 27.5 ขณะที่การศึกษาของจินตนา เหลืองศิริเอียร (2550) พบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่มีภาวะซึมเศร้า (ปกติ) ร้อยละ 47.9 มีภาวะซึมเศร้าเล็กน้อย ร้อยละ 44.4 มีภาวะซึมเศร้าปานกลาง ร้อยละ 6.2 และมีภาวะซึมเศร้ารุนแรง ร้อยละ 1.5 โดยจินตนาให้เหตุผลว่าผู้สูงอายุได้รับการสนับสนุนทางสังคมที่ดี ได้รับการปฏิบัติที่ดีจากสมาชิกในครอบครัว รวมทั้งอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดีทำให้ผู้สูงอายุเหล่านี้ไม่มีภาวะซึมเศร้า จะเห็นได้ว่าภาวะซึมเศร้าที่พบในผู้สูงอายุนั้น ไม่ได้เกิดจากปัจจัยหนึ่งปัจจัยเดียวแต่เกิดจากอิทธิพลของปัจจัยด้านต่างๆ ร่วมกัน ทั้งปัจจัยด้านชีววิทยา ปัจจัยด้านจิตวิทยา และปัจจัยทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม

1. อายุมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ จะเห็นได้จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไป เป็นกลุ่มอายุระหว่าง 60-69 ปี ร้อยละ 51 อาจเป็นเพราะกลุ่มผู้สูงอายุนี้อยู่ในตำบลนาฝายไม่ชอบการเข้าสังคม ไม่ร่วมทำกิจกรรมทางสังคมร่วมกับบุคคลอื่น มีการมาพบปะพูดคุยน้อย ทำให้โอกาสเกิดภาวะซึมเศร้าได้มาก

2. เพศมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ พบว่ากลุ่มผู้สูงอายุเพศชายมีสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไป มากกว่ากลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ

เพศหญิงเพียงเล็กน้อย คือ ร้อยละ 84.57 และร้อยละ 61.79 ตามลำดับ อาจเป็นเพราะผู้สูงอายุเพศหญิงในปัจจุบันให้ความสำคัญและความสนใจในการปฏิบัติกิจกรรมทางศาสนามากขึ้น การไปวัดทำบุญ ฟังเทศน์ ฟังธรรมช่วยส่งเสริมสุขภาพทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และมีความสุข ทำให้สามารถยอมรับ ปรับตัว และทำใจยอมรับกับปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในชีวิตได้ดีขึ้น โดยไม่เก็บมาคิดให้เกิดเป็นภาวะซึมเศร้าขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจินตนา เหลืองศิริเธียร (2550) พบว่า ผู้สูงอายุเพศชายและผู้สูงอายุเพศหญิงมีภาวะซึมเศร้าไม่แตกต่างกัน แต่ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของเยาวรัตน์ ชันธิชัย (2544) ที่พบว่า เพศไม่มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุโรคปอดอุดตันเรื้อรัง

3. สถานภาพสมรสมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่าผู้สูงอายุที่มีสถานภาพคู่มิสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไปจำนวนมากกว่าผู้สูงอายุที่เป็นหม้าย เพราะเกิดความกลัวว่าต้องอยู่คนเดียว อีกทั้งการที่ผู้สูงอายุต้องอยู่อาศัยอย่างโดดเดี่ยวไร้คู่ครอง ไร้ญาติ ไร้ผู้ดูแลยามแก่เฒ่า ก่อให้เกิดความรู้สึกไม่มั่นคง ว่าเหว่ เดียวดาย วิตกกังวล รู้สึกว่าตนเองไร้ค่า และไม่ยอมมีชีวิตอยู่ต่อไปซึ่งถ้ายังมีอาการเศร้าเสียใจเป็นระยะเวลานาน จะเกิดภาวะซึมเศร้าจากระดับเล็กน้อย ไปสู่ระดับปานกลางหรือระดับรุนแรงได้

4. ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไปมีจำนวนมากที่สุดคือกลุ่มที่มีระดับการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 54.5 รองลงมาคือ กลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่ไม่ได้เรียนหนังสือ การศึกษา ร้อยละ 1.5 จะเห็นได้ว่ากลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีภาวะซึมเศร้าแตกต่างอาจเป็นเพราะตำบลนาฝายได้จัดกิจกรรมสำหรับผู้สูงอายุให้ร่วมกิจกรรมอย่างสม่ำเสมอ ประกอบกับผู้สูงอายุตำบลนาฝายมีบุคลิกลักษณะที่ชอบการเข้าสังคม พบปะเพื่อนสนิทมิตรสหายเป็นประจำ ทำให้มีการเรียนรู้ในการเตรียมตัวก่อนเข้าสู่ผู้สูงอายุ สามารถปรับตัวได้ไม่ดีดี และมีความสุขกับชีวิตแตกต่างจากผู้สูงอายุที่มีระดับการศึกษาสูง

5. ลักษณะการอยู่อาศัยไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่างซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่คนเดียวหรืออาศัยอยู่กับคนอื่นที่ไม่ใช่ญาติ มีภาวะซึมเศร้าไม่แตกต่างจากผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่กับคู่สมรสหรือบุตรหลาน ด้วยผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อาศัยอยู่กับคู่สมรส และบุตรหลาน ถึงร้อยละ 55.75และมีความสัมพันธ์รักใคร่กันดี ถึงร้อยละ 60 อาจเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ลักษณะการอยู่อาศัยต่างกันทำให้เกิดภาวะซึมเศร้าไม่แตกต่างกัน แต่ถึงแม้ว่ารายงานการศึกษาหลายฉบับแสดงผลการศึกษาที่แตกต่างกัน เช่น ดาวรุ่ง เกิดสิน (2548) ศึกษา ความชุกของภาวะซึมเศร้าในสตรีที่มารับบริการที่คลินิกวัยทอง พบว่าผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าส่วนมากไม่มีผู้อาศัยอื่นในครอบครัว

6. ความสัมพันธ์ในครอบครัวไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่างซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ส่วนกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีความสัมพันธ์ในครอบครัวแบบรักใคร่กันดี คิดเป็นร้อยละ 60ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์พบว่าความสัมพันธ์ในครอบครัวไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าอาจเป็นเพราะวัฒนธรรมของคนไทยแต่เดิมา สอนให้คนรุ่นหลังรู้จักลำดับความเป็นอาวุโสให้ความเคารพนอบน้อมกับผู้อาวุโสกว่า ทำให้ผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่างจึงยังมีความมั่นคงทางจิตใจ รู้สึกว่าชีวิตยังมีคุณค่าเนื่องจากยังเป็นที่ยึดเหนี่ยวของบุตรหลาน ทำให้การเกิดภาวะซึมเศร้าในกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ จากปัจจัยนี้จึงยังไม่มี ความแตกต่าง และจากผลการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ในครอบครัวส่วนใหญ่เป็นแบบรักใคร่กันดี ถึงร้อยละ 60 แม้มีปัญหาต่างคนต่างอยู่หรือขัดแย้งกันบ้าง แต่ไม่ถึงขั้นรุนแรง ซึ่งอาจหมายถึงมีปัจจัยอื่นที่มี

ผลกระทบต่อภาวะซึมเศร้ามากกว่าปัจจัยด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ เยวาร์ตน์ ชันธวิชัย (2544) ที่พบว่าสัมพันธ์ภาพในครอบครัวมีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้า

