

ส่งเสริม เผยแพร่ และแลกเปลี่ยนความรู้ด้านการวิจัย
ระหว่าง คณาจารย์ นิสิต นักศึกษา นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป



สถาบันวิจัยและพัฒนา



มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
1 หมู่ 20 กม.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 17 ฉบับที่ 2 (เดือนพฤษภาคม - เดือนสิงหาคม 2565)

Volume 17 Number 2 (May - August 2022)



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

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์ และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีสารสนเทศ สู่นักวิจัย นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานบทความวิจัย เพื่อการพัฒนาพื้นที่ในระดับจังหวัด กลุ่มจังหวัด ตำบล หมู่บ้านหรือชุมชน แก่นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไปได้เสนองานผลงานวิจัยสู่สาธารณะ
3. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์ และสุขภาพ 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)

คณะที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุพจน์ ทรายแก้ว

รศ.ดร.นฤมล ธนารักษ์

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.บุญยง นิลแสง

รองบรรณาธิการ

อาจารย์กุลชาติ พันธธุรกุล

คณะผู้จัดทำวารสารและเผยแพร่

ผศ.ดร.วีระวัฒน์ อุณหงส์หา

อาจารย์ปวิช เรียงศิริ

น.ส.ปรียา ยอดจันทร์

น.ส.อัคราภรณ์ เขี่ยมสถาน

นางปิยนันท์ ลิ้มชาติ

กองบรรณาธิการ

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. ศ.ดร.สมจิตต์ สุพรรณทัศน์ | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 2. รศ.ดร.ธีระชัย ธนารักษ์ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 3. รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง |
| 4. รศ.ดร.สุทธิพันธุ์ แก้วสมพงษ์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 5. รศ.ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ |
| 6. รศ.ดร.ชูสิทธิ์ ประดับเพชร | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ศรีอยุธยา |
| 7. รศ.ดร.ดวงใจ บุญกุล | มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี |
| 8. ผศ.ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 9. ผศ.ดร.เจษฎา มิ่งฉาย | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ |

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปณจ.ประตูน้ำพระอินทร์
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180
โทรศัพท์/โทรสาร 0 2909 3036

E-mail: rdi_journalsci@vru.ac.th

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

โรงพิมพ์

ศูนย์เรียนรู้การผลิตและจัดการธุรกิจสิ่งพิมพ์ดิจิทัล
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปณจ.ประตูน้ำพระอินทร์
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180
โทรศัพท์ 0 2529 0674 7, 0 2909 1633

Website: www.vru.ac.th

จำนวน 40 เล่ม

ข้อความและบทความในวารสารนี้
เป็นความคิดเห็นของผู้นิพนธ์โดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหา
และข้อคิดเห็นอื่นๆ แต่อย่างใด

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

VRU Research and Development Journal

Science and Technology

บทบรรณาธิการ

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

ปัจจุบันวารสารวิจัยและพัฒนา ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 (เดือนพฤษภาคม – เดือนสิงหาคม 2565) ฉบับนี้ได้รับรวบรวมบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 11 เรื่อง เผยแพร่ผ่าน 3 ช่องทาง ได้แก่ การจัดพิมพ์เป็นรูปเล่มวารสาร การเผยแพร่ออนไลน์ผ่านทางเว็บไซต์ <http://rd.vru.ac.th> และเว็บไซต์ <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/>

สุดท้ายนี้ ทางกองบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและส่งผลงานบทความวิจัยเข้าร่วมลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา อย่างดีตลอดมา

บรรณาธิการ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ
ประจำวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 17 ฉบับที่ 2

รองศาสตราจารย์ ดร.พิทยา	ใจคำ
รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี	รอดจากภัย
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณทิตา	เศวตบวร
รองศาสตราจารย์ ดร.สามารถ	ใจเตี้ย
รองศาสตราจารย์คชินทร์	โกกนุทาภรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา	ปิ่นตาคำ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลชญา	ลอยหา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมกฤษณ์	แสงเงิน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณภัฏจันทร์	ด่านสวัสดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์	จันจุฬา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัชพร	บรรเทาใจ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวิภาณ	สุทธิกุลบุตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์	สมใจ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์	แก้วตะพาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์	รักเหลื่อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวภา	แสงหยับ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตกัลยา	มฤครัฐอินแปลง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาทิพย์	จันทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ	ลิปิโรจนพงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิรัชญา	มุสิกะพงศ์
ดร.กมลวรรณ	พรหมเทศ
ดร.จุฑามาศ	มณีวงศ์
ดร.นพมาศ	ประทุมสูตร
ดร.ปภากร	สุทธิภาศีลป์
ดร.อุรชา	วานิช

สารบัญ

หน้า

การประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวห้องปฏิบัติการครัวร้อน ด้วยโปรแกรม ALOHA และ Google Earth ในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี	1
อรรวรรณ ชำนาญพุดชา ชัยวัฒน์ เผติมรอต	
การเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก <i>Chlorella protothecoides</i> BUUC1602 จากหัวเชื้อที่เก็บรักษาด้วยเทคนิคการตรึงเซลล์ในแคลเซียมอัลจินต	17
มะลิวัลย์ คุณะโค จันทร์จรัส วัฒนะโชติ ยุทธยา อยู่เย็น นงนุช รุ่งสว่าง รชนิमुख หิรัญสัจจาเลิศ ปวีณา ตปนียวรงค์ ภควรรณ เศรษฐมงคล	
ผลของการใช้เฟอร์ไรต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนเป็นสารปรับปรุงดินต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดินทรายจัด ในตำบลเพนียด อำเภอกอกลำไ้ จังหวัดลพบุรี	29
รัตถชล อ่างมณี สิโรรัตน์ จันทาม	
แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ ภายใต้แรงภายนอกที่ขึ้นอยู่กับเวลา	45
จุฑามาศ ช้างคำ ปิยรัตน์ มุลศรี อาทิตย์ หุ้เต็ม	
ผลของสารสกัดจากใบแมงลักต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของพืช 4 ชนิด	61
ภารดี แซ่อึ้ง ณัฐวรรณ ปัญญา	
ผลของโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ของนักศึกษาสายวิทยาศาสตร์สุขภาพที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อสถานการณ์การระบาด	73
ปณณทัต ต้นธณปัญญาร ทศนพรรณ เวชศาสตร์ นลพรรณ ชันติกุลานนท์ ศศิวิมล จันทร์มาลี	
ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี	89
ชวณ พุ่มพงษ์ ทศพร ชูศักดิ์	
ฤทธิ์การยับยั้งเชื้อราของโคโคซานโอลิโกแซคคาไรด์ที่ผลิตด้วยเอนไซม์โคโคซานเนสที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปู	105
มานะ ขาวเมฆ	
ตัวแบบการพยากรณ์ราคาขายพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี	117
อรรวรรณ สืบเสน ศุภชัย คำคำ	
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (ฟูริคาเกะ) รสกะเพราเสริมใบชา	131
พัชรลักษณ์ วัฒนไชย สีนินาถ สุขทนารักษ์	
การออกแบบและสร้างอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์แบบสองอินพุตสำหรับแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน	141
บัญชา หิรัญสิงห์ เถลิมนมม ตั้งวชิรพันธุ์ โยษิตา เจริญศิริ	

การประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวห้องปฏิบัติการครัวร้อน ด้วยโปรแกรม ALOHA และ Google Earth ในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี

อรรณณ ชำนาญพุดชา^{1*} ชัยวัฒน์ เณตรมรด²

Received : February 8, 2022

Revised : July 7, 2022

Accepted : July 11, 2022

บทคัดย่อ

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวหรือ LPG เมื่อรั่วไหลจะเกิดไฟไหม้และระเบิด ทำให้ผิวหนังไหม้ ขาดอากาศหายใจและเสียชีวิตได้ การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแพร่กระจาย และการระเบิดเมื่อมีการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวแบบอัดอากาศ ขนาด 48 กิโลกรัม จำนวน 5 ถัง ของห้องปฏิบัติการครัวร้อนด้วยโปรแกรม ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) และ Google earth ในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี โดยการจำลองสถานการณ์ 3 ถัง พบว่าที่ระดับ ERPG-3 (ความเข้มข้น 33,000 ppm) ระดับ ERPG-2 (ความเข้มข้น 17,000 ppm) และระดับ ERPG-1 (ความเข้มข้น 5,500 ppm) ในฤดูหนาวมีระยะการรั่วไหลสูงสุดที่ระยะ 194 , 325 และ 620 เมตรตามลำดับ โดยแพร่กระจายไปทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือ การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ พบว่าฤดูฝนค่าขีดจำกัดบนที่ระเบิดได้ (60 %LEL ความเข้มข้น 12,600 ppm) และค่าขีดจำกัดล่างที่ระเบิดได้ (10 %LELความเข้มข้น 2,100 ppm) มีรัศมีการรั่วไหลสูงสุดที่ 55 และ 137 เมตรตามลำดับ ฤดูร้อนพบการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดแบบ Jet fire ที่ทำให้เกิดเปลวไฟที่ความสูง 4 เมตรทำให้ผู้ที่อยู่ภายในรัศมี 10 เมตรได้รับอันตรายถึงขั้นเสียชีวิตและพบว่าเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดแบบ BLEVE เป็นลูกไฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 เมตร โดยฤดูร้อนทำให้เกิดรังสีความร้อนที่ระดับความเข้ม 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้ผู้ที่อยู่ภายในรัศมี 45 เมตรได้รับอันตรายถึงชีวิตและโครงสร้างอาคารถูกทำลาย ดังนั้น ทางมหาวิทยาลัยแห่งนี้ควรจัดทำแผนการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินที่ครอบคลุมการแพร่กระจายที่ระดับ ERPG-1,2 และ 3 ค่าระดับความเข้มที่ปลอดภัยและระดับความเข้มของการแผ่รังสีความร้อน เพื่อลดการสัมผัสที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ และนำข้อมูลไปใช้ในการจัดทำแผนตอบโต้เหตุฉุกเฉินในสถานศึกษาและชุมชนที่ใกล้เคียงที่มีความเสี่ยงในแบบเดียวกันกับมหาวิทยาลัยแห่งนี้ต่อไป

คำสำคัญ: ก๊าซปิโตรเลียมเหลว การรั่วไหล โปรแกรม ALOHA ห้องปฏิบัติการครัวร้อน Google earth
ERPG

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล: Orawan.cham@vru.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อีเมล: Chaiwat.p@fph.tu.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: Orawan.cham@vru.ac.th

EVALUATION OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS RELEASE OF THE CULINARY LABORATORY BY ALOHA AND GOOGLE EARTH IN A UNIVERSITY, PATHUM THANI PROVINCE

Orawan Chamnanphudsa^{1*} Chaiwat Phadermrod²

Abstract

Liquefied Petroleum Gas or LPG is classified as highly flammable which typically causes fire and gas explosion. It may concern adverse health effects, such as severe burns on skin, asphyxiation and death. The purpose of this study is to investigate scenarios of LPG releasing and explosion from compressed LPG cylinder (weight 48 kg, 5 tanks) leakage from the culinary laboratory by using the ALOHA software and Google Earth in three seasons. The results showed that the winter weather could induce the maximum leakage level at ERPG-3 (33,000 ppm of LPG), ERPG-2 (17,000 ppm of LPG) and ERPG-1 (5,500 ppm of LPG) at 194, 325 and 620 meters of distribution radius respectively. The distribution direction predicted was in the northeast direction of generation source. In rainy season, the vapor cloud leakage pattern was illustrated when the upper (60%LEL) and lower explosion limits (10%LEL) was in the range of 2,100-12,600 ppm. At this condition, the distribution radius could reach 55-137 meters. The simulation results also revealed that the summer condition could induce fires and explosions. The explosions could be a jet fire with 4 meters of fire height that can be lethal potential to the people who would be in the 10 meters of radius. The explosion of BLEVE was also presented in the summer which can create the fire with 8 meters of diameter and the thermal radiation intensity, 10 kw/m², can expand to 45 meters of long distance. It could be a potential lethal death for people who exposes to this thermal effect for more than 60 seconds and can destroy the building structure. These results pointed that the case study area should conduct the emergency response plan which covers the LPG leakage levels at ERPG-1, 2 and 3 conditions. The Level of Concern (LOC) in compassing with the thermal effects should be set, monitored and controlled to reduce the exposure risk and prevent health effects. This study can be applied to nearby communities or other cases settlings to initiate their emergency plan responding to the risks from similar aspects.

Keywords: Liquefied Petroleum Gas (LPG), Release, ALOHA, Culinary Laboratory, Google earth, ERPG

¹ Lecturer of Occupational Health and Safety in Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: Orawan.cham@vru.ac.th

² Lecturer of Occupational Health and Safety in Public Health, Thammasat University, e-mail: Chaiwat.p@fph.tu.ac.th

* Corresponding author, e-mail: Orawan.cham@vru.ac.th

บทนำ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงจากการรั่วไหลของสารเคมีในบรรยากาศได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย คือ โปรแกรม ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) ซึ่งได้พัฒนาโดยหน่วยงาน U.S. Environmental Protection Agency และ National Oceanic and Atmospheric Administration ของประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อออกแบบการตอบสนองกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินกรณีเกิดสารเคมีรั่วไหล การเกิดอัคคีภัย รวมถึงการระเบิด (U.S. Department of Veterans Affairs, 2021) โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของสารเคมี สภาพภูมิประเทศ ลักษณะการรั่วไหล เพื่อวิเคราะห์ขอบเขตผลกระทบที่เกิดขึ้น (กระทรวงสาธารณสุข, 2564) และนำมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรม Google earth ที่ใช้สำหรับการดูภาพถ่ายทางอากาศ ที่สามารถบอกเส้นทางผังเมือง แผนที่การคมนาคมที่เป็นงานด้านภูมิสารสนเทศ GIS (Geographic Information System) ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากยิ่งขึ้น (วันวิสาข์ เสาศิริ, 2559)

ปัจจุบันมีการนำโปรแกรม ALOHA (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสมุทรปราการ, 2564) เช่น กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ได้จัดทำเอกสารวิชาการเรื่องการดำเนินการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินด้านเคมี และรังสี เพื่อความพร้อมของบุคลากรในการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมี (กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2564) กรมควบคุมมลพิษ จัดทำคู่มือการปกป้องประชาชนจากเหตุฉุกเฉินสารเคมีรั่วไหล โดยมีข้อมูลบ่งชี้พื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบและกลุ่มประชาชนที่อาจได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของสารเคมีและสามารถอพยพหรือหลบภัยในอาคารตามสภาพการรั่วไหลของสารเคมี (กรมควบคุมมลพิษ, 2564) นอกจากนี้มีการใช้โปรแกรม ALOHA ในสถานประกอบการต่าง ๆ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์เชิงสมรรถนะเพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตด้วยโปรแกรม ALOHA และ Pathfinder กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ ผลการศึกษาพบว่าผลกระทบและระยะสัญญาณของเส้นทางอพยพหนีไฟมีความแตกต่างกันในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนด จึงควรมีการกำหนดเส้นทางอพยพหนีไฟเพื่อให้ระยะเวลาในการอพยพเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดที่ไม่เกิน 5 นาที และเพิ่มตำแหน่งจุดรวมพล 2 จุด เพื่อให้สอดคล้องกับประเภทของอันตรายจากสารเคมีที่เกิดรั่วไหลที่เกิดขึ้น (อภิวัฒน์ เขียวอร่ามและสุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ, 2563) 2) การประเมินการรั่วไหลของสารก๊าซปิโตรเลียมเหลวในโรงงานผลิตถุงมือยางด้วยโปรแกรม ALOHA และ MARPLOT จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ยังมีผลต่อการแพร่กระจายของสารประกอบอินทรีย์ พื้นที่เปิดโล่งจะมีรัศมีการแพร่กระจายที่มากกว่าพื้นที่ป่าและชุมชน (มุจลินทร์ อินทรเหมือน และคณะ, 2563) 3) การจัดการระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับสถานการณ์การสารเคมีรั่วไหลด้วยผลการศึกษาที่ได้จะวิเคราะห์ตาม Emergency response planning guidelines (ERPG) จากการศึกษาพบว่าสารรั่วไหลของ Phosgene, chlorine และ epichlorohydrin ตามลำดับ จึงควรวิเคราะห์ผลกระทบพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง เพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต (Tseng J.M. et.al, 2012) 4) การรั่วไหลของแอมโมเนียในเขตอุตสาหกรรมที่มีสภาวะอากาศแตกต่าง

กัน ผลการศึกษาพบว่า ในฤดูที่แตกต่างกัน พื้นที่ได้รับผลกระทบ ความเป็นพิษ และประชากรที่ได้รับผลกระทบต่างกัน สามารถนำไปใช้ในการจัดทำแผนอพยพในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินได้ (Anjana et al., 2018) 5) การสร้างแบบจำลองการรั่วไหล ไฟไหม้ ระเบิดจากถังบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว ผลการศึกษาพบว่าก๊าซที่มีความเข้มข้น 33,000 ppm มีการรั่วไหลในระยะทาง 11 กิโลเมตร จะทำให้เกิดการเสียชีวิตและได้รับผลกระทบที่ระดับ AGEL-3 (Beheshti & Dehghan, 2018) 6) การประเมินผลกระทบของประชาชนในพื้นที่ที่มีถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยใช้โปรแกรม ALOHA และ GIS พบว่าเมื่อมีการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว และมีสภาวะอากาศทางอุตุนิยมวิทยาที่เหมาะสม จะทำให้เกิด Jet fire , flash fire , vapor cloud explosion หรือ Boiling liquid expansion vapor explosion ได้ (Anjana et al., 2015) จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าโปรแกรม ALOHA ยังไม่สามารถใช้ได้ทันทีเมื่อเกิดเหตุการณ์สารเคมีรั่วไหล เนื่องจากขาดข้อมูลที่นำเข้าไปในโปรแกรม แต่โปรแกรม ALOHA ใช้ในการทำนายพื้นที่เกิดเหตุหลังเกิดเหตุการณ์เพื่อเฝ้าระวังทางสุขภาพและวางแผนรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินล่วงหน้าได้เป็นอย่างดี

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในประเทศไทย ประกอบด้วยโพรเพนและบิวเทน ในอัตราส่วนร้อยละ 60 และ 40 ตามลำดับ ซึ่งก๊าซทั้งสองชนิดมีความไวไฟ เมื่อเกิดการรั่วไหลอาจทำให้เกิด 1) ไฟไหม้หรือระเบิด LPG สามารถติดไฟได้ง่ายเมื่อมีอากาศผสมในอัตราส่วนที่อยู่ในพิสัยของการระเบิด และมีประกายไฟ 2) ขาดอากาศหายใจ LPG ไม่เป็นพิษ แต่หนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลจะเข้าไปแทนที่อากาศ ทำให้ขาดอากาศหายใจจนทำให้เสียชีวิต (ชัยวัฒน์ เติมมรด และคณะ, 2564) และ 3) ผิวหนังไหม้จากความเย็นจัด ถ้า LPG หยดหรือกระเด็นมาถูกผิวหนัง ความเย็นที่เกิดจากการระเหยโดยฉับพลันอาจทำให้ผิวหนังไหม้ได้ทันที จากข้อมูลข้างต้นยังไม่พบการศึกษาวิจัยการประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวขณะมีการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการครัวร้อนในสถานศึกษา ซึ่ง 3 องค์ประกอบของการเกิดอัคคีภัยเกิดจาก 1) เชื้อเพลิงจากของแข็ง ของเหลว ก๊าซ ไฟฟ้า และสารเคมีบางชนิดที่ติดไฟได้ 2) ความร้อนจากการประกอบและปรุงอาหาร และ 3) ปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศ ซึ่งถ้าองค์ประกอบทั้งสามอยู่ในระดับที่เพียงพอและเหมาะสมเมื่อเกิดก๊าซ LPG รั่วไหลจะส่งผลให้เกิดไฟไหม้และอาจเกิดการระเบิดได้ที่ส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของนักศึกษา บุคลากร และคนในชุมชนรอบมหาวิทยาลัยได้ จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจทำการศึกษาการประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวด้วยโปรแกรม ALOHA และ Google earth ของห้องปฏิบัติการครัวร้อน ในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี เพื่อศึกษาการแพร่กระจาย และการระเบิดเมื่อมีการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เพื่อเป็นแนวทางตอบโต้เหตุฉุกเฉินกรณีก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดการรั่วไหลในสถานศึกษาแห่งนี้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการแพร่กระจาย และการระเบิดเมื่อมีการรั่วไหลของกาซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังเก็บ
กาซปิโตรเลียมเหลวของห้องปฏิบัติการครัวร้อน ในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยโดยใช้โปรแกรม ALOHA ร่วมกับ Google earth เพื่อสร้างแบบจำลองทาง
คณิตศาสตร์ที่อาศัยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในการประเมินการแพร่กระจายของสารเคมีประเภทกาซที่รั่วไหลไป
ในอากาศ และแสดงข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์บนแผนที่อิเล็กทรอนิกส์

เครื่องมือ โปรแกรม ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospheres) version 5.4.7 เป็น
ระบบที่ฟรีลิขสิทธิ์ และโปรแกรม Google earth pro version 7.1 เป็นฟรีลิขสิทธิ์

การเก็บและรวบรวมข้อมูล

1. ตำแหน่งที่ตั้งที่ใช้วิเคราะห์ทำการศึกษาที่จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย พื้นที่อยู่สูงจากระดับน้ำ
ทะเล 2.0 เมตร เลือกพื้นที่ไม่ใช่ US และอยู่ในตำแหน่งที่ละติจูด 14 องศา 8 ลิปดา และ 4.79 พิลิปดาเหนือ
และลองจิจูด 100 องศา 36 ลิปดาและ 52 พิลิปดาตะวันออก เขตเวลา -7 อ้างอิงตามคำแนะนำในโปรแกรม
ALOHA และเลือกใช้เวลามาตรฐาน อาคารได้รับผลกระทบเป็นอาคารสองชั้น และพื้นที่ สถานที่รอบที่เก็บถึง
กาซปิโตรเลียมเหลว ประกอบด้วย

ทิศเหนือ ติดกับสถานีบรรจุกาซปิโตรเลียมเหลว บ้านเรือนประชาชน ตลาด และหอพัก

ทิศใต้ ติดกับถนนกว้าง 5 เมตรภายในมหาวิทยาลัย หอประชุม ธนาคาร ร้านสะดวกซื้อ
ลานกิจกรรม และอาคารเรียนและสำนักงานขนาด 4 ชั้น

ทิศตะวันออก ติดกับร้านค้า อาคารเรียนและสำนักงานขนาด 9 ชั้น

ทิศตะวันตก ติดกับอาคารเรียนและสำนักงานขนาด 4 ชั้น

2. ข้อมูลสารเคมีในโปรแกรม ALOHA ไม่มีฐานข้อมูลของกาซปิโตรเลียมเหลวโดยตรง ผู้วิจัยจึงใช้
อัตราส่วนจากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (SDS) ในอัตราส่วนโพรเพนร้อยละ 60 และบิวเทน
ร้อยละ 40 (วันวิสาข์ เสาศิริ, 2559) โดยใช้ข้อมูลสารเคมีโพรเพนในโปรแกรม ALOHA ดังนี้

สารเคมี : กาซโพรเพน (C_3H_8)

CAS Number: 74-98-6

น้ำหนักโมเลกุล : 44.10 กรัม/โมล

จุดเดือด : - 42.00 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิของการจุดติดไฟ : 460-580 องศาเซลเซียส

ความหนาแน่นของไอกาซ : 1.5 เท่า

ความหนาแน่นของกาซปิโตรเลียมเหลว : 0.51

ขีดจำกัดของการติดไฟ : ร้อยละ 2.0 – 10.0 ของกาซในอากาศ

สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวของกาซปิโตรเลียมเหลวที่ 15 องศาเซลเซียส : 0.00300 ต่อ 1 องศาเซลเซียส

IDLH : 2100 ppm

3. ข้อมูลสภาพอากาศโดยใช้ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาจังหวัดปทุมธานีช่วงปี 2563 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2564) เป็นค่าเฉลี่ยตามฤดูกาลทั้งปี ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลมโดยวัดที่ระดับความสูง 10 เมตร ปริมาณเมฆปกคลุมบนท้องฟ้า และความชื้นสัมพัทธ์ โดยในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิ ความเร็วลมสูงกว่าฤดูฝนและฤดูหนาวตามลำดับ แต่มีความชื้นต่ำกว่าฤดูหนาวและฤดูฝนตามลำดับ และแต่ละฤดูจะมีทิศทางลมที่แตกต่างกันทำให้มีการแพร่กระจายของสารเคมีที่รั่วไหลแตกต่างกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลสภาพอากาศ

รายการ	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
ความเร็วลม (Knots)	2.52	2.22	3.10
ทิศทางลม	ตะวันตกเฉียงใต้	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออกเฉียงใต้
อุณหภูมิ (°C)	29.7	28.2	30.9
ความชื้น (%)	78.7	71.4	69.5

4. ข้อมูลแหล่งกำเนิดการรั่วไหลของกาซปิโตรเลียมเหลวจากถังบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) แบบอัดอากาศรูปทรงกระบอก ขนาด 48 กิโลกรัม ความสูง 140 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีปริมาณสารเคมีในถังร้อยละ 85 ของปริมาตรถังเพื่อใช้ในการขยายตัวของกาซ มี LPG ที่เป็นของเหลวในถัง 75.48 ลิตร ที่ความดัน 7 บาร์ และอุณหภูมิสารเคมี 21 องศาเซลเซียส โดยปริมาณเก็บสูงสุด 5 ถัง ในพื้นที่โล่ง บริเวณโดยรอบเป็นอาคารชั้นเดียว ทำการจำลองสถานการณ์ 4 รูปแบบ คือ 1) Toxic Area of Vapor Cloud จำลองสถานการณ์การเกิดรั่วขนาด 5 มิลลิเมตรที่ข้อต่ออ่อน (Flexible connection failure) บริเวณวาล์วที่หัวถังกาซปิโตรเลียมที่ความสูง 100 เซนติเมตร 2) Flammable area of vapor cloud 3) การระเบิดแบบ Jet fire และ 4) การระเบิดแบบ BLEVE โดยจำลองสถานการณ์แบบละ 1 ครั้งในเวลากลางวัน ระยะเวลาในการจำลองการรั่วไหลเท่ากับ 60 นาที ในฤดูกาล 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน

การวิเคราะห์ข้อมูลและการประเมินผล

1. ค่าที่ได้จากการประเมินการรั่วไหลของกาซปิโตรเลียมโดยใช้โปรแกรม ALOHA คือพื้นที่ที่ได้รับกาซโพรเพนจากกาซปิโตรเลียมเหลวในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 3 ระดับที่แบ่งตาม Emergency response planning guidelines ได้แก่

1) ERPG-1 เป็นความเข้มข้นของสารในอากาศที่อาจเริ่มมีผลต่อสุขภาพ เมื่อได้รับเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยมีผลต่อสุขภาพเพียงเล็กน้อย ชั่วคราว กลืนไม่มากจนเป็นการรบกวน

2) ERPG-2 เป็นความเข้มข้นของสารในอากาศที่อาจเริ่มมีผลต่อสุขภาพ เมื่อได้รับเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยมีผลต่อสุขภาพเพียงเล็กน้อย สามารถหายได้เอง (Reversible) ไม่ทำให้เกิดความสูญเสียความสามารถในการป้องกันตนเอง เช่น หลีกหนีจากพื้นที่ เป็นต้น

3) ERPG-3 เป็นความเข้มข้นของสารในอากาศที่เริ่มมีผลต่อสุขภาพ เมื่อได้รับเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยมีผลต่อสุขภาพในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิต (Experiencing or developing life-threatening health effects) (American Industrial Hygiene Association, 2021)

2. ระดับอันตรายของการได้รับสัมผัสสารเคมีแบบเฉียบพลัน (Acute Exposure Guideline Levels: AEGL) ได้เป็น 3 ระดับ ดังนี้

1) AEGL-1 บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารเคมีสูงกว่านี้ คาดว่าประชาชนทั่วไปหรือคนที่อ่อนแอกว่าปกติอาจรู้สึกไม่สบาย ระคายเคือง ผลกระทบหรืออาการนั้นคงอยู่ชั่วคราว

2) AEGL-2 บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารเคมีสูงกว่านี้ คาดว่าประชาชนทั่วไปหรือคนที่อ่อนแอกว่าปกติอาจได้รับผลกระทบที่ไม่สามารถรักษาหายได้ หรือผลกระทบนั้นคงอยู่เป็นเวลานาน

3) AEGL-3 บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารเคมีสูงกว่านี้ คาดว่าประชาชนทั่วไปหรือคนที่อ่อนแอกว่าปกติอาจได้รับผลกระทบต่อสุขภาพที่เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิต (สมโชค สุธะสา และคณะ, 2559)

3. ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Level of Concern: LOC) ค่าความเข้มข้นที่สามารถระเบิดได้ในโปรแกรม ALOHA แบงออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่

1) 10% LEL คือ ระดับความเข้มข้นของสารเคมีที่ระดับ 10% ของค่าที่จะเกิดการติดไฟหรือระเบิดได้ต่ำสุด (Lower Explosive Limit)

2) 60% LEL คือ ระดับความเข้มข้นของสารเคมีที่ระดับ 60% ของค่าที่จะเกิดการติดไฟหรือระเบิดได้ต่ำสุด (Lower explosive limit) ความเข้มข้นระดับนี้ พบว่า สามารถเกิดกลุ่มก้อนของสารเคมีที่สามารถระเบิดได้ (วันวิสาข์ เสาศิริ, 2559)

4. บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความเข้มข้นของการแผ่รังสี แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

1) ระดับความเข้มข้น 10 กิโลวัตต์/ตารางเมตร ได้รับอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต และโครงสร้างอาคารถูกทำลาย

2) ระดับความเข้มข้น 5 กิโลวัตต์/ตารางเมตร ได้รับอันตรายเกิดแผลไหม้ลึกระดับ 2

3) ระดับความเข้มข้น 2 กิโลวัตต์/ตารางเมตร ได้รับอันตรายเกิดแผลพุพอง (สมโชค สุธะสา และคณะ, 2559)

4. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม ALOHA โดยอธิบาย Footprint ของค่าความเข้มข้น รัศมีการแพร่กระจาย ขอบเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ และนำเสนอผลการประเมินการแพร่กระจาย พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบบนแผนที่โดยใช้โปรแกรม Google earth (ธนวัฒน์ เทียมทะนงค์, 2563)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

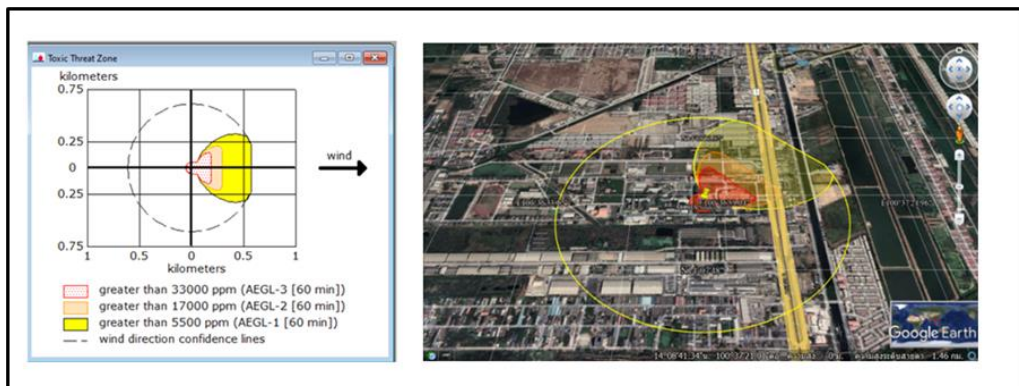
ผลการจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เพื่อกำหนดระยะที่ปลอดภัยในการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้และระเบิดจากการรั่วไหลของก๊าซโพรเพน 1 ครั้งใน 3 ฤดู พบว่า

1. กรณีก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหลและไม่ติดไฟใน 3 ฤดู ปี 2563 ตามระดับค่า ERPG ที่ระดับความเข้มข้น 33,000, 17,000 และ 5,500 ppm ทำให้ผู้ได้รับผลกระทบเสียชีวิต (AEGL-3) ไม่สามารถรักษาหายได้ (AEGL-2) และไม่สบาย ระคายเคือง (AEGL-1) ตามลำดับ พบว่า ในฤดูหนาวระยะทางในการแพร่กระจายมาก

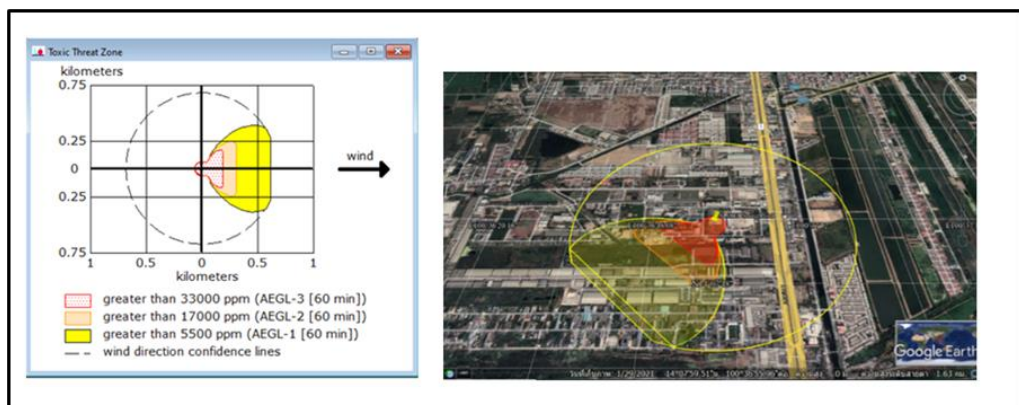
ที่สุด 194, 325 และ 620 เมตรตามลำดับ ถูฝุ่นระยะทางในการแพร่กระจายรองลงมาที่ 185, 295 และ 570 เมตรตามลำดับ ส่วนฤดูร้อนระยะทางที่แพร่กระจายได้น้อยที่สุด 170, 263 และ 498 เมตรตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีไม่ติดไฟในแต่ละฤดูปี 2563

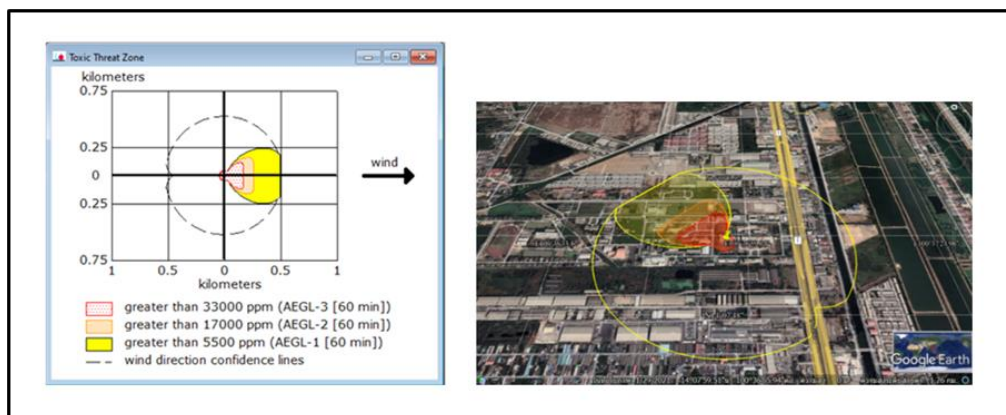
Toxic Area of Vapor Cloud	อันตรายต่อสุขภาพ แบบเฉียบพลัน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
33,000 ppm (ERPG-3)	อันตรายถึงขั้นเสียชีวิต (AEGL-3)	185 m.	194 m.	170 m.
17,000 ppm (ERPG-2)	ไม่สามารถรักษาหายได้ (AEGL-2)	295 m.	325 m.	263 m.
5,500 ppm (ERPG-1)	ไม่สบาย ระคายเคือง (AEGL-1)	570 m.	620 m.	498 m.



ภาพที่ 1 ผลการจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีไม่ติดไฟในฤดูฝน



ภาพที่ 2 ผลการจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีไม่ติดไฟในฤดูหนาว

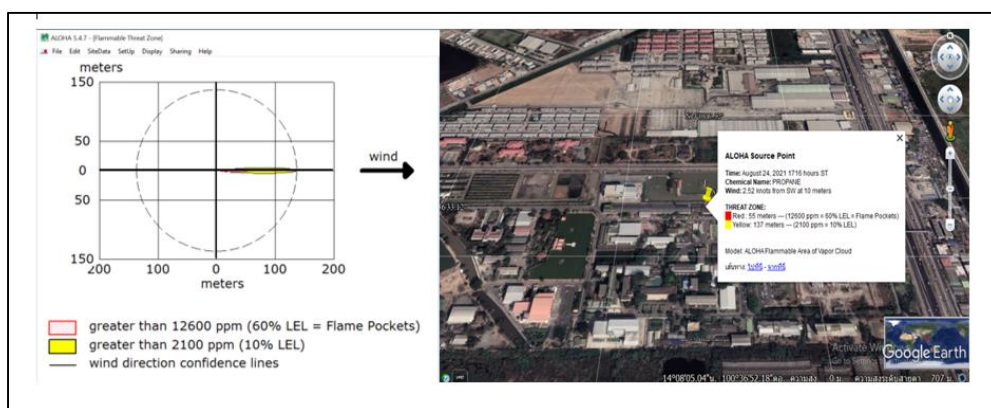


ภาพที่ 3 ผลการจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีไม่ติดไฟในฤดูร้อน

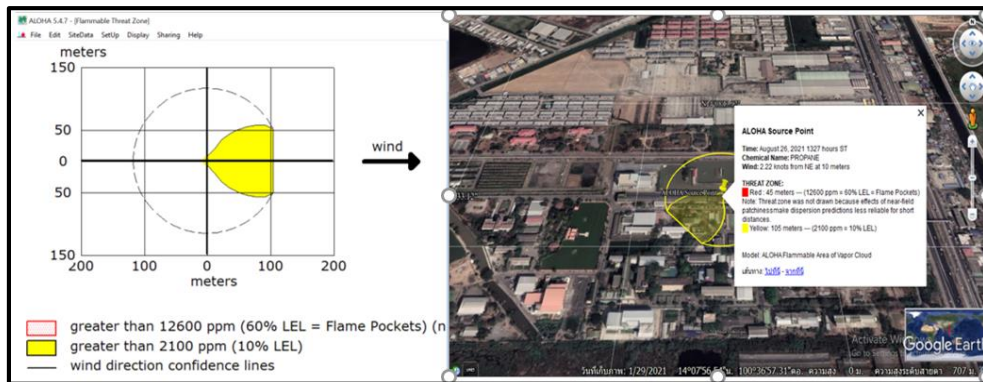
2. กรณีก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในแต่ละฤดูปี 2563 ในระยะเวลาการรั่วไหลต่อเนื่อง 60 นาที พบว่า ความเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้จากปริมาณของความเข้มข้นของโพรเพนอยู่ในช่วงที่ระเบิดได้ มีค่าขีดจำกัดบนของการระเบิด 12,600 ppm และค่าขีดจำกัดล่างของการระเบิด 2,100 ppm เมื่อประมวลผลด้วยโปรแกรม ALOHA ของค่าขีดจำกัดบนที่ระเบิดได้ (60 %LEL) และค่าขีดจำกัดล่างที่ระเบิดได้ (10 %LEL) พบว่าในฤดูฝนมีรัศมีการรั่วไหลและระเบิดอยู่ในช่วง 55-137 เมตร รองลงมาคือ ฤดูหนาวอยู่ในช่วง 45-105 เมตร และฤดูร้อนอยู่ในช่วง 33-84 เมตร ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในแต่ละฤดูปี 2563

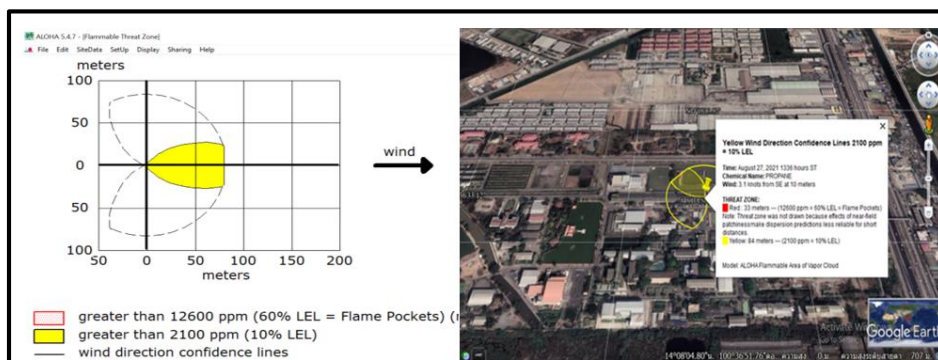
Flammable area of Vapor Cloud	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
12,600 ppm (60 %LEL)	55 m.	45 m.	33 m.
2,100 ppm (10% LEL)	137 m.	105 m.	84 m.



ภาพที่ 4 ผลการจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในฤดูฝน



ภาพที่ 5 ผลการจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในฤดูหนาว

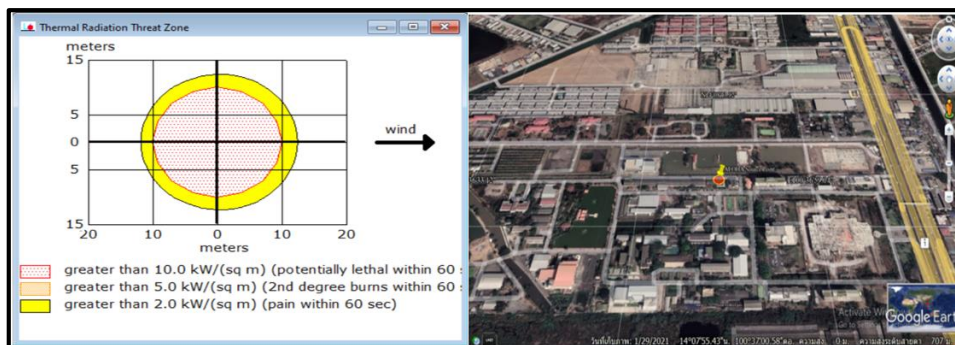


ภาพที่ 6 ผลการจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในฤดูร้อน

3. กรณีก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดแบบ Jet fire พบว่า เมื่อก๊าซรั่วไหลออกมาจะเกิดการระเบิดทันที ทำให้ลูกไหม้คล้ายคบเพลิง ระยะเวลาการเผาไหม้ 60 นาที อัตราการเผาไหม้สูงสุด 48.6 กิโลกรัมต่อวินาที และปริมาณการเผาไหม้ 1,354 กิโลกรัม ความยาวของเปลวไฟในฤดูร้อนสูงสุด 4 เมตร รองลงมาคือฤดูฝนและฤดูหนาว 3 เมตร โดยทำให้เกิดรังสีความร้อนที่ระดับความเข้ม 10,5 และ 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้ผู้ได้รับผลกระทบเสียชีวิต แผลไหม้ระดับ 2 และมีแผลพุพองตามลำดับ โดยผู้ที่อยู่ภายในรัศมี 10 เมตรได้รับอันตรายถึงขั้นเสียชีวิตได้

ตารางที่ 4 ข้อมูลก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดแบบ Jet fire ในแต่ละฤดูปี 2563

Jet fire	อันตราย	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
ความสูงเปลวไฟ		3 m.	3 m.	4 m.
10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	เสียชีวิต	10 m.	10 m.	10 m.
5 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	แผลไหม้ระดับ 2	10 m.	10 m.	10 m.
2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	แผลพุพอง	13 m.	13 m.	13 m.

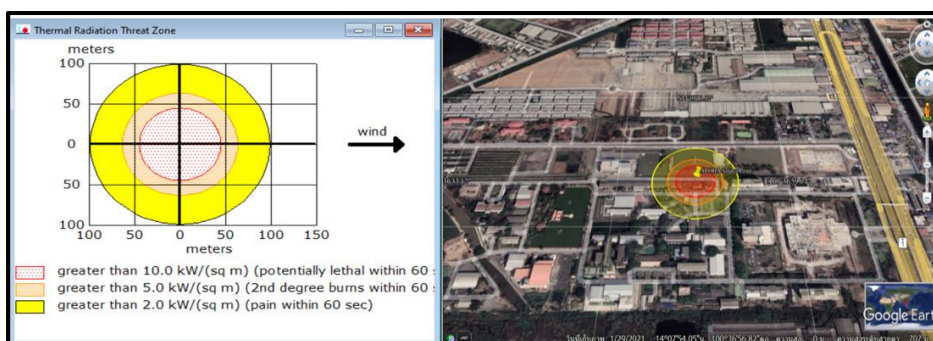


ภาพที่ 7 ผลการจำลองก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดแบบ Jet Fire

4. กรณีการระเบิดแบบ BLEVE (Boiling Liquid Evaporating Vapor Explosion) พบว่า เมื่อภาชนะบรรจุได้รับความร้อนจนไม่สามารถรับแรงดันได้ ทำให้เกิดการระเบิดและปรากฏเป็นลูกไฟ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 เมตร ระยะเวลาเผาไหม้ 2 วินาที ในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาวทำให้ผู้ที่อยู่ภายในรัศมี 45, 49 และ 49 เมตรเกิดรังสีความร้อนที่ระดับความเข้ม 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ได้รับอันตรายถึงชีวิตและส่งผลกระทบต่อโครงสร้างอาคารถูกทำลาย ผู้ที่อยู่ภายในรัศมี 63, 69 และ 69 เมตรเกิดรังสีความร้อนที่ระดับความเข้ม 5 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ได้รับอันตรายจากแผลไหม้ระดับ 2 และผู้ที่อยู่ภายในรัศมี 99, 107 และ 108 เมตรเกิดรังสีความร้อนที่ระดับความเข้ม 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ได้รับอันตรายจากแผลพุพอง

ตารางที่ 5 ข้อมูลก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดแบบ BLEVE แต่ละฤดูปี 2563

BLEVE	อันตราย	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	เสียชีวิต	49 m.	49 m.	45 m.
5 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	แผลไหม้ระดับ 2	69 m.	69 m.	63 m.
2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร	แผลพุพอง	107 m.	108 m.	99 m.



ภาพที่ 8 ผลการจำลองก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดแบบ BLEVE

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าในฤดูร้อนจะทำให้ผู้ที่ปฏิบัติงานใกล้พื้นที่จุดเกิดเหตุได้รับผลกระทบจากที่เริ่มมีผลต่อสุขภาพและอาจได้รับอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต ส่งผลให้เกิดระเบิดและโครงสร้างอาคารเกิดการพังทลาย

ได้มากกว่าฤดูหนาวและฤดูฝน เนื่องด้วยฤดูร้อนมีอุณหภูมิและความเร็วลมสูง มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ทำให้ก๊าซที่หนักกว่าอากาศไม่สามารถรวมตัวได้ จึงทำให้เกิดการแพร่กระจายได้รวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับ Beheshti et al., (2018) ที่พบว่าในฤดูกาลที่ต่างกัน จะทำให้เกิดอันตรายที่ต่างกัน โดยฤดูร้อนจะมีอันตรายมากกว่าฤดูฝนและฤดูหนาว เนื่องจากฤดูร้อนอากาศจะมีความเสถียรมากกว่าฤดูอื่น และการศึกษาวิจัยสอดคล้องกับ มุจลินทร์ อินทรเหมือน และคณะ (2563) ที่พบว่าความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่าจะแพร่กระจายได้ระยะทางที่น้อยกว่า และพบว่าเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินจุดรวมพลจะอยู่ในระยะที่ไม่ปลอดภัย จึงควรพิจารณาจุดรวมพลให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในทุกฤดู ซึ่งสอดคล้องกับ สมโชค สุธะสา และคณะ (2559) ที่ได้เสนอแนะให้มีการกำหนดจุดรวมพลให้ห่างจากรัศมีการเกิด BLEVE และการศึกษาวิจัยได้เสนอแนะให้มีการจัดทำแผนการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินให้ครอบคลุมคนและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายที่ระดับ ERPG-1,2 และ 3 ค่าขีดจำกัดของการระเบิดและเกิดรังสีความร้อนซึ่งสอดคล้องกับ Beheshti et al., (2018) ที่เสนอแนะให้มีวางแผนรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินเพื่อป้องกันผลกระทบที่จะเกิดกับประชาชนโดยรอบพื้นที่ที่เกิดเหตุด้วย ทั้งนี้การใช้โปรแกรม ALOHA จะไม่สามารถใช้โปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว ใช้เป็นเพียงการทำนายพื้นที่ที่มีการแพร่กระจายของสารเคมีหลังเหตุการณ์สงบแล้ว เพื่อเฝ้าระวังทางสุขภาพ เนื่องจากขาดข้อมูลในการนำเข้าสู่โปรแกรม การใช้โปรแกรมมีความซับซ้อน และมีข้อจำกัดหลายประการ (ชรินทร์ เย็นใจ และคณะ, 2558) จึงทำให้โปรแกรมไม่สามารถคำนวณค่าได้หรือค่าที่ได้ไม่ถูกต้อง เช่น โปรแกรมจะไม่สามารถคำนวณค่าได้ถ้ามีการรั่วไหลของสารผสมหรือสารละลาย มีความเร็วลมต่ำกว่า 1 เมตร/วินาที มีการรั่วไหลในอาคารปิดทึบ และอากาศที่เสถียรมาก ส่วนระยะห่างแหล่งรั่วไหลไม่ถูกต้องและสภาพแวดล้อมที่มีสิ่งกีดขวาง ทำให้โปรแกรมคำนวณข้อมูลได้ไม่ถูกต้อง (วันวิสาข์ เสาศิริ, 2559) ดังนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการจำลองสถานการณ์ในปี 2563 โดยการใช้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมและทิศทางลมในแต่ละฤดู เพื่อใช้วางแผนรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินล่วงหน้าในรอบปีเท่านั้น หากวันที่เกิดเหตุรั่วไหลจริงในสถานศึกษาแห่งนี้ อาจทำให้ค่าทางสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไป จึงควรมีการนำข้อมูลในวันเกิดเหตุจริงเข้าสู่โปรแกรมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำกับสถานการณ์จริงต่อไป

สรุป

จากผลการศึกษาการรั่วไหลและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยการใช้โปรแกรม ALOHA และ Google earth พบว่า ก๊าซปิโตรเลียมทำให้เกิดการรั่วไหลแบบ Toxic area of vapor cloud และ Flammable area of vapor cloud ส่งผลผู้ที่ได้รับผลกระทบไม่สบาย ระคายเคือง รักษาไม่หาย และเสียชีวิตได้ และเมื่อเกิดการระเบิดแบบ Jet Fire และ BLEVE จะทำให้เกิดผู้ได้รับผลกระทบได้รับอันตรายจากแผลพุพอง แผลไหม้ระดับ 2 และอาจอันตรายถึงขั้นเสียชีวิตได้ โปรแกรม ALOHA และ Google earth สามารถใช้งานได้สะดวกและรวดเร็วกับสารเคมีทุกตัวที่มีฐานข้อมูลในโปรแกรม จึงทำให้สามารถใช้งานได้ง่ายเมื่อเกิดเพื่อประกอบการตัดสินใจเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น และสามารถทำแผนที่การกระจายของสารเคมีที่แสดงผลบนภาพถ่ายดาวเทียมได้ทันที แต่โปรแกรมมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถคำนวณผลได้ถ้ามีสารเคมีที่มีการรั่วไหลมากกว่า 1 ตัว ในพื้นที่เกิดเหตุเดียวกันได้ หรือมีข้อมูลทางภูมิอากาศที่ไม่ครบถ้วน

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. มหาวิทยาลัยแห่งนี้สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการจัดทำแผนการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินให้ครอบคลุมคนและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายที่ระดับ ERPG-1,2 และ 3 ค่าขีดจำกัดของการระเบิดและเกิดรังสีความร้อน
2. มหาวิทยาลัยแห่งนี้ควรจัดให้มีการฝึกซ้อมแผนการอพยพกรณีรั่วไหลของสารเคมี เพื่อลดผลกระทบต่อชีวิตและสุขภาพจากการสัมผัสก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่เกิดการรั่วไหล ร่วมกับหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องและคนในชุมชนรอบมหาวิทยาลัย
3. มหาวิทยาลัยแห่งนี้ควรพิจารณาจุดรวมพลเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินเพิ่มเติม เพื่อให้จุดรวมพลไม่อยู่ในระยะรัศมีการรั่วไหล และการระเบิดจากการจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งถัดไป

1. การวิจัยครั้งนี้สามารถนำผลประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวของห้องปฏิบัติการครัวร้อนไปใช้กับห้องปฏิบัติการอื่น ๆ ในมหาวิทยาลัยแห่งนี้ สถานศึกษาอื่น หรือสถานประกอบการในพื้นที่ใกล้เคียงที่มีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวและมีข้อมูลสภาพอากาศรูปแบบเดียวกัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำแผนตอบโต้เหตุฉุกเฉินกรณีก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล
2. ควรมีการจัดทำฐานข้อมูลเพื่อรองรับสถานการณ์ฉุกเฉินกรณีสารเคมีรั่วไหลกับสารเคมีทุกชนิดที่มีการใช้ในมหาวิทยาลัยแห่งนี้และมีโปรแกรม ALOHA และจัดทำแผนเตรียมความพร้อมและตอบโต้เพื่อรองรับการรั่วไหลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดปทุมธานี เพื่อมาสร้างการประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวห้องปฏิบัติการครัวร้อน ในมหาวิทยาลัยแห่งนี้ จังหวัดปทุมธานี ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2564). การเตรียมความพร้อมและตอบโต้ภาวะฉุกเฉินด้านสารเคมีสำหรับการอบรมหลักสูตรการพัฒนาศักยภาพทีมปฏิบัติการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินด้านสารเคมีและรังสี ระดับพื้นที่สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข (ครู ก.). สืบค้นจาก http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/media/manual/Readiness_01.pdf
- กรมควบคุมมลพิษ. (2564). จัดทำคู่มือการปกป้องประชาชนจากเหตุฉุกเฉินสารเคมีรั่วไหล. สืบค้นจาก <https://www.pcd.go.th/publication/11960/>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2564). ภูมิอากาศปทุมธานี. สืบค้นจาก

- <http://climate.tmd.go.th/data/province/ภาคกลางตอนบน/ภูมิอากาศปทุมธานี.pdf>
กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2564). **คู่มือการเตรียมความพร้อมและตอบโต้ภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุข กรณีอุบัติภัยสารเคมี**. สืบค้นจาก
<https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1171220210826082606.pdf>
- ชรินทร์ เย็นใจ และวันเพ็ญ วิโรจนัญญ. (2558). การพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับสถานการณ์ฉุกเฉินกรณี สารเคมีรั่วไหลด้วย โปรแกรม ALOHA, MARPLOT, Google earth และ Microsoft Excel. **วารสารสาธารณสุข มหาวิทยาลัย บุรพา**, 10(1), 15-25.
- ชัยวัฒน์ เติมมรด, อรรธรณ ขำนาญพุดชา และจินต์จุฑา ขำทอง. (2564). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอุบัติเหตุของพนักงานดับเพลิงเทศบาลเมืองท่าโขลง จังหวัดปทุมธานี. **วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 2(3), 38-62.
- ธนวัฒน์ เทียมทะนงค์. (2563). **แบบจำลองผลกระทบการรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลว และการจำลองการอพยพไปยังจุดรวมพล**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มูจลินทร์ อินทรเหมือน และคณะ. (2563). การประเมินการรั่วไหลของสารก๊าซปิโตรเลียมเหลวในโรงงานผลิตถุงมือยางด้วยโปรแกรม ALOHA และ MARPLOT. **วารสารวิชาการสาธารณสุข**, 29(2), 211-220.
- วันวิสาข์ เสาศิริ. (2559). **การประเมินการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากการรั่วไหลของสถานีบริการก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ในกรุงเทพมหานคร ด้วยโปรแกรม ALOHA**. การค้นคว้าอิสระสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สมโชค สุษะสา, สมภพ จรุงธรรมโชติ และสุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ. (2559). **การประเมินผลกระทบการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์**. การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 13 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 8-9 ธันวาคม 2559. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.
- สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสมุทรปราการ. (2564). **ALOHA (AREAL LOCATION OF HAZARDOUS ATMOSPHERES)**. สืบค้นจาก
<http://www.spko.moph.go.th/wp-content/uploads/2017/03/AlohaThai.pdf>
- อภิวัฒน์ เขียวอร่าม และสุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ. (2563). **การวิเคราะห์เชิงสมรรถนะเพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตด้วยโปรแกรม ALOHA และ Pathfinder กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนยานยนต์**. การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา, 28 ส.ค. 2563.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี.

American Industrial Hygiene Association. ERPGs. (2021). **Emergency Response Planning Guidelines (ERPGs)**. Retrieved from:

<https://www.aiha.org/get-involved/aiha-guideline-foundation/erpgs>

Anjana N.S., Amarnath A., Chithra S.V., Harindranathan Nair, M.V., & Jose, S.K. (2015). Population vulnerability assessment around a LPG storage and distribution facility near Cochin using ALOHA and GIS. **International Journal of Engineering Science Invention**, 4(6), 23-31.

Anjana, N.S., Amarnath, A., & Nair, M.H. (2018). Toxic hazards of ammonia release and population vulnerability assessment using geographical information system. **Journal of environmental management**, 210, 201-209.

Beheshti M.H., Dehghan S.F., Hajizadeh R., Jafari S.M., & Koochpaei A. (2018). **Modelling the consequences of explosion, fire and gas leakage in domestic cylinders containing LPG**. Annals of Medical and Health Sciences Research, 8(1), 83-88.

Tseng, J.M., Su, T.S., & Kuo, C.Y. (2012). **Consequence evaluation of toxic chemical releases by ALOHA**. Procedia Engineering, 45, 384 – 389.

U.S. Department of Veterans Affairs. (2021). **ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres)**. Retrieved from:
<https://www.oit.va.gov/Services/TRM/ToolPage.aspx?tid=9015#:~:text=Description%3A,and%20respond%20to%20chemical%20emergencies>.

การเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก *Chlorella protothecoides* BUUC1602 จากหัวเชื้อที่เก็บรักษาด้วยเทคนิคการตรึงเซลล์ในแคลเซียมอัลจินต

มะลิวัลย์ คุตะโค¹ จันทรจักรัส วัฒนะโชติ² ยุทธยา อยู่เย็น³ นงนุช รุ่งสว่าง⁴ รชนิมุข หิรัญสัจจาเลิศ⁵
ปวีณา ตปนิยวรวงศ์⁶ ภควรรณ เศรษฐมงคล^{7*}

Received : June 14, 2022

Revised : July 21, 2022

Accepted : July 24, 2022

บทคัดย่อ

หัวเชื้อสาหร่ายเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญต่อการเติบโตของสาหร่ายในกระบวนการเลี้ยง งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเติบโตของ *Chlorella protothecoides* BUUC1602 จากการเลี้ยงด้วยหัวเชื้อที่ได้จากวิธีการตรึงและเก็บรักษาเซลล์ที่แตกต่างกัน ในการทดลองขั้นแรกเลี้ยงสาหร่ายด้วยวิธีแบบเซลล์แขวนลอยและเซลล์ตรึงสาหร่ายด้วยอาหารสูตรกลลาร์ด F/2 ความเค็ม 30 พีเอสยู วางขวดเลี้ยงสาหร่ายภายใต้อุณหภูมิห้องปฏิบัติการ 26 ± 1 องศาเซลเซียส และให้แสง 4000 ลักซ์ พบว่าอัตราการเติบโตจำเพาะของสาหร่ายที่เลี้ยงแบบเซลล์แขวนลอยและเซลล์ตรึง เท่ากับ 0.34 และ 0.53 ต่อวัน ตามลำดับ ขั้นตอนต่อมา ทดลองเตรียมเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายบนแคลเซียมอัลจินต ทั้งรูปแบบที่ไม่เติมกลีเซอรอล และเติมกลีเซอรอลให้มีความเข้มข้น 5% ปริมาตรต่อปริมาตร แล้วนำเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายเก็บรักษาด้วยวิธีการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และทำแห้งด้วยวิธีการระเหิด เก็บรักษาเม็ดเซลล์ตรึงที่ผ่านขั้นตอนเก็บรักษาเซลล์ไว้เป็นเวลา 30 วัน จากนั้นจึงละลายเม็ดเซลล์ตรึง และนำสาหร่ายไปเลี้ยงแบบเซลล์แขวนลอย พบว่า การใช้หัวเชื้อสาหร่ายในรูปของเซลล์ตรึงที่มีการเติมกลีเซอรอล และผ่านขั้นตอนการเก็บรักษาเซลล์ด้วยวิธีการระเหิด ทำให้สาหร่ายมีการเติบโตได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น โดยให้เซลล์สูงสุด 138×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และอัตราการเติบโตจำเพาะ 0.69 ต่อวัน แสดงให้เห็นว่า หากต้องการเก็บรักษาเซลล์สาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 เพื่อใช้งานเป็นหัวเชื้อที่สะดวกในการเก็บรักษาสภาพ สามารถทำได้ด้วยวิธีการตรึงเซลล์สาหร่ายบนแคลเซียมอัลจินตที่มีกลีเซอรอลเป็นส่วนผสม และผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการระเหิดได้

คำสำคัญ: การเก็บรักษาเซลล์ การตรึงเซลล์ การเติบโต แคลเซียมอัลจินต สาหร่ายขนาดเล็ก

¹ อาจารย์ คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี อีเมล: maliwan@buu.ac.th

² นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา อีเมล: janjarus@buu.ac.th

³ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต อีเมล: yutthaya_yuy@dusit.ac.th,

⁴ นักวิจัยประจำสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต อีเมล: nongnuch_uta@dusit.ac.th

⁵ อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อีเมล: rachanimuk@buu.ac.th

⁶ ผู้ช่วยนักวิจัยอาวุโส ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ อีเมล: paveena.tap@biotec.or.th

⁷ อาจารย์ คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี อีเมล: pakawan-p@go.buu.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: pakawan-p@go.buu.ac.th

GROWTH OF MICROALGAE *Chlorella protothecoides* BUUC1602 FROM INOCULUM PRESERVED BY CELL IMMOBILIZATION TECHNIQUE IN CALCIUM ALGINATE

Maliwan Kutako¹ Janjarus Watanachote² Yutthaya Yuyen³ Nongnuch Rungsawang⁴
Rachanimuk Hiransuchalert⁵ Paveena Tapaneeyaworawong⁶ Pakawan Setthamongkol^{7*}

Abstract

Microalgae inoculum is one of the important factors for their growth in the culture process. This research investigated the growth of *Chlorella protothecoides* BUUC1602 from inoculated cultures obtained by different immobilization and storage methods. Earlier in the experiment, microalgae were cultured by cell suspension and immobilization method using the stock culture in form of cell suspension with Guillard's F/2 media, salinity 30 PSU. The microalgae culture flask was placed at room temperature of 26 ± 1 °C and exposed to 4000 lux. The results revealed that the specific growth rates of microalgae cultured with cell suspension and immobilization methods were 0.34 and 0.53 per day, respectively. Then, microalgae were immobilized on calcium alginate. The microalgal bead was prepared without and add glycerol to a concentration of 5% volume per volume. The immobilized microalgae beads were then stored using different methods i.e. freezing at -20 °C and drying by lyophilization method. Microalgae beads were kept for 30 days, dissolved, and cultured in an F/2 media as suspended cells. The results showed that the microalgae inoculum in form of an immobilized microalgae bead with glycerol added and preserved by the lyophilized method had a better growth of microalgae compared to the other experiments. It produced a maximum cell density of 138×10^4 cells/ml and a specific growth rate of 0.69 per day. The finding confirms that for storage of the inoculum of *C. protothecoides* BUUC1602 and for convenience to maintain then it should be created by immobilizing the microalgae on calcium alginate with glycerol added and drying by lyophilization method.

Keywords: Cell preservation, Cell Immobilization, Growth, Calcium alginate, Microalgae

¹ Lecturer, Faculty of Marine Technology, Burapha University, Chanthaburi Campus,
e-mail: maliwan@buu.ac.th

² Scientist, senior professional level, Institute of Marine Science, Burapha University, email: janjarus@buu.ac.th

³ Director, Research and Development Institute, Suan Dusit University, e-mail: yutthaya_yuy@dusit.ac.th,

⁴ Researcher, Research and Development Institute, Suan Dusit University, e-mail: nongnuch_uta@dusit.ac.th

⁵ Lecturer, Faculty of Science, Burapha University, e-mail: rachanimuk@buu.ac.th

⁶ Senior research assistance, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, National Science and Technology Development Agency, e-mail: paveena.tap@biotec.or.th

⁷ Lecturer, Faculty of Marine Technology, Burapha University, Chanthaburi Campus, e-mail:
pakawan-p@go.buu.ac.th

* Corresponding author, e-mail: pakawan-p@go.buu.ac.th

บทนำ

สาหร่ายทะเลขนาดเล็ก (Marine microalgae) สามารถสร้างอาหารได้เองจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเช่นเดียวกับพืช และมีลักษณะการเติบโตคล้ายคลึงกับแบคทีเรีย เพราะมีการแบ่งเซลล์แบบทวิคูณ จึงใช้ระยะเวลาการเลี้ยงในแต่ละรอบสั้นกว่าพืชอื่น ๆ อีกทั้งสาหร่ายขนาดเล็กอุดมไปด้วยสารประกอบทางชีวภาพที่มีประโยชน์หลายชนิด ทั้งในรูปของสารสี กรดไขมัน และโปรตีน เป็นต้น (Spolaore et al., 2006) จึงมีการนำสาหร่ายไปใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น การใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำวัยอ่อน ผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่มีมูลค่าเป็นแหล่งผลิตเชื้อเพลิง และผสมในอาหารมนุษย์และสัตว์ (Caporgno et al., 2019)

สาหร่าย *Chlorella protothecoides* BUUC1602 เป็นสาหร่ายสีเขียวที่แยกได้จากอ่าวหมู่ อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา (จุฑพงษ์ พิรุฬห์ภาวดี, 2559) และสามารถเลี้ยงสาหร่ายดังกล่าวในสภาวะห้องปฏิบัติการได้โดยใช้อาหารสูตรกลีลาร์ด F/2 (Stein, 1973) ความเค็ม 30 พีเอสยู (PSU) สาหร่ายเติบโตได้ดีให้ผลผลิตเซลล์สูง 499×10^7 เซลล์ต่อลิตรต่อวัน นอกจากนี้ยังมีไขมันสูงถึง 25% ของน้ำหนักแห้ง และอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดปาล์มมิติก (Palmitoleic acid, C16:1) กรดโอเลอิก (Oleic acid, C18:1n9) และกรดไลโนเลอิก (Linoleic acid, C18:2n6) (สมเกียรติ แวนมณี และคณะ, 2562) สาหร่าย *Chlorella* มีปริมาณโปรตีนทั้งหมดมากกว่า 40% ของน้ำหนักแห้ง รวมถึงมีการโบไฮเดรตในรูปของพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) เช่น เซลลูโลส (Cellulose) แป้ง (Starch) และที่ที่น่าสนใจ คือ มีเบต้า-กลูแคน (β -glucan) เป็นองค์ประกอบ เพราะสารประกอบดังกล่าวช่วยเสริมสร้างและกระตุ้นภูมิคุ้มกันของมนุษย์และสัตว์ (Ibrahim & Elbaily, 2020) จึงแสดงให้เห็นว่าสาหร่าย *Chlorella* สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพของมนุษย์และผสมในอาหารสัตว์น้ำวัยอ่อนได้ ในการเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กจำเป็นต้องมีหัวเชื้อสาหร่ายที่พร้อมใช้งาน กล่าวคือ สภาพเซลล์ต้องสมบูรณ์ เติบโตอยู่ในระยะทวีคูณ (Exponential phase) และไม่มีการปนเปื้อน เทคนิคโดยทั่วไปที่ใช้ในการรักษาหัวเชื้อสาหร่าย คือ การแช่ให้สาหร่ายเติบโตบนอาหารแข็งและเลี้ยงไว้ในอาหารเหลว ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยแรงงานสำหรับดำเนินการย้ายเชื้อลงอาหารใหม่เป็นประจำ เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารตายเนื่องจากขาดแคลนสารอาหาร การเก็บรักษาจุลินทรีย์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (-80 ถึง -196 องศาเซลเซียส) และวิธีการทำแห้งด้วยวิธีการระเหิดเป็นวิธีที่สามารถเก็บรักษาหัวเชื้อจุลินทรีย์ได้เป็นระยะเวลานาน แต่วิธีการนี้จำเป็นต้องใส่สารป้องกันเซลล์ (Cryoprotectant) เช่น กลีเซอรอล (Glycerol) เมทานอล (Methanol) และไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (Dimethyl sulfoxide, DMSO) เป็นต้น เพื่อไม่ให้เซลล์เกิดความเสียหายในระหว่างขั้นตอนการแช่เยือกแข็ง (Kihika et al., 2022)

เทคนิคการตรึงเซลล์ (Immobilized cells) เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจในการเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อให้ผลิตเอนไซม์ และเปลี่ยนสารตั้งต้นเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ทั้งนี้การตรึงเซลล์จุลินทรีย์มีหลายวิธี เช่น การยัดตัวนำ (Carrier-binding method) ที่เชื่อมเซลล์จุลินทรีย์โดยตรงกับตัวนำที่ไม่ละลายน้ำ การตรึงเซลล์แบบเชื่อมไขว้ (Cross-linking method) เป็นการเชื่อมเซลล์จุลินทรีย์เข้าด้วยกันโดยมีพันธะทางเคมีด้วยการใช้กลูตารัลดีไฮด์ (Glutaraldehyde) และการตรึงเซลล์แบบการดักจับ (Gel Entrapping) ที่ห่อหุ้มเซลล์ไว้ในวัสดุที่ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน (Semipermeable membrane) หรือห่อหุ้มเซลล์ไว้ภายในช่องว่างในเจลของสารพอลิเมอร์ (Polymer) ทั้งนี้การเซลล์ตรึงบนแคลเซียมอัลจิเนตเป็นการห่อหุ้มเซลล์ไว้ในผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเจล (Gel) ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของโซเดียมอัลจิเนต (Sodium alginate) และแคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride) ซึ่งโซเดียมอัลจิเนตเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถเกิดเป็นเจลได้เมื่อมีการเชื่อมไขว้เข้ากับไอออนของโลหะเกิดร่างแหไอออนิก ไอออนของโลหะที่มีประจุสูงที่นิยมใช้ได้แก่ Ca^{2+} เทคนิคการตรึงเซลล์แบบดังกล่าวเป็นที่นิยม เนื่องจากทำได้ง่าย รวดเร็วและสารเคมีที่ใช้ไม่เกิดอันตรายต่อเซลล์ (Vasilieva et al., 2016) ในปัจจุบันมี

การใช้เทคนิคตรึงเซลล์สาหร่ายเพื่อใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ผลิตสารเมแทบอลิท์ และใช้บำบัดโลหะหนัก ธาตุอาหาร หรือสารที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ เป็นต้น เนื่องจากเมื่อตรึงเซลล์แล้วสามารถแยกเซลล์ตรึงสาหร่ายออกจากน้ำเลี้ยงได้ง่าย จึงสะดวกในการนำเซลล์ไปใช้งาน หรือการนำเซลล์ตรึงกลับมาใช้งานซ้ำ (Moreno-Garrido, 2008; บุรินทร์ มนตรีวิสัย และคณะ, 2564) นอกจากนี้การตรึงเซลล์ยังใช้เป็นเทคนิคในการเก็บรักษา หัวเชื้อสาหร่าย โดย Senko et al. (2022) ได้รายงานว่าการตรึงเซลล์สาหร่ายสีเขียว (Green microalgae) สาหร่ายสีแดง (Red microalgae) ไดอะตอม (Diatom) และไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria) บางชนิดได้นานกว่าหนึ่งปี