7. รายได้เฉลี่ยต่อเดือนมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่ไม่มีรายได้ หรือมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนน้อยจะมีสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไปมากกว่าผู้สูงอายุที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน จากการศึกษา พบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีรายได้ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 67.5) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีรายได้ต่างกันทุกกลุ่ม ในขณะที่ผู้สูงอายุที่มีรายได้ระหว่าง 2,001 – 3,000 บาท พบว่ามีสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไป น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีรายได้ต่างกันทุกกลุ่ม ในขณะที่ผู้สูงอายุที่มีรายได้ระหว่าง 501 – 1,000 บาท ร้อยละ 39 มีสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไป พบว่ามากที่สุด เนื่องจากปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์ปัจจัยหนึ่ง ดังนั้นความยากจนขัดสนทางการเงินเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะซึมเศร้า (ศิริพร จิรพัฒน์กุล, 2543) เช่นกัน เมื่อพิจารณาจากการศึกษาลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง ผู้สูงอายุที่มีภาวะซึมเศร้าเป็นรายข้อ พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงที่มีสถานภาพหม้าย หย่า หรือแยกกันอยู่อาศัยอยู่คนเดียว ไม่มีรายได้ แหล่งรายได้มีเพียงเบี้ยผู้สูงอายุ จำนวน 600 บาทต่อเดือน ไม่สามารถใช้จ่ายได้อย่างเพียงพอตามต้องการทำให้ต้องมีการขอยืมเงิน เกิดเป็นหนี้ และจากสถานภาพลูกหนี้ยังเป็นแนวโน้มก่อให้เกิดภาวะซึมเศร้า อีกทั้งพบว่าผู้สูงอายุที่มีภาวะซึมเศร้าส่วนใหญ่มีโรคประจำตัวด้วย ซึ่งจำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลโรคประจำตัวเหล่านั้นอีก เมื่อรายได้น้อยมีปัญหาด้านเศรษฐกิจหลายด้าน ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะซึมเศร้าได้ สอดคล้องกับการศึกษาหลายงาน เช่น การศึกษาของ นิพนธ์ ดาราวุฒิ มาปกรณ์ (2552) พบว่าปัญหาด้านการเงินเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภาวะซึมเศร้า การศึกษาของ เยวาร์ตน์ ชันธวิชัย (2544) พบว่ารายได้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังแต่จากการศึกษาของจตุพร โนโซติ (2547) พบว่าปัจจัยทางด้านรายได้ไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุที่มีภาวะซึมเศร้าที่อาศัยในตำบลทุ่งหัวช้างจังหวัดลำพูน เนื่องจากวิถีชีวิตความเป็นอยู่ที่ตำบลทุ่งหัวช้างนี้เป็นสังคมชนบทที่มีความเอื้ออาทรช่วยเหลือเกื้อกูลซึ่งกัน และกันมาเป็นเวลานาน ผู้สูงอายุเองก็มีการช่วยเหลือตนเอง ใช้ความรู้ความสามารถที่มีแต่เดิมในการหารายได้เลี้ยงชีพทำให้มีลักษณะการปรับตัวต่อสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปได้เป็นอย่างดี รวมทั้งได้รับการช่วยเหลือเกื้อหนุนจากทางรัฐบาลในเรื่องเบี้ยผู้สูงอายุทำให้ผู้สูงอายุอยู่ได้ถึงแม้จะมีรายได้น้อย และไม่เพียงพอ

8. แหล่งรายได้หลักมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่างซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือผู้สูงอายุที่มีรายได้จากการรับความช่วยเหลือจากรัฐบาลจะมีสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไปมากกว่าผู้สูงอายุที่มีแหล่งของรายได้มาจากบุคคลอื่นบุตรหลานการศึกษาครั้งนี้ พบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่หารายได้เองมีภาวะซึมเศร้าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีแหล่งกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีรายได้จากการรับความช่วยเหลือจากรัฐบาล หรือจากองค์กรท้องถิ่น พบว่ามีสุขภาพจิตต่ำกว่าคนทั่วไป มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 37.25 รองลงมาคือ กลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่รับรายได้จากบุตรหลานหรือคู่สมรส และกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่หารายได้เอง คิดเป็นร้อยละ 24.5 และร้อยละ 12.25 ตามลำดับ เนื่องจากผู้สูงอายุที่เคยทำงานมีรายได้เป็นของตนเองมาตลอด พอถึงช่วงวัยเกษียณ หรือจากปัญหาความเสื่อมถอยด้านสภาพร่างกายต่างๆ ทำให้ไม่สามารถทำงานหารายได้ต่อไปได้ ผู้สูงอายุบางคนมีเงินบำนาญบำนาญ แต่บางคนเมื่อออกจากงานก็ไม่มีรายได้ทันที จากความภาคภูมิใจในฐานะความเป็นผู้นำครอบครัว มีรายได้หลักช่วยเหลือจุนเจือสมาชิกในครอบครัว กลับเปลี่ยนเป็นผู้สูงอายุที่ไม่มีรายได้ ต้องรอรับความช่วยเหลือจากบุตรหลาน หรือจากการรัฐบาล

จึงเกิดความรู้สึกในทางถดถอย รู้สึกตนเองไม่มีคุณค่า ไม่มีความภาคภูมิใจเนื่องจากต้องอาศัยบุคคลอื่นในเรื่องค่าใช้จ่ายในการดำรงชีวิตประจำวันต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดภาวะซึมเศร้าตามมาได้

9. ความเพียงพอของรายได้มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีรายได้เพียงพอ และกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีรายได้ไม่เพียงพอ มีภาวะซึมเศร้าแตกต่างกัน ที่ร้อยละ 18.75 และร้อยละ 39.25 กล่าวคือ ปัจจัยด้านความเพียงพอของรายได้มีผลต่อการเกิดภาวะซึมเศร้าแตกต่างกัน อาจเป็นเพราะปัจจัยด้านอื่นๆ มีอิทธิพลต่อการเกิดภาวะซึมเศร้าได้มากกว่าซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของนิพนธ์ ดาราวุฒิมาปกรณ์ (2552) พบว่า ผู้สูงอายุที่มีหนี้สินจะมีภาวะซึมเศร้ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผู้สูงอายุที่ไม่มีหนี้สิน

10. โรคประจำตัวมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ คำกล่าวที่ว่าอารมณ์ซึมเศร้าในผู้สูงอายุ เป็นปัญหาที่พบได้บ่อยโดยเฉพาะผู้ที่มีปัญหาทางกายร่วมด้วย และมักจะถูกเข้าใจว่าเป็นโรคทางกายหรือจากความชรา (สมภพ เรื่องตระกูล, 2545 และสายฝน เอกวรากล, 2553) นั้นทำให้ผู้สูงอายุที่มีโรคทางกายจะมีอัตราการเกิดภาวะซึมเศร้าสูงกว่าปกติ และสอดคล้องกับผลการศึกษาหลายงานสรุปตรงกันว่า ปัญหาสุขภาพกายเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะซึมเศร้า จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัวส่วนใหญ่เป็นโรคประจำตัวที่พบมากที่สุด คือ โรคระบบกระดูกและกล้ามเนื้อร้อยละ 19.75 โรคเบาหวาน ร้อยละ 16 และ โรคความดันโลหิตสูง ร้อยละ 15.5

11. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านครอบครัวและเศรษฐกิจและปัจจัยด้านสุขภาพ พบว่า อายุ แหล่งรายได้หลัก การมีโรคประจำตัว และความสัมพันธ์ในครอบครัวมีผลต่อภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝาย ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย โดยตัวแปรทำนายอันดับแรกที่เข้าสู่สมการคืออายุ ตัวแปรทำนายอันดับที่ 2 คือแหล่งรายได้หลัก ตัวแปรทำนายอันดับที่ 3 คือการมีโรคประจำตัว และตัวแปรทำนายอันดับที่ 4 คือความสัมพันธ์ในครอบครัว ซึ่งตัวแปรทำนายทั้ง 4 ตัวสามารถรวมทำนายภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในตำบลนาฝายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยทำนายได้ ร้อยละ 24.20 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์เท่ากับ .057 และค่าคงที่ของสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบเท่ากับ 1.825 ผลการวิจัยทำให้เห็นว่าภาวะซึมเศร้าที่พบในผู้สูงอายุไม่ได้เกิดจากปัจจัยหนึ่งปัจจัยเดียว แต่เกิดจากอิทธิพลของปัจจัยด้านต่างๆ ร่วมกัน ดังนั้นการป้องกันภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุต้องร่วมมือกันทุกภาคส่วน ทั้งจากสมาชิกในครอบครัว ชุมชนโรงพยาบาล หน่วยงานราชการ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ เพื่อให้การดำเนินการป้องกัน และแก้ไขเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และครอบคลุมในทุกๆ ด้านซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสายฝน ยอดกุล (2555) ที่พบว่าปัจจัยที่สามารถทำนายภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุโรคเรื้อรังที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลบุรีรัมย์ได้แก่อายุ 75 ปีขึ้นไปการมีโรคประจำตัว และการมีสัมพันธภาพกับครอบครัวเป็นตัวแปรที่สามารถทำนายภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อวางแผนแก้ไขปัญหาลดให้ผู้สูงอายุในพื้นที่ได้รับการติดตามดูแล และช่วยเหลืออย่างถูกต้อง และต่อเนื่องโดยวางรูปแบบกิจกรรมที่เหมาะสม เช่น การดูแลสุขภาพหรือโรคประจำตัว การให้ความรู้ผู้สูงอายุ การให้ความรู้ผู้ดูแล เพื่อช่วยป้องกันหรือบรรเทาภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุที่มาใช้บริการในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลสุขภาพผู้สูงอายุได้ดียิ่งขึ้น

2. ควรมีการส่งเสริม ผลักดัน และเสริมสร้างกิจกรรมเพื่อสร้างรายได้เสริม หรือจัดให้มีอาชีพพิเศษที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุให้สามารถหารายได้ในกรยังชีพ เลี้ยงดูตนเองหรือแบ่งเบาภาระด้านเศรษฐกิจในครอบครัวได้บ้าง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการทำวิจัยเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุที่อาศัยในเขตเมืองกับเขตชนบท หรือเปรียบเทียบกับผู้สูงอายุในเขตพื้นที่อื่นๆ