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาวิธีการตรึงเซลล์และเก็บรักษาเซลล์สาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับการเลี้ยงสาหร่าย ที่มุ่งหมายให้สามารถเก็บรักษาหัวเชื้อสาหร่ายได้เป็นเวลานาน ประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ ไม่สิ้นเปลืองแรงงานและเวลาในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่ เพื่อย้ายสาหร่ายลงในอาหารสำหรับใช้เป็นหัวเชื้อ (Subculture)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็ก *C. protothecoides* BUUC1602 ที่เลี้ยงแบบเซลล์แขวนลอยและเซลล์ตรึงบนแคลเซียมอัลจิเนต
2. เพื่อศึกษาการเติบโตของ *C. protothecoides* BUUC1602 จากการเลี้ยงด้วยหัวเชื้อที่ได้จากวิธีการตรึงและเก็บรักษาเซลล์ที่แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สาหร่ายที่ใช้ในการทดลอง

สาหร่ายสีเขียว *C. protothecoides* BUUC1602 ที่แยกได้จากชายฝั่งทะเลอ่าวไทย บริเวณจังหวัด จันทบุรี (จตุพงษ์ พิรุฬห์ภาวดี, 2559) เก็บรักษาหัวเชื้อไว้ ณ หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี โดยเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร F/2 ที่เตรียมจากน้ำทะเลความเค็ม 30 พีเอสยู วางบนชั้นไฟที่ให้แสง 4000 ลักซ์ และควบคุมอุณหภูมิห้อง 26 ± 1 องศาเซลเซียส

2. การทดลองที่ 1 ศึกษาการเติบโตของ *C. protothecoides* BUUC1602 ที่เลี้ยงแบบเซลล์แขวนลอยและเซลล์ตรึงบนแคลเซียมอัลจิเนต

ทำการเลี้ยงสาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 แบบเซลล์แขวนลอยและเซลล์ตรึง การเลี้ยงสาหร่ายแบบเซลล์แขวนลอย ได้เลี้ยงสาหร่ายในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุอาหารสูตร F/2 ความเค็ม 30 พีเอสยู ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมหหัวเชื้อสาหร่ายปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นวางขวดเลี้ยงสาหร่ายบนชั้นไฟที่มีความเข้มแสง 4000 ลักซ์ เติมหอากาศที่ผ่านตัวกรองที่มีขนาดรูพรุน 0.22 ไมครอน และควบคุมอุณหภูมิห้อง 26 ± 1 องศาเซลเซียส ส่วนการเลี้ยงสาหร่ายแบบเซลล์ตรึง ได้ใช้วิธีการตรึงเซลล์ที่ดัดแปลงจาก Chen (2006) เริ่มจากละลายโซเดียมอัลจิเนต 1.5 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร ให้ความร้อน 90-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ได้เป็นสารละลายโซเดียมอัลจิเนต จากนั้นละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 กรัม ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ ได้เป็นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ นำสารละลายโซเดียมอัลจิเนตที่เตรียมไว้ผสมกับหัวเชื้อสาหร่าย ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วเทใส่หลอดฉีดยา ปริมาตร 50 มิลลิลิตร หยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่เตรียมไว้และแช่เม็ดเจล นาน 20 นาที เพื่อให้เม็ดเจลคงรูป นำเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่าย

ปริมาตร 70 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่และเติมอาหาร F/2 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเลี้ยงสาหร่ายในสถานะเช่นเดียวกันกับการเลี้ยงสาหร่ายแบบเซลล์แขวนลอย

ทำการทดลองเลี้ยงสาหร่ายแบบเซลล์แขวนลอยและเซลล์ตรึง แบบละ 3 ซ้ำ เป็นเวลา 8 วัน และติดตามการเติบโตของสาหร่ายด้วยวิธีการนับเซลล์บนสไลด์นับเม็ดเลือด (Haemocytometer) ซึ่งเซลล์ตรึงสาหร่ายต้องละลายเม็ดเซลล์ตรึงด้วยวิธีที่ดัดแปลงจาก Romo & Pérez-Martínez (1997) โดยใช้จำนวนเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่าย (เม็ด) ต่อน้ำกลั่น (มิลลิลิตร) ต่อสารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (Sodium hexametaphosphate) เข้มข้น 0.08 โมลาร์ เท่ากับ 5:1.2:0.3 ตามลำดับ แล้วนับจำนวนสาหร่ายบนสไลด์นับเม็ดเลือดที่มีความลึกของ Chamber เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร จากนั้นคำนวณความหนาแน่นเซลล์ (Cell density) และอัตราการเติบโตจำเพาะของสาหร่าย (Specific growth rate, μ) ดังสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (Guillard & Sieracki, 2005)

$$\text{Cell density (cells/ml)} = \frac{\text{Number of cell} \square \times 10,000}{\text{Number of squares}} \quad (1)$$

$$\mu \text{ (per day)} = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

เมื่อ X_2 และ X_1 คือ ความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ณ เวลา t_2 และ t_1 (วัน) และ $\ln$ คือ Natural logarithm

3. การทดลองที่ 2 ศึกษาการเติบโตของ *C. protothecoides* BUUC1602 จากการเลี้ยงด้วยหัวเชื้อที่ได้จากวิธีการตรึงและเก็บรักษาเซลล์ที่แตกต่างกัน

การทดลองนี้ประกอบด้วย วิธีการตรึงเซลล์สาหร่าย การเก็บรักษาเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่าย และการทดลองเพิ่มจำนวนสาหร่าย โดยใช้หัวเชื้อในรูปแบบของเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายที่เตรียมได้

การตรึงเซลล์สาหร่ายได้ทำ 2 วิธีการ คือ (1) ได้ตรึงเซลล์สาหร่ายดังวิธีการเช่นเดียวกับหัวเชื้อที่ 2 ซึ่งไม่มีการเติมกลีเซอรอล และ (2) ตรึงเซลล์สาหร่ายโดยเตรียมสารละลายโซเดียมอัลจินเตเช่นเดียวกับวิธีการทดลองหัวเชื้อที่ 2 ผสมกับหัวเชื้อสาหร่ายที่มีความหนาแน่นเซลล์ 435×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 15 มิลลิลิตร และเติมกลีเซอรอล 5 มิลลิลิตร (คิดเป็น 5% ปริมาตรต่อปริมาตร) ผสมให้เข้ากัน แล้วเทใส่หลอดฉีดยาและหยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แช่ไว้เป็นเวลา 20 นาที ได้เป็นเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายที่มีกลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบ จากนั้นกรองเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายด้วยผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

การเก็บรักษาเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่าย เริ่มจากนำเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายที่ไม่มีและมีการเติมกลีเซอรอลไปผ่านกรรมวิธีการเก็บรักษาหัวเชื้อ 2 วิธีการ คือ (1) เก็บในตู้แช่อุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน และ (2) นำไปทำแห้งด้วยวิธีการระเหิด (Lyophilization) โดยนำเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายไปแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการระเหิดโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) จนกระทั่งเม็ดเจลแห้ง และเก็บเม็ดเจลเซลล์ตรึงสาหร่ายไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

การทดลองเพิ่มจำนวนสาหร่ายโดยใช้หัวเชื้อในรูปแบบของเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายที่ผ่านกรรมวิธีการเก็บรักษาแตกต่างกัน มีขั้นตอนเริ่มจากนำเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายมาแช่ในอาหารเหลวสูตรกิลลาร์ด F/2 เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายไปละลายตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Romo & Pérez-Martínez (1997) นำ

สารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เทส่วนใสทิ้ง แล้วนำตะกอนเซลล์สาหร่ายใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับเลี้ยงในอาหารเหลวสูตรกิลลาร์ด F/2 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่บรรจุในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร วางขวดเลี้ยงในชั้นไฟที่ให้แสง 4000 ลักซ์ และควบคุมอุณหภูมิห้อง 26 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน ติดตามการเติบโตของสาหร่ายด้วยวิธีการนับจำนวนเซลล์

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One-way ANOVA และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Tukey HSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสถิติ R (Team, 2020)

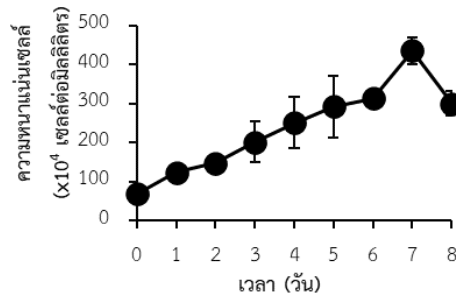
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การเติบโตของ *C. protothecoides* BUUC1602 ที่เลี้ยงแบบเซลล์แขวนลอยและเซลล์ตรึง

การเลี้ยงสาหร่ายแบบเซลล์แขวนลอยพบว่าเซลล์มีการเติบโตได้ทันที โดยไม่มีระยะพักเซลล์ (Lag phase) แสดงให้เห็นว่าสภาวะแวดล้อมในอาหารที่เลี้ยงนั้นเหมาะสมต่อการเติบโตของสาหร่าย (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2543) และสาหร่ายให้เซลล์สูงสุดเท่ากับ 435.33×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 1) ซึ่งความหนาแน่นเซลล์สูงสุดที่ได้จากงานวิจัยนี้อาจน้อยกว่าการศึกษารายอื่น โดย จตุพงษ์ พิรุฬห์ภาวดี (2559) ได้เลี้ยงสาหร่ายชนิดเดียวกัน แต่ได้ใช้ความเข้มแสง 4,300 ลักซ์ ในการเลี้ยงสาหร่าย ซึ่งมากกว่างานวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ได้เซลล์สูงสุดถึง 893.33×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ทั้งนี้อาจเนื่องจากความเข้มแสงที่ใช้ในการทดลองมีความแตกต่างกัน และ Amini Khoeyi et al. (2012) พบว่าการเลี้ยง *Chlorella* ด้วยความเข้มแสง 5,400 ลักซ์ สามารถให้เซลล์สูงสุดได้ถึง 900×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าหากมีการเพิ่มความเข้มแสงในการเลี้ยงสาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 แบบเซลล์แขวนลอย ให้มีความเข้มแสงมากกว่า 4,000 ลักซ์ อาจจะช่วยให้สาหร่ายเติบโตได้มากกว่านี้ ซึ่งการเลี้ยงสาหร่ายแบบเซลล์แขวนลอยเป็นเทคนิคที่นิยมเลี้ยงสาหร่าย โดยเซลล์สาหร่ายจะลอยเป็นอิสระในมวลน้ำ และมีการถ่ายโอนมวลของก๊าซ (คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน) และสารอาหาร (เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) ระหว่างเฟสของแข็ง (เซลล์สาหร่าย) และเฟสของเหลว (น้ำเลี้ยงสาหร่าย) ได้ดี (Lin-Lan et al., 2018) เมื่อต้องการเก็บเกี่ยวเซลล์จะต้องใช้วิธีการแยกเซลล์ออกจากน้ำเลี้ยง เช่น การกรองแบบ Microfiltration การปั่นเหวี่ยงและการตกตะกอน เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องใช้ต้นทุนและใช้เวลาในการดำเนินงานค่อนข้างมาก

จากการตรึงเซลล์สาหร่ายบนแคลเซียมอัลจิเนตได้เม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเม็ดเจล และมีรูปร่างหลายรูปแบบ โดยพบแบบวงกลมเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นเป็นแบบวงรีและหยดน้ำ (ภาพที่ 2) เม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.9 ± 0.22 เซนติเมตร น้ำหนักโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 ± 0.003 กรัมต่อเม็ด เมื่อเลี้ยงเซลล์ตรึงสาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 พบว่า เซลล์ตรึงสามารถเติบโตได้ดีและกระจายทั่วเม็ดตรึง เมื่อส่องผ่านภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าเซลล์ไม่มีความเสียหาย รวมถึงในระหว่างการเลี้ยงไม่มีเซลล์สาหร่ายหลุดออกจากเม็ดเซลล์ตรึง ในวันที่ 7 ของการทดลอง พบว่า สาหร่ายมีจำนวนสูงสุดเท่ากับ 91.3×10^4 เซลล์ต่อเม็ดเจล จากนั้นการเติบโตของสาหร่ายเริ่มลดลง (ภาพที่ 3) เนื่องจากอัลจิเนตเป็นสารพอลิเมอร์ที่สกัดจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล และสามารถเกิดเป็นเจลได้เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีไอออนของโลหะ เช่น Al^{3+} และ Ca^{2+} ซึ่งทำได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว และด้วยลักษณะที่เป็นพอลิเมอร์จึงมีช่องว่างให้เซลล์สาหร่ายอาศัยอยู่และมีการเคลื่อนที่ผ่านของของเหลวและก๊าซได้ดี อีกทั้งสารเคมีที่ใช้ในการตรึงเซลล์ไม่มีความเป็นพิษต่อสาหร่าย ดังนั้นจึงนิยมใช้เทคนิคนี้ในการตรึงเซลล์จุลินทรีย์ที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรียและสาหร่าย (สมใจ ศิริโชค

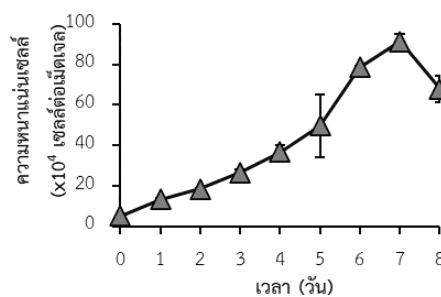
, 2547; Vasilieva et al., 2016) ทั้งนี้ Perez-Garcia et al. (2010) ก็ได้ตรึงเซลล์สาหร่ายน้ำจืด *Chlorella vulgaris* ร่วมกับแบคทีเรีย *Azospirillum brasilense* เป็นตัวช่วยส่งเสริมให้จำนวนเซลล์ตรึง *Chlorella* เติบโตได้มากกว่างานวิจัยในครั้งนี้



ภาพที่ 1 การเติบโตของ *C. protothecoides* BUUC1602 ที่เลี้ยงแบบเซลล์แขวนลอย เป็นระยะเวลา 8 วัน



ภาพที่ 2 เม็ดเซลล์ตรึงสาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 บนแคลเซียมอัลจิเนต



ภาพที่ 3 การเติบโตของ *C. protothecoides* BUUC1602 ที่เลี้ยงแบบเซลล์ตรึง เป็นระยะเวลา 8 วัน

ผลจากการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงสาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 ที่ตรึงบนแคลเซียมอัลจิเนตมีความสามารถในการเติบโตได้ดี โดยมีอัตราการเติบโตจำเพาะ 0.53 ต่อวัน (ตารางที่ 1) และสอดคล้องกับ Jimenez-Perez et al. (2004) ที่รายงานว่าเทคนิคการตรึงเซลล์ไม่ได้มีผลต่อการแบ่งเซลล์ของสาหร่าย และเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายนี้ยังมีข้อได้เปรียบในด้านความสะดวกในการเก็บรักษาไว้เป็นหัวเชื้อ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยอัตราการเติบโตจำเพาะและความหนาแน่นเซลล์สูงสุด ($\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของสาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 ที่เลี้ยงแบบเซลล์แขวนลอยและแบบเม็ดเซลล์ตรึง

รูปแบบการเลี้ยงสาหร่าย	อัตราการเติบโตจำเพาะ (ต่อวัน)	ความหนาแน่นเซลล์สูงสุด
แบบเซลล์แขวนลอย	0.34($\pm$ 0.06)	435.33($\pm$ 34.50) $\times 10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร
แบบเซลล์ตรึงบนแคลเซียม อัลจิเนต	0.53($\pm$ 0.02)	91.3($\pm$ 3.61) $\times 10^4$ เซลล์ต่อเม็ดเจล

2. การเติบโตของ *C. protothecoides* BUUC1602 จากการเลี้ยงด้วยหัวเชื้อที่ได้จากวิธีการตรึงและเก็บรักษาเซลล์โดยใช้กลีเซอรอล

เมื่อเตรียมเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายแบบที่ไม่มีและมีกลีเซอรอลเป็นส่วนผสม 5% จากนั้นนำไปผ่านกรรมวิธีการเก็บรักษาสภาพแตกต่างกัน 2 วิธี ได้แก่ การแช่เยือกแข็งที่ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน การทำแห้งด้วยวิธีการระเหิด แล้วเก็บเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน เช่นกัน ลักษณะเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายที่ผ่านกรรมวิธีดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 4



ก.



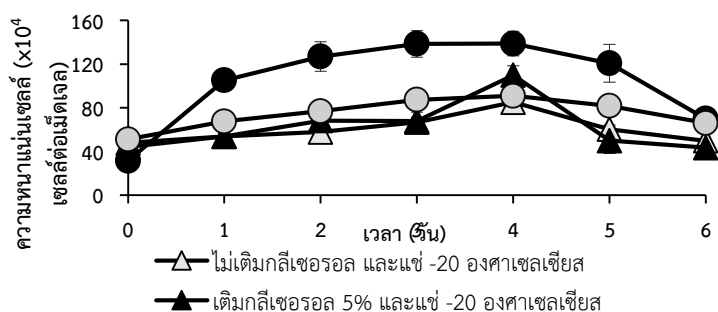
ข.

ภาพที่ 4 ลักษณะเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 ที่ผ่านการรักษาสภาพด้วยกรรมวิธีการแช่ที่ -20 องศาเซลเซียส (ก.) และการทำแห้งด้วยวิธีการระเหิด (ข.)

เมื่อนำเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายที่ผ่านกรรมวิธีการเก็บรักษาสภาพ (ภาพที่ 4) มาฟื้นสภาพเซลล์ โดยแช่ในอาหารเหลวสูตร F/2 และละลายเม็ดเซลล์ตรึงเพื่อนำสาหร่ายมาเป็นหัวเชื้อในการเลี้ยง พบว่าหัวเชื้อสาหร่ายที่ได้จากเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 ที่ไม่ผสมกลีเซอรอล และผ่านการเก็บรักษาแบบแช่ที่ -20 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน เซลล์มีการเติบโตทันทีโดยไม่มีระยะพักเซลล์ และสาหร่ายมีความหนาแน่นเซลล์สูงสุดในวันที่ 4 ของการทดลอง เท่ากับ 85.07×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเช่นเดียวกันกับหัวเชื้อสาหร่ายที่มาจากเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายที่มีผสมกลีเซอรอล ให้มีความเข้มข้น 5% ก็พบว่า สาหร่ายเติบโตอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันแรกของการเลี้ยงและสาหร่ายมีจำนวนเซลล์สูงสุดในวันที่ 4 ของการทดลอง เท่ากับ 109.87×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 5) ซึ่งเห็นได้ว่าการผสมกลีเซอรอลในเม็ดเซลล์ตรึง ช่วยให้สาหร่ายเติบโตได้ดีกว่าเม็ดเซลล์ตรึงที่ไม่เติมกลีเซอรอล เพราะการเก็บรักษาเซลล์จุลินทรีย์ด้วยวิธีการแช่เยือกแข็งควรใส่สารป้องกันเซลล์ เช่น กลีเซอรอล เพื่อให้สารดังกล่าวซึมเข้าสู่ภายในเซลล์ ทำให้จุดเยือกแข็งของของเหลวภายในเซลล์ลดลง และส่งผลให้เซลล์มีอัตราการรอดสูงขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและดูดซับน้ำได้ดี จึงสามารถซึม

ผ่านเข้าและออกจากเซลล์ได้ดีเช่นกัน ด้วยเหตุนี้กลีเซอรอลจะช่วยป้องกันไม่ให้เซลล์เสียหายหรือถูกทำลายจากการเกิดผลึกน้ำแข็งในเซลล์ และช่วยรักษาสสมดุลความเข้มข้นของสารละลายภายในและภายนอกเซลล์ ดังนั้นสาหร่ายจึงฟื้นคืนสภาพและสามารถเติบโตได้ดี (Tanniou et al., 2012) และเช่นเดียวกับ สลี่ ไพบูลย์กิจกุล และคณะ (2560) ที่รายงานว่า การเก็บรักษาสาหร่าย *Chlorella* sp. ด้วยวิธีแช่เยือกแข็งควรเติมกลีเซอรอล 5% จะช่วยให้สาหร่ายมีอัตราการรอดสูงกว่าความเข้มข้นที่ 10% ทั้งนี้ข้อดีการรักษแบบแช่เยือกแข็ง -20 องศาเซลเซียส เป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนน้อยและง่าย เพราะไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่จำเพาะ นอกจากนี้เทคนิคการแช่เยือกแข็งสามารถใช้เก็บรักษาเซลล์สาหร่ายได้เช่นกัน โดยมีรายงานว่าสาหร่าย *Chlorella vulgaris* CCAP 211/21A สามารถเก็บรักษาหัวเชื้อได้นานถึง 4 เดือน ณ อุณหภูมิ -196 องศาเซลเซียส และสาหร่ายมีเซลล์ที่มีชีวิตสูงถึง 94% (Kapoor et al., 2019)

สำหรับการเลี้ยงสาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 แบบเซลล์แขวนลอย โดยใช้หัวเชื้อที่เป็นเม็ดเซลล์ตรึงที่มีกลีเซอรอล 5% และผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการระเหิด และเก็บเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน พบว่า สาหร่ายมีความสามารถในการเติบโต 0.69 ต่อวัน และมีจำนวนเซลล์สูงสุด 138.80×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 5) มากกว่าชุดการทดลองอื่น ($P < 0.05$) ในขณะที่การไม่เติมกลีเซอรอล เซลล์มีความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ 91.00×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 2) ซึ่งสาหร่ายเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 0-2 ของการทดลอง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงสาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 แบบเซลล์แขวนลอยเช่นกัน แต่หัวเชื้อที่ใช้เลี้ยงเป็นหัวเชื้อที่เติบโตแขวนลอยในอาหารเหลว (ตารางที่ 1) กลับพบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงโดยใช้หัวเชื้อที่เป็นเม็ดเซลล์ตรึงที่มีกลีเซอรอล 5% และผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการระเหิดให้ความหนาแน่นเซลล์สูงสุดน้อยกว่าการใช้หัวเชื้อที่ใช้เลี้ยงเป็นหัวเชื้อที่เติบโตแขวนลอยในอาหารเหลว 3.14 เท่า แต่การเตรียมหัวเชื้อสาหร่ายที่เติบโตแขวนลอยในอาหารเหลวให้พร้อมใช้งานนั้น อาจจำเป็นต้องมีการย้ายหัวเชื้อเป็นประจำทุกสัปดาห์ เพื่อรักษาสภาพของเซลล์สาหร่าย ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ค่อนข้างถี่ในการย้ายเชื้อ ทำให้เสียเวลาและแรงงานมาก รวมถึงการย้ายเชื้อบ่อยอาจมีความเสี่ยงที่หัวเชื้อสาหร่ายจะปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดอื่น ในขณะที่เม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายที่ผ่านการรักษาแบบทำแห้งด้วยวิธีการระเหิดสามารถเก็บไว้ได้นาน ใช้พื้นที่เก็บน้อย และสะดวกในการดำเนินการรักษาหัวเชื้อสาหร่ายเพราะไม่จำเป็นต้องมีกระบวนการย้ายเชื้อลงอาหารใหม่ จึงเป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการเก็บรักษาสาหร่ายเป็นเวลานาน



ภาพที่ 5 การเติบโตของ *C. protothecoides* BUUC1602 จากการเลี้ยงด้วยหัวเชื้อที่ได้จากการตรึงเซลล์แบบไม่มีและมีการเติมกลีเซอรอล 5% และนำเม็ดเซลล์ตรึงไปผ่านการเก็บรักษาเซลล์ด้วยวิธีแตกต่างกัน คือวิธีแช่เยือกแข็ง ณ อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน และการทำแห้งด้วยวิธีการระเหิดและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยอัตราการเติบโตจำเพาะและความหนาแน่นเซลล์สูงสุด ($\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของ *C. protothecoides* BUUC1602 จากการเลี้ยงด้วยหัวเชื้อที่ได้จากวิธีการตรึงและเก็บรักษาเซลล์แตกต่างกัน โดยในขั้นตอนการเก็บรักษาเซลล์ก่อนนำมาใช้เป็นหัวเชื้อในการเลี้ยง ได้เก็บรักษาด้วยวิธีแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน และการทำแห้งด้วยวิธีการระเหิดและนำไปเก็บไว้ ณ 4 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน

วิธีการเตรียมเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่าย	วิธีการเก็บรักษาเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่าย	อัตราการเติบโตจำเพาะ (ต่อวัน)	ความหนาแน่นเซลล์สูงสุด ($\times 10^4$ เซลล์ต่อเม็ดเจล)
ไม่เติมกลีเซอรอล	การแช่ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส	0.14 (± 0.01) ^c	109.87 (± 8.44) ^b
เติมกลีเซอรอล 5%	การแช่ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส	0.10 (± 0.02) ^d	85.07 (± 6.22) ^c
ไม่เติมกลีเซอรอล	การทำแห้งด้วยวิธีการระเหิด	0.17 (± 0.03) ^b	91.00 (± 0.60) ^c
เติมกลีเซอรอล 5%	การทำแห้งด้วยวิธีการระเหิด	0.69 (± 0.06) ^a	138.80 (± 11.20) ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันของข้อมูลในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$)

สรุป

สาหร่าย *C. protothecoides* BUUC1602 สามารถเพาะเลี้ยงด้วยวิธีการตรึงเซลล์บนแคลเซียมอัลจิเนตได้ และเมื่อทดลองตรึงเซลล์สาหร่ายแบบไม่เติมและเติมกลีเซอรอล (5% โดยปริมาตร) แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน และเก็บรักษาด้วยการทำแห้งด้วยวิธีระเหิด แล้วเก็บเม็ดเซลล์ตรึงแห้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน จึงละลายเม็ดเซลล์ตรึง และนำเซลล์สาหร่ายไปใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับการเพาะเลี้ยงแบบเซลล์แขวนลอยในอาหาร F/2 เห็นได้ว่าสาหร่ายที่เลี้ยงโดยใช้หัวเชื้อจากการตรึงเซลล์บนแคลเซียมอัลจิเนตที่มีกลีเซอรอล สาหร่ายเติบโตได้ดีกว่าการไม่ใส่กลีเซอรอล และสามารถเก็บรักษาเซลล์สาหร่ายด้วยเทคนิคการตรึงเซลล์ที่มีกลีเซอรอลร่วมกับวิธีการระเหิด เมื่อต้องการเพิ่มจำนวนสาหร่ายทำได้โดยแช่เม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายในอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นละลายเม็ดเซลล์ตรึง บั่นเหวี่ยงเพื่อเก็บสาหร่าย และนำสาหร่ายไปละลายในอาหารเลี้ยงเชื้อ วิธีการนี้เหมาะสำหรับการเก็บรักษาสาหร่ายไว้เป็นเวลานาน ในกรณีที่ต้องการใช้หัวเชื้อสาหร่ายภายในเวลา 30 วัน สามารถใช้เทคนิคการตรึงเซลล์ที่มีกลีเซอรอล และเก็บเม็ดเซลล์ตรึงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะ

- เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บรักษาเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายไว้เพียง 30 วัน จึงนำมาทดลองใช้เป็นหัวเชื้อในการเลี้ยงสาหร่าย ดังนั้นในอนาคตจึงควรทดสอบเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาเม็ดเซลล์ตรึงให้นานกว่านี้ เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลานานที่สุดที่สามารถเก็บรักษาเม็ดเซลล์ตรึงสาหร่ายไว้เป็นหัวเชื้อ
- งานวิจัยนี้ได้เลือกสาหร่ายเพียงชนิดเดียวในการทดลอง ซึ่งเป็นสาหร่ายชนิดที่นิยมใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำและใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ และเพื่อเกิดประโยชน์ในการใช้สาหร่ายในด้านอื่น อาจต้องมีการทดลอง

ในสาหร่ายชนิดอื่นที่สามารถใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ในด้านต่าง ๆ เพราะหวั่นเชื้อสาหร่ายมีความสำคัญต่อการกระบวนการผลิตสาหร่าย

เอกสารอ้างอิง

- จตุพงษ์ พิรุฬห์ภาวดี. (2559). ผลของรูปแบบการเพาะเลี้ยงต่อการเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว *Chlorella* sp. ที่แยกได้จากอ่าวไทย จังหวัดจันทบุรี. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะเทคโนโลยีทางทะเล, มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี.
- ชลี ไพบูลย์กิจกุล, มะลิวัลย์ คุดทะโค, รชนิมุข หิรัญสัจจาเลิศ, ศศิพา ฉิมพลี และเบญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล. (2560). ผลของความเข้มข้นของกลีเซอรอลและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่ออัตราการรอดของสาหร่าย *Chlorella* sp. แก่นเกษตร, 45(ฉบับพิเศษ 1), 859-864.
- บุรินทร์ มนตรีวิสัย, อีรวัฒน์ สีทองแดง, ทรงกลด ไบยา, บงกช บุญบุรพงค์, อารณ บัวหลวง และสุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. (2564). การผลิตเซลล์ตรึงไซยาโนแบคทีเรียออกซิซิลาทอเรีย ในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำเลี้ยงสังเคราะห์. วารสารเกษตรพระวรุณ, 18(2), 16-23.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. (2543). คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมเกียรติ แวนมณี, กานต์ธิดา บุญญาพงศ์, ปวีณา ตปนียารวงศ์ และมะลิวัลย์ คุดทะโค. (2562). การเติบโตและองค์ประกอบกรดไขมันของไซโคพอยด์โคพิพอด *Apocyclops royi* ที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายต่างชนิดกัน. การประชุมวิชาการระดับชาติวิจัยร่ำไพพรรณี ครั้งที่ 13, 19 ธันวาคม 2562 ณ แชนด์ดุนส์ เจ้าหลาวปีช รีสอร์ท. จันทบุรี: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- สมใจ ศิริโชค. (2547). จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพฯ.
- Amini Khoeyi, Z., Seyfabadi, J., & Ramezanpour, Z. (2012). Effect of light intensity and photoperiod on biomass and fatty acid composition of the microalgae, *Chlorella vulgaris*. *Aquaculture International*, 20(1), 41-49.
- Caporgno, M. P., Haberkorn, I., Böcker, L., & Mathys, A. (2019). Cultivation of *Chlorella protothecoides* under different growth modes and its utilisation in oil/water emulsions. *Bioresource Technology*, 288, 121476.
- Chen, Y. C. (2006). Immobilization of twelve benthic diatom species for long term storage and as feed for post larval abalone *Haliotis diversicolor*. *Aquaculture*, 263(1-4), 97-106.
- Guillard, R. R., & Sieracki, M. S. (2005). Counting cells in cultures with the light microscope. *Algal Culturing Techniques*, 239-252.
- Ibrahim, I. A., & Elbaily, Z. I. (2020). A review: Importance of *Chlorella* and different applications. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 65(1), 16-34.
- Jimenez-Perez, M. V., Sanchez-Castillo, P., Romera, O., Fernandez-Moreno, D., & Pérez-Martinez, C. (2004). Growth and nutrient removal in free and immobilized planktonic green algae isolated from pig manure. *Enzyme and Microbial Technology*, 34(5), 392-398.

- Kapoor, R. V., Huete-Ortega, M., Day, J. G., Okurowska, K., Slocombe, S. P., Stanley, M. S., & Vaidyanathan, S. (2019). Effects of cryopreservation on viability and functional stability of an industrially relevant alga. **Scientific Reports**, 9(1), 1-12.
- Kihika, J. K., Wood, S. A., Rhodes, L., Smith, K. F., Thompson, L., Challenger, S., & Ryan, K. G. (2022). Cryoprotectant treatment tests on three morphologically diverse marine dinoflagellates and the cryopreservation of *Breviolum* sp. (Symbiodiniaceae). **Scientific Reports**, 12(646), 1-12.
- Lin-Lan, Z., Jing-Han, W., & Hong-Ying, H. (2018). Differences between attached and suspended microalgal cells in ssPBR from the perspective of physiological properties. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, 181, 164-169.
- Moreno-Garrido, I. (2008). Microalgae immobilization: current techniques and uses. **Bioresource Technology**, 99(10), 3949-3964.
- Perez-Garcia, O., De-Bashan, L. E., Hernandez, J-P., & Bashan, Y. (2010). Efficiency of growth and nutrient uptake from wastewater by heterotrophic, autotrophic, and mixotrophic cultivation of *Chlorella vulgaris* immobilized with *Azospirillum brasilense*. **Journal of Phycology**, 46(4), 800-812.
- Romo, S., & Pérez-Martínez, C. (1997). The use of immobilization in alginate beads for long-term storage of *Pseudanabaena galeata* (Cyanobacteria) in the laboratory 1. **Journal of Phycology**, 33(6), 1073-1076.
- Senko, O., Stepanov, N., Maslova, O., & Efremenko, E. (2022). “Nature-like” cryoimmobilization of phototrophic microorganisms: new opportunities for their long-term storage and sustainable use. **Sustainability**, 14(661), 1-16.
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., & Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, 101(2), 87-96.
- Stein, J. R. (Ed.). (1973). **Handbook of phycological methods: Culture methods and growth measurements**. New York: Cambridge University.
- Tanniou, A., Turpin, V., & Lebeau, T. (2012). Comparison of cryopreservation methods for the long term storage of the marine diatom *Haslea ostrearia* (simonsen). **Cryobiology**, 65(1), 45-50.
- Team, R. C. (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Copenhagen: European Environment Agency.
- Vasilieva, S. G., Lobakova, E. S., Lukyanov, A. A., & Solovchenko, A. E. (2016). Immobilized microalgae in biotechnology. **Moscow University Biological Sciences Bulletin**, 71(3), 170-176.

ผลของการใช้เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนเป็นสารปรับปรุงดินต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดินทรายจัด ในตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี

รัตชล อ่างมณี^{1*} สิโรรัตน์ จันทาม²

Received : March 24, 2022

Revised : July 22, 2022

Accepted : July 24, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนเป็นสารปรับปรุงดินต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดินทรายจัด ในตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ผลการศึกษาพบว่าดินในพื้นที่ศึกษาเป็นประเภทดินทรายจัด มีค่าความหนาแน่นรวม 1.58 กรัม/ลบ.ซม. มีค่าความหนาแน่นของอนุภาคดิน 2.55 กรัม/ลบ.ซม. และมีค่าความพรุนประมาณ 41 % ไม่มีคุณสมบัติในการกักเก็บธาตุอาหารเนื่องจากอนุภาคส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นควอตซ์ เป็นกรดเล็กน้อย มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก (5 %) มีอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก ค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ การศึกษาการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนโดยการผสมในแปลงทดลองที่แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 800 กิโลกรัม/ไร่ 1,600 กิโลกรัม/ไร่ และไม่ใส่เพอร์ไลต์ แต่ละกลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 3 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์สมบัติของดินทุก ๆ 60 วัน ผลการทดลองพบว่าดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนมีผลทำให้สมบัติของดินได้แก่ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า พอสพอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินแปลงควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาผลของเพอร์ไลต์ต่อผลผลิตมันสำปะหลัง พบว่าให้ค่าผลผลิตรวมสูงกว่า ดินก่อนการปรับปรุง อย่างมีนัยสำคัญ (Sig. = 0.000) โดยผลผลิตเฉลี่ยของมันสำปะหลังของแปลงทดลองจำนวน 3 แปลงที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 1,600 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ยที่ 64 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยจากแปลงทดลองที่ไม่ได้รับการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยทั้ง 3 แปลง 46 กิโลกรัม ผลการศึกษานี้จึงสรุปได้ว่า การใช้เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนเป็นวัสดุปรับปรุงดินส่งผลต่อสมบัติทางเคมี และกายภาพของดิน ตลอดจนผลผลิตของมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ดินทราย เพอร์ไลต์ มันสำปะหลัง วัสดุปรับปรุงดิน

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตรการจัดการสาธารณสุข คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล: rattachon@vru.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตรคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล: sirorath@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: rattachon@vru.ac.th

EFFECT OF EXPANDED PERLITE AS A SOIL AMENDMENT ON CASSAVA YIELD AND
PROPERTIES OF SANDY SOIL IN TAMBON PHANIAT, AMPHOE KHOK SAMRONG,
CHANGWAT LOPBURI

Rattachon Angmanee^{1*} Sirorath Channgam²

Abstract

The purpose of this research aimed to study the effect of expanded perlite a soil amendment on cassava yield and properties of sandy soil in Tambon Phaniat, Amphoe Khok Samrong, Changwat Lopburi. The results of soil analysis showed that the study soil was classified as sandy soil, 1.58 g/cm^3 of total density, 2.55 g/cm^3 of soil particle density, 41 % of total porosity. In addition, the study also found that the physical properties of soil were low nutrient holding, slightly acidic, low of available water capacity (5 % v/v), very low of organic matter and low cation exchange capacity. The study the effect of expanded perlite used as soil amendment was studied by mixing expanded perlite in the experimental plots divided into 3 groups: 800 kg/rai, 1,600 kg/rai, and without perlite. All groups consisted of three samples, collecting samples and analyzing soil properties every 60 days. The results found that the soil amendment with expanded perlite including pH, electrical conductivity, available phosphorus, available potassium, calcium and available magnesium, available water capacity significantly higher than the control soil or without soil amendment. The study on the effect of perlite on cassava yield was found that the average yield of cassava improved soil with perlite at the ratio of 1,600 kg/rai was 64 kg, which is higher than the average yield of soil improved with perlite at the ratio of 800 kg/rai was 53 kg and without perlite improved was 46 kg. The results of this study concluded that use of expanded perlite as a soil amendment significantly affects the chemical properties and physical properties as well as the yield of cassava.

Keywords: Sandy soil, Perlite, Cassava, Soil amendment

¹ Disaster Management Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: rattachon@vru.ac.th

² Applied Mathematics Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: sirorath@vru.ac.th

* Corresponding author, e-mail : rattachon@vru.ac.th

บทนำ

ดินทรายจัด (Sandy soils) เป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทย จากการสำรวจของกรมพัฒนาที่ดินพบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีปัญหาดินทรายจัดประมาณ 11.7 ล้านไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) ปัญหาดินทรายจัดนี้ กรมพัฒนาที่ดินได้ให้คำจำกัดความ หมายถึง ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทราย หรือดินทรายปนร่วน มีอนุภาคขนาดทรายเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 85 มีความหนาของชั้นดินมากกว่า 50 เซนติเมตร (สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2553) ดินทรายจัดมักเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นตะกอนเนื้อหยาบ หรือตะกอนทรายชายฝั่งทะเล พบได้ทั้งในพื้นที่ลุ่ม และพื้นที่ดอน เกิดการชะล้างพังทลายได้ง่าย ดินไม่จับตัวเป็นก้อนทำให้ไม่มีโครงสร้าง (บุรี บุญสมภพพันธ์, 2531) ส่วนใหญ่มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นแร่ควอตซ์ทำให้มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำมาก จึงมีธาตุอาหารน้อย โดยเฉพาะฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีการตอบสนองของพืชต่อปุ๋ยเคมีแย่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540) นอกจากนั้นดินทรายจัดถ้าอยู่ในพื้นที่ดอนจะระบายน้ำเร็วเกินไปและมีการซึมซับน้ำที่เร็วมาก (เอิบ เขียวรัตน์, 2533) ความสามารถในการอุ้มน้ำและดูดซับธาตุอาหารต่ำ ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ การใช้ประโยชน์เพื่อการปลูกพืชจำเป็นต้องมีการจัดการเป็นพิเศษกว่าดินทั่วไป (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561)

หินเพอร์ไลต์คือหินภูเขาไฟที่เกิดจากการเย็นตัวของลาวาอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดหินที่มีลักษณะเนื้อคล้ายแก้ว มีสีตั้งแต่เทาถึงดำ ลักษณะประกายผิวคล้ายไข (Waxy Luster) มีรอยแตกเป็นวงซ้อนเหมือนกลีบหัวหอมเกิดจากการหดตัวเมื่อหินเย็นตัว และมักพบน้ำเจือปนอยู่ในโครงสร้างในอัตราส่วนระหว่าง 2-6% (นิคม จึงอยู่สุข, 2530) มีความหนาแน่น 1,100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยประมาณ (Maxim, 2514) มีองค์ประกอบหลักเป็นแร่ในกลุ่มอลูมิโนซิลิเกต ในประเทศไทย หินเพอร์ไลต์สามารถพบได้ในหินภูเขาไฟตั้งแต่ยุคเทอร์เชียรีขึ้นมา (สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2549) แหล่งที่พบมักอยู่ในบริเวณที่เกิดภูเขาไฟระเบิดอย่างรุนแรงมาก่อน จากการสำรวจของกรมทรัพยากรธรณีพบว่า แหล่งหินเพอร์ไลต์สามารถพบได้ในกลุ่มหินภูเขาไฟโบราณบริเวณตอนกลางประเทศ โดยเฉพาะกลุ่มหินภูเขาไฟล้านรายณ์ อำเภอสระโบสถ์ จังหวัดลพบุรี มีหินเพอร์ไลต์อยู่ปริมาณมาก มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมได้ (นิคม, 2530) การที่หินเพอร์ไลต์มีลักษณะเนื้อเป็นแก้ว และมีน้ำอยู่ในเนื้อหินนั้น เมื่อนำหินเพอร์ไลต์มาให้ความร้อนด้วยการเผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 760-1,000 องศาเซลเซียส หินเพอร์ไลต์จะเกิดการขยายตัว ทำให้น้ำที่อยู่ในเนื้อแก้วเกิดการระเหิดกลายเป็นไอน้ำอย่างรวดเร็ว ค่าความหนาแน่นของหินในสภาพปกติ 1,100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จะลดลงเหลือเพียง 30-150 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (Boumrijel, 2013) ทำให้เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน จะมีน้ำหนักเบามาก ความหนาแน่นต่ำ ไม่เป็นตัวนำความร้อน เป็นสารทนไฟ (Bastani, 2006) ป้องกันเสียง มีความสามารถดูดซับได้ดี และเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี (Chesterman, 1995) จากคุณสมบัติดังกล่าวประเทศอุตสาหกรรมพัฒนาแล้วได้ใช้หินเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย เช่น ก่อสร้าง (Yilmazer, 2005) หรือการใช้เพอร์ไลต์เพื่อปรับปรุงดินในภาคการเกษตร (Nguyen, 2011)

จากปัญหาดินทรายจัดดังกล่าวนี้ สมบัติบางประการของหินเพอร์ไลต์มีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินทรายเพื่อแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี เนื่องจากหินเพอร์ไลต์ที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการเผาแล้วมีความพรุนสูง (Karakoc, 2012) สามารถเพิ่มการอุ้มน้ำของดินส่วนที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Abidi, 2515) ผู้วิจัยจึงได้ทดลองใช้เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนทดลองปลูกมันสำปะหลัง ในตำบลเพนียด อำเภอดำรงวิทยะ จังหวัดลพบุรี ซึ่งมีพื้นที่ส่วนใหญ่มีปัญหาดินทรายจัด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินทรายจัดที่ปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์
2. เพื่อศึกษาผลผลิตของมันสำปะหลังในพื้นที่ดินทรายจัดที่ปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแปลงทดลอง

การทดลองครั้งนี้ได้จัดทำแปลงทดลอง ณ. สถานีวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำบลเพนียด อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 47P, 692344 E, 1664397 N. ตำแหน่งแสดงที่ตั้งแสดงดังภาพที่ 1 ตำแหน่งแปลงทดลองตั้งอยู่บริเวณที่ราบเชิงเขาเพนียดซึ่งเป็นภูเขาดินทรายยุคไทรแอสซิกที่ผุพังและถูกพัดพาลงมาทับถมทำให้สภาพของดินบริเวณพื้นที่ศึกษามีลักษณะหยาบ ส่วนใหญ่เป็นอนุภาคขนาดเม็ดทราย กล่าวคือมีอนุภาคขนาดทราย 85% ขึ้นไป และมีความหนาแน่นกว่า 50 เซนติเมตร สาเหตุที่บริเวณดังกล่าวมีปัญหาดินเป็นทรายจัดอย่างรุนแรงเนื่องจากลักษณะธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่ศึกษา เป็นหินทรายที่เกิดในยุคไทรแอสซิก (TR) ซึ่งเป็นกลุ่มย่อยของหมวดหินโคราช ในมหายุคมีโซโซอิก มีอายุประมาณ 245 ปี - 65 ล้านปี (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ, 2519) หินบริเวณนี้จะเป็นหินทรายที่มีเนื้อละเอียด เป็นหินทรายเนื้อควอตซ์ ซึ่งจะมีแร่ธาตุต่ำ เมื่อมีการผุพังจึงทับถมทำให้เกิดดินที่มีลักษณะอนุภาคหยาบอยู่บริเวณดังกล่าว(กัญจน์รี ช่างน้ำ, 2555)

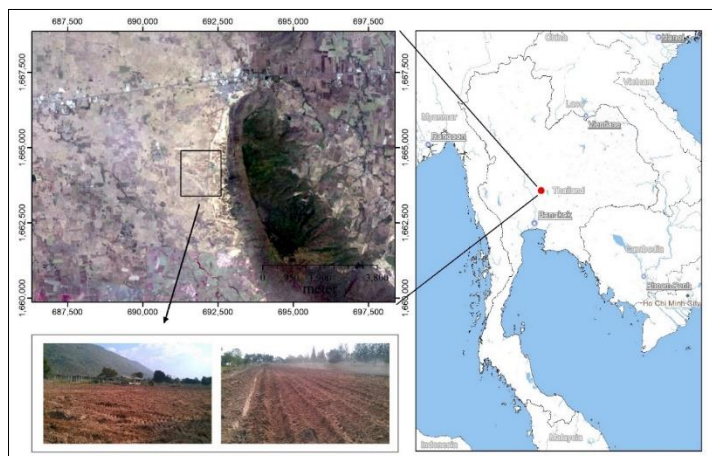
การวางแผนการทดลองใช้แบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) โดยมีแปลงเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร พื้นที่ 36 ตารางเมตร แต่ละแปลงห่างกัน 1 เมตร ประกอบด้วย 3 กรรมวิธีดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ใส่เพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ (P5N1, P5N2, P5N3), กรรมวิธีที่ 2 ใส่เพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 1,600 กิโลกรัม/ไร่ (P10N1, P10N2, P10N3) และกรรมวิธีที่ 3 ไม่ใส่เพอร์ไลต์ (CN1, CN2, CN3)

เพอร์ไลต์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากการจัดทำโดยสถานีวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตลพบุรี ผลิตจากหินเพอร์ไลต์บริเวณอำเภอสระบุรี ที่ถูกเผาเพื่อปรับสภาพด้วยอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

2. การวิเคราะห์สมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา และผลของเพอร์ไลต์ต่อสมบัติของดินก่อนและหลังการปรับปรุง

สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อดิน (Soil texture) ด้วยการหาการกระจายขนาดอนุภาค (Particle Size Analysis) โดยแบ่งตามระบบของ United States Department of Agriculture System (USDA), ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density of Soil) หมายถึง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักของดินที่อบแห้งแล้วต่อปริมาตรรวมของดินทั้งหมด (กรัม/ลบ.ซม.), ความพรุน วิเคราะห์ด้วยการเก็บด้วยวิธีไม่ถูกรบกวนด้วยคอร์เก็บดินและอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง เพื่อหาอัตราส่วนน้ำหนักต่อปริมาตร, ค่าความหนาแน่นของอนุภาคดินวิเคราะห์จากอัตราส่วนของมวลลอบแห้งต่อปริมาณเฉพาะดินส่วนที่เป็นของแข็งที่หาได้จากวิธีแทนที่น้ำ, ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน (available water capacity) วิเคราะห์จากความชื้นของดินที่แรงดึงบรรยากาศต่าง ๆ (Soil water retention) โดยใช้แรงดึงที่ 1/3 บรรยากาศ (33 kPa) หรือ ชิดจำกัดบน (Upper limit) หรือระดับความชื้นที่ความจุสนาม (Field Capacity, FC) และที่แรงดึงที่ 15 บรรยากาศ (1,500 kPa) หรือ ชิดจำกัดล่าง (Lower limit) หรือจุดเหี่ยวถาวร (Permanent Wilting Point, PWP) และคำนวณความชื้นสูงสุดที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available water capacity, AWCA) จากผลต่างของระดับความชื้นที่ความจุสนาม (FC) กับจุดเหี่ยวถาวร (PWP) หรือ $AWCA = FC - PWP$ การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ความเป็นกรดต่าง (pH), ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter; OM) , ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity; EC), ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (Cation Exchange Capacity; CEC), ค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วย

ประจุบวกที่เป็นต่าง (Base saturation percentage, %BS), ฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus; Avail. P), โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium; Avail. K), แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Calcium; Avail. Ca), แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Magnesium; Avail. Mg)



ภาพที่ 1 ตำแหน่ง และลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

3. การวิเคราะห์สมบัติของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน

สมบัติทางกายภาพได้แก่ ความหนาแน่นรวม (Bulk density), ความหนาแน่นของอนุภาค (Particle density), องค์ประกอบของสารด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction Spectrophotometer: XRD), วิเคราะห์แร่ธาตุประกอบด้วยเทคนิคการเรืองแสงรังสีเอ็กซ์ (X-ray Fluorescence spectrophotometer: XRF)

4. ศึกษาผลของเพอร์ไลต์ต่อผลผลิตมันสำปะหลัง

เพาะปลูกหัวมันสำปะหลังในแปลงทดลองที่ได้วางแผนไว้ ให้น้ำและปุ๋ยเมื่อเริ่มเพาะปลูกเหมือนกันทุกแปลงทดลอง เป็นเวลา 300 วัน เก็บผลผลิตแต่ละแปลงโดยชั่งน้ำหนักส่วนหัวสด ของมันสำปะหลัง เปรียบเทียบแปลงทดลองที่ใช้ปริมาณเพอร์ไลต์ 5 และ 1600 กิโลกรัม/ไร่ และไม่มีการใช้เพอร์ไลต์เพื่อปรับปรุงดิน

5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สถิติที่ใช้เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรในแต่ละแปลงคือการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสถิติที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่ม (Multiple comparison) ด้วยวิธี LSD (Least Significance Difference Test)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินดั้งเดิมในพื้นที่ศึกษาหรือสภาพดินก่อนการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์สามารถสรุปได้ดังนี้ ลักษณะเนื้อดินของพื้นที่ศึกษาเป็นดินทรายปนดินร่วนประกอบด้วยทราย 86.4 %

ทรายแป้ง 9.5 % และ ดินเหนียว 4.1 % มีค่าความหนาแน่นรวม 1.58 กรัม/ลบ.ซม. มีค่าความหนาแน่นของอนุภาคดิน 2.55 กรัม/ลบ.ซม และมีค่าความพรุนประมาณ 41 % ผลการวิเคราะห์บ่งชี้ว่าดินในพื้นที่ศึกษาเป็นดินที่อยู่ในกลุ่มของปัญหาดินทรายจัด มีการระบายน้ำดี และไม่มีคุณสมบัติในการกักเก็บธาตุอาหารเนื่องจากอนุภาคส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นควอตซ์

ตารางที่ 1 สมบัติกายภาพและเคมีของดินในพื้นที่ศึกษา

สมบัติ	รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ดิน
กายภาพ	Sand (%)	86.4
	Silt (%)	9.50
	Clay (%)	4.10
	Classification (USDA Diagram)	Loamy Sand
	ความหนาแน่นรวม (กรัม/ลบ.ซม)	1.58
	ความหนาแน่นของอนุภาคดิน (กรัม/ลบ.ซม)	2.55
เคมี	ความพรุน (%)	41.00
	ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (v/v)	5.03%
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (1/5 (น้ำหนักดิน/น้ำหนักน้ำกลั่น))	6.44
	อินทรีย์วัตถุในดิน (%)	0.2
	การนำไฟฟ้าของดิน (มิลลิซีเมนต์/ซม.)	41.2
	ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน(CEC)(เซ็นติโมล/กิโลกรัม)	4.03
	ความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่างในดิน (BS : %)	138
	ปริมาณโซเดียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	441
	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	62
	ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	270
	ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	44.3
	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	21.34
	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.01

2. การวิเคราะห์สมบัติของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน

เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนที่ใช้ในการวิจัยนี้ เก็บตัวอย่างหินเพอร์ไลต์ จากบริเวณเขาจุมกแซก ตำบลนิคมชัย อำเภอกระเปาะ จังหวัดลพบุรี และนำมาปรับสภาพด้วยความร้อน จัดทำโดยสถานีวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตลพบุรี ผลิตจากหินเพอร์ไลต์ที่ถูกเผาเพื่อปรับสภาพด้วยอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ พบว่า มีค่าความหนาแน่น 975 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ค่าความหนาแน่นของอนุภาค 2.58 กรัม/ลบ.ซม องค์ประกอบแร่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ซิลิกา (SiO_2) ปริมาณร้อยละ 68.63, อลูมินา (Al_2O_3) ร้อยละ 15.36, โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) ร้อยละ 6.34, โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) ร้อยละ 5.36, เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ร้อยละ 2.30 ส่วนที่เหลือเป็นแร่ที่มีปริมาณเล็กน้อยไม่ถึงร้อยละ 1

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของหินเพอร์ไลต์จากอำเภอลำน้ำราญ จังหวัดลพบุรี

สารประกอบ	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ/น้ำหนัก) (% w/w)
SiO ₂	68.63
Al ₂ O ₃	15.36
K ₂ O	6.34
Na ₂ O	5.36
Fe ₂ O ₃	2.30
TiO ₂	0.70
MgO	0.21
CaO	0.09
P ₂ O ₃	0.06
SO ₃	0.01
อื่น ๆ	0.05

3. ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อสมบัติของดิน

3.1 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อความเป็นกรดต่างของดิน

การวิเคราะห์ผลของความเป็นกรดต่างจากการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนพบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าความเป็นกรดต่างระหว่าง 6.44 ซึ่งมีลักษณะเป็นกรดเล็กน้อย หลังจากการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน อัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ และ 1,600 กิโลกรัม/ไร่

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดต่างมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 6.926$ และ $Sig. = 0.003$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ให้ค่าความเป็นกรดต่างสูงกว่า ดินแปลงควบคุม 1.056 ในขณะที่ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ให้ค่าความเป็นกรดต่างของดินน้อยกว่า ดินแปลงควบคุม 0.0883

3.2 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อการนำไฟฟ้าของดิน

การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดินในแปลงทดลองต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนผลการทดลอง พบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าการนำไฟฟ้าของดิน 41.2 มิลลิซีเมนต์/ซม. หลังจากการปรับปรุงดิน พบว่า ดินแปลงทดลองที่ปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ให้การนำไฟฟ้าของดินสูงที่สุด คืออยู่ระหว่าง 75.77-79.83 มิลลิซีเมนต์/ซม.

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 28.785$ และ $Sig. = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าแปลงควบคุม 12.348 มิลลิซีเมนต์/ซม. อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินสูงกว่าแปลงควบคุม 8.257

มิลลิซีเมนต์/ชม. อย่างมีนัยสำคัญ ($\text{Sig.} = 0.010$) ในขณะที่ ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้การนำไฟฟ้าของดินสูงกว่าดินที่ปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 4.091 มิลลิซีเมนต์/ชม. อย่างมีนัยสำคัญ ($\text{Sig.} = 0.018$) ความแตกต่างของการนำไฟฟ้าในแปลงทดลองที่ใส่เพอร์ไลต์เป็นผลโดยตรงจากปริมาณแร่ธาตุในดินที่เพิ่มขึ้นจากในตัวของเพอร์ไลต์เอง (Silber, 2010) ดังจะเห็นได้จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่องค์ประกอบในตาราง 2 ที่ประกอบด้วยโพแทสเซียมออกไซด์ โซเดียม-แมกนีเซียมออกไซด์ เหล็กออกไซด์ ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้ส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของดินโดยตรง

3.3 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน

การวิเคราะห์ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินในแปลงทดลองต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนผลการทดลอง พบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน 4.03 เซนติโมล/กิโลกรัม ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำมาก ก่อนจะมีค่าเพิ่มขึ้นหลังการไถพรวนและปรับสภาพหน้าดิน หลังจากการปรับปรุงดิน พบว่า ดินในแปลงทดลองที่ปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินสูงสุด คืออยู่ระหว่าง 4.28 – 6.6 เซนติโมล/กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินก่อนการปรับปรุงดิน และหลังการปรับปรุงดินไม่แตกต่างกัน และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ และด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินไม่แตกต่างจากดินก่อนการปรับปรุง

3.4 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

การวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินของแปลงทดลองต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุงดินและหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนผลการทดลอง พบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 21.34 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หลังจากการปรับปรุงดิน พบว่า ดินในแปลงทดลองที่ปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ มีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงสุด คือ 87.09 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 82.996$ และ $\text{Sig.} = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินที่ปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าแปลงควบคุม 12.348 อย่างมีนัยสำคัญ ($\text{Sig.} = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินในแปลงควบคุม 8.257 อย่างมีนัยสำคัญ ($\text{Sig.} = 0.010$) ในขณะที่ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินที่ปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 4.091 อย่างมีนัยสำคัญ ($\text{Sig.} = 0.018$) ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน

ของแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่สูงกว่าแปลงควบคุม เป็นผลโดยตรงจากฟอสฟอรัสที่อยู่ในเพอร์ไลต์เอง ดังจะเห็นได้จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุประกอบในตาราง 2 เพอร์ไลต์ประกอบด้วยฟอสฟอรัสไดรอกไซด์ (P_2O_5) ซึ่งเป็นผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้นโดยตรง นอกจากนั้นคุณสมบัติความพรุน และโครงสร้างที่ประกอบด้วยช่องว่างขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวสูงทำให้เพอร์ไลต์ช่วยส่งเสริมความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารในดินได้ดีขึ้น สามารถยืดเหนี่ยวปุ๋ยที่ใส่ในชั้นตอนเตรียมแปลงทดลองได้ดียิ่งขึ้น

3.5 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

การวิเคราะห์ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของแปลงทดลองต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนผลการทดลอง พบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน 62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หลังจากการปรับปรุงดิน พบว่า ดินในแปลงทดลองที่ปรับปรุงและหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด คือ 82.45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 40.461$ และ $Sig. = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินแปลงทดลอง 18.67 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินแปลงควบคุม จำนวน 8.89 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) ในขณะที่ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 9.77 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) ปริมาณโพแทสเซียมในดินของแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์เป็นผลโดยตรงจากปริมาณโพแทสเซียมในตัวเพอร์ไลต์ จากข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุประกอบในตาราง 2 เพอร์ไลต์ประกอบด้วยโพแทสเซียมออกไซด์ (P_2O) เป็นส่วนประกอบโดยน้ำหนักถึงร้อยละ 6.34 การใส่เพอร์ไลต์เพื่อปรับปรุงดินจึงเป็นการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมโดยตรง นอกจากนั้นคุณสมบัติความพรุน และโครงสร้างที่ประกอบด้วยช่องว่างขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวสูงทำให้เพอร์ไลต์ช่วยส่งเสริมความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารในดินได้ดีขึ้น สามารถยืดเหนี่ยวปุ๋ยที่ใส่ในชั้นตอนเตรียมแปลงทดลองได้ดียิ่งขึ้น

3.6 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

การวิเคราะห์ค่าแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของแปลงทดลองต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนผลการทดลอง พบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน 441 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หลังจากการปรับปรุงดิน พบว่า ดินในแปลงทดลองที่ปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ มีค่าแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด คือ 675.77 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 38.439$ และ $Sig. = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่า ดินในแปลงควบคุม จำนวน 23.11 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินแปลงควบคุมจำนวน 9.82 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.001$) ในขณะที่ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ส่งผลให้แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 13.29 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) ปริมาณแคลเซียมในดินของแปลงที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์เพิ่มขึ้นเป็นผลจากปริมาณแคลเซียมในตัวของเพอร์ไลต์ ดังจะเห็นได้จากข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเพอร์ไลต์ พบว่า ประกอบด้วยแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 0.09 โดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้ น้ำที่ใช้ในการชลประทานเป็นน้ำใต้ดินที่อาจมีปริมาณแคลเซียมเจือปนอยู่ เมื่อประกอบกับโครงสร้างความพรุนและพื้นที่ผิวของเพอร์ไลต์ที่สามารถจับยึดธาตุต่าง ๆ ได้ น้ำใต้ดินที่ใช้ในการชลประทานจึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งของการเพิ่มขึ้น

3.7 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

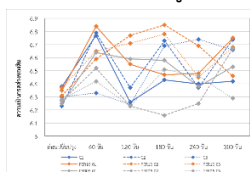
การวิเคราะห์ค่าแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของแปลงทดลองต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ผลการทดลอง พบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน 44.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หลังจากการปรับปรุงดิน พบว่า ดินในแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ มีค่าแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด คือ 82.7 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 38.439$ และ $Sig. = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินในแปลงควบคุม จำนวน 23.11 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินในแปลงควบคุม จำนวน 9.82 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.001$) ในขณะที่ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 13.29 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) ปริมาณแมกนีเซียมในดินของแปลงที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์สูงกว่าดินในแปลงควบคุมอย่างชัดเจน โดยแหล่งกำเนิดแมกนีเซียมตามธรรมชาติไม่พบในพื้นที่ทดลองหรือใกล้เคียงจึงมีความเป็นไปได้ว่าปริมาณแมกนีเซียมที่ต่างกันนั้นมาจากเพอร์ไลต์ดังจะเห็นได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของเพอร์ไลต์ พบว่า ประกอบด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ร้อยละ 0.21 โดยน้ำหนัก นอกจากนั้นน้ำใต้ดินที่ใช้ในการชลประทานอาจมีปริมาณแมกนีเซียมเจือปนอยู่ และถูกเพอร์ไลต์จับยึดไว้จากคุณสมบัติของพื้นที่ผิวและความพรุน

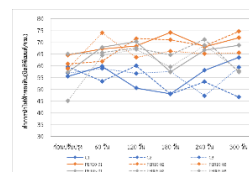
3.8 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์

การทดสอบความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินเพื่อศึกษาปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ที่กักเก็บในดิน และพืชสามารถนำไปใช้ได้ ผลการวิเคราะห์ พบว่า ดินดั้งเดิมที่ยังไม่ได้ปรับปรุงพื้นที่ด้วยการไถพรวน และกำจัดวัชพืชมีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน 5.03 % จากการทดลองผสมเพอร์ไลต์ พบว่า แปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ มีค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์สูงสุดคือ 11.2% ซึ่งใกล้เคียงกับแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ มีค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์สูงสุดคือ 11.1%

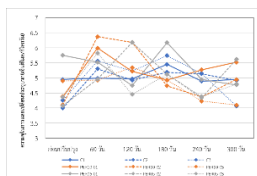
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินในแปลงทดลองก่อนการปรับปรุงดินและหลังการปรับปรุงดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 85.590$ และ $Sig. = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ของความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินสูงกว่าดินก่อนการปรับปรุง จำนวน 3.16 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินสูงกว่าดินก่อนการปรับปรุง จำนวน 1.70 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) ในขณะที่ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินสูงกว่าดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 1.45 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) ผลของเพอร์ไลต์ต่อปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ พบว่า เพอร์ไลต์สามารถเพิ่มปริมาณน้ำ ในดินเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่ได้ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ ความชื้นที่เพิ่มขึ้นในดินจากการใส่เพอร์ไลต์ลงไปในนั้นเกิดจากสมบัติความพรุนของเพอร์ไลต์ที่เข้าไปปรับโครงสร้างดินทรายที่มีลักษณะเนื้อหยาบ มีช่องว่างระหว่างอนุภาคใหญ่ทำให้ไม่สามารถดูดยึดน้ำและกักเก็บไว้ได้ด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค (Tekin, 2006) เมื่อได้รับน้ำจากฝนตามธรรมชาติ หรือการชลประทาน น้ำจะไหลระบายออกจากดินอย่างรวดเร็วตามช่องว่างดินที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนั้นสมบัติความพรุนของเพอร์ไลต์ยังไม่มากเกินไปกว่าแรงดึงดูดโมเลกุลที่รากพืชต้องดูดน้ำในดินไปใช้เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ



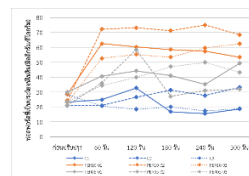
ภาพที่ 2 ความเป็นกรดต่างของดินเมื่อผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



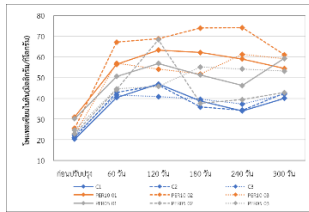
ภาพที่ 3 ค่าการนำไฟฟ้าในดินหลังผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



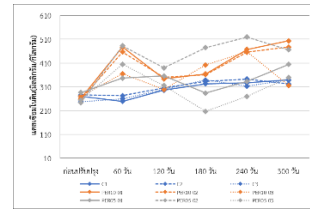
ภาพที่ 4 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินหลังผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



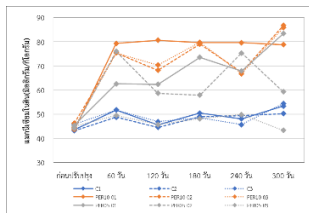
ภาพที่ 5 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



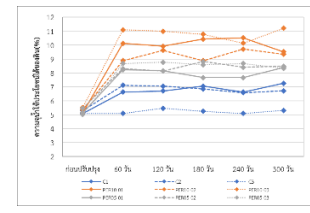
ภาพที่ 6 โฟแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



ภาพที่ 7 แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



ภาพที่ 8 แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



ภาพที่ 9 ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของดินหลังเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน

4. ผลของเพอร์ไลต์ต่อผลผลิตมันสำปะหลัง

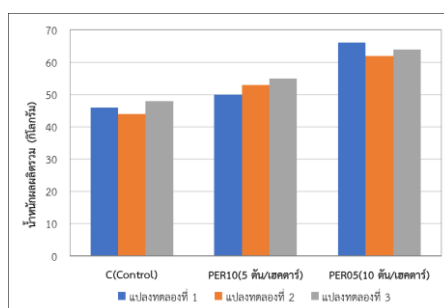
ผลการเก็บข้อมูลน้ำหนักผลผลิตของมันสำปะหลังเมื่ออายุ 300 วัน มีรายละเอียดดังตารางที่ 1 และจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาดังตารางที่ 2 พบว่า กลุ่มแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 64 กิโลกรัมต่อพื้นที่ทดลอง 36 ตารางเมตร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตมากกว่ากลุ่มแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 53 กิโลกรัม จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ผลผลิตรวมแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ($F = 52$ และ $Sig. = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วยวิธี LSD พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ค่าผลผลิตรวมสูงกว่าดินก่อนการปรับปรุง จำนวน 18 ตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ค่า ผลผลิตรวมสูงกว่าดินก่อนการปรับปรุง จำนวน 6.667 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.010$) ในขณะที่ ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ค่าผลผลิตรวมสูงกว่าดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 11.333 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.001$) การเพิ่มขึ้นของผลผลิตมันสำปะหลังนี้สัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นในดิน ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม นอกจากนั้น ปริมาณน้ำในดินที่เพิ่มขึ้นยังมีส่วนช่วยในการเพิ่มผลผลิตเนื่องจากสมบัติความพรุนของเพอร์ไลต์ทำให้ดินสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้นานไม่ไหลระบายออกไปตามช่องว่างขนาดใหญ่ และน้ำในดินยังไม่มากเกินไปจนทำให้รากพืชต้องดูดน้ำในดินไปใช้เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวได้

แปลง	ดินแปลงควบคุม			เพอร์ไลต์ 800 (กิโลกรัม/ไร่)			เพอร์ไลต์ 1600 (กิโลกรัม/ไร่)		
	CN1	CN2	CN3	P5N1	P5N2	P5N3	P10N1	P10N2	P10N3
น้ำหนักผลผลิตรวม(กิโลกรัม)	46	44	48	50	53	55	66	62	64
ค่าเฉลี่ย		46			53			64	

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวได้ (ต่อ)

แปลง	ดินแปลงควบคุม			เพอร์ไลต์ 800 (กิโลกรัม/ไร่)			เพอร์ไลต์ 1600 (กิโลกรัม/ไร่)		
	CN1	CN2	CN3	P5N1	P5N2	P5N3	P10N1	P10N2	P10N3
ดินแปลงควบคุม		-		ผลต่างค่าเฉลี่ย -18.00 เพอร์ไลต์ 800 > ดินแปลงควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ (Sig. = .000)			ผลต่างค่าเฉลี่ย -6.67 เพอร์ไลต์ 1600 > ดินแปลงควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ (Sig. = .010)		
เพอร์ไลต์ 800 (กิโลกรัม/ไร่)		-			-		ผลต่างค่าเฉลี่ย -11.33 เพอร์ไลต์ 1600 > เพอร์ไลต์ 800 อย่างมีนัยสำคัญ (Sig. = .001)		



ภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังแต่ละกลุ่มทดลอง

สรุป

จากศึกษาการปรับปรุงดินทรายจัดด้วยเพอร์ไลต์เพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังใน ตำบลเพนียด อำเภอกอ
สำโรง จังหวัดลพบุรี พบว่า ดินดั้งเดิมในพื้นที่ศึกษาเป็นประเภทดินทรายจัด มีค่าความหนาแน่นรวม 1.58 กรัม/ลบ.ซม.
ค่าความหนาแน่นของอนุภาคดิน 2.55 กรัม/ลบ.ซม และมีค่าความพรุนประมาณ 41 % ไม่มีคุณสมบัติในการกักเก็บธาตุ
อาหารเนื่องจากอนุภาคส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นควอตซ์ เป็นกรดเล็กน้อย มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำมากเพียง
5.04 – 5.37 % เนื่องจากอนุภาคส่วนใหญ่เป็นขนาดเม็ดทราย ผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า อินทรีย์วัตถุ และธาตุ
อาหารต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก จึงมีคุณสมบัติเหมาะสมในการปลูกพืชบางชนิดเท่านั้น เนื่องจากไม่สามารถกักเก็บ
น้ำ และมีธาตุอาหาร ตลอดจนค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเพอร์ไลต์จากเขาจุกเขก
ตำบลนิคมชัย อำเภอสระโบสถ์ จังหวัดลพบุรีที่นำมาปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส
พบว่า มีสมบัติทางกายภาพมีค่าความหนาแน่น 975 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ค่าความหนาแน่นของอนุภาค 2.58 กรัม/
ลบ.ซม องค์ประกอบส่วนใหญ่ประกอบด้วยซิลิกา (SiO₂) ปริมาณร้อยละ 68.63 และอลูมินา (Al₂O₃) ร้อยละ 15.36

ผลการศึกษาการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน พบว่า สมบัติของดินหลังการปรับปรุง
ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน
แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน สูงกว่าดินแปลงควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยสมบัติ
ของดินมีการตอบสนองต่อปริมาณเพอร์ไลต์ที่ใช้ปรับปรุงดินตั้งแต่ 800 กิโลกรัม/ไร่ และเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเพิ่ม
ปริมาณที่ใช้ปรับปรุงเป็น 1600 กิโลกรัม/ไร่ เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนสามารถเพิ่มปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์
ในดินเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงควบคุม ความชื้นที่เพิ่มขึ้นในดินเกิดจากสมบัติความพรุนของเพอร์ไลต์ที่ปรับโครงสร้าง
ดินทรายที่มีลักษณะเนื้อหยาบ และมีช่องว่างระหว่างอนุภาคใหญ่ทำให้ไม่สามารดูดุดูดยึดนํ้าและกักเก็บไว้ได้ด้วยแรงยึด