2. ควรมีการทำวิจัยโดยศึกษาในกลุ่มปัจจัยส่งเสริมหรือป้องกันอื่นๆโดยศึกษาเจาะกลุ่มปัจจัยด้านต่างๆที่ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดมีภาวะซึมเศร้า เพื่อให้สามารถนำผลการศึกษามาใช้ในการป้องกันการเกิดภาวะซึมเศร้า และส่งเสริมสุขภาพต่อไปได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

จตุพร โนโซติ. (2547). การปรับทางจิตสังคมของผู้สูงอายุที่มีภาวะซึมเศร้าในตำบลทุ่งหัวช้างในจังหวัด

ลำพูน. การค้นคว้าอิสระปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสุขภาพจิตและพยาบาลจิตเวช บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จินตนา เหลืองศิริเอียร. (2550). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสนับสนุนทางสังคมกับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในจังหวัดเพชรบูรณ์. สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาจิตวิทยาพัฒนาการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชลธิชา บุญศิริ. (2550). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสนับสนุนทางสังคมกับภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในชมรมผู้สูงอายุชิรพยาบาล กรุงเทพมหานคร. สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยาพัฒนาการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ดาวรุ่ง เกิดสิน. (2548). ความชุกของภาวะซึมเศร้าในสตรีที่มารับบริการที่คลินิกวัยทองโรงพยาบาลจิตเวช จังหวัดชัยภูมิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาการพยาบาลสุขภาพจิตและจิตเวช บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทิพาภรณ์ เกษตรสินธุ์. (2551). ภาวะซึมเศร้าและอารมณ์ขันในผู้สูงอายุอำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา. การค้นคว้าแบบอิสระปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลสุขภาพจิตและจิตเวช มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิพนธ์ ดาราวุฒิมาประกรณ์. (2552). รูปแบบการอยู่อาศัยที่ส่งผลต่อภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุในพื้นที่เผ่าละว้าทางประชากร กาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.

เยาวรัตน์ ชันธวิชัย. (2544). ปัจจัยที่เป็นตัวทำนายภาวะซึมเศร้าของผู้สูงอายุโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในจังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลผู้สูงอายุ มหาวิทยาลัยบูรพา.

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนาฝาย. (2560). รายงานผลการปฏิบัติงานประจำปี 2559 โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ

เล็ก สมบัติ ศศิพัฒน์ ยอดเพชร และธนิกานต์ ศักดาพร. (2554) ภาวะสูงวัยอย่างมีคุณภาพกับการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจในประเทศไทย. สำนักมาตรฐานการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ สำนักงานปลัดกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์.

- दारुंगुं गेदसलन. (2548). **ความชุกของภาวะซึมเศร้าในสตรีที่มารับบริการที่คลินิกวัยทองโรงพยาบาลจิตุส จัหวัดชัยภูมิ**. วलयานพนธ์ปริญญายาบาลศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาการพยาบาลสุขภาพจิต และจิตเวช บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทาลัยขอนแก่น.
- ศิริพร จิรวัดนนกุล. (2544). **ภาวะซึมเศร้าในผู้หญัวัยกลางคน: มติทางสังคมวัฒนธรรม**. ขอนแก่น.
- สายฝน เอกวรางค์กูร. (2553). **รู้จักเข้าใจดูแลภาวะซึมเศร้า**. กรุงเทพฯ: บริษัท ส.เอเชียเพรส 1989.
- สายพิน ยอดกุล. (2555). **ปัจจัยทำนายภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุโรคเรื้อรังที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล บุรีรัมย์**. วलयานพนธ์ปริญญายาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลผู้สูงอายุ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทาลัยขอนแก่น.

เตาชีวมวลผลิตเชื้อเพลิงแก๊สให้กับเตาเผาเซรามิกส์

กฤษฎางค์ ศุภระมูล¹ อุษา โพธิ์สุวรรณ¹ กฤตยชญ์ คำมิ่ง^{2*} กิตติโชติ ศุภกานีต³

Received : February 11, 2019

Revised : May 9, 2019

Accepted : August 1, 2019

บทคัดย่อ

พลังงานชีวมวลเป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกที่ช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลมีความน่าสนใจที่สามารถนำวัสดุที่เหลือทิ้งจากการเกษตรมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลได้ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีเชื้อเพลิงจากชีวมวลเป็นจำนวนมากจึงเหมาะสมที่จะศึกษาการนำชีวมวลมาใช้ให้มีประสิทธิภาพต่อไป เตาผลิตก๊าซชีวมวลชนิดไหลขึ้นที่ออกแบบขึ้นนี้มีห้องเผาไหม้เป็นทรงกระบอก ก๊าซชีวมวลที่ได้จากการเผาในเตาชีวมวลได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจน และคาร์บอนมอนอกไซด์ ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาชิ้นงานในเตาเผาเซรามิกส์ โดยมีขนาดห้องเผา กว้าง 0.77 เมตร ยาว 0.8 เมตร สูง 0.78 เมตร ทำการเผาผลิตภัณฑ์เม็ดมะยมดินเผาจำนวน 100 กิโลกรัม/วัน ความจุของถังเชื้อเพลิงชีวมวลเท่ากับ 0.086 ลูกบาศก์เมตร ความจุของถังเติมเชื้อเพลิงชีวมวลทรงสี่เหลี่ยมคางหมูเท่ากับ 0.287 ลูกบาศก์เมตร จากการศึกษาการผลิตโปรตีนเคปส์จากเตาชีวมวลแบบไหลขึ้นโดยใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของชุมชนเม็ดมะยมดินเผา อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี มาใช้ให้เกิดประโยชน์ การทดลองหาค่าความร้อนด้วยบอมบ์แคลอรีมิเตอร์พบว่า ซังข้าวโพดมีค่าความร้อนสูงที่สุดคือ 9,013.958 kJ/kg ดังนั้นชุมชนเม็ดมะยมดินเผา อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี ควรเลือกใช้เชื้อเพลิงชีวมวลประเภทซังข้าวโพดสำหรับเตาเผาเซรามิกส์ในชุมชนเพื่อทดแทนการใช้ก๊าซแอล พี จี การเผาผลิตภัณฑ์เม็ดมะยมดินเผา หลังการเผาเตาสามารถเก็บความร้อนได้ดีและช่วยประหยัดพลังงาน ผลิตภัณฑ์เม็ดมะยมดินเผาที่มีสีที่สม่ำเสมอ ลักษณะของสีของผลิตภัณฑ์เป็นสีส้มอมแดง ใช้เวลาในการเผา 6 ชั่วโมง เผาด้วยบรรยากาศแบบออกซิเดชัน ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : เตาเผาชีวมวล, ชีวมวล, เตาเผาเซรามิก

¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อ.คลองหลวง

จ.ปทุมธานี 13180 e-mail; krissadangs@gmail.com

² คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อ.คลองหลวง

จ.ปทุมธานี 13180 e-mail: kk.090422@gmail.com

³ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมชุมชน เลขที่ 86/6 หมู่ 5 ซอยตรีมิตร แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร 10110

BIOMASS GASIFIER PRODUCES PRODUCER GAS FOR CERAMICS KILN

Krissadang Sookramoon¹ Aucha Phosuwat¹ Kridtayot Comming^{2*}
Kittichote Supakumnerd³

Abstract

Biomass energy, one of the alternative energy which reduces fossil fuels is interesting, can be used to biomass fuel and dispose agricultural materials. Thailand is an agricultural country, there is a lot of biomass fuel, so it is appropriate to study the usage of biomass. Up-draft gasifier was designed in cylindrical combustion chamber. Producer gas obtained from burning in a biomass gasifier is hydrogen and carbon monoxide. It is used as fuel to burn clay products in ceramics kiln. The size of the combustion chamber is 0.77 meters wide, 0.8 meters long and 0.78 meters high, burned the clay products in the amount of 100 kilograms/day. The capacity of the biomass fuel tank is 0.086 cubic meter. From the study of the production of producers gas from the updraft gasifier using corncob, straw and bagasse as fuel, which are the agricultural waste of the community, Tha Maka district, Kanchanaburi province. To find out the heating value by using a bomb calorimeter indicated that the corn cob has the highest heating value of 9,013.958 kJ/kg. The community, Tha Maka district, Kanchanaburi province had a better choice to use corn cobs as fuel for ceramics kiln in the community to replace LPG. Burning clay products during the burning process the kiln can store heat well and save energy. The products have a uniform color. The color of the product is reddish orange. Burn with oxidation atmosphere at 850 degrees Celsius, the burning period was 6 hours.

Keywords : Biomass Gasifier, Biomass, Ceramic Kiln

¹ Faculty of industrial Technology Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Partronage, Klongluang District, Pathumthani 13180, Thailand. E-mail; krissadangs@gmail.com.

² Faculty of Humanities and Social Sciences Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Partronage, Klongluang District, Pathumthani 13180, Thailand. E-mail; kk.090422@gmail.com.

³ Department of Industrial Promotion Community Industrial Development Bureau, 86/6 Moo 5, Soi Trimit, Phra Khanong Subdistrict, Khlong Toei District, Bangkok 10110.

บทนำ

พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานทางเลือกอีกชนิดหนึ่งที่ช่วยลดการใช้น้ำมันปิโตรเลียมหรือแก๊สจากแหล่งธรรมชาติ ซึ่งมีการศึกษาวิจัยกันอย่างแพร่หลาย โดยพลังงานชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ รวมไปถึงกากของเสียอื่น ๆ ที่เหลือใช้ เช่น เศษไม้ มูลสัตว์ และขยะชุมชน ของเสียจากการแปรรูปทางเกษตรกรรม หรือกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม รูปแบบการใช้ชีวมวลแบ่งเป็น 3 ลักษณะ 1) ชีวมวลแบบของแข็ง (Solid Biomass) เช่น เศษไม้ เศษกระดาก รวมไปถึงเปลือกเมล็ดพืชต่าง ๆ 2) ชีวมวลของเหลว (Liquid Biomass) คือ เชื้อเพลิงเหลวที่ผลิตจากชีวมวลของแข็ง เช่น เอทานอล เมทานอล น้ำมันไบโอดีเซล และ 3) ก๊าซธรรมชาติ (Biomass) เช่น เชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นก๊าซที่ผลิตได้จากกระบวนการที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความดัน

หัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาเป็นวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises = SMEs) เป็นธุรกิจที่มีจำนวนมากในประเทศไทย ผู้ประกอบการส่วนมากเป็นบุคคลธรรมดา ซึ่งจะประกอบธุรกิจขายสินค้า ผลิตสินค้า หรือให้บริการหน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศไทยมักจะใช้กำหนดลักษณะตามกฎหมายกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดจำนวนการจ้างงานและมูลค่าสินทรัพย์ของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม พ.ศ.2545 ที่สำคัญ SMEs สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นอย่างมาก อีกทั้งภาครัฐยังให้การสนับสนุนองค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน การเผาชิ้นงานหัตถกรรมในปัจจุบันต้องใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากก๊าซแอลพีจี (LPG) ซึ่งมีราคาค่อนข้างแพงทำให้ผู้ประกอบการต้องหาทางเลือกด้านพลังงานเพื่อลดต้นทุนการผลิต ในขณะเดียวกันของเสียจากภาคการเกษตรมีการเหลือทิ้งในปริมาณมากพอที่จะนำไปแปรรูปเป็นพลังงานทางเลือกได้อย่างมากมาย ปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาด้านพลังงานชีวมวล โดยการใช้กากของเสียจากการแปรรูปทางการเกษตรหรือเศษวัสดุที่เหลือใช้ เช่น วัสดุ ภาชนะดินเผา ศึกษาวิจัยเรื่อง ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและผลตอบแทนทางสังคมของการใช้พลังงานชีวมวลในระดับชุมชนและระดับครอบครัว เช่นเดียวกับธนาพล ตันติสตัยกุล และคณะ ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากทางมะพร้าว เป็นต้น แต่ยังไม่มีการใช้ก๊าซชีวมวลในรูปแบบของการผลิตหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผา

จากการศึกษาข้อมูลของจังหวัดกาญจนบุรีมีการปลูกพืชเศรษฐกิจ คือ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดฝักอ่อน ข้าวโพดหวาน หน่อไม้ฝรั่ง สับปะรด และยางพารา โดยในปี 2554 มีพื้นที่การเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นจากปี 2553 อยู่ 95,507.25 ไร่ และปี 2555 มีพื้นที่การเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นจากปี 2554 อยู่ 20,50.15 ไร่ พืชที่มีจำนวนไร่ต่อการเพาะปลูกมาก ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวนาปี

ตารางที่ 1 แสดงพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจของจังหวัดกาญจนบุรี

พื้นที่การปลูกพืชเศรษฐกิจ (ไร่)	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555
ข้าวนาปี	516,855	484,425	501,993
ข้าวนาปรัง	248,451	245,286	247,828
อ้อย	749,301	821,590	816,425
มันสำปะหลัง	603,187	648,575	657,613
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	134,852	118,044	123,728
ข้าวโพดหวาน	24,788	27,481	18,429
ข้าวโพดฝักอ่อน	105,175	130,091	115,656
หน่อไม้ฝรั่ง	3,846	3,666	3,514
สับปะรด	40,438	34,145	41,339
ยางพารา	133,340	142,436	149,716
รวม	2,560,233	2,655,741	2,676,242

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดกาญจนบุรี, 4 ตุลาคม 2556

กลุ่มชุมชนมะยม เม็ดดินเผาได้รับเกียรติคุณและประกาศนียบัตรการคัดสรรผลิตภัณฑ์ ตามโครงการคัดสรรสุดยอดหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยกรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ได้รับรองเป็นสินค้าขึ้นทะเบียน OTOP ของ จังหวัดกาญจนบุรี วุฒิบัตรผลิตภัณฑ์ตำบลดีเด่นรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เลขที่ 20440-138/46 ตามลำดับ จากแนวคิดของประธานชุมชนที่ต้องการพลิกดินให้เป็นเงิน นับเป็นนวัตกรรมใหม่ เพื่อการดูแลต้นไม้และช่วยเก็บรักษาความชุ่มชื้นให้หน้าดิน จากคุณสมบัติของ " มะยมเม็ดดินเผา " ทำให้การดูแลต้นไม้ง่ายขึ้น สะดวกขึ้น ด้วยคุณสมบัติของการอุ้มน้ำได้ดี แลมีปุ๋ยอยู่ในเนื้อดินเผา หากไม่ได้น้ำหลายวันต้นไม้สามารถที่จะดูดน้ำที่ซึมอยู่ในเม็ดดินเผามาใช้ได้ วิธีใช้ก็ง่ายมาก เพียงนำเม็ดดินเผาไปแช่น้ำแล้วโรยปิดหน้าดินที่ปลูกต้นไม้อยู่ มันจะช่วยคลุมดิน ให้ดูสวยงาม ป้องกันฝนตกชะล้างหน้าดิน ช่วยอุ้มน้ำและมีปุ๋ยให้ต้นไม้ใช้ได้อีกนาน สร้างความชุ่มชื้นได้สม่ำเสมอ เพียงแค่เติมน้ำเล็กน้อย ให้เม็ดดินดูดซับน้ำเข้าไป ก็จะช่วยเหลือเลี้ยงต้นไม้ที่สำคัญ คือ เนื้อดินมีช่องระบายอากาศ ถ่ายเทความร้อนได้ดี และไม่กักเก็บความร้อน ตลอดจนสามารถย่อยสลายเป็นปุ๋ย ซึ่งช่วยรักษาสภาพแวดล้อมได้อีกด้วย

เตาเผา นับว่าเป็นหัวใจที่สำคัญของการผลิตหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผา จากการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเผาเตาของกลุ่มชุมชนมะยมเม็ดดินเผา พบว่า

1. กลุ่มชุมชนมะยม เม็ดดินเผาไม่มีเตาเผาเป็นของตนเองเวลาเผาจะใช้วิธีการฝากเผารวมกับการเผาอิฐก่อสร้างซึ่งจะใช้เวลานานประมาณ 5-7 วัน กว่าจะนำชิ้นงานมาจำหน่ายได้ ซึ่งทำให้เสียโอกาสทางธุรกิจ
2. กลุ่มชุมชนไม่มีงบประมาณมากพอในการสร้างเตาเผาเพราะเตาเผาไม่ว่าจะเป็นเตาแก๊ส หรือเตาไฟฟ้าจะต้องใช้งบประมาณในการสร้างค่อนข้างสูง

3. ชี้นงานไม่มีคุณภาพ การเผาพร้อมกับอิฐก่อสร้าง จะทำให้ชี้นงานมีลักษณะของสีที่ไม่สม่ำเสมอ ความแข็งแรงของชี้นงานไม่ได้ตามมาตรฐาน



ภาพที่ 1 ลักษณะของการเผาอิฐที่ใช้ในการก่อสร้าง
ที่มา: <http://brickpatch.blogspot.com>.

คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและพัฒนาเตาเผาชีวมวลเพื่อใช้ในการหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผา โดยใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นหรือวัตถุดิบที่เหลือจากการแปรรูปทางการเกษตร นำมาเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาชี้นงานหัตถกรรม โดยลักษณะของเตาเผาหัตถกรรม เป็นเตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง (Un-continuous) จะดำเนินโครงการร่วมกับกลุ่มมะยมเม็ดดินเผา ซึ่งการวิจัยนี้จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตประหยัดเวลา ประหยัดเชื้อเพลิงในการเผา อันจะเป็นการช่วยยกระดับฐานะทางเศรษฐกิจชุมชน และความสามารถในการพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืนตามสถานการณ์ ภายใต้หลักเศรษฐกิจพอเพียงของกลุ่มชุมชน

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจะนำผลการวิจัยและพัฒนาเตาเผาชีวมวลและถ่ายทอดกระบวนการในการเผาเตาโดยใช้ก๊าซชีวมวลสู่กลุ่มชุมชนมะยม เม็ดดินเผา จังหวัดกาญจนบุรี ตลอดจนผู้ที่มีความสนใจหรือชุมชนอื่น ๆ ที่ประกอบอาชีพการทำเครื่องปั้นดินเผาโดยการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนสามารถแบ่งออกได้ 2 ประการ คือ ประการแรก คือ การถ่ายทอดในกระบวนการออกแบบและพัฒนาเตาหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาโดยใช้ก๊าซชีวมวล และประการที่สอง คือ การถ่ายทอดองค์ความรู้ในการเผาเตาโดยใช้ก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเตาหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผา โดยใช้พลังงานชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง
2. เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพในการใช้งานของเตาเผาที่ใช้ก๊าซชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง
3. เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการสร้างเตาเผาที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลให้กับกลุ่มชุมชนอื่น ๆ ที่มีความสนใจ

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีในการดำเนินการแบ่งออกได้ 2 ส่วน ดังนี้

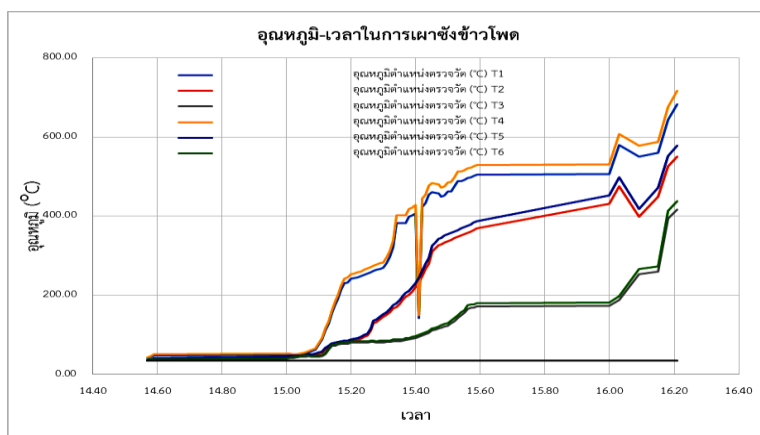
ส่วนที่ 1 การออกแบบและพัฒนาเตาเผาชีวมวลเพื่อใช้ในการเผาหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผา

ส่วนที่ 2 ทดสอบวิเคราะห์ และสังเคราะห์ค่าพลังงานเชื้อเพลิงที่ได้จากข้าวโพด ชานอ้อย และเปลือกข้าว

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองเตาผลิตแก๊สซิฟิเคอร์โดยใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง

ทำการทดลองในวันที่ 21-23 กันยายน 2561 ในการทดสอบครั้งที่ควบคุมอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ combustion zone เท่ากับ $0.304 \text{ m}^3/\text{s}$ และใส่ซังข้าวโพด 4.7 kg ระยะเวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง 24 นาที ก็ปิดเตาหยุดการทดสอบ การทดสอบนี้จะทำการวัดอุณหภูมิในตัวเตาในแต่ละโซนของการเผาไหม้โดยเก็บค่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ (Combustion zone) อุณหภูมิอบแห้ง (Reduction zone) และอุณหภูมิไพโรไลซิส โดยใช้ เทอร์โมคัปเปิลชนิด K แสดงเป็น T_1, T_2 และ T_3 สำหรับการเก็บข้อมูลแสดงที่จอแสดงผลที่ตู้คอนโทรลของตัวเตา และ T_4, T_5 และ T_6 ใช้ใช้ เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ในการวัดค่าและเก็บค่าลงในอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบดาตาล็อกเกอร์



ภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเผาซังข้าวโพดในระหว่างวันที่ 21-23 กันยายน 2561

จากกราฟที่ได้พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของเตาขณะเผาไหม้มีค่าเป็น 716.1 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง 24 นาที และอุณหภูมิที่เริ่มเกิดแก๊สคือ 260.4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที

การเผาผลิตก๊าซมีดมะยมดินเผา

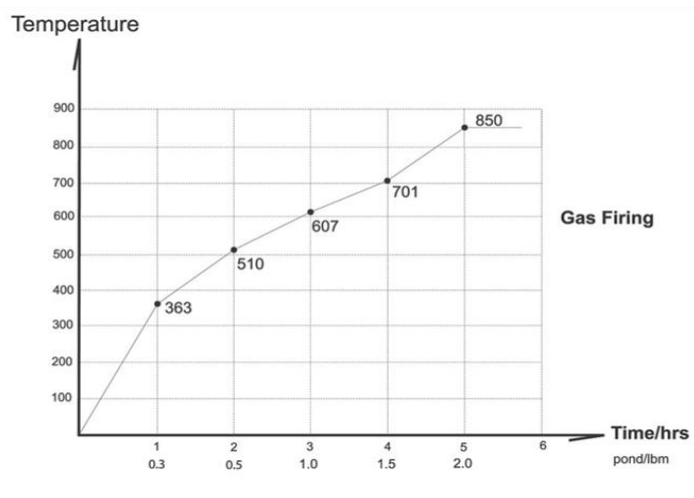
หลังการเผาเตาสามารถเก็บความร้อนได้ดีและประหยัดพลังงาน ผลิตภัณฑ์มีดมะยมดินเผาจะมีสีที่สม่ำเสมอ ลักษณะของสีผลิตภัณฑ์เป็นสีส้มอมแดง ใช้เวลาในการเผา 6 ชั่วโมง เผาด้วยบรรยากาศแบบออกซิเดชัน (Oxidation) ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3 ลักษณะของสื่อน้ำดินชั้นบน



ภาพที่ 4 ลักษณะของสื่อน้ำดินชั้นล่าง



ภาพที่ 5 กราฟการเผาเตาหัตถกรรมเมืงมัยมดินเผา



ภาพที่ 6 การจัดเรียงชิ้นงานเข้าเตาเผา

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ สร้างและทดสอบเตาผลิตก๊าซชีววมวลชนิดไหลขึ้น ก๊าซชีววมวลที่ผลิตได้ประกอบด้วยก๊าซไฮโดรเจน และคาร์บอนมอนนอกไซด์เป็นแหล่งให้พลังงานความร้อนทดแทนก๊าซแอล พี จี โดยการนำก๊าซร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการติดเตาเผาเซรามิกส์ขนาดห้องเผา 0.77 เมตร X 0.8 เมตร X 0.78 เมตร เพื่อใช้เผาผลิตภัณฑ์เม็ดมะยมดินเผา จำนวน 100 กิโลกรัม/วัน ความจุของถังเชื้อเพลิงชีววมวลเท่ากับ 0.086 ลูกบาศก์เมตร ความจุของถังเดิมเชื้อเพลิงชีววมวลทรงสี่เหลี่ยมคางหมูเท่ากับ 0.287 ลูกบาศก์เมตร ในการทดสอบเตา กำหนดให้อัตราการไหลของอากาศที่ป้อนให้กับระบบ $0.009528 \text{ m}^3/\text{s}$ จากการศึกษาการผลิตโปรตีนเคอร์แก๊สจากเตาแบบไหลขึ้นโดยใช้ขี้วัวโพด ฟาง และขานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง พบว่าเตาชีววมวลสามารถผลิตโปรตีนเคอร์แก๊สหรือแก๊สชีววมวลได้โดยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงด้วยการจำกัดอากาศหรือออกซิเจนให้เหมาะสมให้กลายเป็นแก๊สที่สามารถติดไฟได้ซึ่งแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้นี้เรียกว่า โปรตีนเคอร์แก๊ส เตาแก๊สซิไฟเออร์ที่สร้างขึ้นมีลักษณะห้องเผาไหม้เป็นทรงกระบอก เดิมอากาศเข้าห้องเผาไหม้ด้วยพัดลมจากด้านล่าง จุดติดเชื้อเพลิงจากด้านบนตามลักษณะกระบวนการเผาไหม้แบบไหลขึ้นใช้ชีววมวลเป็นเชื้อเพลิงซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของชุมชนเม็ดมะยมดินเผา อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ผลการทดลองเผาขี้วัวโพด วันที่ 21-23 กันยายน 2561 พบว่าที่อัตราการไหลของอากาศ $0.009528 \text{ m}^3/\text{s}$ อุณหภูมิสูงสุดของเตาขณะเผาไหม้มีค่าเป็น 716.1 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง 24 นาที และอุณหภูมิที่เริ่มเกิดแก๊สคือ 260.4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที ปรับอัตราการไหลของอากาศเข้าเตา 100 % เนื่องจากเป็นอัตราการไหลของอากาศสูงสุดทำให้มีปริมาณออกซิเจนที่ช่วยในการเผาไหม้เชื้อเพลิงได้เร็วที่สุด สำหรับการเผาฟางผลการทดลองเมื่อวันที่ 28-30 กันยายน 2561 พบว่าที่อัตราการไหลของอากาศ $0.009528 \text{ m}^3/\text{s}$ พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของเตาขณะเผาไหม้มีค่าเป็น 528.15 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 53 นาที และ อุณหภูมิที่เริ่มเกิดแก๊สคือ 159.6 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 26 นาที การเผาขานอ้อย ผลการทดลองเมื่อวันที่ 5-7 ตุลาคม 2561 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของเตาขณะเผาไหม้มีค่าเป็น 520.8

องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 65 นาที และ อุณหภูมิที่เริ่มเกิดแก๊สคือ 199.5 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 19 นาทีขณะทดลองมีการสูญเสียของก๊าซความร้อนที่ผลิตได้สูงมาก สังเกตได้จากมีไพติดตลอดเวลาบริเวณช่องใส่เชื้อเพลิงด้านบน การใช้ก๊าซแอล พี จี เป็นเชื้อเพลิงจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าการใช้ซังข้าวโพด ฟางและชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง การเผาซังข้าวโพดก่อให้เกิดควันน้อยกว่าการใช้ฟางและชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ซังข้าวโพดให้ความร้อนสูงกว่าฟางและชานอ้อยแต่ก่อให้เกิดน้ำมันดินปริมาณมากกว่า ซังข้าวโพดและฟางสามารถนำมาใช้เดินเตาเซรามิกส์ที่สร้างขึ้นได้แต่ควรเพิ่มอุปกรณ์กรองแก๊สเพื่อความสะดวกของหัวเบอร์เนออร์ที่ใช้เผาเม็ดมะยมดินเผา สำหรับชานอ้อยให้ค่าความร้อนค่อนข้างต่ำและในการนำมาใช้ต้องสับเพื่อลดขนาดจึงยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาเผาชีวมวลนี้

การทดลองหาค่าความร้อนด้วยบอมบ์แคลอรีมิเตอร์พบว่า ซังข้าวโพดมีค่าความร้อนสูงที่สุดคือ 9,013.958 kJ/kg รองลงมาคือ ฟางมีค่าความร้อน 8,003.433 kJ/kg และ ชานอ้อยมีค่าความร้อนต่ำที่สุดคือ 6,673.630 kJ/kg ดังนั้นชุมชนเม็ดมะยมดินเผา อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี ควรเลือกใช้ชีวมวลประเภท ซังข้าวโพด และฟางสำหรับเตาเผาเซรามิกส์ในชุมชนเพื่อทดแทนการใช้ก๊าซแอล พี จี

การเผาผลิตถ่านที่เม็ดมะยมดินเผา หลังการเผาเตาสามารถเก็บความร้อนได้ดีและประหยัดพลังงาน ผลิตภัณฑ์เม็ดมะยมดินเผาจะมีสีที่สม่ำเสมอ ลักษณะของสีผลิตภัณฑ์เป็นสีส้มอมแดง ใช้เวลาในการเผา 6 ชั่วโมงเผาด้วยบรรยากาศแบบออกซิเดชัน (Oxidation) ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการปรับปรุงขนาดของห้องเผาไหม้ให้ใหญ่ขึ้นเพื่อเผาไหม้เชื้อเพลิงได้มากจะได้ก๊าซเพิ่มขึ้น
2. ควรมีการวัดอุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซชีวมวลให้ครบทั้ง 4 โซนการเผาไหม้เพื่อให้ทราบถึงอุณหภูมิในตำแหน่งของ ทุก ๆ Gasification Zone
3. ควรเพิ่มอุปกรณ์การเติมเชื้อเพลิงชีวมวลแบบอัตโนมัติแทนการใช้การป้อนด้วยแรงงานคน
4. ควรเพิ่มอุปกรณ์กรองแก๊สเพื่อให้ได้แก๊สที่มีคุณภาพดีขึ้น
5. ควรเลือกใช้ชนิดของเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหมาะสมกับชุมชน ชุมชนใดมีเชื้อเพลิงชนิดใดมากเป็นพิเศษ ควรนำชีวมวลนั้นมาใช้ อาจประชาสัมพันธ์ออกไปยังชุมชนอื่น ๆ
6. ควรศึกษาเชื้อเพลิงชนิดใหม่ ๆ เลือกใช้แหล่งพลังงานทางเลือกให้หลากหลาย นำไปประยุกต์ใช้ต่อยอดเช่น การนำไปสร้างกระแสไฟฟ้าใช้ในครัวเรือน และชุมชนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ทนอดหนุนการวิจัยจาก วช. งบประมาณปี 2561 สัญญาเลขที่ วช 004/2561

เอกสารอ้างอิง

- วิรัตน์ เจริญบุญ. (2560). เตาชีวมวลกลบพลังงานเพื่อเกษตรกรไทย, ว.วิทย. มช. 45(1) (2560) หน้า163-174.
- วรารณณ์ ทุมชาติ. (2557). การผลิตโปรตีนเคอร์แก๊สจากเตาแบบ Inverted Downdraft โดยใช้กลบเป็นเชื้อเพลิง, วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม 2557 – มิถุนายน 2557 หน้า 26-39.

- วีระชัย ออาจหาญ, นิวัฒน์ คงกระพี้, กฤษกร รับสมบัติ, ปภัส ชนะโรค และทิพย์สุภินทร์ หินซุย. (2550). การศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน, รายงานการประชุมวิชาการเรื่อง **โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนครบวงจร**, สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี: วันที่ 19-20 กรกฎาคม 2550 ณ. โรงแรมราชพฤกษ์แกรนด์ โฮเทล จังหวัดนครราชสีมา. หน้า 103 - 163.
- สมมาส แก้วล้วน, ดำรงค์ศักดิ์ จันทสิทธิ์, สุรชัย จันทสิทธิ์ และ เวคิน ปิยรัตน์. (2556). การทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวลขนาด 20 kW. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน พ.ศ.2556. หน้า 24-33.
- เยาว์ธีร อัจฉกุล. (2555, เมษายน. 19). เทคโนโลยีพลังงานจากชีวมวลแบบ Three Stage Gasifier, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.dede.go.th/dede/images/stories/KM_boer/three_stage.pdf.
- EnggCyclopedia. (2018). **Updraft Gasifier**. [Online], Available: <http://www.enggcyclopedia.com/2012/01/types-gasifier/>. (2018, 4 July).
- POTCLAYSTUDIO. (2018). **POTCLAYS THOR NGK240 GAS KILN. CAPACITY 23.8CF**. [Online], Available: <https://www.potclays.co.uk/studio/products/5390/potclays-thor-ngk240-gas-kiln-capacity-238cf> 30 มิ.ย.61.
- Sanook. (2552). **มะยม เม็ดดินเผา**. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: <https://www.sanook.com/travel/575921/>. (2561, 7 กรกฎาคม). <http://www.mayom.net> 30 มิ.ย. 61.

ระเบียบการตีพิมพ์บทความวิจัย วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ในการส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อให้การตีพิมพ์บทความวิจัยเป็นไปโดยเรียบร้อยได้มาตรฐาน TCI และเป็นประโยชน์ทั้งผู้ส่งบทความวิจัย ผู้ใช้ประโยชน์จากบทความวิจัย รวมทั้งสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในการจัดทำวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จึงได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ ตลอดจนคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับ ดังนี้

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสาร

1. เป็นบทความวิจัยในสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ หรือสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
2. บทความวิจัยที่ส่งมาพิจารณาตีพิมพ์ลงในวารสารต้องเป็นบทความวิจัยที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อนและไม่อยู่ระหว่างเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารอื่น
3. เนื้อหาในต้นฉบับควรเกิดจากการสังเคราะห์ความคิดขึ้นโดยผู้เขียนเอง ไม่ได้ลอกเลียนหรือดัดทอนมาจากผลงานวิจัยของผู้อื่น หรือจากบทความอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต หรือปราศจากการอ้างอิงที่เหมาะสม
4. ผู้ส่งบทความวิจัยต้องชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นจำนวนเงิน 2,500 บาท โดยสามารถโอนเงินผ่านบัญชี ธนาคารกรุงศรีอยุธยา สาขาอยุธยา ชื่อบัญชี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 258-1-84630-3 พร้อมส่งสำเนาหลักฐานการชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารฯ ได้ 3 ช่องทาง ดังนี้
 - 4.1 ไปรษณีย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 1 หมู่ที่ 20 กม.48 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 13180 โดยวงเล็บมุมซองว่า (ชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์)
 - 4.2 โทรสาร 0 2909 3036
 - 4.3 E-mail address: rdi_published@vru.ac.th
5. ผู้เขียนบทความวิจัยต้องดำเนินการปรับแก้ไขบทความตามผลการอ่านประเมินของกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อย่างต่อเนื่องตลอดการตีพิมพ์ หากผู้เขียนบทความวิจัยซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าผู้นิพนธ์บทความไม่ปฏิบัติตามระเบียบการตีพิมพ์บทความวิจัยวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ กองบรรณาธิการมีสิทธิ์แจ้งยกเลิกการพิจารณาตีพิมพ์บทความวิจัยโดยไม่คืนเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
6. บทความวิจัยที่ส่งมาจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ต่อเมื่อได้ผ่านกระบวนการประเมินเห็นสมควรให้ตีพิมพ์เผยแพร่โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ แต่งตั้งขึ้น อย่างน้อย 2 ท่าน

คำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับ วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. **การเตรียมต้นฉบับ** ต้นฉบับบทความวิจัยต้องจัดทำสำหรับกระดาษขนาด B5(JIS) (18.2 ซม. X 25.7 ซม.) ความยาว 10 หน้ากระดาษ ตามรูปแบบวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ พิมพ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Word เวอร์ชัน 2007 ขึ้นไป
2. **การตั้งค่าหน้ากระดาษ** ระยะขอบกระดาษด้านบน (Top Margin) 2.54 เซนติเมตร ด้านซ้าย (Left Margin) ด้านขวา (Right Margin) และด้านล่าง (Bottom Margin) 2 เซนติเมตร
3. **รูปแบบตัวอักษร** ใช้ TH SarabunPSK เท่านั้น ชื่อหัวข้อพิมพ์เป็นตัวหนา ขนาด 14 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ และเนื้อหาพิมพ์เป็นตัวปกติ ขนาด 14 Point จัดกระจายหน้ากระดาษ
4. **องค์ประกอบบทความวิจัยประกอบด้วย**
 - 4.1 **ชื่อเรื่อง** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกินภาษาละ 2 บรรทัด สามารถอธิบายสาระของเรื่องได้ รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
 - 4.2 **ชื่อผู้รับผิดชอบบทความ** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ชื่อเต็มไม่ต้องระบุคำนำหน้าชื่อ ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลเรียงลำดับตามจำนวนผู้รับผิดชอบและใส่เครื่องหมายดอกจัน(*) ไว้บนเลขยกเพื่อแสดงว่าเป็นผู้รับผิดชอบหลัก รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ โดยใส่รายละเอียดที่อยู่ผู้รับผิดชอบและอีเมลผู้รับผิดชอบหลักในเชิงอรรถ
 - 4.3 **ที่อยู่ผู้รับผิดชอบบทความ** ใส่รายละเอียดในเชิงอรรถข้อความที่เขียนไว้ส่วนล่างของหน้ากระดาษและมีเส้นคั่นระหว่างเชิงอรรถกับตัวบทคัดย่อ (Abstract) อย่างชัดเจน โดยขีดเส้นคั่นจากริมกระดาษด้านซ้าย ไปทางด้านขวาประมาณ 1 นิ้ว หรือ 7 ตัวอักษร ใส่ตัวเลขกำกับไว้เหนือตัวอักษรตัวแรกเล็กน้อย ตัวเลขต้องตรงกับตัวเลขที่กำกับไว้กับชื่อผู้รับผิดชอบบทความ ให้ระบุตำแหน่งทางวิชาการ(ถ้ามี) สถานที่ทำงาน หน่วยงานหรือสถาบัน และอีเมลแอดเดรส (E-mail Address) ของผู้รับผิดชอบบทความทุกท่าน เช่น นักศึกษาระดับ.... สาขา.... คณะ มหาวิทยาลัย.... อีเมล.... หรือ อาจารย์.... สาขา..... คณะ..... มหาวิทยาลัย.... อีเมล.... หรือ ตำแหน่ง... บริษัท... ที่อยู่... อีเมล... รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 12 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ
 - 4.4 **บทคัดย่อ(Abstract)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 350 คำ โดยใช้จำนวนให้กระชับ ชัดเจนที่สุด รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 14 Point จัดกระจายหน้ากระดาษ
 - 4.5 **คำสำคัญ(Keyword)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษอยู่ใต้บทคัดย่อ(Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษจำนวน 3 – 5 คำเรียงตามลำดับอักษรระหว่างคำวรรค 2 วรรค Keyword หรือคำสำคัญภาษาอังกฤษคั่นระหว่างคำด้วยจุลภาค(.)
 - 4.6 **เนื้อหาของบทความวิจัย** ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้
 - 4.6.1 **บทนำ** เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย
 - 4.6.2 **วัตถุประสงค์ของการวิจัย** ให้ชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัย
 - 4.6.3 **วิธีดำเนินการวิจัย** ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่มตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล
 - 4.6.4 **ผลการวิจัยและอภิปรายผล** เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็นลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพ ประกอบการอธิบาย ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มีเส้นขอบตารางด้านซ้ายและขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5 ตาราง สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจน และมีคำบรรยายใต้รูป จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ กรณีที่จำเป็นอาจใช้ภาพสีได้
 - 4.6.5 **สรุป** (สาขามนุษยศาสตร์ เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยและควรมีการอภิปรายผลการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการนำผลไปใช้ประโยชน์ และการให้ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต
 - 4.6.6 **ข้อเสนอแนะ** ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

4.6.7 กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) ข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ

4.6.8 เอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อกับเอกสารภาษาต่างประเทศ

4.7 การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิงในระบบ APA (American Psychological Association)

- 4.7.1 ชื่อวารสาร ชื่อหนังสือ และปีที่ (Volume) ไม่ใช้ชื่อย่อ
- 4.7.2 ชื่อภาษาอังกฤษ เขียนชื่อผู้แต่งโดยขึ้นต้นด้วย Last name ตามด้วยจุลภาค (,) และชื่อย่อตามด้วยมหัพภาค (.)
- 4.7.3 ชื่อไทย เขียนชื่อผู้แต่งโดยขึ้นต้นด้วยชื่อตัว ตามด้วยนามสกุล
- 4.7.4 กรณีผู้แต่งมากกว่าหนึ่งคน ให้เขียนชื่อผู้แต่งทั้งหมดทุกคน คั่นระหว่างชื่อด้วยจุลภาค (,) และมีคำว่า “and” ในกรณีชื่อภาษาอังกฤษ หรือ “และ” ในกรณีชื่อภาษาไทยก่อนชื่อสุดท้าย
- 4.7.5 ถ้าไม่มีชื่อผู้แต่ง ให้ขึ้นต้นด้วยชื่อเรื่อง หรือชื่อวารสาร หรือชื่อหนังสือ ตามด้วยปีที่พิมพ์
- 4.7.6 ถ้าผู้แต่งเป็นหน่วยงาน หรือองค์กร ให้ใช้ชื่อหน่วยงานหรือองค์กรแทนชื่อผู้แต่ง
- 4.7.7 เรียงลำดับรายการตามตัวอักษรชื่อผู้แต่ง รายการที่มีทั้งเอกสารภาษาไทยและอังกฤษ ให้นำข้อมูลภาษาไทยขึ้นก่อน ตามด้วยข้อมูลภาษาอังกฤษ พิมพ์โดยใช้ระยะห่างระหว่างบรรทัด อย่างน้อย (At least) 12 Point
- 4.7.8 บรรทัดที่สองและบรรทัดต่อไปของแต่ละรายการให้ย่อหน้าเข้ามา 7 ตัวอักษร หรือ 1.25 เซนติเมตร
- 4.7.9 การอ้างอิง – อ้างโดย (ชื่อผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์)
- 4.7.10 ไม่อ้างโดยใช้คำว่า “และคณะ” หรือ “และคนอื่นๆ” หรือ et al. ยกเว้นกรณีอ้างในเนื้อเรื่องที่มีผู้แต่งตั้งแต่สามคนขึ้นไปและหลังจากได้มีการอ้างครั้งแรกไว้ก่อนหน้านั้นแล้ว หรือการอ้างที่มีผู้แต่งตั้งแต่หกคนขึ้นไป
- 4.7.11 การอ้างจากวารสารและนิตยสารให้ระบุหน้าแรกถึงหน้าสุดท้าย โดยไม่ใช้คำย่อ “p.” หรือ “pp.” นอกจากหนังสือ
- 4.7.12 การติดต่อส่วนตัวโดยสื่อใดๆ ก็ตาม สามารถอ้างอิงได้ในเนื้อเรื่อง แต่ต้องไม่มีการระบุไว้ในรายการเอกสารอ้างอิง เพราะผู้อื่นไม่สามารถติดตามข้อมูลเหล่านี้ได้
- 4.7.13 การอ้างอิงจาก Website ให้ระบุวัน เดือน ปีที่พิมพ์ ถ้าไม่ปรากฏให้อ้างวันที่ทำการสืบค้น และระบุ URL ให้ชัดเจน ถูกต้อง เมื่อจบ URL address ห้ามใส่จุด (.) ข้างท้าย
- 4.7.14 Website ไม่บอกวันที่ให้ระบุ n.d.
- 4.7.15 หลัง มหัพภาค “.” (period) เว้น 2 บรรทัด
- 4.7.16 หลัง จุลภาค “,” (comma) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.17 หลัง อัฒภาค “;” (semicolon) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.18 หลัง ทวิภาค “:” (colons) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.19 รูปแบบและตัวอย่างการอ้างอิงจากสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ

1. หนังสือหรือตำรา

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อหนังสือ/ครั้งที่พิมพ์(ถ้ามี). //เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
ตัวอย่างเช่น ไพรัช รัชพงษ์ และภุชชะ ช่างกล่อม. (2541). งานพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศแห่งชาติเพื่อการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: แพร่พิทยา.
Mitchell, T. R., & Larson, J. R., Jr. (1987). People in organizations: An introduction to organizational behavior (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.