เหนียวระหว่างอนุภาค เมื่อได้รับน้ำจากฝนตามธรรมชาติ หรือจากการชลประทาน น้ำจะไหลระบายออกจากดินอย่างรวดเร็วตามช่องว่างของดินที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนั้นสมบัติความพรุนของเพอร์ไลต์ยังมีความเหมาะสม ไม่มากเกินไปจนเกินไป แรงดึงดูดของโมเลกุลที่รากพืชต้องดูดน้ำในดินไปใช้เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งน้ำในส่วนนี้สัมพันธ์กับน้ำที่พืชใช้ประโยชน์โดยตรง อย่างไรก็ตามผลการทดลอง พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ไม่มีผลต่อค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน นอกจากนั้นโครงสร้างเพอร์ไลต์ยังประกอบด้วยซิลิกา และอลูมินาซึ่งมีคุณสมบัติทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์น้อยมาก และมีความคงทนของโครงสร้างสูงทำให้ไม่ต้องใส่ทุกครั้งในฤดูเพาะปลูก

ผลการศึกษาผลของเพอร์ไลต์ต่อผลผลิตมันสำปะหลัง พบว่า มีคุณสมบัติในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้อย่างชัดเจน โดยผลผลิตเฉลี่ยของมันสำปะหลังของแปลงทดลองจำนวน 3 แปลงที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ยที่ 64 กิโลกรัม/36 ตารางเมตร ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยจากแปลงทดลองที่ไม่มีการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยทั้ง 3 แปลง 46 กิโลกรัม/36 ตารางเมตร ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า น้ำหนักผลผลิตของกลุ่มทดลองแปลงต่าง ๆ มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่า เพอร์ไลต์มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของเพอร์ไลต์เพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงสมบัติของดิน และการตอบสนองของน้ำในดินเพียง ซึ่งศึกษาจากดินชนิดเดียว คือ ดินทรายจัด การวิจัยต่อไปจึงควรมีการศึกษาให้ครอบคลุมถึงดินชนิดอื่น ๆ ที่มีปัญหาทางการเกษตรคล้ายคลึงกัน เช่น ดินที่มีชั้นดินตื้น หรือดินที่มีเนื้อหยาบ ตลอดจนควรมีการศึกษาค่าผลของเพอร์ไลต์ต่อการยืดเหนียวธาตุอาหารในดิน การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการผลของการใช้เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนเพื่อเพิ่มผลผลิตกับพืชเพียงชนิดเดียวคือมันสำปะหลัง ควรมีการทดลองนำไปปลูกพืชโดยเฉพาะพืชที่เป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย เช่น ข้าว อ้อย ข้าวโพด ซึ่งผลการวิจัยเหล่านี้จะทำให้การประยุกต์ใช้เพอร์ไลต์สามารถนำมาใช้ประโยชน์กับประเทศอื่นเป็นการเพิ่มศักยภาพในการเกษตร และเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรแร่ธาตุในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนั้นควรมีการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้เพอร์ไลต์เพื่อปรับปรุงดินทรายจัดในจังหวัดลพบุรี หรือใช้ในพื้นที่อื่นที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ โดยสามารถประเมินจากระยะทางของแหล่งแร่เพอร์ไลต์ในจังหวัดลพบุรี ตลอดจนต้นทุนการขนส่งในการใช้นอกพื้นที่ และควรมีการศึกษากการปรับปรุงดินทรายด้วยเพอร์ไลต์ระยะยาวว่าส่งผลเสียต่อสมบัติของดินทางเคมี และกายภาพหรือไม่

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุนสนับสนุนจากวิจัยแห่งชาติ (วช.), ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการในการทดลอง ตลอดจนสถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรีที่เอื้อเฟื้อแปลงทดลอง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

กัญจน์รี ช่วงฉ่ำ. (2555). กลไกทางกายภาพ และ เคมี ของสารปรับปรุงบำรุงดินถ่านชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดที่มีผลต่อผลผลิตและการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในไร่ข้าวโพด. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2561). **การจัดการพื้นที่ดินทราย**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2540). **การจัดการดินและพืชเพื่อปรับปรุงดินอินทรีย์วัตถุต่ำ**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2550). **ความสำคัญของดินและปุ๋ย**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เอิบ เขียวรัมย์. (2533). **ดินของประเทศไทย ลักษณะ การกระจาย และการใช้**. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิคม จิงอยู่สุข. (2530). **ประโยชน์ของหินภูเขาไฟเนื้อแก้วเพอร์ไลต์ในงานอุตสาหกรรม**. การประชุมเหมืองแร่. หน้า 133-140, กรุงเทพฯ, กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. (2519). **ธรณีวิทยา**. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิชย์
- สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี. (2549). **สมบัติของหินเพอร์ไลต์ และการใช้ประโยชน์**. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. (2553). **เอกสารวิชาการ เรื่อง ความเสื่อมโทรมของที่ดิน และการจัดการแก้ไข**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- บุรี บุญสมภพพันธ์. (2531). **ดินทราย**. *วารสารพัฒนาที่ดิน*, 25, 19-23.
- Abidi, S., B. Nait-Ali, Y. Joliff and C. Favotto. (2015). Impact of Perlite, Vermiculite and Cement on the Thermal Conductivity of a Plaster Composite Material: Experimental and Numerical Approaches. *Composites Part B: Engineering*, 68, 392-400.
- Bastani, D., A.A. Safekordi, A. Alihosseini and V. Taghikhani. (2006). Study of Oil Sorption by Expanded Perlite at 298.15 K. *Separation and Purification Technology*, 52(2), 295-300.
- Boumnijel, I., H. Ben Amor and C. Chtara. (2013). Effect of Calcinated and Activated Perlite on Improving Efficiency of Dihydrate Process for Phosphoric Acid. *International Journal of Mineral Processing*, 125, 112-117.
- Chesterman, C.W. (1995). *Industrial Mineral and Rocks*, New York: American Institute of Mining, Metallurgical and petroleum Engineering, Inc.
- Karakoç, M.B., R. Demirboğa, İ. Türkmen and İ. Can. (2012). Effect of Expanded Perlite Aggregate on Cyclic Thermal Loading of Hsc and Artificial Neural Network Modeling. *Scientia Iranica*, 19(1), 41-50.
- Maxim L. Daniel, Ron Niebo & Ernest E. McConnell. (2014), Perlite toxicology and epidemiology – a review, *Inhalation Toxicology*. *Inhal Toxicol*, 26(5), 259-270, DOI: 10.3109/08958378.2014.881940
- Silber, A., B. Bar-Yosef, I. Levkovitch and S. Soryano. (2010). Ph-Dependent Surface Properties of Perlite: Effects of Plant Growth. *Geoderma*, 158(3-4), 275-281.
- Tekin, N., E. Kadinci, Ö. Demirbaş, M. Alkan, A. Kara and M. Doğan. (2006). Surface Properties of Poly(Vinylimidazole)-Adsorbed Expanded Perlite. *Microporous and Mesoporous Materials*, 93(1-3), 125-133.
- Yilmazer, S. and M.B. Ozdeniz. (2005). The Effect of Moisture Content on Sound Absorption of Expanded Perlite Plates. *Building and Environment*, 40(3), 311-318.

แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ภายใต้แรงภายนอกที่ขึ้นอยู่กับเวลา

จุฑามาศ ช้างคำ¹ ปิยรัตน์ มุลศรี² อาทิตย์ หุ้เต็ม^{3*}

Received : May 6, 2022

Revised : August 24, 2022

Accepted : August 29, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบออสซิลเลตที่เป็นฟังก์ชันของเวลาในแนวระดับและแนวตั้ง ซึ่งการศึกษาเริ่มจากวิเคราะห์สมการการเคลื่อนที่ของอนุภาคตามกฎข้อที่สองของนิวตัน จากนั้นคำนวณหาการกระจัดและความเร็วในแนวระดับและแนวตั้งของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่เป็นฟังก์ชันของเวลา ภายใต้แรงต้านอากาศและแรงยก และเปรียบเทียบกับกราฟการเพิ่มแรงภายนอกเข้าไปในแนวตั้ง จากนั้นนำผลที่ได้สร้างกราฟด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลการวิจัย พบว่ากราฟความเร็วและกราฟการกระจัดในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาที่มีแรงภายนอกมากกระทำสูงกว่ากราฟที่ไม่มีแรงภายนอกมากกระทำเมื่อเวลาเท่ากัน และไม่เป็นกราฟพาราโบลาที่สมมาตรตามทฤษฎี

คำสำคัญ: การกระจัด การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ความเร็ว แรงต้านอากาศ แรงภายนอก แรงยก

¹นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

จังหวัดเพชรบูรณ์ อีเมล: namsay110@gmail.com

²อาจารย์ประจำหลักสูตร ภาควิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

จังหวัดเพชรบูรณ์ อีเมล: piyarutto@hotmail.com

³อาจารย์ประจำหลักสูตร ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

จังหวัดเพชรบูรณ์ อีเมล: artithutem@pcru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: artithutem@pcru.ac.th

MODELLING THE PROJECTILE MOTION UNDER A TIME – DEPENDENT EXTERNAL FORCE

Jutamad Changkham¹ Piyarat Moonsri² Artit Hutem^{3*}**Abstract**

This research aimed to study the motion of oscillating particles as a function of horizontal and vertical time. The study was began by analyzing the equations of motion of particles according to Newton's second law. Then, the horizontal and vertical displacement and velocity of the projectile moving particles as a function of time was calculated under air resistance and lifting force and compared it with adding an external force into the vertical. Then, the results were applied to create a graph with a computer program. The results show that the velocity and vertical displacement graphs are functions of the time when the external force is more applied. A graph with no external forces acting at the same time is not a theoretically symmetrical parabolic graph.

Keyword: Displacement, Projectile motion, Velocity, Air resistance, External force, Lifting force

¹Master of Science Program in Education Science, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun Province, e-mail: namsay110@gmail.com

²Department of Science Education, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun Province, e-mail: piyarutto@hotmail.com

³Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun Province, e-mail: artithutem@pcru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: artithutem@pcru.ac.th

บทนำ

การเคลื่อนที่โพรเจกไทล์ เป็นหัวข้อหนึ่งในการศึกษารายวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ที่มีเส้นทางการเคลื่อนที่แบบวิถีโค้ง ทำให้วัตถุมีความเร็วสองทิศทาง คือ ความเร็วในแนวระดับ u_x ซึ่งจะมีค่าคงที่ตลอดการเคลื่อนที่ โดยไม่คิดแรงต้านของอากาศหรือแรงภายนอกที่ไม่ใช่แรงโน้มถ่วงของโลกมากระทำกับวัตถุ และความเร็วในแนวตั้ง u_y ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก F_g โดยที่เวลาที่ใช้การเคลื่อนที่จะมีค่าเท่ากันทั้งสองทิศทาง เมื่อให้ x คือ การกระจัดในแนวระดับ y คือ การกระจัดในแนวตั้ง และ t คือ เวลาในการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์สามารถวิเคราะห์สมการการเคลื่อนที่ของอนุภาคได้โดยใช้ ตามกฎข้อที่สองของนิวตัน เพื่อคำนวณหาความเร็วและการกระจัดของอนุภาค เมื่อโยนอนุภาคหนึ่งขึ้นไปในอากาศด้วยความเร็วโดยทำมุม θ กับแนวระดับ ถ้าไม่คิดแรงต้านอากาศ วัตถุนั้นจะเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงเพียงแรงเดียว กราฟเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุจะเป็นรูปพาราโบลาแบบสมมาตร และเมื่อมีแรงต้านอากาศเข้าไป กราฟของการเคลื่อนที่โพรเจกไทล์จะไม่ใช่พาราโบลาแบบสมมาตร ซึ่งสามารถสร้างกราฟโดยใช้เครื่องมือ Mathematics (Dharma Paudel, 2019) และเมื่อเพิ่มแรงภายนอกที่เป็นฟังก์ชันของเวลาเข้าไปในแนวตั้ง

$$F = f_0 e^{-\lambda t} \cos(\omega t)$$

เส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จะมีการสั่นแบบบอสซิเลต (Kuaykaew et. al., 2016) แต่ในสถานการณ์จริง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์นอกจากจะมีแรงต้านอากาศ F_d ที่มีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคแล้ว ยังมีแรงยก F_L ซึ่งมีทิศตั้งฉากกับแรงต้านอากาศมากระทำอีกด้วย (Pouya Jalilian, 2014) ดังนั้นงานวิจัยนี้จะพิจารณาการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ภายใต้แรงต้านอากาศและแรงยกในแนวระดับและแนวตั้งจากงานวิจัยของ Dharma (2019) กับ Pouya (2014) และให้มีแรงภายนอกมากระทำ

$$F_y(t) = F_0 t e^{-\beta^2 t} \cos^2(\omega t)$$

คล้ายงานวิจัยของ Kuaykaew (2016) ซึ่งแรงภายนอก $F_y(t)$ ตัวนี้เป็นแรงภายนอกที่มีการสั่นแบบบอสซิเลต ในลักษณะที่บวกเพียงอย่างเดียวซึ่งข้าพเจ้ามองลักษณะการสั่นโมเลกุลในอากาศถ้าเกิดแรงลมเคลื่อนที่เมื่อเวลาผ่านแรงลมตัวนี้จะลดกำลังของแรงลม แต่ในงานวิจัยนี้จะมีการเปรียบเทียบกราฟเมื่อเปลี่ยนแรงเริ่มต้นของแรงภายนอก และสัมพันธ์กับความหน่วงที่ส่งผลต่อเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ทั่วไป ในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาเพื่อเป็นการสร้างแบบฝึกหัดให้สำหรับนักศึกษา และสามารถสร้างเป็นแบบจำลองสถานการณ์การเคลื่อนที่ของอนุภาคมวล m ด้วยโดยใช้โปรแกรม Mathematica

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ภายใต้แรงต้านอากาศและแรงยก เมื่อมีแรงภายนอกที่เป็นฟังก์ชันของเวลามากระทำในแนวตั้ง และเปรียบเทียบกับเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในกรณีที่มีแรงโน้มถ่วง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้ออกแบบการดำเนินการวิจัยไว้เป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ 1) คำนวณหาการกระจัดและความเร็วของอนุภาค ภายใต้แรงต้านอากาศ และแรงยก 2) คำนวณหาการกระจัดและความเร็วของอนุภาค

ภายใต้แรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกในแนวดิ่ง 3) ศึกษาการเคลื่อนที่ของอนุภาคโดยการนำสมการไปสร้างกราฟ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของอนุภาคมวล m โดยปราศจากแรงต้านอากาศ F_d และแรงยก F_L อนุภาคมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้น v_0 ซึ่งเป็นเนื้อหาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ระดับชั้น ม. 4 จากกฎข้อที่สองของนิวตัน เราจะได้การกระจัดในแนวระดับที่เป็นฟังก์ชันของเวลา

$$x(t) = v_0 \cos(\theta) t \quad (1)$$

เราพิจารณาการเคลื่อนที่ของอนุภาคมวล m ในแนวดิ่งจะได้รับความเร็วปลายในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลา และการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลา ดังนี้

$$v_y(t) = v_0 \sin(\theta) - gt \quad (2)$$

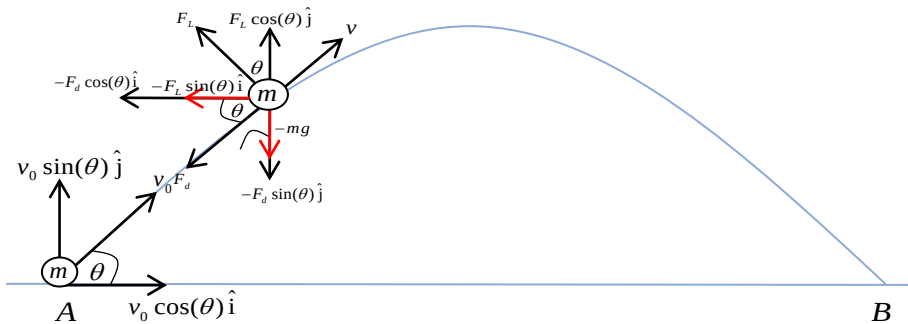
และ

$$y(t) = v_0 \sin(\theta)t - \left(\frac{1}{2}gt^2\right) \quad (3)$$

ต่อไปเราจะหาสมการเกี่ยวกับการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดในแนวระดับโดยการนำสมการที่ (1) แทนลงในสมการที่ (3) จะได้

$$y(x) = \tan(\theta)x - \left(\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0 \cos(\theta)}\right)^2\right) \quad (4)$$

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาการกระจัดและความเร็วของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ในแนวระดับและแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลา ภายใต้แรงต้านอากาศ F_d และแรงยก F_L ความเร็วต้น v_0 ความเร็วปลาย v ดังนั้นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จะมีองค์ประกอบในแนวระดับและแนวดิ่ง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ภายใต้แรงต้านอากาศ และแรงยก

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$-F_L \sin(\theta)\hat{i} - F_d \cos(\theta)\hat{i} + F_L \cos(\theta)\hat{j} - F_d \sin(\theta)\hat{j} - mg\hat{j} = m\left(\frac{dv_x}{dt}\hat{i} + \frac{dv_y}{dt}\hat{j}\right) \quad (5)$$

พิจารณาแกน x

$$(-F_L \sin(\theta) - F_d \cos(\theta))\hat{i} = m \frac{dv_x}{dt}\hat{i} \quad (6)$$

กำหนดให้ $F_L = k_L v_x$, $F_d = \alpha v_x$ โดยที่ k_L เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของแรงยก α เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของแรงต้านอากาศ และ v_x เป็นความเร็วในแนวระดับ (Jeffrey, 2014)

$$(-k_L v_x \sin(\theta) - \alpha v_x \cos(\theta)) = m \frac{dv_x}{dt}$$

$$v_x \left(-\frac{k_L}{m} \sin(\theta) - \frac{\alpha}{m} \cos(\theta) \right) = \frac{dv_x}{dt} \quad (7)$$

$$\text{ให้} \quad \delta \equiv \left(\frac{k_L}{m} \sin(\theta) + \frac{\alpha}{m} \cos(\theta) \right)$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad & -v_x \delta = \frac{dv_x}{dt} \\ & -\int \delta dt = \int \frac{dv_x}{v_x} \\ & v_x(t) = C e^{-\delta t} \end{aligned} \quad (8)$$

เงื่อนไขการหา C คือ $t = 0, v_x(0) = v_0 \cos(\theta)$

$$\therefore v_x(t) = v_0 \cos(\theta) e^{-\delta t} \quad (9)$$

จากสมการที่ (9) ความเร็วในแนวระดับที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของอนุภาคมวล m ถ้าเวลาการเคลื่อนของอนุภาคมวล m เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความเร็วในแนวระดับที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของอนุภาคมวล m มีค่าลดลง

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad v_x &= \frac{dx}{dt} \\ \frac{dx}{dt} &= v_0 \cos(\theta) e^{-\delta t} \\ \int \frac{dx}{dt} dt &= \int v_0 \cos(\theta) e^{-\delta t} dt \\ x(t) &= -\frac{v_0}{\delta} \cos(\theta) e^{-\delta t} + C \end{aligned} \quad (10)$$

เงื่อนไขการหา C คือ $t = 0, x(0) = 0$

$$\therefore x(t) = \frac{v_0}{\delta} \cos(\theta) (1 - e^{-\delta t}) \quad (11)$$

จากสมการที่ (11) เรียกว่าการกระจัดในแนวระดับที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของอนุภาคมวล m ถ้าเวลาการเคลื่อนของอนุภาคมวล m เพิ่มขึ้นส่งผลให้การกระจัดในแนวระดับที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของอนุภาคมวล m เพิ่มขึ้นแล้วจะคงที่ ณ การกระจัดค่าหนึ่ง

พิจารณาแกน y

$$F_L \cos(\theta) \hat{j} - F_d \sin(\theta) \hat{j} - mg \hat{j} = m \frac{dv_y}{dt} \hat{j} \quad (12)$$

กำหนดให้ $F_L = k_L v_y, F_d = \alpha v_y$ โดยที่ k_L เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของแรงยก α เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของแรงต้านอากาศ และ v_y เป็นความเร็วในแนวตั้ง (Mustafa & Tugce, 2020), (Hutem & Kerdmee, 2013)

$$\begin{aligned} k_L v_y \cos(\theta) - \alpha v_y \sin(\theta) - mg &= m \frac{dv_y}{dt} \\ v_y \left(\frac{k_L}{m} \cos(\theta) - \frac{\alpha}{m} \sin(\theta) \right) - \frac{m}{m} g &= \frac{dv_y}{dt} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\text{ให้} \quad \eta \equiv \left(\frac{k_L}{m} \cos(\theta) - \frac{\alpha}{m} \sin(\theta) \right)$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad & v_y \eta - g = \frac{dv_y}{dt}, \quad \frac{dv_y}{dt} - \eta v_y = -g \\ & v_y = e^{-\int (-\eta) dt} \left[\int (-g) e^{\int (-\eta) dt} dt + C \right] \\ & \therefore v_y(t) = \left[\frac{g}{\eta} + C e^{\eta t} \right] \end{aligned} \quad (14)$$

เงื่อนไขการหา C คือ $t = 0, v_y(0) = v_0 \sin(\theta)$

$$\therefore v_y(t) = \left[\frac{g}{\eta} + \left(v_0 \sin(\theta) - \frac{g}{\eta} \right) e^{\eta t} \right] \quad (15)$$

จากสมการที่ (15) ความเร็วในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของอนุภาคมวล m ถ้าเวลาการเคลื่อนของอนุภาคมวล m เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความเร็วในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของอนุภาคมวล m มีค่าลดลง

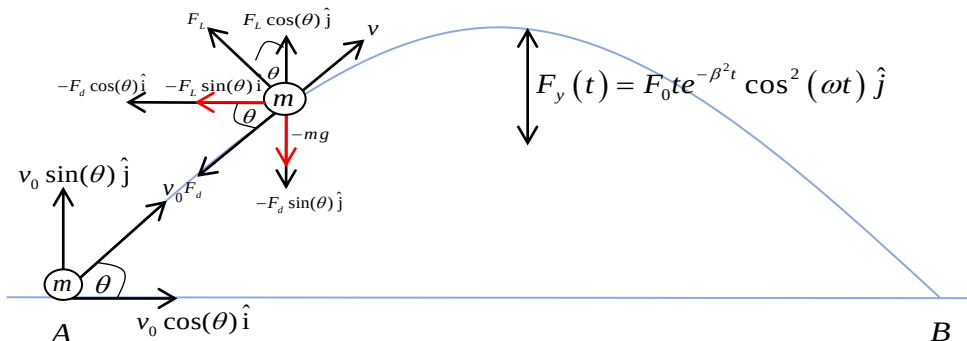
$$\begin{aligned} \text{จาก } v_y &= dy/dt, \quad \frac{dy}{dt} = \left[\frac{g}{\eta} + \left(v_0 \sin(\theta) - \frac{g}{\eta} \right) e^{\eta t} \right] \\ \int dy &= \int \left[\frac{g}{\eta} + \left(v_0 \sin(\theta) - \frac{g}{\eta} \right) e^{\eta t} \right] dt \\ y(t) &= \frac{g}{\eta} t + \left(v_0 \sin(\theta) - \frac{g}{\eta} \right) \frac{e^{\eta t}}{\eta} + C \end{aligned} \quad (16)$$

เงื่อนไขการหา C คือ $t = 0, y(0) = 0$

$$\therefore y(t) = \frac{g}{\eta} t + \left(v_0 \sin(\theta) - \frac{g}{\eta} \right) \left(\frac{e^{\eta t}}{\eta} - \frac{1}{\eta} \right) \quad (17)$$

จากสมการที่ (17) เรียกว่าการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของอนุภาคมวล m ถ้าเวลาการเคลื่อนของอนุภาคมวล m เพิ่มขึ้นส่งผลให้การกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของอนุภาคมวล m เพิ่มขึ้นแล้วจะมีค่าลดลงลักษณะเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นพาราโบลาว่า

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาการกระจัดและความเร็วของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ในแนวระดับและแนวดิ่ง ที่เป็นฟังก์ชันของเวลา ภายใต้แรงต้านอากาศ F_d แรงยก F_L และแรงภายนอกในแนวดิ่ง $F_y(t) = F_0 t e^{-\beta^2 t} \cos^2(\omega t) \hat{j}$ โดยที่ F_0 คือ แรงเริ่มต้นของแรงภายนอกมีหน่วย N , β คือสัมประสิทธิ์ของความหน่วง ต่อมา ω ความถี่เชิงมุม มีค่า $2\pi f$ และ f คือความถี่ของการสั่นของอนุภาคมวล m มีหน่วย Hz ความเร็วต้น v_0 มีหน่วย m/s ความเร็วปลาย v มีหน่วย m/s ดังนั้นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จะมียอดประกอบในแนวระดับและแนวดิ่ง ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยมีแรงภายนอกกระทำในแนวดิ่ง

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$-F_L \sin(\theta) \hat{i} - F_d \cos(\theta) \hat{i} + F_L \cos(\theta) \hat{j} - F_d \sin(\theta) \hat{j} - mg \hat{j} + F_0 te^{-\beta^2 t} \cos^2(\omega t) \hat{j} = m \left(\frac{dv_x}{dt} \hat{i} + \frac{dv_y}{dt} \hat{j} \right)$$

พิจารณาแกน x เราจะได้ความเร็วในแนวระดับ และการกระจัดในแนวระดับเหมือนกับการทดลองขั้นตอนที่ 1 สอดคล้องสมการที่ (5) และสมการที่ (7) (Ebaid, et.al., 2019)

$$\therefore v_x(t) = v_0 \cos(\theta) e^{-\delta t} \quad (18)$$

$$\therefore x(t) = \frac{v_0}{\delta} \cos(\theta) (1 - e^{-\delta t}) \quad (19)$$

พิจารณาแกน y

$$F_L \cos(\theta) \hat{j} - F_d \sin(\theta) \hat{j} - mg \hat{j} + F_0 te^{-\beta^2 t} \cos^2(\omega t) \hat{j} = m \frac{dv_y}{dt} \hat{j} \quad (20)$$

กำหนดให้ $F_L = k_L v_y, F_d = \alpha v_y$

$$k_L v_y \cos(\theta) - \alpha v_y \sin(\theta) - mg + F_0 te^{-\beta^2 t} \left(\frac{1 + \cos(2\omega t)}{2} \right) = m \frac{dv_y}{dt} \quad (21)$$

$$\frac{dv_y}{dt} = \frac{k_L}{m} v_y \cos(\theta) - \frac{\alpha}{m} v_y \sin(\theta) - g + \frac{F_0}{2m} te^{-\beta^2 t} (1 + \cos(2\omega t))$$

$$\frac{dv_y}{dt} + \left(\frac{\alpha}{m} \sin(\theta) - \frac{k_L}{m} \cos(\theta) \right) v_y = \frac{F_0}{2m} te^{-\beta^2 t} (1 + \cos(2\omega t)) - g$$

กำหนดให้ $\eta = \left(\frac{\alpha}{m} \sin(\theta) - \frac{k_L}{m} \cos(\theta) \right)$

$$\frac{dv_y}{dt} + \eta v_y = \frac{F_0}{2m} te^{-\beta^2 t} (1 + \cos^2(2\omega t)) - g \quad (22)$$

$$v_y(t) = e^{-\eta t} \left[\int \left(\frac{F_0}{2m} te^{-\beta^2 t} (1 + \cos^2(2\omega t)) - g \right) e^{\eta t} dt + C \right]; \lambda = \beta^2 - \eta$$

$$v_y(t) = e^{-\eta t} \left[\frac{F_0}{2m} \int te^{-(\beta^2 - \eta)t} (1 + \cos^2(2\omega t)) dt - \frac{ge^{\eta t}}{\eta} + C \right]$$

$$v_y(t) = e^{-\eta t} \left[\frac{F_0}{2m} \int te^{-\lambda t} (1 + \cos^2(2\omega t)) dt - \frac{ge^{\eta t}}{\eta} + C \right]$$

$$v_y(t) = e^{-\eta t} \left[\frac{F_0}{2m} \left\{ \int te^{-\lambda t} dt + \int te^{-\lambda t} \cos^2(2\omega t) dt \right\} - \frac{ge^{\eta t}}{\eta} + C \right] \quad (23)$$

$$\int te^{-\lambda t} dt = \frac{e^{-\lambda t}}{-\lambda} \left(t + \frac{1}{\lambda} \right)$$

$$\int te^{-\lambda t} \cos^2(2\omega t) dt$$

$$= \frac{e^{-\lambda t} (2\omega \sin(2\omega t) - \lambda \cos(2\omega t))}{4\omega^2 + \lambda^2} - \frac{e^{-\lambda t} ((\lambda^2 - 4\omega^2) \cos(2\omega t) - 4\omega \lambda \sin(2\omega t))}{(4\omega^2 + \lambda^2)^2}$$

$$\begin{aligned}
v_y(t) &= e^{-\eta t} \left[\frac{F_0}{2m} \left\{ \frac{e^{-\lambda t}}{-\lambda} \left(t + \frac{1}{\lambda} \right) + \frac{e^{-\lambda t} (2\omega \sin(2\omega t) - \lambda \cos(2\omega t))}{\lambda^2 + 4\omega^2} \right. \right. \\
&\quad \left. \left. - \frac{e^{-\lambda t} ((\lambda^2 - 4\omega^2) \cos(2\omega t) - 4\omega \lambda \sin(2\omega t))}{(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} \right\} - \frac{ge^{\eta t}}{\eta} + C \right] \\
v_y(t) &= \frac{F_0}{2m} \left\{ \frac{te^{-\beta^2 t} (2\omega \sin(2\omega t) - \lambda \cos(2\omega t))}{\lambda^2 + 4\omega^2} \right. \\
&\quad \left. - \frac{e^{-\beta^2 t} ((\lambda^2 - 4\omega^2) \cos(2\omega t) - 4\omega \lambda \sin(2\omega t))}{(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} - e^{-\beta^2 t} \left(\frac{\lambda t + 1}{\lambda^2} \right) \right\} \\
&\quad - \frac{ge^{\eta t}}{\eta} + C
\end{aligned} \tag{24}$$

เงื่อนไขการหา C คือ $t = 0, v_y(0) = v_0 \sin(\theta)$

$$v_0 \sin(\theta) = \frac{F_0}{2m} \left\{ -\frac{(\lambda^2 - 4\omega^2)}{(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} - \left(\frac{1}{\lambda^2} \right) \right\} - \frac{g}{\eta} + C \tag{25}$$

$$C = v_0 \sin(\theta) + \frac{g}{\eta} + \frac{F_0}{2m} \left\{ \frac{(\lambda^2 - 4\omega^2)}{(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} + \left(\frac{1}{\lambda^2} \right) \right\} \tag{26}$$

$$\begin{aligned}
\therefore v_y(t) &= \frac{F_0}{2m} \left\{ \frac{te^{-\beta^2 t} (2\omega \sin(2\omega t) - \lambda \cos(2\omega t))}{\lambda^2 + 4\omega^2} \right. \\
&\quad \left. - \frac{e^{-\beta^2 t} ((\lambda^2 - 4\omega^2) \cos(2\omega t) - 4\omega \lambda \sin(2\omega t))}{(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} - e^{-\beta^2 t} \left(\frac{\lambda t + 1}{\lambda^2} \right) \right\} \\
&\quad - \frac{ge^{\eta t}}{\eta} + v_0 \sin(\theta) + \frac{g}{\eta} + \frac{F_0}{2m} \left\{ \frac{(\lambda^2 - 4\omega^2)}{(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} + \left(\frac{1}{\lambda^2} \right) \right\}
\end{aligned} \tag{27}$$

จากสมการที่ (27) ความเร็วในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของอนุภาคมวล m ถ้าเวลาการเคลื่อนที่ของอนุภาคมวล m เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความเร็วในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของอนุภาคมวล m มีค่าลดลงและการสั่นแบบออสซิลเลตเกิดขึ้นเพราะแรงภายนอกที่มากระทำต่ออนุภาคมวล m

จาก $v_y = \frac{dy}{dt}$

$$\begin{aligned}
y(t) = & \frac{F_0 2\omega}{2m(\lambda^2 + 4\omega^2)} \int te^{-\beta^2 t} \sin(2\omega t) dt - \frac{F_0 \lambda}{2m(\lambda^2 + 4\omega^2)} \int te^{-\beta^2 t} \cos(2\omega t) dt \\
& - \frac{F_0(\lambda^2 - 4\omega^2)}{2m(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} \int e^{-\beta^2 t} \cos(2\omega t) dt + \frac{F_0 4\omega \lambda}{2m(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} \int e^{-\beta^2 t} \sin(2\omega t) dt \\
& - \frac{F_0}{2m\lambda} \int te^{-\beta^2 t} dt - \frac{F_0}{2m\lambda^2} \int e^{-\beta^2 t} dt - \frac{gt}{\eta} \\
& - \frac{e^{-\eta t}}{\eta} \left\{ v_0 \sin(\theta) + \frac{g}{\eta} + \frac{F_0}{2m} \left\{ \frac{(\lambda^2 - 4\omega^2)}{(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} + \left(\frac{1}{\lambda^2} \right) \right\} \right\} + C
\end{aligned} \tag{28}$$

$$\begin{aligned}
& \int te^{-\beta^2 t} \sin(2\omega t) dt \\
& = \frac{te^{-\beta^2 t}(-\beta^2 \sin(2\omega t) - 2\omega \cos(2\omega t))}{\beta^4 + 4\omega^2} - \frac{e^{-\beta^2 t}((\beta^4 - 4\omega^2) \sin(2\omega t) - 4\omega \beta^2 \cos(2\omega t))}{(\beta^4 + 4\omega^2)^2}
\end{aligned} \tag{29}$$

$$\begin{aligned}
& \int te^{-\beta^2 t} \cos(2\omega t) dt \\
& = \frac{te^{-\beta^2 t}(2\omega \sin(2\omega t) - \beta^2 \cos(2\omega t))}{\beta^4 + 4\omega^2} - \frac{e^{-\beta^2 t}((\beta^4 - 4\omega^2) \cos(2\omega t) - 4\omega \beta^2 \sin(2\omega t))}{(\beta^4 + 4\omega^2)^2}
\end{aligned} \tag{30}$$

$$\begin{aligned}
\int e^{-\beta^2 t} \cos(2\omega t) dt & = \frac{e^{-\beta^2 t}(2\omega \sin(2\omega t) - \beta^2 \cos(2\omega t))}{\beta^4 + 4\omega^2} \\
\int e^{-\beta^2 t} \sin(2\omega t) dt & = \frac{e^{-\beta^2 t}(-\beta^2 \sin(2\omega t) - 2\omega \cos(2\omega t))}{(\beta^4 + 4\omega^2)}, \quad \int te^{-\beta^2 t} dt = -\frac{e^{-\beta^2 t}}{\beta^2} \left(t + \frac{1}{\beta^2} \right)
\end{aligned} \tag{31}$$

$$\begin{aligned}
y(t) = & \frac{2F_0 \omega}{2m(\lambda^2 + 4\omega^2)} \left\{ -\frac{te^{-\beta^2 t}(-\beta^2 \sin(2\omega t) - 2\omega \cos(2\omega t))}{\beta^4 + 4\omega^2} \right. \\
& \left. - \frac{e^{-\beta^2 t}((\beta^4 - 4\omega^2) \sin(2\omega t) - 4\omega \beta^2 \cos(2\omega t))}{(\beta^4 + 4\omega^2)^2} \right\} \\
& - \frac{F_0 \lambda}{2m(\lambda^2 + 4\omega^2)} \left\{ \frac{te^{-\beta^2 t}(2\omega \sin(2\omega t) - \beta^2 \cos(2\omega t))}{\beta^4 + 4\omega^2} \right. \\
& \left. - \frac{e^{-\beta^2 t}((\beta^4 - 4\omega^2) \cos(2\omega t) - 4\omega \beta^2 \sin(2\omega t))}{(\beta^4 + 4\omega^2)^2} \right\} \\
& - \frac{F_0(\lambda^2 - 4\omega^2)}{2m(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} \left\{ \frac{e^{-\beta^2 t}(2\omega \sin(2\omega t) - \beta^2 \cos(2\omega t))}{\beta^4 + 4\omega^2} \right\} \\
& + \frac{4F_0 \omega \lambda}{2m(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} \left\{ -\frac{e^{-\beta^2 t}(\beta^2 \sin(2\omega t) + 2\omega \cos(2\omega t))}{(\beta^4 + 4\omega^2)} \right\} \\
& + \frac{F_0 e^{-\beta^2 t}}{2m\lambda \beta^2} \left(t + \frac{1}{\beta^2} \right) + \frac{F_0 e^{-\beta^2 t}}{2m\lambda^2 \beta^2} - \frac{gt}{\eta} \\
& - \frac{e^{-\eta t}}{\eta} \left\{ v_0 \sin(\theta) + \frac{g}{\eta} + \frac{F_0}{2m} \left\{ \frac{(\lambda^2 - 4\omega^2)}{(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} + \left(\frac{1}{\lambda^2} \right) \right\} \right\} + C
\end{aligned} \tag{32}$$

เงื่อนไขการหา C คือ $t = 0, y(0) = 0$

$$0 = \frac{F_0 \omega}{m(4\omega^2 + \lambda^2)} \left\{ -\frac{(4\omega\beta^2)}{(\beta^4 + 4\omega^2)^2} \right\} - \frac{F_0 \lambda}{2m(4\omega^2 + \lambda^2)} \left\{ -\frac{(\beta^4 - 4\omega^2)}{(\beta^4 + 4\omega^2)^2} \right\} \\ - \frac{F_0(\lambda^2 - 4\omega^2)}{2m(4\omega^2 + \lambda^2)^2} \left\{ \frac{(-\beta^2)}{\beta^4 + 4\omega^2} \right\} + \frac{8F_0\omega^2\lambda}{2m(\omega^2 + \lambda^2)^2} \left\{ \frac{1}{(\beta^4 + 4\omega^2)} \right\} \\ + \frac{F_0}{2m\lambda\beta^4} + \frac{F_0}{2m\lambda^2\beta^2} - \left\{ \frac{v_0 \sin(\theta)}{\eta} + \frac{g}{\eta^2} + \frac{F_0}{2m\eta} \left\{ \frac{(\lambda^2 - 4\omega^2)}{(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} + \left(\frac{1}{\lambda^2} \right) \right\} \right\} + C \quad (33)$$

$$C = \frac{4F_0\omega^2\beta^2}{m(4\omega^2 + \lambda^2)(\beta^4 + 4\omega^2)^2} - \frac{F_0\lambda(\beta^4 - 4\omega^2)}{2m(4\omega^2 + \lambda^2)(\beta^4 + 4\omega^2)^2} \\ - \frac{F_0(\lambda^2 - 4\omega^2)\beta^2}{2m(\beta^4 + 4\omega^2)(4\omega^2 + \lambda^2)^2} - \frac{8F_0\omega^2\lambda}{2m(\beta^4 + 4\omega^2)(\omega^2 + \lambda^2)^2} \\ - \frac{F_0}{2m\lambda\beta^4} - \frac{F_0}{2m\lambda^2\beta^2} + \left\{ \frac{v_0 \sin(\theta)}{\eta} + \frac{g}{\eta^2} + \frac{F_0}{2m\eta} \left\{ \frac{(\lambda^2 - 4\omega^2)}{(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} + \left(\frac{1}{\lambda^2} \right) \right\} \right\} \quad (34)$$

$$\therefore y(t) = \frac{2F_0\omega}{2m(\lambda^2 + 4\omega^2)} \left\{ -\frac{te^{-\beta^2 t}(\beta^2 \sin(2\omega t) + 2\omega \cos(2\omega t))}{\beta^4 + 4\omega^2} \right. \\ - \frac{e^{-\beta^2 t}((\beta^4 - 4\omega^2)\sin(2\omega t) + 4\omega\beta^2 \cos(2\omega t))}{(\beta^4 + 4\omega^2)^2} \left. \right\} \\ - \frac{F_0\lambda}{2m(\lambda^2 + 4\omega^2)} \left\{ \frac{te^{-\beta^2 t}(2\omega \sin(2\omega t) - \beta^2 \cos(2\omega t))}{\beta^4 + 4\omega^2} \right. \\ - \frac{e^{-\beta^2 t}((\beta^4 - 4\omega^2)\cos(2\omega t) - 4\omega\beta^2 \sin(2\omega t))}{(\beta^4 + 4\omega^2)^2} \left. \right\} \\ - \frac{F_0(\lambda^2 - 4\omega^2)}{2m(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} \left\{ \frac{e^{-\beta^2 t}(2\omega \sin(2\omega t) - \beta^2 \cos(2\omega t))}{\beta^4 + 4\omega^2} \right\} \\ - \frac{4F_0\omega\lambda}{2m(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} \left\{ \frac{e^{-\beta^2 t}(\beta^2 \sin(2\omega t) + 2\omega \cos(2\omega t))}{(\beta^4 + 4\omega^2)} \right\} \\ + \frac{F_0 e^{-\beta^2 t}}{2m\lambda\beta^2} \left(t + \frac{1}{\beta^2} \right) + \frac{F_0 e^{-\beta^2 t}}{2m\lambda^2\beta^2} - \frac{gt}{\eta} \\ - \frac{e^{-\eta t}}{\eta} \left\{ v_0 \sin(\theta) + \frac{g}{\eta} + \frac{F_0}{2m} \left\{ \frac{(\lambda^2 - 4\omega^2)}{(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} + \left(\frac{1}{\lambda^2} \right) \right\} \right\} \\ + \frac{4F_0\omega^2\beta^2}{m(4\omega^2 + \lambda^2)(\beta^4 + 4\omega^2)^2} - \frac{F_0\lambda(\beta^4 - 4\omega^2)}{2m(4\omega^2 + \lambda^2)(\beta^4 + 4\omega^2)^2} \\ - \frac{F_0(\lambda^2 - 4\omega^2)\beta^2}{2m(\beta^4 + 4\omega^2)(4\omega^2 + \lambda^2)^2} - \frac{8F_0\omega^2\lambda}{2m(\beta^4 + 4\omega^2)(\omega^2 + \lambda^2)^2} \\ - \frac{F_0}{2m\lambda\beta^4} - \frac{F_0}{2m\lambda^2\beta^2} + \left\{ \frac{v_0 \sin(\theta)}{\eta} + \frac{g}{\eta^2} + \frac{F_0}{2m\eta} \left\{ \frac{(\lambda^2 - 4\omega^2)}{(\lambda^2 + 4\omega^2)^2} + \left(\frac{1}{\lambda^2} \right) \right\} \right\} \quad (35)$$

จากสมการที่ (35) เรียกว่าการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของอนุภาคมวล m ถ้าเวลาการเคลื่อนของอนุภาคมวล m เพิ่มขึ้นส่งผลให้การกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของอนุภาคมวล m เพิ่มขึ้นแล้วจะมีค่าลดลงลักษณะเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นพาราโบลาคว่ำและการสั่นแบบฮอสซิเลตเกิดขึ้นเพราะแรงภายนอกที่มากระทำต่ออนุภาคมวล m ในงานวิจัยนี้ในสมการที่ (27) ได้มีการใช้โปรแกรม Mathematica เช็คำตอบของสมการที่ (22) ตรงกับสมการที่ (27) เป็นสมการความเร็วในแนวดิ่ง

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาการเคลื่อนที่ของอนุภาคโดยการนำสมการไปสร้างกราฟ ด้วยโปรแกรม Mathematics

ตารางที่ 1 ศึกษาความเร็วในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอลและเบสบอล

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
กรณีมีแรงภายนอก $F_y(t) = F_0 te^{-\beta^2 t} \cos^2(\omega t) \hat{j}$ $F_0 = 0.1, f = 1, \beta = 0.1$	ความเร็วในแนวตั้งของลูกฟุตบอล	$v_0 = 20 \text{ m/s}, g = 9.8 \text{ m/s}^2,$ $m = 0.42 \text{ kg}, \theta = 15^\circ, k_L = 0.116,$ $\alpha = 0.211$
กรณีมีแรงภายนอก $F_y(t) = F_0 te^{-\beta^2 t} \cos^2(\omega t) \hat{j}$ $F_0 = 0.07, f = 1, \beta = 0.08$	ความเร็วในแนวตั้งของลูกเบสบอล	$v_0 = 20 \text{ m/s}, g = 9.8 \text{ m/s}^2,$ $m = 0.1455 \text{ kg}, \theta = 30^\circ, k_L = 0.141,$ $\alpha = 0.417$

ตารางที่ 2 ศึกษาการกระจัดในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอลและเบสบอล

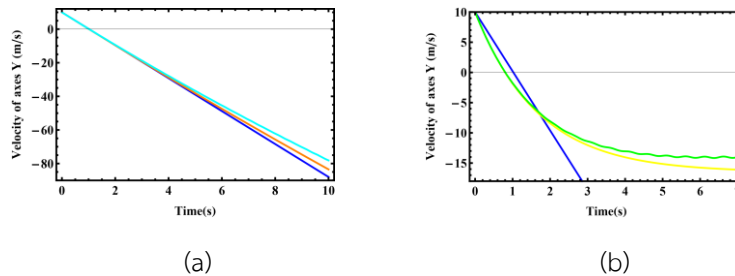
ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
กรณีมีแรงภายนอก $F_y(t) = F_0 te^{-\beta^2 t} \cos^2(\omega t) \hat{j}$ $F_0 = 0.65, f = 1, \beta = 0.1$	การกระจัดในแนวตั้งของลูกฟุตบอล	$v_0 = 20 \text{ m/s}, g = 9.8 \text{ m/s}^2,$ $m = 0.42 \text{ kg}, \theta = 45^\circ, k_L = 0.116,$ $\alpha = 0.211$
กรณีมีแรงภายนอก $F_y(t) = F_0 te^{-\beta^2 t} \cos^2(\omega t) \hat{j}$ $F_0 = 0.65, f = 1, \beta = 0.08$	การกระจัดในแนวตั้งของลูกเบสบอล	$v_0 = 18 \text{ m/s}, g = 9.8 \text{ m/s}^2,$ $m = 0.1455 \text{ kg}, \theta = 45^\circ, k_L = 0.141,$ $\alpha = 0.417$

ตารางที่ 3 ศึกษาการกระจัดในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับ กรณีลูกฟุตบอล

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
กรณีมีแรงภายนอก $F_y(t) = F_0 te^{-\beta^2 t} \cos^2(\omega t) \hat{j}$ $f = 1, \beta = 0.5,$ $F_0 = 0.65 \text{ N}, 0.95 \text{ N}, 1.35 \text{ N}$	การกระจัดในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับ	$v_0 = 20 \text{ m/s}, g = 9.8 \text{ m/s}^2,$ $m = 0.42 \text{ kg}, \theta = 45^\circ, k_L = 0.116,$ $\alpha = 0.211$
กรณีมีแรงภายนอก $F_y(t) = F_0 te^{-\beta^2 t} \cos^2(\omega t) \hat{j}$ $F_0 = 0.65, f = 1,$ $\beta = 0.1, 0.65, 1.2$	การกระจัดในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับ	$v_0 = 20 \text{ m/s}, g = 9.8 \text{ m/s}^2,$ $m = 0.42 \text{ kg}, \theta = 45^\circ, k_L = 0.116,$ $\alpha = 0.211$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การคำนวณหาความเร็วและการกระจัดของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบออสซิลเลตที่เป็นฟังก์ชันของเวลาในแนวระดับและแนวตั้ง

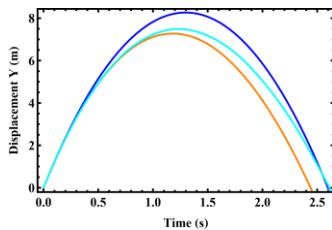


ภาพที่ 3 แสดงความเร็วในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอลและเบสบอล

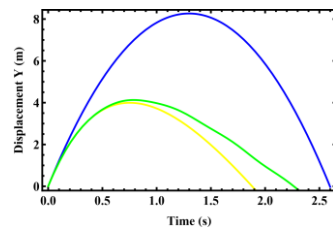
(a) ความเร็วของลูกฟุตบอล (b) ความเร็วลูกเบสบอล

จากภาพที่ 3 (a) เป็นกราฟความเร็วในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอล โดยกำหนดตัวแปรควบคุมได้แก่ สัมประสิทธิ์ของแรงยก k_L มีค่าเท่ากับ 0.116 มวลของลูกฟุตบอล m เท่ากับ 0.42 kg สัมประสิทธิ์ของแรงต้านอากาศ α เท่ากับ 0.211 ความเร็วเริ่มต้น v_0 เท่ากับ 20 m/s มุม θ เท่ากับ 15° ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก g มีค่าเท่ากับ 9.8 m/s^2 เส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นกราฟแสดงความเร็วของอนุภาคมวลลูกฟุตบอลปราศจากแรงต้านอากาศ F_d แรงยก F_L ส่วนเส้นกราฟสีส้มแสดงความเร็วในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอลที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ เส้นกราฟสีฟ้าแสดงความเร็วในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอลที่มีแรงภายนอกมากระทำ โดยมี $F_0 = 0.1$, $f = 1.0$ และ $\beta = 0.1$ จะเห็นว่าเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำส่งผลให้กราฟความเร็วในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอลที่มีแรงภายนอกมากระทำเส้นสีฟ้าสูงกว่า กราฟความเร็วในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอลที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำเส้นสีส้ม แสดงว่าถ้าเราทำการเพิ่มฟังก์ชันของแรงภายนอกไปจะทำให้ความเร็วในแนวตั้งของอนุภาคมวลลูกฟุตบอลเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น

จากภาพที่ 3 (b) เป็นกราฟความเร็วในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกเบสบอล โดยกำหนดตัวแปรควบคุมได้แก่ สัมประสิทธิ์ของแรงยก k_L มีค่าเท่ากับ 0.141 มวลของลูกเบสบอล m ค่าเท่ากับ 0.1455 kg สัมประสิทธิ์ของแรงต้านอากาศ α ค่าเท่ากับ 0.417 ความเร็วเริ่มต้น v_0 ค่าเท่ากับ 20 m/s มุม θ เท่ากับ 30° ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก g มีค่าเท่ากับ 9.8 m/s^2 เส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นกราฟแสดงความเร็วของอนุภาคมวลลูกเบสบอลปราศจากแรงต้านอากาศ F_d แรงยก F_L เส้นกราฟสีเหลืองแสดงความเร็วในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกเบสบอลที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ เส้นกราฟสีเขียวแสดงความเร็วในแนวตั้งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกเบสบอลที่มีแรงภายนอกมากระทำ โดยมี $F_0 = 0.07$, $f = 1.0$ และ $\beta = 0.08$ จะเห็นว่าเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำส่งผลให้กราฟความเร็วของลูกเบสบอลที่มีแรงภายนอกมากระทำเส้นสีเขียวมีการสั่น และมีระยะมากกว่ากราฟความเร็วที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำเส้นสีเหลือง เหตุผลที่ข้าพเจ้าใช้มุมการคำนวณการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ต่างกันทั้งสองกรณี เพราะค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศและค่าสัมประสิทธิ์ของแรงยก (Pouya, et.al., 2014) ที่ข้าพเจ้าได้กำหนดนั้นมีค่าต่างกันจึงทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่ที่มีความแตกต่างกัน ข้าพเจ้าจึงปรับมุมการยิง (Kantrowitz & Neumann, 2016) ลูกเบสบอลมีความเร็วที่เพิ่มขึ้นและลดลงต่างจากลูกฟุตบอลตรงที่ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงต้านอากาศ และค่าสัมประสิทธิ์ของแรงยกมีค่าไม่เท่ากัน



(a)



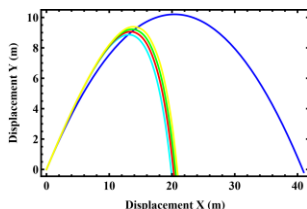
(b)

ภาพที่ 4 แสดงการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอลและเบสบอล

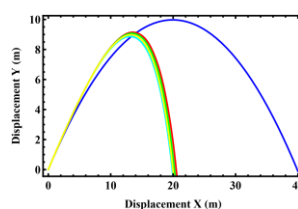
(a) การกระจัดในแนวดิ่งของลูกฟุตบอล (b) การกระจัดในแนวดิ่งของลูกเบสบอล

จากภาพที่ 4 (a) เป็นกราฟการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอล โดยกำหนดตัวแปรควบคุมได้แก่ สัมประสิทธิ์ของแรงยก k_L มีค่าเท่ากับ 0.116 มวลของลูกฟุตบอล m เท่ากับ 0.42 kg สัมประสิทธิ์ของแรงต้านอากาศ α เท่ากับ 0.211 ความเร็วเริ่มต้น v_0 เท่ากับ 20 m/s มุม θ เท่ากับ 45° ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก g มีค่าเท่ากับ 9.8 m/s² เส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นกราฟแสดงการกระจัดของอนุภาคมวลลูกฟุตบอลปราศจากแรงต้านอากาศ F_d แรงยก F_L เส้นกราฟสีส้มแสดงการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอลที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ เส้นกราฟสีฟ้าแสดงการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอลที่มีแรงภายนอกมากระทำ โดยมี $F_0 = 0.65$, $f = 1.0$ และ $\beta = 0.1$ จะเห็นว่าเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำส่งผลให้มีการกระจัดในแนวดิ่งเป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอลที่มีแรงภายนอกมากระทำ กราฟเส้นสีฟ้าสูงกว่า กราฟการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกฟุตบอลที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ กราฟเส้นสีส้ม เมื่อเวลาเท่ากัน

จากภาพที่ 4 (b) เป็นกราฟการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกเบสบอล โดยกำหนดตัวแปรควบคุมได้แก่ สัมประสิทธิ์ของแรงยก k_L มีค่าเท่ากับ 0.141 มวลของลูกเบสบอล m ค่าเท่ากับ 0.1455 kg สัมประสิทธิ์ของแรงต้านอากาศ α ค่าเท่ากับ 0.417 ความเร็วเริ่มต้น v_0 ค่าเท่ากับ 18 m/s มุม θ เท่ากับ 45° ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก g มีค่าเท่ากับ 9.8 m/s² เส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นกราฟแสดงการกระจัดของอนุภาคมวลลูกเบสบอลปราศจากแรงต้านอากาศ F_d แรงยก F_L เส้นกราฟสีเหลืองแสดงการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกเบสบอลที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ เส้นกราฟสีเขียวแสดงการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกเบสบอลที่มีแรงภายนอกมากระทำ โดยมี $F_0 = 0.65$, $f = 1.0$ และ $\beta = 0.08$ จะเห็นว่า เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำส่งผลให้กราฟการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของลูกเบสบอล เส้นสีเขียวมีการสั้นเล็กน้อย และมีระยะมากกว่ากราฟการกระจัดที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำเส้นสีเหลือง เมื่อเวลาเท่ากัน



(a)



(b)

ภาพที่ 5 การกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับในกรณีลูกฟุตบอล

(a) การกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับในกรณีเร่งเริ่มต้นเปลี่ยน

(b) การกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับในกรณีสัมประสิทธิ์ความหน่วงเปลี่ยน

จากภาพที่ 5 (a) การกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับในกรณีแรงเริ่มต้นเปลี่ยน F_0 โดยกำหนดตัวแปรควบคุมได้แก่ สัมประสิทธิ์ของแรงยก k_L มีค่าเท่ากับ 0.116 มวลของลูกฟุตบอล m เท่ากับ 0.42 kg สัมประสิทธิ์ของแรงต้านอากาศ α เท่ากับ 0.211 ความเร็วเริ่มต้น v_0 เท่ากับ 20 m/s มุม θ เท่ากับ 45° ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก g มีค่าเท่ากับ 9.8 m/s^2 , $f = 1.0 \text{ Hz}$ และ $\beta = 0.5$ เส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นกราฟแสดงการกระจัดของแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดในแนวระดับของอนุภาคมวลลูกฟุตบอลปราศจากแรงต้านอากาศ F_d แรงยก F_L การกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำจะแสดงด้วยกราฟ เส้นสีฟ้า เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำโดยให้ $F_0 = 0.55 \text{ N}$, 0.95 N , 1.35 N จะเป็นกราฟเส้นสีแดง สีเขียว และสีเหลือง ตามลำดับ จะเห็นว่า เมื่อเพื่อแรงเริ่มต้นของแรงภายนอก F_0 จะทำให้การกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับมีระยะที่มากขึ้นทั้งในแนวดิ่ง และแนวระดับ การเคลื่อนที่โพรเจกไทล์ทั้งแบบมี และไม่มีแรงภายนอก ลูกฟุตบอลมีความเร็วลดลง ซึ่งแสดงว่าลูกฟุตบอลจะเคลื่อนที่ขึ้น และขึ้นไปสูงสุดที่เวลาประมาณ 1.5 วินาที หลังจากนั้นลูกฟุตบอลจะเคลื่อนที่ลง และ ใช้เวลานานกว่าตอนขาขึ้น ก่อนจะตกลงพื้น ซึ่งจะทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่ไม่เป็นพาราโบลา โดยน่าจะเบี่ยงไปทางขวา

จากภาพที่ 5 (b) การกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับในกรณีสัมประสิทธิ์ความหน่วงเปลี่ยน β โดยกำหนดตัวแปรควบคุมได้แก่ สัมประสิทธิ์ของแรงยก k_L มีค่าเท่ากับ 0.116 มวลของลูกฟุตบอล m เท่ากับ 0.42 kg สัมประสิทธิ์ของแรงต้านอากาศ α เท่ากับ 0.211 ความเร็วเริ่มต้น v_0 เท่ากับ 20 m/s มุม θ เท่ากับ 45° ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก g มีค่าเท่ากับ 9.8 m/s^2 , $f = 1.0$ และ $F_0 = 0.65$ เส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นกราฟแสดงการกระจัดของแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดในแนวระดับของอนุภาคมวลลูกฟุตบอลปราศจากแรงต้านอากาศ F_d แรงยก การกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับเมื่อไม่มีแรงภายนอกมากระทำแสดงด้วยกราฟเส้นสีฟ้า เมื่อเปลี่ยนสัมประสิทธิ์ความหน่วง $\beta = 0.1$, 0.65 , 1.2 จะได้กราฟการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับเส้นสีแดง สีเขียว และสีเหลือง ตามลำดับ จะเห็นว่า เมื่อเพิ่มสัมประสิทธิ์ความหน่วงให้ค่ามากขึ้น กราฟการกระจัดจะได้ระยะที่สั้นลงทั้งในแนวดิ่งและแนวระดับ เมื่อเวลาเท่ากัน

สรุป

การศึกษาการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์โดยการคำนวณหาการกระจัดและความเร็วในแนวระดับและแนวดิ่ง ภายใต้แรงต้านอากาศ F_d และแรงยก F_L และเปรียบเทียบกับกราฟการเพิ่มแรงภายนอก

$$F_y(t) = F_0 t e^{-\beta^2 t} \cos^2(\omega t)$$

มากระทำในแนวดิ่ง จากการศึกษาพบว่า กราฟความเร็วและกราฟการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาที่มีแรงภายนอกมากระทำสูงกว่า กราฟที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำเมื่อเวลาเท่ากัน และไม่เป็นกราฟพาราโบลาที่สมมาตรตามทฤษฎี ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ Dharma (2019) และเมื่อเพิ่มแรงภายนอกในแนวดิ่ง กราฟมีการสั้นเกิดขึ้นซึ่งตรงกับงานวิจัยของ Kuaykaew (2016) และมีการเปรียบเทียบกราฟเมื่อแรงเริ่มต้นของแรงภายนอก F_0 เปลี่ยน จะทำให้การกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของการกระจัดแนวระดับมีระยะที่มากขึ้นทั้งในแนวดิ่งและแนวระดับ เมื่อเวลาเท่ากัน และกำหนดให้สัมประสิทธิ์ความหน่วงเปลี่ยน จะได้ว่าประสิทธิภาพความหน่วงมีค่ามากขึ้น กราฟการกระจัดจะได้ระยะที่สั้นลงทั้งในแนวดิ่งและแนวระดับ เมื่อเวลาเท่ากัน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัย

1. ควรมีปรับค่าตัวแปรควบคุมให้เหมือนกันทั้งหมด
2. ควรมีการเปรียบเทียบมุมที่เปลี่ยนไปที่ใช้ในการเคลื่อนที่

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการคำนวณหาการกระจัดและความเร็ว ในกรณีเพิ่มแรงภายนอกในแนวระดับ
2. ควรเพิ่มความหลากหลายของชนิดของมวลวัตถุ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ และเวลาในการทำงานวิจัย จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Dharma R. P. (2019). Projectile motion using Mathematica. **International Science Community Association**, 7(3). 7-11.
- Ebaid A., El-Zahar E. R., Aljohani A. F., Salah, B., Krid, M., & Machado, J. T. (2019). Analysis of the two-dimensional fractional projectile motion in view of the experimental data. **Nonlinear Dynamics**, 97, 1711-1720.
- Jeffrey L.L., Donna M. G. Comissiong & Karim R. (2014). Modelling the flight characteristics of a soccer ball. **American Journal of Physics Education**, 8, 4505-1-9
- Hutem A. & Kerdmee S. (2013). Physics Learning Achievement Study: Projectile, using Mathematica program of Faculty of Science and Technology Phetchabun Rajabhat University Students. **European J of Physics Education**, 4, 22-33.
- Kantrowitz R., & Neumann M. M. (2016). Optimization of Projectile Motion Under Air Resistance Quadratic in Speed. **Mediterranean Journal of Mathematics**, 14(1).
- Mustafa T. & Tugce A. (2020). Exact and approximate solutions to projectile motion in air incorporating Magnus effect. **The European Physical Journal Plus**, 135(7), 566.
- Pouya, J.L., Patrick K., MohammadHady M., & William W. (2014). Computational aerodynamics of baseball, soccer ball and Volleyball. **American Journal of Sports Science**, 115-121.
- Kuaykaew S., Kerdmee S., Banyenugam P., Moonsri P., & Hutem A. (2016). The Analytical Description of Projectile Motion of Cricket Ball in a Linear Resisting Medium the Storm Force. **Applied Mechanics and Materials**, Vol. 855, 188-191.

ผลของสารสกัดจากใบแมงลักต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของพืช 4 ชนิด

ภารตี แซ่ฮึง^{1*} ณัฐวรรณ ปัญญา²

Received : May 8, 2022

Revised : August 25, 2022

Accepted : August 29, 2022

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารสกัดจากใบแมงลักต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของพืช 4 ชนิด ได้ทำการทดสอบในพืชทดสอบได้แก่ หญาข้าวเหนียว ข้าว ต้อยติ่ง และถั่วเขียว วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Least Significant Difference (LSD) จำนวน 3 สิ่งทดลอง โดยสิ่งทดลองที่เปรียบเทียบ คือ 1) การใช้สารสกัดใบแมงลักความเข้มข้น 0 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร 2) การใช้สารสกัดใบแมงลักความเข้มข้น 500 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร และ 3) การใช้สารสกัดใบแมงลักความเข้มข้น 1,000 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ผลการทดสอบพบว่า การใช้สารสกัดใบแมงลักความเข้มข้น 500 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร การใช้สารสกัดใบแมงลักความเข้มข้น 1,000 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร แซ่เมลิคพันธุ์ในการเพาะเมล็ด มีผลทำให้พืชมีความงอกและการเจริญของต้นกล้าด้านความยาวลำต้นและความยาวรากลดลง ตลอดจนการใช้สารสกัดใบแมงลักความเข้มข้น 500 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร และการใช้สารสกัดใบแมงลักความเข้มข้น 1,000 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ฉีดพ่นต้นพืช มีผลทำให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลง

คำสำคัญ: การงอก การเจริญเติบโต ใบแมงลัก สารสกัดเข้มข้น

¹อาจารย์สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา อีเมล: parad.nuch@gmail.com

²นักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา อีเมล: Natthawan.232541@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: parad.nuch@gmail.com

EFFECTS OF OCINUM CANUM SIMS. EXTRACT ON SEED GERMINATION AND GROWTH OF PLANTS

Pharadee Saeung^{1*} Nuttawan Punya²

Abstract

This Study concerns the effects of *Ocinum canum* Sims. extract on seed germination and growth of plants was tested by barnyardgrass (*Echinochola colonum*), rice (*Oryza sativa* L.), waterkanon (*Ruellia tuberosa* Linn.) and mungbean (*Vigna radiata*). The experiment was arranged in completely randomized design (CRD), the average values were compared by using Least Significant Difference (LSD) with 3 treatments of *Ocinum canum* Sims. (Hoary basil) concentrated extract: 1) 0 g fresh weight/L, 2) 500 g fresh weight/L, and 3) 1,000 g fresh weight/L. The results showed that 500 g fresh weight/L and 1,000 g fresh weight/L extract used in soaking seeds reduced seed germination and seedling growth. Besides, 500 g fresh weight/L and 1,000 g fresh weight/L extract used in spraying plant also reduced plant growth.

Keywords: Seed germination, Growth, *Ocinum canum* Sims., Concentrated extract

¹Lecturer in Agricultural Program, Science and Technology Faculty, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, email: parad.nuch@gmail.com

²Undergraduate student in Agricultural Program, Science and Technology Faculty, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, e-mail: Natthawan.232541@gmail.com

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

บทนำ

การป้องกันกำจัดวัชพืชเป็นขั้นตอนสำคัญหนึ่งในการปลูกพืช ปัจจุบันนิยมใช้สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช เนื่องจากเป็นวิธีการสำคัญในการจัดการวัชพืชที่เป็นศัตรูพืชสำคัญได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงและเห็นผลรวดเร็ว ทำให้มีการใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืชปริมาณมากขึ้นในทุกๆ ปี แต่เกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายต้นทุนการผลิตในการใช้สารเคมีในปริมาณสูงๆ ขึ้น อีกทั้งยังมีปัญหาที่อาจส่งผลกระทบต่อในเรื่องของการตกค้างสู่พื้นที่ปลูกหรืออาจมีส่วนเกี่ยวข้องที่จะมีผลตกค้างสู่ผู้บริโภค ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงมีการศึกษาหาผลิตภัณฑ์ทางชีวภาพมาใช้เป็นทางเลือกในการควบคุมกำจัดวัชพืชสำหรับเกษตรกร โดยการใช้สารสกัดจากพืชมาใช้ในการยับยั้ง กำจัด หรือควบคุมวัชพืช เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะลดการใช้สารเคมี และเป็นทางเลือกในการควบคุมวัชพืชให้มีประสิทธิภาพ โดยพืชบางชนิด เช่น ใบบัวบก ใบขี้เหล็ก ใบตำลึง ใบแมงลัก ใบกระเพรา ถ้านำมาสกัดพบว่า มีปริมาณสารฟีนอลิกประกอบอยู่ (สุวรรณิ แสนทวีสุข และคณะ, 2555) หรือ พืชในกลุ่ม Ocimum เช่น โหระพา เป็นต้น มีองค์ประกอบหลักเป็นกลุ่มฟีนอลิกและกลุ่มอะโรมาติก ที่มีฤทธิ์ด้านการต้านอนุมูลอิสระมีส่วนทำให้เกิดการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดได้ (Khare et al., 2019). ดังนั้นการนำสารสกัดมาใช้ในการควบคุมวัชพืชนับว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่มีความปลอดภัยจากสารเคมี ปัจจุบันจึงเริ่มมีการศึกษาและทดลองใช้พืชมาสกัดเป็นสารฉีดพ่นในกับวัชพืชและพืชปลูกในหลายรูปแบบ การใช้สารสกัดจากพืชเป็นแนวทางหนึ่งที่นำพืชมาใช้ประโยชน์และลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์ชนิดต่างๆ โดยการสกัดสารจากพืชมีการใช้สารละลายเป็นตัวทำละลาย เช่น อีเธอร์ อะซีโตน เอทานอล เมทานอล น้ำ เป็นต้น ทั้งนี้ การใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดก็เป็นวิธีการหนึ่งที่เกิดผล ดังตัวอย่างเช่น Uddin et al. (2007) รายงานว่าสารสกัดจากใบของมะรุมป่า (*Albizia lebbek*) ด้วยน้ำมีผลในการยับยั้งการงอก ความยาวรากและความยาวลำต้น โดยการใช้สารสกัดที่ระดับความเข้มข้นสูง (50 – 100 เปอร์เซ็นต์) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเติบโตของพืชปลูกได้ดี ขณะที่ความเข้มข้นต่ำ (10 - 25 เปอร์เซ็นต์) มีผลกระทบต่อการเติบโตในพืชปลูกบางชนิด นอกจากนี้ สุขุมลย์ เลิศมงคล (2558) ได้ทำการศึกษาผลของผักเสี้ยนดอกม่วงต้นสดสกัดด้วยน้ำต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม ผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากผักเสี้ยนต้นสด ความเข้มข้น 5, 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการงอก ความยาวราก ความยาวยอด และน้ำหนักแห้งของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนามได้ ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น การทดสอบวิจัยครั้งนี้ จึงมีความสนใจในการนำพืชท้องถิ่น ได้แก่ แมงลักซึ่งเป็นพืชที่ปลูกและเจริญเติบโตรวดเร็วได้ในสภาพทั่วไปมาทดสอบสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายซึ่งสามารถหาวัสดุได้ไม่ยากและวิธีการทำไม่ซับซ้อนสำหรับเกษตรกร

สำหรับการศึกษาทดสอบสารสกัดจากพืชในกลุ่มแมงลัก พบตัวอย่างการศึกษาของจุฑามาศ ศุภพันธ์ และ วีระเกียรติ ทรัพย์มี (2557) ที่ทำการทดสอบสกัดสารจากใบวัชพืช 5 ชนิด ได้แก่ สาบเสือ ต้อยตุง หญ้าคา แมงลักคา และขี้ไก่ย่านด้วยเมทานอลต่อการงอกและการแบ่งเซลล์ของข้าววัชพืช พบว่า สารสกัดจากพืชดังกล่าวมีศักยภาพที่จะเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสามารถพัฒนาเพื่อเป็นสารกำจัดข้าววัชพืชแทนสารเคมีได้ นอกจากนี้ อ้นศยา พรมา และคณะ (2559) ศึกษาเกี่ยวกับการสกัดสารจากแมงลักป่าที่แก่จัดจนต้นแห้งพบว่า มีน้ำมันหอมระเหยสูงถึง 3.76 กรัมต่อ 1 กิโลกรัม น้ำมันหอมระเหยที่ได้มีฤทธิ์ยับยั้งการงอกและการเจริญของวัชพืชทั้งประเภทใบแคบและใบกว้างทุกชนิดที่ทดสอบ

โดยนำมาศึกษาถึงประสิทธิภาพการใช้งานที่เหมาะสมในพืชบางชนิด เพื่อเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการลดหรือควบคุมหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชที่เป็นตัวแทนของวัชพืชและพืชปลูกทั้งในห้องปฏิบัติการและในสภาพเจริญเติบโตในกระถาง ทั้งนี้ คาดว่าประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาจะสามารถใช้เป็นแนวทางการใช้

สารสกัดจากใบแมงลักสำหรับควบคุมการงอก และยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชได้ เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกพืชทั่วไปได้ ก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์การแนะนำการใช้งานให้กับเกษตรกรในสภาพแปลงปลูกจริงต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากใบแมงลักต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช
2. เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากใบแมงลักต่อการเจริญเติบโตของพืช

วิธีดำเนินการวิจัย

สถานที่ทำการทดลอง

การเตรียมสารสกัด: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

การทดสอบการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

การทดสอบการเจริญเติบโตของพืช: พื้นที่ตำบลหนองไธสง อำเภอบัวชุม จังหวัดสุพรรณบุรี

การเตรียมสารสกัด การกำหนดสิ่งทดลอง วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

นำใบแมงลักสด ล้างด้วยน้ำสะอาด หั่นใบแมงลักให้มีขนาดเล็กประมาณ 1 เซนติเมตร แช่ในน้ำกลั่นตามสัดส่วนที่กำหนดในสิ่งทดลอง ใส่ภาชนะปิดฝา เป็นระยะเวลา 14 วัน ตามวิธีการสกัดของจริญญา ปิ่นสุภา และคมสัน นครศรี (2553) แล้วนำมากรองผ่านผ้าขาวบางและกระดาษกรองเบอร์ 1 จะได้สารสกัดด้วยน้ำตั้งต้นเก็บสารตั้งต้นไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการนำไปทดสอบ

กำหนดสิ่งทดลอง (Treatment) ดังนี้ 1) ใบแมงลัก 0 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร, 2) ใบแมงลัก 500 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร และ 3) ใบแมงลัก 1,000 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

ทดสอบในพืชต่อไปนี้ พืชที่เป็นประเภทพืช 2 ชนิด คือ หนุ่ยข้าวนก และต้อยติ่ง พืชที่เป็นพืชปลูก 2 ชนิด คือ ข้าว และถั่วเขียว ทดสอบจำนวน 4 ซ้ำ โดยจัดหน่วยทดลองให้มีการสุ่มสมบูรณ์และนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Least Significant Difference (LSD)

การทดสอบสารสกัดต่อการงอกของพืชและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช

นำเมล็ดพืชเพาะลงในจานเพาะ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ที่รองกระดาษเพาะ 2 ชั้น (ทดสอบแบบ Top of paper) โดยเมล็ดขนาดเล็ก ได้แก่ หนุ่ยข้าวนก ข้าว และต้อยติ่ง เพาะจานละ 20 เมล็ด ส่วนเมล็ดขนาดใหญ่ ได้แก่ ถั่วเขียว เพาะจานละ 10 เมล็ด

นำสารสกัดมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ความเข้มข้นใช้งานร้อยละ 10 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สามารถควบคุมการงอกของเมล็ดพืชบางชนิดได้ (บุญรอด ขาติยานนท์ และคณะ, 2557) โดยหยดสารละลายแต่ละสิ่งทดลองลงในจานเพาะ จานละ 5 มิลลิลิตร ปิดฝาครอบ โดยให้แสงสว่าง 13 ชั่วโมงต่อวัน เมื่ออายุครบ 7 วัน สังเกตและบันทึกความงอกของเมล็ด โดยกำหนดให้เมล็ดงอก หมายถึง เมล็ดที่มีเรดิเคิล (radicle) แทงออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร ตามวิธีการของ Egley (1974) ตลอดจน ตรวจวัดความยาวราก และความยาวลำต้นของต้นกล้าที่ 7 วันหลังจากเพาะเมล็ด

การทดสอบสารสกัดต่อการเจริญเติบโตของพืช

เตรียมดินใส่กระถาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร กำจัดเมล็ดวัชพืชและสิ่งเจือปนออกให้ดินสะอาด มีความสม่ำเสมอเหมือนกันทุกกระถาง นำวัชพืชและพืชทดสอบ ปูกลลงในกระถาง หลังจากเพาะ 7 วัน ทำการถอนแยกให้เหลือต้นพืชที่มีขนาดใกล้เคียงสม่ำเสมอเท่ากันสำหรับทดสอบ โดยจำนวนต้นพืชทดสอบสำหรับ หญ้าขี้ฉาง ข้าว กระถางละ 20 ต้น ส่วนต้อยตึง และ ถั่วเขียว กระถางละ 5 ต้น ดูแลให้น้ำพืชสม่ำเสมอทุก ๆ 3 วัน ฉีดพ่นสารสกัดแต่ละสิ่งทดลอง กระถางละ 10 มิลลิลิตร ทุกๆ 7 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 1, สัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 3) ตามวิธีการตรวจวัดการเจริญเติบโตพืชเจริญญา ปิ่นสุภา และคมสัน นครศรี (2553)

บันทึกผลการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่

- ☐ ความสูงของพืชแต่ละสัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 และสัปดาห์ที่ 4)
- ☐ น้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ และน้ำหนักแห้งรากของพืช ที่อายุพืช 30 วันหลังปลูก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดสอบสารสกัดต่อการงอกของพืชและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช

ผลการทดสอบสารสกัดต่อการงอกของเมล็ดพืช แสดงในตารางที่ 1 พบว่า การใช้สารสกัดที่สกัดด้วยความเข้มข้นใบแมงลัก 500 กรัมต่อลิตร และ 1,000 กรัมต่อลิตร หยดแช่เมล็ด มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดหญ้าขี้ฉางลดลงเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด คือ จากร้อยละ 56.77 เหลือร้อยละ 35.33 และร้อยละ 25.00 ตามลำดับ ส่วนการใช้สารสกัดกับเมล็ดข้าว พบว่า มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดข้าวลดลงเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด คือ จากร้อยละ 98.33 เหลือร้อยละ 88.33 และร้อยละ 76.67 ตามลำดับ และการใช้สารสกัดกับเมล็ดถั่วเขียว พบว่า มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดถั่วเขียวลดลงเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด คือ จากร้อยละ 100 เหลือร้อยละ 91.67 และร้อยละ 86.67 ตามลำดับ ในขณะที่ ส่วนการใช้สารสกัดกับเมล็ดต้อยตึง พบว่า ความงอกของเมล็ดไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด ซึ่งผลการทดสอบของเมล็ดต้อยตึงมีความสอดคล้องกับการทดสอบของ อินทรีา ชูแด้ว และคณะ (2559) ที่ทดสอบผลของสารสกัดหยาบของไมยราบและหญ้าขน พบว่า ถ้าสกัดด้วยน้ำกลั่น ไม่มีผลในการยับยั้งความงอกของเมล็ดต้อยตึง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมล็ดต้อยตึงมีเมือกเคลือบเมล็ดทำให้เป็นอุปสรรคในการออกฤทธิ์ยับยั้งการงอกของสารที่แช่เมล็ด และเมล็ดแมงลักสามารถพองตัวได้เมื่อถูกน้ำ (ศรีนทิพ สุกใส และคณะ, 2559)

ตารางที่ 1 ความงอกของเมล็ดหลังได้รับสารสกัดจากใบแมงลัก 7 วัน (ร้อยละ)

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมต่อลิตร)	หญ้าขี้ฉาง	ข้าว	ต้อยตึง	ถั่วเขียว
0	56.67 a	98.33 a	95.00	100.00 a
500	35.33 b	88.33 b	88.33	91.67 b
1,000	25.00 b	76.67 c	85.00	86.67 c
F-test	**	**	ns	**
C.V.(%)	14.42	3.29	7.45	2.54

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 99%

ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละคอลัมน์ แสดงความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย โดยการใช้ LSD

สำหรับผลการทดสอบสารสกัดต่อการเจริญของต้นกล้า แสดงในตารางที่ 2 ประกอบด้วย การเจริญเติบโตของต้นกล้าด้านความยาวของลำต้น และความยาวของราก พบว่า การใช้สารสกัดที่สกัดทั้งความเข้มข้นใบแมงลัก 500 กรัมต่อลิตร และ 1,000 กรัมต่อลิตร หยดแช่เมล็ด มีผลทำให้การเจริญของต้นกล้าด้านความยาวของลำต้นของเมล็ดหญ้าข้าวนกตลอดเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด คือ จากความยาวของลำต้น 5.87 เซนติเมตร ลดลงเหลือ 3.59-4.65 เซนติเมตร ส่วนในเมล็ดข้าวลดลงจากความยาวลำต้น 4.86 เซนติเมตร ลดลงเหลือความยาว 2.99-3.53 เซนติเมตร ส่วนการใช้สารสกัดในตัวยด พบว่า ความยาวของลำต้นไม่แตกต่างกัน (0.54-1.22 เซนติเมตร) และการใช้สารสกัดในเมล็ดถั่วเขียวก็เช่นเดียวกัน คือ มีความยาวลำต้นไม่แตกต่างกัน (6.46-9.13 เซนติเมตร)

ส่วนการใช้สารสกัดที่สกัดทั้งความเข้มข้นใบแมงลัก 500 กรัมต่อลิตร และ 1,000 กรัมต่อลิตร หยดแช่เมล็ด มีผลทำให้การเจริญของต้นกล้าด้านความยาวรากของเมล็ดพืชทุกชนิดลดลง โดยการใช้สารสกัดในเมล็ดหญ้าข้าวนกตลอดเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด คือ จากความยาวของราก 5.06 เซนติเมตร ลดลงเหลือ 2.16-2.51 เซนติเมตร การใช้สารสกัดในเมล็ดข้าวทำให้ความยาวรากลดลงจาก 5.33 เซนติเมตร ลดลงเหลือ 2.64-3.04 เซนติเมตร และการใช้สารสกัดกับเมล็ดตัวยดทำให้ความยาวรากลดลงจาก 2.18 เซนติเมตร ลดลงเหลือ 1.09 เซนติเมตร และการใช้สารสกัดกับเมล็ดถั่วเขียวทำให้ความยาวรากลดลงจาก 6.79 เซนติเมตร ลดลงเหลือ 4.08-4.39 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 ผลของสารสกัดใบแมงลักต่อการเจริญเติบโตต้นกล้าของพืช

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมต่อลิตร)	หญ้าข้าวนก		ข้าว		ตัวยด		ถั่วเขียว	
	ความยาวลำต้น (ชม.)	ความยาวราก (ชม.)	ความยาวลำต้น (ชม.)	ความยาวราก (ชม.)	ความยาวลำต้น (ชม.)	ความยาวราก (ชม.)	ความยาวลำต้น (ชม.)	ความยาวราก (ชม.)
0	5.87 a	5.06 a	4.86a	5.33 a	1.22	2.18 a	9.13	6.79 a
500	4.65 b	2.51 b	3.53b	3.04 b	0.77	1.43 ab	8.03	4.39 b
1,000	3.59 b	2.16 b	2.99 b	2.64 b	0.54	1.09 b	6.46	4.08 b
F-test	*	**	*	**	ns	*	ns	**
C.V.(%)	14.38	14.78	14.77	7.47	33.57	25.25	16.42	7.43

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95%

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 99%

ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละคอลัมน์ แสดงความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย โดยการใช้ LSD

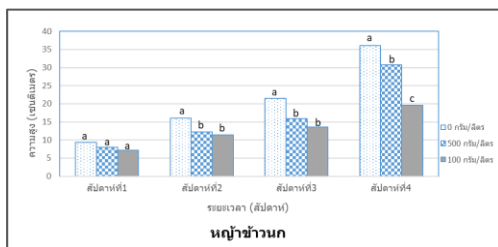
จากผลการทดสอบการใช้สารสกัดจากใบแมงลักในการแช่เมล็ดพืชทั้ง 4 ชนิด เห็นได้ว่า สารสกัดจากใบแมงลักมีผลให้เมล็ดพืชมีความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ลดลงเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด ผลของสารสกัดดังกล่าวเป็นผลเนื่องจากเป็นผลจากกระบวนการแอลลีโลพาตี ที่เกิดจากพืชชนิดหนึ่งสร้างสารเคมีธรรมชาติ หรือจากการที่สารนั้นถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ เพื่อไปรบกวนหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช ตั้งแต่เริ่มงอกจนถึงระยะต่างๆ (ดวงพร สุวรรณกุล, 2543) ทั้งนี้ ใบแมงลักมีองค์ประกอบสารเคมีที่มีคุณสมบัติจำเพาะ โดย Shobo et al. (2015) ทดสอบสกัดสารจากใบแมงลัก พบว่า มีองค์ประกอบของสารฟลูกซ์เคมี (photochemical) ประเภทสารอัลคาลอยด์ กลูโคไซด์ ซาโปนิน ฟลาโวนอยด์ และเทอร์ปีนอยด์ ซึ่งมีสัดส่วนของสารโมโนเทอร์ปีน ลินาลูล ในปริมาณสูง สารเหล่านี้มีฤทธิ์ยับยั้งการงอกของเมล็ดพืชบางชนิดได้ สอดคล้องกับการทดสอบของ ชูติมา แก้วพิบูลย์ (2563) ที่ใช้สารสกัดหยาบใบสาบเสือร่วมกับกระถินเทพาเพื่อกำจัดวัชพืชบางชนิดในนาข้าว พบว่า มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่มอัลคาลอยด์ คูมาริน ฟลาโวนอยด์ แทนนิน เทอร์ปีนอยด์ น้ำตาลรีดิคซ์ และสเตียรอยด์ ซึ่งสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดไมยราบร้อยละ 73.40 และยับยั้งการเจริญ (ความยาวรากและลำต้นร้อยละ 38.27 และ 77.88 ตามลำดับ)

นอกจากนี้ จากการศึกษาของ Abdel-Hady et al. (2017) พบว่าการสกัดใบแมงลักด้วยเมทานอลพบสารฟีนอลิก มากถึง 321.75 มิลลิกรัม สมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักพืช (mg GAE/g of Extract) และปริมาณฟลาโวนอยด์ 71.64 หน่วยมิลลิกรัมของรูตินต่อสารสกัดหยาบ (mg RE/g) ซึ่งสารฟีนอลิกนี้ ก็มีการศึกษาว่ามีส่วนในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดได้ ดังการทดลองของธรมลวรรณ เทพคุณ และคณะ (2562) ทดสอบสาบม่วงที่มีสารสำคัญจากประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิก โดยพบปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุด ซึ่งเมื่อใช้สาบม่วงที่มีความเข้มข้นมากขึ้น จะสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชได้มากขึ้น

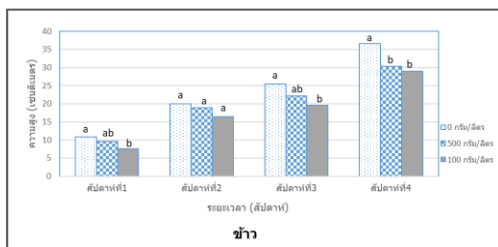
การทดสอบสารสกัดต่อการเจริญเติบโตของพืช

ผลการทดสอบสารสกัดต่อการเจริญเติบโตของพืชเมื่อทดสอบปลูกพืชในกระถางเป็นระยะเวลา 30 วัน ศึกษาผลกระทบด้านความสูง และน้ำหนักแห้งของพืช แสดงในภาพที่ 1 พบว่า

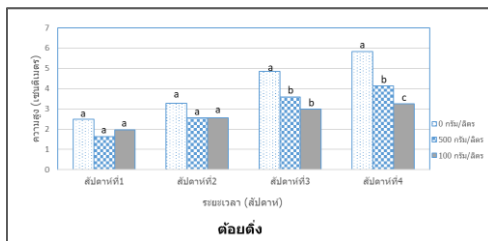
ผลการทดสอบสารสกัดต่อการเจริญเติบโตของพืชด้านความสูง พบว่า การใช้สารสกัดทั้งความเข้มข้นใบแมงลัก 500 กรัมต่อลิตร และ 1,000 กรัมต่อลิตร มีผลทำให้ความสูงของหญ้าข้าวนกเริ่มลดลงแตกต่างกับการไม่ใช้สารสกัด ตั้งแต่ที่ระยะเวลาสัปดาห์ที่สองขึ้นไป ส่วนการใช้สารสกัดทั้งความเข้มข้นใบแมงลัก 500 กรัมต่อลิตร และ 1,000 กรัมต่อลิตรฉีดพ่นในข้าว ต่อยติง และถั่วเขียว มีผลทำให้ความสูงของพืชเริ่มลดลงแตกต่างกับการไม่ใช้สารสกัด ตั้งแต่ที่ระยะเวลาสัปดาห์ที่สามขึ้นไป



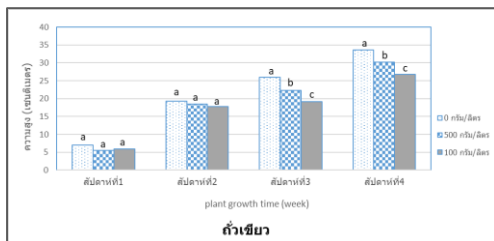
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 1 ผลของสารสกัดใบแมงลักต่อความสูงของพืช (ก) หล้าข้าวนก (ข) ข้าว (ค) ต้อยตัง (ง) ถั่วเขียว (ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละแท่งกราฟ แสดงความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95% โดยการใช้ LSD)

สำหรับผลการทดสอบสารสกัดต่อการเจริญเติบโตของพืชเมื่อพืชอายุ 1 เดือน โดยการตรวจสอบน้ำหนักแห้งของพืช แสดงในตารางที่ 3 พบว่า

ผลการทดสอบการใช้สารสกัดต่อน้ำหนักแห้งของลำต้นของหล้าข้าวนก และลำต้นถั่วเขียว พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (35.75-91.25 มิลลิกรัมต่อต้น และ 329.50-501.50 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ) ส่วนการใช้สารสกัดต่อน้ำหนักแห้งของลำต้นของข้าว มีผลทำให้น้ำหนักแห้งลำต้นลดลงเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด คือ น้ำหนักแห้งลำต้น 96.63 มิลลิกรัมต่อต้น ลดลงเหลือ 54.63-71.75 มิลลิกรัมต่อต้น และผลการใช้สารสกัดกับต้อยตัง พบว่า การใช้สารสกัดที่ความเข้มข้นใบแมงลัก 500 กรัมต่อลิตร และ 1,000 กรัมต่อลิตร มีผลทำให้น้ำหนักแห้งลำต้นลดลงเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด คือ จากน้ำหนักแห้งลำต้น 139.50 มิลลิกรัมต่อต้น ลดลงเหลือ 66.00 มิลลิกรัมต่อต้น และ 11.00 มิลลิกรัมต่อต้นตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลของสารสกัดใบแมงลักต่อน้ำหนักแห้งของพืช ที่อายุ 1 เดือน

ความเข้มข้นของสารสกัด (กรัมต่อลิตร)	หล้าข้าวนก		ข้าว		ต้อยตัง		ถั่วเขียว	
	ลำต้น ใบ (มิลลิกรัมต่อต้น)	ราก (มิลลิกรัมต่อต้น)	ลำต้น ใบ (มิลลิกรัมต่อต้น)	ราก (มิลลิกรัมต่อต้น)	ลำต้น ใบ (มิลลิกรัมต่อต้น)	ราก (มิลลิกรัมต่อต้น)	ลำต้น ใบ (มิลลิกรัมต่อต้น)	ราก (มิลลิกรัมต่อต้น)
0	91.25	36.63 a	96.63 a	33.50 a	139.50 a	33.00 a	501.50	58.50 a
500	56.63	15.13 b	71.75 b	21.75 b	66.00 b	11.00 b	380.50	41.50 a
1,000	35.75	10.75 b	54.63 b	14.38 b	11.00 c	2.50 b	329.50	31.50 b
F-test	ns	*	**	**	**	**	ns	*
C.V.(%)	47.07	35.10	14.83	20.66	26.99	46.87	38.10	29.97

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95%

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 99%

ตัวอักษรที่กำกับในแต่ละคอลัมน์ แสดงความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย โดยการใช้ LSD

ส่วนผลการทดสอบการใช้สารสกัดต่อน้ำหนักแห้งของรากพืช พบว่า การใช้สารสกัดทำให้น้ำหนักแห้งของรากพืชลดลง โดยในหญ้าข้าวนก พบว่า มีผลทำให้น้ำหนักแห้งลดลงเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด คือ จากน้ำหนักแห้งของราก 36.63 มิลลิกรัมต่อต้น ลดลงเหลือ 10.75-15.13 มิลลิกรัมต่อต้น การใช้สารสกัดในข้าว มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของรากลดลง เมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด คือ จากน้ำหนักแห้งของราก 33.50 มิลลิกรัมต่อต้น ลดลงเหลือ 14.38-21.75 มิลลิกรัมต่อต้น การใช้สารสกัดในต้อยต้งมีผลทำให้น้ำหนักแห้งของรากลดลง เมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด คือ จากน้ำหนักแห้งของราก 33.00 มิลลิกรัมต่อต้น ลดลงเหลือ 2.50-11.00 มิลลิกรัมต่อต้น สอดคล้องกับการทดสอบของศิริพรรณ สุขชัง และคณะ (2562) ใช้สารสกัดหยาบจากเศษเหลือเปลือกมะขาม ตะไคร้บ้าน และตะไคร้หอม ที่สกัดด้วยน้ำ และสกัดด้วยเมทานอล พบว่า สามารถยับยั้งความยาวรากของต้อยต้งได้เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดที่มากขึ้น นอกจากนี้ การใช้สารสกัดความเข้มข้น 1,000 กรัมต่อลิตร ในถั่วเขียวมีผลทำให้น้ำหนักแห้งของรากลดลง เมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด คือ จากน้ำหนักแห้งของราก 58.50 มิลลิกรัมต่อต้น ลดลงเหลือ 31.50 มิลลิกรัมต่อต้น

จากผลการทดสอบได้เห็นผลจากการใช้สารสกัดจากใบแมงลักฉีดพ่นต้นพืช พบว่ามีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ (ความสูง และน้ำหนักแห้งของพืชที่อายุ 30 วัน) เป็นผลมาจากส่วนต่างๆ ของต้นแมงลักเมื่อนำมาสกัดแล้วมีสารเคมีที่มีองค์ประกอบสารกลุ่มเทอร์พีนอยด์ โดยสารโมโนเทอร์พีนอยด์ในสัดส่วนร้อยละ 7.29 (Mustafa & El-kamali, 2019) ซึ่งสารเทอร์พีนอยด์ เป็นสารประกอบที่ส่วนใหญ่พบในน้ำมันหอมระเหย มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชอื่นสูงมาก ตลอดจนสารโมโนเทอร์พีนเป็นหนึ่งในสารอัลลิโลเคมีคอลที่มีผลในการลดปริมาณคลอโรฟิลล์ของพืช ทำให้เกิดกระบวนการรับพลังงานแสง ที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง (ธนัชสันต์ พูลไพบุลย์พิพัฒน์, 2564) มีผลทำให้พืชเจริญเติบโตได้น้อยลง สอดคล้องกับการศึกษาสกัดสารและแยกสารจากใบแมงลักของ บุญรอด ชาตียนนท์ (2556) ที่พบว่า สารสกัดจากใบแมงลักมีสารธรรมชาติที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ และมีแนวโน้มมีฤทธิ์การออกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าหญ้าขจรจบดอกเหลืองได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับสารสกัดด้วยน้ำจากใบสะระแหน่ กะเพรา โหระพา และ ยี่หระ ตามลำดับ แม้ว่าจะเป็นพืชในวงศ์ Lamiaceae เหมือนกัน แต่ปริมาณสารอัลลิโลพาติที่มีอยู่ในใบพืชแต่ละชนิดอาจแตกต่างกัน (บุญรอด ชาตียนนท์ และคณะ, 2557) ดังนั้นสารสกัดจากใบแมงลักจึงมีแนวโน้มในการนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดที่ไม่ต้องการ หรือควบคุมการเจริญเติบโตของวัชพืชได้

สรุป

การศึกษา ผลของสารสกัดจากใบแมงลักต่อวัชพืชและพืชปลูก พบว่า การใช้สารสกัดจากใบแมงลัก ด้วยการแช่เมล็ดพืชมีผลให้พืชมีความงอกและการเจริญต้นกล้าลดลง และเมื่อใช้สารสกัดจากใบแมงลักในการฉีดพ่นต้นพืชพบว่า ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลง ดังนั้น แนวทางการนำสารสกัดจากใบแมงลักไปใช้ประโยชน์ มีแนวโน้มเหมาะสมสำหรับแช่สารสกัดในแปลงปลูกเพื่อควบคุมวัชพืชก่อนปลูกพืช หรือกรณีใช้สารสกัดในพืชปลูกหลังออกหรือระยะต้นกล้า สามารถใช้ควบคุมหรือลดการเจริญเติบโตของวัชพืชได้ โดยควรใช้วิธีฉีดพ่นสารสกัดที่ต้นวัชพืชโดยตรงและหลีกเลี่ยงการฉีดพ่นโดนพืชปลูก ทั้งนี้ ควรทำการทดสอบให้ละเอียดเพิ่มเติมในพื้นที่ปลูกขนาดใหญ่ก่อนที่จะนำแนะนำการใช้งานต่อเกษตรกรต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หน่วยงานคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- จรัญญา ปิ่นสุภา, และคมสัน นครศรี. (2553). วิจัยและพัฒนาสารจากแมงลักป่าเพื่อการป้องกันกำจัดวัชพืช. **รายงานผลงานวิจัยและพัฒนา ปี 2553 กรมวิชาการเกษตร**. 534-548.
- จุฑามาศ ศุภพันธ์, และวีระเกียรติ ทรัพย์มี. (2557). ผลของสารสกัดจากวัชพืชบางชนิดต่อการงอกและการแบ่งเซลล์ของข้าววัชพืช. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 45(2)(พิเศษ), 185-188.
- ชุตินา แก้วพิบูลย์. (2563). ผลร่วมของสารสกัดใบสบเสื่อและกระถินเทพาต่อการงอกและการเจริญของไมยราบ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 28(3), 526-535.
- ดวงพร สุวรรณกุล. (2543). **ชีววิทยาวัชพืช พื้นฐานการจัดการวัชพืช**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชนัชนันท์ พูลไพฑูริย์พัฒน์. (2564). **อัลลีโลพาธี: แนวคิดพื้นฐานและการประยุกต์ใช้เพื่อการจัดการวัชพืช**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธมลวรรณ เทพคุณ, มนัชญา พิมพ์ศรี, และสุพรรณิกา อินตะนันท์. (2562). สารประกอบฟีนอลิกและผลอัลลีโลพาธีของสามวงศ์คลุ่ดินต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช. **แก่นเกษตร**, 47(ฉบับพิเศษ 1), 73-78.
- บุญรอด ขาดิยานนท์. (2556). ผลของสารสกัดจากใบแมงลักต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักโขมสวนและหญ้าจรจอบดอกเหลือง. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร**, 5(9), 119-130.
- บุญรอด ขาดิยานนท์, เฉลิมชัย วงศ์วัฒนะ, และสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2557). ผลของสารสกัดด้วยน้ำจากใบพืชวงศ์กะเพราบางชนิดต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าหญ้าจรจอบดอกเหลือง (*Pennisetum setosum* L.). **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์**, 6(3), 121-132.
- ศรินทิพ สุกใส, บุญเลิศ สอาดสิทธิศักดิ์, เพชรรัตน์ จันทรทิน, วีระเดช สุขเอียด, เรืองวิทย์ สว่างแก้ว และศจี น้อยตั้ง. (2559). **คู่มือการจัดการคุณภาพแหล่งผลิตเมล็ดแมงลัก ตามมาตรฐาน GAP พืช**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริพรรณ สุขขัง, สมนึก พรหมแดง, อติคุณ แซ่จิว, และศรีสม สุวรรณวงศ์. (2562). สารสกัดหยาบจากเศษเหลือเปลือกมะขาม (*Tamarindus indica* L.) ตะไคร้บ้าน (*Cymbopogon citratus* Stapf.) และตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Rendle.) ยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของตั๊กแตน (*Ruellia tuberosa* Linn.). **วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ**, 2(3), 29-36.
- สุวรรณณี แสนทวีสุข, ดวงใจ จงตามกลาง, ทศนัวรรณ สมจันทร์, และปิติพงษ์ โตบัณฑิตภพ. (2555). ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสมุนไพรบางชนิด. **แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ 2**, 480-483.
- สุพุมลย์ เลิศมงคล. (2558). ผลทางอัลลีโลพาธีของผักเสี้ยนดอกม่วงต้นสดและต้นแห้งต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม. **วารสารวิจัย**, 8(1), 1-6.
- อัมศยา พรหมมา, ศิริพร สอนท่าโก, ัญชนก จงรักไทย, ธนิตา คำอำนวย, พรณิกา อัดตนนท์, ศิริพร ซึ่งสนธิพร, คมสัน นครศรี, ภัทรพิชชา รุจิระพงศ์ชัย, จรัญญา ปิ่นสุภา, และวิไลวรรณ พรหมคำ. (2559).

ประสิทธิภาพและสารสำคัญของน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่าในการควบคุมวัชพืช. **รายงานผลงานวิจัยและพัฒนา ปี 2559 กรมวิชาการเกษตร**. 1-15.

อินทิรา ชุตแก้ว, กนกรัตน์ บุญรักษา, และปรียานุช สมลี. (2559). ผลของสารสกัดหยาบจากไมยราบและหญ้าขนต่อการออกและการเติบโตของตัวยุง. **แก่นเกษตร**, 44(ฉบับพิเศษ 1), 777-782.

Abdel-Hady H., M. M. Abdel-Gawad & E. A. El-Wakil. (2017). Characterization and evaluation of antioxidant activity of *Ocimum Canum* leaves and its efficiency on *Schistosoma mansoni* larval stage. **Indo American Journal of Pharmaceutical Research**, 7(11), 978-994.

Egley, G.H. (1974). Dormancy variations in common purslane seeds. **Weed Sci.**, 22, 535-540.

Khare, P., Srivastava, S., Nigam, N., Singh, A. K., & Singh, S. (2019). Impact of essential oils of *E. citriodora*, *O. basilicum* and *M. arvensis* on three different weeds and soil microbial activities. **Environmental technology & innovation**, 14.

Mustafa, A. A. & H. H. El-kamali. (2019). Chemical Composition of *Ocimum americanum* In Sudan. **Research in Pharmacy and Health Sciences**. 2019, 5(3),172-178.

Shobo A.O., Anokwuru C. Jokotagba O.A, Koleoso O.K., & Tijani R.O. (2015). Chemical composition of methanolic extracts of *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae) leaves. **International journal of medical and applied sciences**, 4(1), 118-123.

Uddin, M. B., R. Ahmed, S. A. Mukul, & M. K. Hossain. (2007). Inhibitory effects of *Albizia lebbeck* leaf extracts on germination and growth behavior of some popular agricultural crops. **Journal of Forestry Research**, 18, 128-132.

ผลของโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19
ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อสถานการณ์การระบาด

ปณณทัต ตันธนปัญญากร^{1*} ทศนพรพรณ เวชศาสตร์² นลพรพรณ ชันติกุลานนท์³ ศศิวิมล จันท์มาลี⁴

Received : May 20, 2022

Revised : August 25, 2022

Accepted : August 29, 2022

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ของนักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อสถานการณ์การระบาด นักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไป และศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อสถานการณ์ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-2019 ซึ่งแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 55 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง กลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 กลุ่มควบคุมได้รับคู่มือมาตรฐานเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 วัดผลการทดลองก่อนและหลังโดยใช้แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา สถิติการทดสอบไคสแควร์ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน สถิติการทดสอบ t-test ได้แก่ independent t-test และ paired sample t-test ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังจากทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ทศนคติเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p < 0.001$) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับการเปรียบเทียบภายในกลุ่มทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ($p < 0.001$) ผลจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการสร้างแรงจูงใจให้กับนักศึกษาในการเข้ารับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 หน่วยงานทางด้านการบริการทางสุขภาพสามารถประยุกต์ในการวางแผนสำหรับการป้องกันโรค และเฝ้าระวังการระบาดร่วมกับมาตรการของภาครัฐได้

คำสำคัญ: การระบาด การรับรู้ นักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพ โรคโควิด-19 วัคซีน

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล: phannathat.tan@vru.ac.th

² อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี อีเมล: narutong_tp@hotmail.com

³ อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชานาฏยสังคีต คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล: nonlapan.kh@gmail.com

⁴ อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชานาฏยสังคีต คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล: sasiwimol.chan@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: phannathat.tan@vru.ac.th

EFFECTS OF THE PERCEPTION ENHANCEMENT PROGRAM ON COVID-19 VACCINATION AMONG HEALTH SCIENCE STUDENTS IN THE RISK AREA OF PANDEMIC SITUATION

Phannathat Tanthanapanyakorn^{1*} Tussanapun Weschasat² Nonlapan Khantikulanon³
Sasiwimol Chanmalee⁴

Abstract

This research was a quasi-experimental study aimed to study the effects of perception enhancement program on covid-19 vaccination among health science students in the risk area of pandemic situation. Health science students, aged 20 years old and older studying in the university from the risk area of coronavirus-19 pandemic were separated into 2 groups with 55 people per group by using the purposive random sampling. The intervention group were provided the perception enhancement program on covid-19 vaccination and the control group were provided the standard guidelines on covid-19 vaccination. This study used pre and post questionnaires to evaluated the results and the data were analyzed by descriptive statistics, Chi-square test, Person's correlation coefficients and t-test including independent t-test and paired sample t-test. The finding revealed that; after intervention; the perception of covid-19 vaccination scores, attitude of covid-19 vaccination scores and preventive behavior on covid-19 scores in the intervention group were increased significantly compared with the control group ($p < 0.001$) and different significantly of all outcomes for the within comparison ($p < 0.001$). The finding of this study can be used as a guideline to motivate students for receiving the Covid-19 vaccination. The health care center can apply to plan for prevention and surveillance of the pandemic cooperate with government measures.