2. หนังสือหรือตำราที่มีบรรณาธิการ

รูปแบบ: ชื่อบรรณาธิการ(ผู้รวบรวม). //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อหนังสือ.//เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
ตัวอย่างเช่น อุดลย์ วิริยเวชกุล, (บก.). (2541). คู่มือจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา. นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
Gibbs, J. T., & Huang, L. N. (Eds.). (1991). Children of color: Psychological interventions with minority youth. San Francisco: Jossey-Bass.

3. วิทยานิพนธ์

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).//ชื่อวิทยานิพนธ์.//ระดับวิทยานิพนธ์,มหาวิทยาลัย.
ตัวอย่างเช่น พรพิมล เฉลิพลาณภาพ. (2535). พฤติกรรมการแสวงหาข่าวสารและการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารของบริษัทธุรกิจเอกชนที่มียอดขายสูงสุดของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วารสารศาสตรมหาบัณฑิต คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- Almeida, D.M. (1990). Fathers' participation in family work: Consequences for fathers' stress and father-child relations. Unpublished master's thesis, University of Victoria, Victoria British Columbia, Canada.

4. รายงานการประชุมหรือสัมมนาทางวิชาการ

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.//ปีที่พิมพ์.//ชื่อเรื่อง.//ชื่อเอกสารรวมเรื่องรายงานการประชุม,วัน เดือน ปี สถานที่จัด.
เมืองที่พิมพ์:สำนักพิมพ์.
- ตัวอย่างเช่น กรมวิชาการ. 2538. การประชุมปฏิบัติการรณรงค์เพื่อส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน, 25-29 พฤศจิกายน 2528 ณ วิทยาลัยครูมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1991). A motivational approach to self: Integration in personality. In R. Dienstbier (Ed.), Nebraska Symposium on Motivation: Vol. 38. Perspectives on Motivation (pp. 237-288). Lincoln: University of Nebraska Press. *Motivation: Vol. 38. Perspectives on Motivation* (pp. 237-288). Lincoln: University of Nebraska Press.

5. พจนานุกรม

- ตัวอย่างเช่น พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. (2546). กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชัน.
- Shorter Oxford English dictionary (5 th ed.). (2002). New York: Oxford University Press.

6. วารสาร/นิตยสาร

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).//ชื่อเรื่อง.//ชื่อวารสารหรือนิตยสาร,ปีที่ (ฉบับที่),/หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.
ตัวอย่างเช่น ชำนิ กิ่งแก้ว และอุษา คะเน. (2551). การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์, วารสารเทคโนโลยีภาคใต้, 1 (2), 27-35.
- Klimoski, R. & Palmer, S. (1993). The ADA and the hiring process in organizations. Consulting Psychology Journal: Practice and Research, 45 (2), 10-36.

7. บทความจากหนังสือพิมพ์

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์, เดือน, วันที่).//ชื่อเรื่อง.//ชื่อหนังสือพิมพ์,หน้าที่นำมาอ้าง.
ตัวอย่างเช่น สายใจ ดวงมาลี. (2548, มิถุนายน 7) มาลาเรียลาม3จว.ได้ตอนบน สธ.เร่งคุมเข้มกันเชื้อแพร่หนัก.คม-ชัด-ลึก, 25.
- Di Rado, A. (1995, March 15). Trekking through college: Classes explore modern society using the world of Star Trek. Los Angeles Time, p. A3.

8. สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).//ชื่อเรื่อง,วันที่ทำการสืบค้น.//ชื่อฐานข้อมูล.//URL
Author(s). (date-or "n.d."). Title of work. (Online), date retrieved. Name of Database or Internet address of the specific document. Specify URL exactly.

ตัวอย่างเช่น สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ กระทรวงวัฒนธรรม. (2545). ประเพณีใส่กระเจียวชาวไทยพวนสอนให้รู้จักแบ่งปัน มีน้ำใจ, 7 มิถุนายน 2548.
http://www.m-culture.go.th/culture01/highlight/highlightdetail.php?highlight_id=114&lang=th

Lynch, T. (1996). DS9 trials and tribulations review. Retrieved October 8, 1997, from Psi Phi: Bradley's Science Fiction Club Website:
<http://www.bradley.edu/psiphi/DS9/ep/503r.html>

5. **การส่งต้นฉบับ** ผู้นิพนธ์บทความต้องส่งต้นฉบับที่พิมพ์ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในรูปแบบ Word Document (.docx) และ PDF File (.pdf) พร้อมแบบนำส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์และสำเนาหลักฐานการชำระเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มาที่ E-mail address: rdi_published@vru.ac.th บทความวิจัยที่ปฏิบัติตามคำแนะนำจะได้รับพิจารณาดำเนินการโดยทันที

6. การประเมินบทความวิจัย และลิขสิทธิ์ในการตีพิมพ์เผยแพร่

6.1 **การอ่านประเมินต้นฉบับ** บทความวิจัยต้นฉบับที่ส่งเข้ามาเพื่อลงตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จะได้รับการอ่านประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขานั้น ๆ อย่างน้อยจำนวน 2 ท่านต่อเรื่องและส่งผลการอ่านประเมินคืนผู้นิพนธ์บทความให้เพิ่มเติม แก้ไข แล้วแต่กรณี โดยบทความที่ผ่านการประเมินได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผู้นิพนธ์บทความจะได้รับหนังสือแจ้งพิจารณาการตีพิมพ์ พร้อมวารสารฉบับที่บทความวิจัยนั้นลงตีพิมพ์ จำนวน 1 ฉบับ

6.2 **ลิขสิทธิ์บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์** ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษร

6.3 **ความรับผิดชอบ** เนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์บทความหรือผู้เขียนเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

รูปแบบบทความวิจัย
พัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.54 ซม.

ย่อหน้า 1.25 ซม. หรือประมาณ 7 ตัวอักษร

ชื่อเรื่องภาษาไทย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

ชื่อผู้พิมพ์ภาษาไทย¹//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาไทย²//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาไทย³ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

บทคัดย่อ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

บทคัดย่อควรสรุปเนื้อหาทั้งหมดของบทความวิจัย โดยมีเนื้อหาครอบคลุมถึงความสำคัญของปัญหา
วัตถุประสงค์ ผลวิจัยและสรุปผลของการวิจัย กำหนดให้มีความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 350 คำ เพื่อให้
บทความของท่านได้รับการจัดพิมพ์อย่างถูกต้อง ครบถ้วน ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์

หมายเหตุ เครื่องหมาย / หมายถึง การเว้นวรรค 1 วรรค

เชิงอรรถ สำหรับระบุสถานะและที่อยู่ของผู้พิมพ์บทความ

..... (ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)
(เว้น 14 point)

คำสำคัญ: (3 -5 คำ) (ตัวปกติขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)
(เว้น 14 point)

¹(ระบุสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้พิมพ์บทความที่ 1 ตัวเอียง ขนาด 12 point จัดชิดซ้าย) ตัวอย่างเช่น
นักศึกษาหลักสูตรดุริยางค์บัณฑิต สาขาวิชาบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
E-mail: rdi_published@vru.ac.th

²(ระบุสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้พิมพ์บทความที่ 2 ตัวเอียง ขนาด 12 point จัดชิดซ้าย)

³(ระบุสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้พิมพ์บทความที่ 3 ตัวเอียง ขนาด 12 point จัดชิดซ้าย)

*ผู้พิมพ์หลัก อีเมล:

2.54 ซม.

บทนำ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ให้ชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัย.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

วิธีดำเนินการวิจัย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่มตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็นลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพประกอบการอธิบาย ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มีเส้นขอบตารางด้านซ้ายและขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5 ตาราง สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจนและมีคำบรรยายใต้รูป กรณีที่จำเป็นอาจใช้ภาพสีได้.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

2 ซม.

สรุป (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการนำผลไปใช้ประโยชน์.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

2 ซม.

ข้อเสนอแนะ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

กิตติกรรมประกาศ(ถ้ามี) (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

เอกสารอ้างอิง (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) เท่านั้น ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

2 ซม.