Keywords: Pandemic, Perception, Health Science Students, Covid-19, Vaccination

¹Assistant Professor, Department of Public Health, Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: phannathat.tan@vru.ac.th

²Lecturer, Faculty of Science and Technology, Surattthani Rajabhat University, e-mail: narutong_tp@hotmail.com

³Lecturer, Department of Environmental Health, Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: nonlapan.kh@gmail.com

⁴Lecturer, Department of Environmental Health, Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: sasiwimol.chan@vru.ac.th

* Corresponding Author, e-mail: phannathat.tan@vru.ac.th

บทนำ

จากสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ที่ได้มีการแพร่กระจายไปทั่วโลก และมีแนวโน้มของการระบาดรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยเชื้อไวรัสนี้มีระยะการฟักตัวตั้งแต่ 1-14 วัน และสามารถแพร่กระจายจากคนสู่คนผ่านละอองฝอยของการไอจาม น้ำมูก น้ำลาย หรือ เสมหะของผู้ป่วย โดยผู้ป่วยด้วยโรคโควิด-19 จะมีอาการทางระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ มีไข้ ไอ มีน้ำมูก หายใจถี่ หายใจลำบาก และในกรณีที่อาการรุนแรงมาก อาจทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนได้ เช่น อาการปอดบวม ปอดอักเสบ ไตวาย และสามารถนำไปสู่การเสียชีวิตได้ (อุดม ลิขิตวรรณวุฒิ, 2563) โรคโควิด-19 เกิดจากการติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ SARS-CoV-2 ซึ่งได้มีการค้นพบการระบาดครั้งแรกที่เมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน ตั้งแต่ช่วงปลายปี 2562 ได้มีการแพร่ระบาดไปยังประเทศต่างๆ ทั่วโลกอย่างต่อเนื่อง (Cheng & Shan, 2020) กลุ่มเสี่ยงต่อการสัมผัสเชื้อไวรัสโคโรนา-2019 สามารถเกิดขึ้นได้กับทุกเพศทุกวัย แต่สำหรับกลุ่มเสี่ยงสูงต่อการติดเชื้อจะเป็นกลุ่มผู้ที่อาศัยในพื้นที่เสี่ยงต่อการสัมผัสเชื้อโรค หรืออาศัยอยู่ในเมือง ประเทศที่มีการระบาดรุนแรง หรือไม่สามารถควบคุมการระบาดได้ ตลอดจนเป็นกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุข บุคคลที่ทำงานให้บริการนักท่องเที่ยว ผู้ที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป และมีโรคประจำตัวเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดและหัวใจ โรคอ้วน เป็นต้น (ฤกษ์กัณฑ์ สุวรรณพันธุ์ และคณะ, 2563)

สำหรับสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทยอยู่ในช่วงที่มีแนวโน้มการระบาดที่เป็นไปทิศทางเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ศูนย์บริหารสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา-2019, 2565) แม้ว่าคนส่วนใหญ่ที่เป็นโรคนี้อาจไม่มีอาการรุนแรง เพียงประมาณ ร้อยละ 20 เท่านั้นที่มีอาการป่วย และมีอัตราการเสียชีวิตต่ำกว่าร้อยละ 1 แต่เนื่องจากเป็นโรคใหม่จึงไม่มีภูมิคุ้มกันในตัวไป ทำให้มีจำนวนผู้ติดเชื้อและเสียชีวิตจำนวนมาก ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อวิถีชีวิตความเป็นอยู่ ระบบเศรษฐกิจ และระบบสาธารณสุขที่ไม่สามารถรองรับได้ทั่วถึง สำหรับมาตรการป้องกันต่าง ๆ ที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ การสวมหน้ากากอนามัย การล้างมือ การรักษาระยะห่างทางสังคม การกักตัว ก็ยังไม่สามารถป้องกันการแพร่ระบาดของโรคได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นในหลายประเทศทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยจึงได้มีการคิดค้นและพัฒนาวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ซึ่งมีความหวังใหม่ในการป้องกันการติดเชื้อ การแพร่ระบาดของโรค และการลดความรุนแรงจากการติดเชื้อ (กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2564)

วัคซีนเป็นเครื่องมือสำคัญ และเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการช่วยควบคุมโรค และลดการสูญเสียของมวลมนุษยชาติจากการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-2019 ที่เกิดขึ้นทั่วโลกตั้งแต่ปี 2020 ปัจจุบันมีการพัฒนาและผลิตวัคซีนเพื่อป้องกันโรคโควิด-19 มากมายหลายชนิด โดยสามารถแบ่งเป็น 4 ชนิด คือ 1) วัคซีนชนิดสารพันธุกรรม ได้แก่ เอ็มอาร์เอ็นเอ (mRNA) โดยวัคซีนกลุ่มนี้จะใช้เทคโนโลยีใหม่สังเคราะห์สารพันธุกรรมเอ็มอาร์เอ็นเอ (messenger RNA: mRNA) ที่เฉพาะเจาะจงกับเชื้อไวรัส โดยวัคซีนจะทำหน้าที่พา mRNA เข้าเซลล์ และกำกับให้เซลล์ผลิตสารโปรตีนสไปค์ของเชื้อไวรัส ซึ่งโปรตีนนี้จะกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายให้สร้างแอนติบอดีขึ้นมาต่อต้านเชื้อ วัคซีนชนิดนี้ ได้แก่ วัคซีนของบริษัท Pfizer และ Moderna โดยจากข้อมูลในปัจจุบันวัคซีนชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการป้องกันโรคได้ประมาณ 95% ป้องกันการป่วยรุนแรงและป้องกันการเสียชีวิตได้ 100% วัคซีนของบริษัท Pfizer ควรได้รับการฉีด 2 เข็มเข้ากล้ามเนื้อ ห่างกัน 3 สัปดาห์ ส่วนวัคซีนของบริษัท Moderna ควรได้รับการฉีด 2 เข็มเข้ากล้ามเนื้อ ห่างกัน 4 สัปดาห์ 2) วัคซีนชนิดใช้ไวรัสเป็นพาหะ (Recombinant viral vector vaccine) วัคซีนกลุ่มนี้ใช้ไวรัสที่สามารถดัดแปลงพันธุกรรม เช่น ไวรัสอะดีโน (Adenovirus) โดยนำมาดัดแปลงพันธุกรรมให้ไม่สามารถแบ่งตัวได้ และใส่สารพันธุกรรมของไวรัสโรคโควิด-19 ติดไปด้วย เมื่อนำมาฉีดไวรัสพาหะเหล่านี้จะเลียนแบบการติดเชื้อตามธรรมชาติ โดยกระตุ้น

ภูมิคุ้มกันทั้งระบบให้สร้างแอนติบอดีต่อไวรัสโรคโควิด-19 ตามสารพันธุกรรมที่ใส่เข้าไป อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะเป็นวัคซีนที่ไวรัสอะดีโนไม่แบ่งตัว แต่ยังคงเป็นไวรัสที่มีชีวิตเมื่อเข้าสู่ร่างกาย จึงยังไม่แนะนำให้ใช้ในผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่องอย่างมาก ปัจจุบันวัคซีนชนิดนี้ที่ใช้กันแพร่หลายมี 4 ประเภท ได้แก่ ไวรัสอะดีโนของชิมแพนซี (Chimpanzee adenovirus) โดยบริษัท AstraZeneca มีประสิทธิภาพป้องกันอาการประมาณ 70-80% ป้องกันการเสียชีวิตได้ 100%, ไวรัสอะดีโนของมนุษย์สายพันธุ์ 5 (Human adenovirus type 5) โดยบริษัท CanSinoBio มีประสิทธิภาพป้องกันอาการประมาณ 60%, ไวรัสอะดีโนของมนุษย์สายพันธุ์ 26 (Human adenovirus type 26) โดยบริษัท Johnson and Johnson มีประสิทธิภาพป้องกันอาการประมาณ 64-72% และ ไวรัสอะดีโนของมนุษย์สายพันธุ์ 5 และ 26 (Human adenovirus type 5 and 26) โดยบริษัท Gamaleya ของรัสเซีย มีประสิทธิภาพป้องกันอาการประมาณ 90% 3) วัคซีนที่ทำจากโปรตีนส่วนหนึ่งของเชื้อ (Protein subunit vaccine) วัคซีนที่ผลิตโดยเทคโนโลยีนี้ทั่วโลกมีความคุ้นเคยมานาน เพราะใช้ในการผลิตวัคซีนหลายชนิด เช่น วัคซีนป้องกันไข้หวัดใหญ่ วัคซีนป้องกันไวรัสตับอักเสบบี เป็นต้น ผลิตโดยการสร้างโปรตีนของเชื้อไวรัส ด้วยระบบ Cell culture, Yeast, Baculovirus เป็นต้น แล้วนำมาผสมกับสารกระตุ้นภูมิ เมื่อฉีดเข้าสู่ร่างกายจะกระตุ้นให้ร่างกายสร้างแอนติบอดีต่อต้านโปรตีนสไปค์ของเชื้อไวรัสโคโรนา-2019 วัคซีนที่มีใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ Novavax ซึ่งผลิตจาก Baculovirus และใช้ Matrix M เป็นตัวกระตุ้นภูมิ มีประสิทธิภาพป้องกันอาการประมาณ 60-90% ป้องกันการเสียชีวิตได้ 100% 4) วัคซีนชนิดเชื้อตาย (Inactivated vaccine) วัคซีนกลุ่มนี้ผลิตโดยนำเชื้อไวรัสโคโรนา-2019 มาเลี้ยงขยายจำนวนมาก และนำมาทำให้เชื้อตาย การฉีดวัคซีนจะกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันต่อไวรัสทุกส่วน เสมือนได้รับเชื้อไวรัสโดยตรงแต่ไม่ทำให้เกิดโรค เพราะเชื้อตายแล้ว เทคโนโลยีนี้เป็นวิธีที่ใช้กับวัคซีนตับอักเสบบี โปлиоชนิดฉีด จึงมีความคุ้นเคยในประสิทธิภาพ และความปลอดภัยมานาน แต่เนื่องจากการเพาะเลี้ยงไวรัสต้องใช้ความระมัดระวังมาก ทำให้ผลิตได้ช้าและมีราคาแพง วัคซีนที่มีใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ วัคซีนของบริษัท Sinovac และ Sinopharm มีประสิทธิภาพป้องกันอาการประมาณ 50-70% (World Health Organization, 2022) จากรายงานการได้รับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ในประเทศไทย พบว่า มีการฉีดไปแล้วมากกว่า 13.5 ล้านโดส (ศูนย์บริหารสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา-2019, 2565) แต่อย่างไรก็ตามสำหรับการจัดสรร และกระจายวัคซีนจำเป็นต้องมีกลไกการให้บริการวัคซีนให้เข้าถึงกลุ่มเปราะบาง หรือกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง หรืออยู่ในเขตพื้นที่ควบคุมสูงสุด โดยเฉพาะในกลุ่มเยาวชนที่มีอัตราการฉีดวัคซีนน้อย เนื่องจากความกลัวต่อผลกระทบหลังจากการฉีดวัคซีน ซึ่งเกิดจากการรับรู้ที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้นการฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 จะสามารถช่วยลดความรุนแรงของของโรค และอาการแทรกซ้อนต่าง ๆ ได้ (Rajatanavin et al, 2021)

แม้ประเทศไทยจะมีมาตรการเว้นระยะห่างทางสังคม (Social distancing) และระบบการติดตามการสัมผัส (Contact-Tracing system) ที่ยอดเยี่ยม แต่กลับพบว่า การฉีดวัคซีนให้กับประชาชนเป็นไปอย่างล่าช้า สวนทางกับที่แต่ละประเทศต่างรีบเร่งดำเนินการฉีดวัคซีนให้กับประชาชน นอกจากนี้ประชาชนส่วนใหญ่ยังกลัวต่อผลกระทบ และอาการข้างเคียงที่เกิดจากการได้รับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ทำให้ประชาชนส่วนใหญ่กลัวต่อการมารับวัคซีน และอาจได้รับข้อมูลข่าวสารของการรับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ที่ไม่ถูกต้อง จึงทำให้เกิดการสูญเสียความมั่นใจในการฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ทำให้ประชาชนเข้าถึงวัคซีนน้อยจนสร้างระบบภูมิคุ้มกันหมู่ได้ช้า (Suphanchaimat et al, 2021) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสังคม และเศรษฐกิจอย่างมาก จากปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การรับรู้ ความเข้าใจ ทศนคติ ต่อวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาการไม่รับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 จากข้อมูลรายงานการได้รับวัคซีนของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-

2019 พบว่า อัตราการได้รับวัคซีนของนักศึกษาทั้งมหาวิทยาลัย เท่ากับ 32.4% โดยแบ่งเป็นได้รับเข็มที่ 1 เข็มที่ 2 และ เข็มที่ 3 เท่ากับ 8.53%, 23.04% และ 0.82% ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในอัตราที่ต่ำ (มหาวิทยาลัย ราชภัฏ วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2564) ในขณะที่มหาวิทยาลัยพยายามประสานความร่วมมือไปยังหน่วยงานต่างๆ เพื่อขอรับการจัดสรรวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 แต่ก็ยังไม่ได้รับความร่วมมือและลงทะเบียนเพื่อรับวัคซีนของนักศึกษามากเท่าที่ควร เพราะในอนาคตหากหน่วยงานเกี่ยวกับการจัดการศึกษา มหาวิทยาลัย หน่วยงานทางสาธารณสุขจะออกมาตรการว่า หากจะจัดการเรียนการสอน ณ ที่ตั้งได้ หรือให้บริการกับนักศึกษา ในด้านต่างๆ จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่นักศึกษาทุกคนจะต้องได้รับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 เกือบ 100% (กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2564)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ของ นักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพของมหาวิทยาลัยที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงในสถานการณ์การระบาด เพื่อเป็นการ เสริมสร้างการรับรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และสร้างแรงจูงใจให้กับนักศึกษาในการรับ วัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ที่จัดสรรโดยรัฐบาล หรือมหาวิทยาลัย หรือวัคซีนทางเลือกที่นักศึกษาสนใจ โดยกลุ่ม ตัวอย่างในการศึกษานี้เป็นนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ เนื่องจากนักศึกษากลุ่มนี้ต้องศึกษา และฝึกปฏิบัติ ต่างๆตามมาตรฐานวิชาชีพ ต้องออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และการฝึกประสบการณ์ตามที่ตนเองสนใจใน สถานบริการ หรือหน่วยบริการทางการแพทย์และสาธารณสุข ซึ่งเป็นสถานที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อขณะฝึก ปฏิบัติงาน โดยโปรแกรมนี้นี้จะมุ่งเสริมสร้างการรับรู้ และเจตคติที่ถูกต้องเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 เพื่อ เพิ่มอัตราการได้รับวัคซีนให้มากยิ่งขึ้น โดยผลของโปรแกรมนี้นี้จะเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับบุคลากรสาธารณสุข และผู้ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนให้บริการสุขภาพ ป้องกันโรค และควบคุมการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-2019 เนื่องจากวัคซีนจะเป็นแนวทางการแก้ไขที่ดีที่สุดร่วมกับการปฏิบัติตามมาตรการทางสาธารณสุขโดยคาดหวัง เพื่อลดผลกระทบทางเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และการปรับตัวสู่วิถีชีวิตแนวใหม่ (New normal) อย่างเหมาะสม และยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ของนักศึกษา วิทยาศาสตร์สุขภาพที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อสถานการณ์การระบาด ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนและ หลังการทดลอง
2. เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ของนักศึกษา วิทยาศาสตร์สุขภาพที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อสถานการณ์การระบาด ภายในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนและ หลังการทดลอง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-experimental study) ซึ่งเป็นการวัดผลก่อนและ หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือ นักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพทั้งหมดในมหาวิทยาลัยที่อยู่ในพื้นที่ เสี่ยงในสถานการณ์ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-2019 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพทั้งเพศชาย และเพศหญิงที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไป และศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงในสถานการณ์ระบาดของเชื้อ ไวรัสโคโรนา-2019 แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 55 ราย โดยกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมเป็น นักศึกษาคณะมหาวิทยาลัยกัน แต่อยู่ในจังหวัดปทุมธานีเหมือนกัน คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม

G*Power ซึ่งกำหนดค่า Effect Size เท่ากับ 0.74 (Wang et al, 2021) กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และกำหนดค่า Power เท่ากับ 0.95 โดยกำหนดสถิติที่จะใช้ในการทดสอบผลของตัวแปรตาม คือ t-test Mean Difference between two independent mean สำหรับเกณฑ์การคัดเข้า ได้แก่ เป็นนักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพที่ยินดี และสมัครใจเข้าร่วมโปรแกรมการทดลอง ตลอดจนไม่เคยได้รับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคในการรับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 สำหรับการสุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive random sampling) ตามเกณฑ์คุณสมบัติที่กำหนดไว้ โดยประชาสัมพันธ์การเข้าร่วมโปรแกรมผ่านทางระบบประชาสัมพันธ์ของมหาวิทยาลัย และช่องทางสื่อสังคมออนไลน์ (Social Network) ดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีความสนใจโดยใช้แบบคัดกรองคุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่างเบื้องต้น และแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นนักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพจากมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ ซึ่งได้รับโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และกลุ่มควบคุมเป็นนักศึกษาสายวิทยาศาสตร์สุขภาพจากมหาวิทยาลัยอื่น ๆ ที่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งได้รับคู่มือมาตรฐานเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19

สำหรับการพัฒนากรอบแนวคิดการวิจัย ผู้วิจัยประยุกต์ทฤษฎีการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy theory) (Bandura, 1997) ทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้ ทักษะคิด และพฤติกรรม (KAP) (Schwartz, 1975) และการทบทวนวรรณกรรมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกรับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ซึ่งแสดงเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สำหรับโปรแกรมการทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 โดยการประยุกต์ทฤษฎีการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy theory) (Bandura, 1997) ทฤษฎี KAP (Schwartz, 1975) และการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการออกแบบโปรแกรมการทดลอง และจัดทำคู่มือการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 สำหรับการ

ทดลองผู้วิจัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และกลุ่มควบคุมได้รับคู่มือมาตรฐานเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 โดยใช้ระยะเวลา 4 สัปดาห์ ก่อนการทดลองผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้แบบสอบถาม และมีการวิเคราะห์ความแตกต่างของลักษณะพื้นฐานทางประชากรระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองเพื่อเป็นการควบคุมตัวแปรกวน (Confounder factors) ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากความต่างทางลักษณะทางประชากร เมื่อลักษณะพื้นฐานไม่แตกต่างกัน จะทำให้การวัดผลการเปลี่ยนแปลงตัวแปรตามที่ศึกษามีความน่าเชื่อถือ หากมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของการที่กลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมการทดลอง และกลุ่มควบคุมได้รับคู่มือมาตรฐาน เป็นการยืนยันประสิทธิภาพของโปรแกรมการทดลอง โปรแกรมการทดลองนี้แบ่งออกเป็น 4 สัปดาห์ โดยดำเนินการสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ใช้เวลาครั้งละ 1-2 ชั่วโมง สำหรับการจัดกิจกรรมในแต่ละครั้ง ได้แก่ สัปดาห์ที่ 1 กิจกรรมการอบรม เรื่อง “ความรู้เกี่ยวกับโรคโควิด-19 และการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-2019” สัปดาห์ที่ 2 กิจกรรมการสร้างเสริมการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 เรื่อง “การเสริมสร้างทัศนคติทางบวกต่อวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และ “ประเภทของวัคซีน และประโยชน์ของวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19” สัปดาห์ที่ 3 กิจกรรมการ “การเตรียมตัวในการรับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ผลข้างเคียงของวัคซีน และการดูแลตนเองหลังฉีดวัคซีน และสัปดาห์ที่ 4 กิจกรรมการสร้างเสริมการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 เรื่อง “การเสริมสร้างให้สุขภาพดี และการดูแลป้องกันตนเองในสถานการณ์โรคโควิด-19” เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 4 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ หลังการทดลองโดยใช้แบบสอบถาม และวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับการวัดผลก่อนการทดลอง สำหรับกลุ่มควบคุมจะได้รับคู่มือมาตรฐานเกี่ยวกับข้อมูลวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 เพื่อสร้างเสริมการรับรู้เกี่ยวกับการป้องกันโรคโควิด-19 และดำเนินการวัดผลตัวแปรต่าง ๆ ที่ศึกษา ทั้งก่อนและหลังการทดลองโดยใช้รูปแบบ วิธีการวัดผลระยะเวลาการวัด การประเมินผล และแบบสอบถามเดียวกันกับกลุ่มทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง ซึ่งผู้วิจัยได้มาจากการทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิด และปลายปิด ประกอบด้วย 8 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ลักษณะการอยู่อาศัย โรคประจำตัว การเข้าถึงวัคซีน การเข้าถึงข้อมูลวัคซีน ความเพียงพอของรายได้ และหลักประกันสุขภาพ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับการรับรู้วัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ซึ่งเป็นคำถามให้เลือกตอบจำนวน 10 ข้อ ซึ่งเป็นการวัดแบบ Likert scale โดยใช้เลือกตอบ “มากที่สุด” หรือ “มาก” หรือ “ปานกลาง” หรือ “น้อย” หรือ “น้อยที่สุด” สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน จะให้คะแนน 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ การแปลผลคะแนน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ของเบสท์ (Best, 1977) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย 1.00-2.33 คะแนน หมายถึง การรับรู้ต่อวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 อยู่ในระดับต่ำ ค่าเฉลี่ย 2.34-3.67 คะแนน หมายถึง การรับรู้ต่อวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 อยู่ในระดับปานกลาง และ ค่าเฉลี่ย 3.68-5.00 คะแนน หมายถึง การรับรู้ต่อวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 อยู่ในระดับสูง

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติต่อวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ซึ่งเป็นคำถามให้เลือกตอบจำนวน 10 ข้อ ซึ่งเป็นการวัดแบบ Likert scale โดยใช้เลือกตอบ 5 ระดับ ได้แก่ “เห็นด้วยอย่างยิ่ง” หรือ “เห็นด้วย” หรือ “ไม่แน่ใจ” หรือ “ไม่เห็นด้วย” หรือ “ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง” สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน จะให้คะแนน 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ สำหรับข้อคำถามเชิงบวก (ข้อ 1, 2, 5, 6, 8, 9) และข้อคำถามเชิงลบ (ข้อ 3, 4, 7, 10) จะให้คะแนนในทางตรงกันข้าม การแปลผลคะแนน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ของเบสท์

(Best, 1977) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย 1.00-2.33 คะแนน หมายถึง ทักษะการป้องกันโรคโควิด-19 อยู่ในระดับต่ำ ค่าเฉลี่ย 2.34-3.67 คะแนน หมายถึง ทักษะการป้องกันโรคโควิด-19 อยู่ในระดับปานกลาง และ ค่าเฉลี่ย 3.68-5.00 คะแนน หมายถึง ทักษะการป้องกันโรคโควิด-19 อยู่ในระดับสูง

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามพฤติกรรมการป้องกันและดูแลตนเองจากโรคโควิด-19 โดยเป็นคำถามให้เลือกตอบจำนวน 10 ข้อ ซึ่งเป็นการวัดแบบ Likert scale โดยใช้เลือกตอบ 5 ระดับ ได้แก่ “ปฏิบัติเป็นประจำ” หรือ “ปฏิบัติบ่อยครั้ง” หรือ “ปฏิบัติบางครั้ง” หรือ “ปฏิบัตินาน ๆ ครั้ง” หรือ “ไม่ปฏิบัติเลย” สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน จะให้คะแนน 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ของเบสท์ (Best, 1977) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย 1.00-2.33 คะแนน หมายถึง พฤติกรรมการป้องกันและดูแลตนเองจากโรคโควิด-19 อยู่ในระดับต่ำ ค่าเฉลี่ย 2.34-3.67 คะแนน หมายถึง พฤติกรรมการป้องกันและดูแลตนเองจากโรคโควิด-19 อยู่ในระดับปานกลาง และ ค่าเฉลี่ย 3.68-5.00 คะแนน หมายถึง พฤติกรรมการป้องกันและดูแลตนเองจากโรคโควิด-19 อยู่ในระดับสูง

การทดสอบคุณภาพของเครื่องมือ สำหรับความตรงด้านเนื้อหา (Content validity) ได้รับการประเมินความเหมาะสมโดยจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เป็นผู้พิจารณาตรวจสอบความตรงของเนื้อหา วิเคราะห์ค่าความตรงตามของเนื้อหา (IOC) ผลจากการทดสอบความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา ค่า IOC มีค่าตั้งแต่ 0.50-1.00 สำหรับความเชื่อมั่นของเครื่องมือ โดยการนำเครื่องมือไปทดลองใช้ (Try out) กับนักศึกษาในกลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-2019 แต่คนละพื้นที่กับพื้นที่ ที่ศึกษา ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าความเที่ยง (Reliability) โดยหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นด้วยวิธีของ Cronbach's alpha coefficient ได้ค่าความเที่ยงของแบบสอบถามเกี่ยวกับการรับรู้วัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 แบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติต่อวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และแบบสอบถามพฤติกรรมการป้องกันและดูแลตนเองจากโรคโควิด-19 เท่ากับ 0.92, 0.90 และ 0.89 ตามลำดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยการแนะนำตัว ขออนุญาตและขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูล โดยชี้แจงวัตถุประสงค์และรายละเอียดของการวิจัย พร้อมทั้งอธิบายถึงสิทธิที่ผู้ปวยสามารถปฏิเสธหรือไม่ให้ข้อมูลได้ตลอดเวลา ก่อนการทดลองผู้วิจัยดำเนินการอบรมผู้ช่วยวิจัย ที่ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินการทดลองเพื่อให้เกิดมาตรฐานในการดำเนินการวิจัย เมื่อได้จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยดำเนินการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 55 ราย และดำเนินการวัดผลตัวแปรพื้นฐานและตัวแปรต่าง ๆ ที่ศึกษา ก่อนการทดลอง โดยกลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 จำนวน 4 ครั้ง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง และกลุ่มควบคุมได้รับคู่มือมาตรฐานเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 เมื่อสิ้นสุดการทดลองผู้วิจัยจะวัดผลตัวแปรต่าง ๆ ภายหลังการทดลองทั้งสองกลุ่มศึกษา โดยใช้แบบสอบถามเดียวกันกับการวัดผลก่อนการทดลอง เมื่อดำเนินการเก็บรวบรวมแบบสอบถามเสร็จสิ้นแล้วผู้ศึกษาวิจัยตรวจสอบความสมบูรณ์ และวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัยต่อไป

โครงการวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่โครงการ 0002/2565 โดยการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่างโดยอธิบายวัตถุประสงค์และแนวทางปฏิบัติในการวิจัย และขอความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่างในการให้ข้อมูลที่ตรงตามความเป็นจริง และแจ้งกลุ่มตัวอย่างว่าในการตอบ

แบบสอบถาม ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลนี้เป็นความลับไม่มีการระบุชื่อ นำเสนอข้อมูลในภาพรวมเท่านั้น และการเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามแนวทางการวิจัยโดยใช้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดังนี้ 1) สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยแจกแจงความถี่ ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด 2) สถิติไคสแควร์ (Chi-square) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) ใช้ในการประเมินลักษณะพื้นฐานของความแตกต่างระหว่างกลุ่มก่อนการทดลองสำหรับตัวแปรเชิงคุณภาพ (Categorical variable) และตัวแปรเชิงปริมาณ (Continuous variable) 3) สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ใช้เพื่อทดสอบ Goodness of fitness ในการวิเคราะห์การกระจายของตัวแปรที่ศึกษา และ 4) สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้ Independent t-test และวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามก่อนทดลองและหลังทดลอง ภายในกลุ่มทดลอง และภายในกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Paired samples t-test

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 110 คน ได้รับการประเมินโดยใช้แบบสอบถามก่อนและหลังการทดลอง ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของลักษณะพื้นฐานทางประชากรระหว่างกลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกันก่อนการทดลอง ($p>0.05$) ดังตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาถึงลักษณะพื้นฐานทางประชากร พบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีอายุเฉลี่ย 20.9 ปี ($SD=0.94$) โดยนักศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 85.5) อาศัยที่บ้านพักของตนเอง (ร้อยละ 47.7) ไม่มีโรคประจำตัว (ร้อยละ 85.5) ลงทะเบียนเข้าถึงวัคซีนผ่านหน่วยงานทางสาธารณสุข (ร้อยละ 73.6) เข้าถึงข้อมูลวัคซีนผ่านสื่อสังคมออนไลน์ (ร้อยละ 47.3) รายได้ไม่เพียงพอ (ร้อยละ 52.7) และใช้สิทธิประกันสุขภาพถ้วนหน้า (ร้อยละ 80.9) ดังตารางที่ 1

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ ที่สนใจศึกษา พบว่า ก่อนการทดลอง ผลความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ทศนคติเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ทศนคติเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ภายในกลุ่มของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) และผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ภายหลังการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ทศนคติเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.001$) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะพื้นฐาน (n=110)

	ทั้งหมด (n=110)	กลุ่มทดลอง (n=55)	กลุ่มควบคุม (n=55)	p-value
เพศ				
หญิง	94 (85.5%)	49 (89.1%)	45 (81.8%)	0.279
ชาย	16 (14.5%)	6 (10.9%)	10 (18.2%)	
อายุ (ปี)				
Mean± SD.	20.9±0.94	20.6±0.81	21.2±0.98	0.108
ลักษณะการอยู่อาศัย				
หอพักในมหาวิทยาลัย	24 (22.0%)	11 (20.0%)	13 (24.1%)	0.342
หอพักนอกมหาวิทยาลัย	33 (30.3%)	14 (25.5%)	19 (35.2%)	
บ้านพักของตนเอง	52 (47.7%)	30 (54.5%)	22 (40.7%)	
โรคประจำตัว				
ไม่มี	94 (85.5%)	49 (89.1%)	45 (81.8%)	0.315
มี	16 (14.5%)	6 (10.9%)	10 (18.2%)	
การเข้าถึงวัคซีน				
ลงทะเบียนผ่านหมอพร้อม	29 (26.4%)	11 (20.0%)	18 (32.7%)	0.130
ลงทะเบียนผ่านหน่วยงานสาธารณสุข	81 (73.6%)	44 (80.0%)	37 (67.3%)	
การเข้าถึงข้อมูลวัคซีน				
เว็บไซต์	23 (20.9%)	20 (36.4%)	23 (41.8%)	0.064
สื่อสังคมออนไลน์	52 (47.3%)	26 (47.3%)	26 (47.3%)	
เพื่อน/ญาติ	15 (13.8%)	9 (16.3%)	6 (10.9%)	
ความเพียงพอของรายได้				
เพียงพอ	52 (47.3%)	25 (45.5%)	27 (49.1%)	0.702
ไม่เพียงพอ	58 (52.7%)	30 (54.5%)	28 (50.9%)	
หลักประกันสุขภาพ				
ประกันสุขภาพถ้วนหน้า	89 (80.9%)	44 (80.0%)	45 (81.8%)	0.603
ประกันสังคม	21 (19.1%)	11 (20.0%)	10 (18.2%)	

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (n=110)

ตัวแปรที่ศึกษา	ก่อนการทดลอง (Mean± SD.)	หลังการทดลอง Mean± SD.)	p-value (a)
การรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19			
กลุ่มทดลอง	20.75± 4.14	44.25± 2.16	<0.001*
กลุ่มควบคุม	22.55± 3.28	31.00± 3.80	<0.001*
p-value (b)	0.113	<0.001*	
ทัศนคติเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19			
กลุ่มทดลอง	31.96± 5.31	39.64± 5.32	<0.001*
กลุ่มควบคุม	31.49± 5.37	35.07± 6.81	<0.001*
p-value (b)	0.644	<0.001*	
พฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19			
กลุ่มทดลอง	33.96± 3.32	43.07± 4.50	<0.001*
กลุ่มควบคุม	32.55± 3.39	37.40± 6.15	<0.001*
p-value (b)	0.309	<0.001*	

หมายเหตุ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Paired sample t-test สำหรับภายในกลุ่ม (p-value (a)) และใช้ Independent t-test สำหรับระหว่างกลุ่ม (p-value (b)).

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p-value<0.05)

สรุป

จากการศึกษาผลของโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ของนักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อสถานการณ์การระบาด พบว่า ก่อนการทดลองผู้วิจัยได้ทดสอบความแตกต่างของลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคลระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เพื่อให้ผลต่างระหว่างกลุ่มของตัวแปรตามที่ศึกษาเป็นผลมาจากความต่างของการได้รับโปรแกรมในกลุ่มทดลอง และได้รับคู่มือมาตรฐานในกลุ่มควบคุม เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มไม่ใช้การเปรียบเทียบภายในกลุ่ม ดังนั้นสัดส่วนความต่างของเพศภายในกลุ่มจึงไม่ใช่ตัวแปรกวนในการศึกษานี้ นอกจากนี้เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มก่อนการทดลอง พบว่า ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) นอกจากนี้ภายหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของคะแนนการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 คะแนนทัศนคติเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และคะแนนพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.001$) โปรแกรมนี้ผู้วิจัยมุ่งปรับเปลี่ยนการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญ และมีผลต่อการตัดสินใจเลือกรับวัคซีน อาจเป็นไปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ซึ่งมีความใส่ใจ และสนใจเรื่องสุขภาพมากกว่าเพศชาย นอกจากนี้ยังไม่มีโรคประจำตัว สามารถเข้าถึงข้อมูลวัคซีนผ่านสื่อสังคมออนไลน์ และมีหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า อาจมีผลต่อการรับรู้ และเจตคติที่ถูกต้องต่อวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 จากการเข้าร่วมโปรแกรม และทำให้เกิดการตัดสินใจรับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ต่อไป ผลการวิจัยนี้

สอดคล้องกับการศึกษาของรจนารถ ชูใจ และคณะ (2564) ศึกษาผลของโปรแกรมการส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพในการป้องกันโรคโควิด-19 ต่อความรู้ด้านสุขภาพ และพฤติกรรมในการป้องกันโรคโควิด-19 ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ตำบลอนตะโก อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลองชนิดกลุ่มเดียววัดก่อนหลังการทดลอง ผลการวิจัย พบว่า คะแนนเฉลี่ยความรู้ด้านสุขภาพของกลุ่มทดลองหลังได้รับโปรแกรมการส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพในการป้องกันโรคโควิด-19 สูงกว่าก่อนได้รับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมในการป้องกันโควิด-19 ของกลุ่มทดลองหลังได้รับโปรแกรมการส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพในการป้องกันโควิด-19 สูงกว่าก่อนได้รับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสอดคล้องกับการศึกษาของ Firew & Belachew (2022) ศึกษาวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19: ความตระหนัก ทศนคติ และการยอมรับของนักศึกษา ผลการศึกษา พบว่า 41% ของนักศึกษามีความตระหนักเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 อยู่ในระดับดี ซึ่ง 27.1% ของนักศึกษาได้รับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 โดย 27.1 % ของนักศึกษามีความกลัวต่อผลกระทบระยะยาวของการได้รับวัคซีน 37.2% ของนักศึกษาขาดการได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการได้รับวัคซีนของนักศึกษา และ 38.8% ของนักศึกษาไม่มั่นใจในมาตรฐานความปลอดภัย

ผลการศึกษาสามารถอธิบายได้ว่าการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด จัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญและมีผลต่อการตัดสินใจเลือกรับวัคซีนของนักศึกษา โดยผู้วิจัยได้ออกแบบโปรแกรมที่เป็นการจัดกิจกรรมเสริมสร้างการรับรู้ และกิจกรรมกลุ่มแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ความคิดเห็น ร่วมกันระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยมุ่งปรับเปลี่ยนการรับรู้ ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ โดยมีประเด็นเกี่ยวกับ การให้ความรู้เกี่ยวกับโรคโควิด-19 และการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-2019 การเสริมสร้างทัศนคติทางบวกต่อวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ประเภทของวัคซีน และประโยชน์ของวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 การเตรียมตัวในการรับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ผลข้างเคียงของวัคซีนและการดูแลตนเองหลังฉีดวัคซีน การเสริมสร้างให้สุขภาพดี และการดูแลป้องกันตนเองในสถานการณ์โรคโควิด-19 ซึ่งมีผลทำให้นักศึกษาได้ปรับเปลี่ยนการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 มีความเข้าใจเกี่ยวกับประโยชน์ของการรับวัคซีน และปรับเปลี่ยนการรับรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการรับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 รับรู้ผลกระทบหลังจากการได้รับวัคซีน ตลอดจนเป็นการเพิ่มทักษะในการดูแล และป้องกันตนเองเกี่ยวกับโรคโควิด-19 ทำให้กลุ่มทดลองที่ได้รับโปรแกรมนี้นี้มีความรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ทศนคติเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และพฤติกรรมในการป้องกันโรคโควิด-19 เพิ่มขึ้นหลังการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับคู่มือมาตรฐานเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 สำหรับแนวคิดการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 เป็นไปตามทฤษฎีการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy theory) และทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้ ทศนคติ และพฤติกรรม (KAP) ซึ่งทฤษฎีนี้เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวแปร 3 ตัวแปรได้แก่ ความรู้ (Knowledge) ทศนคติ (Attitude) และการปฏิบัติ (Practice) จะส่งผลต่อแรงจูงใจ ทศนคติ การเรียนรู้ การรับรู้ บุคลิกภาพและการตัดสินใจ ซึ่งมีอิทธิพลต่อความเข้าใจของผู้รับรู้ข้อมูลในเรื่องโรคโควิด-19 และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมต่อการตัดสินใจเข้ารับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ได้เพื่อนำไปสู่การป้องกันและควบคุมการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-2019 (ณัฐวรรณ คำแสน, 2564) นอกจากนี้โปรแกรมนี้ออกแบบให้เหมาะสมกับกลุ่มนักศึกษาโดยใช้มุ่งเสริมสร้างการรับรู้ต่อวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 การปรับเปลี่ยนทัศนคติที่ถูกต้อง ผ่านกิจกรรมกลุ่มโดยใช้สื่อ Infographic วิดีทัศน์ การอภิปรายกลุ่ม และการเรียนรู้ผ่านการเล่นเกมสำหรับข้อต่อของโปรแกรมนี้ควรมีการติดตามวัดผลการทดลองในเวลา 1 เดือน หรือ 3 เดือน เพื่อให้เห็นผลของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมภายหลังได้รับโปรแกรมการทดลอง

กลไกธรรมชาติของร่างกายเมื่อได้รับเชื้อก่อโรคจะสร้างภูมิคุ้มกันเพื่อต่อสู้กับเชื้อโรคนั้น ๆ และระบบภูมิคุ้มกันจะสามารถจดจำเชื้อโรคนั้นได้ ดังนั้นเมื่อร่างกายได้รับเชื้ออีกในอนาคตร่างกายที่ได้จดจำเชื้อโรคจะสร้างภูมิคุ้มกันมาต่อสู้กับเชื้อโรคได้ในเวลาอันรวดเร็วและทันทั่วทั้ง (สุมันธา โล่สถาพรพิพิธ และพยงค์ เทพอักษร, 2564) การฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 เป็นมาตรการที่สำคัญที่จะช่วยควบคุมและป้องกันการระบาดของโรคโควิด-19 ร่วมกับมาตรฐานของภาครัฐ (จงกลณี ตัญเจริญ และคณะ, 2563) ดังนั้นการปรับเปลี่ยนการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 จะช่วยเพิ่มสัดส่วนของการเลือกรับวัคซีนมากขึ้นในนักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพในมหาวิทยาลัยที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการระบาดของเชื้อไวรัส โควิด-19 เนื่องจากนักศึกษากลุ่มนี้จะได้รับการจัดการเรียนการสอน ที่จำเป็นจะต้องมีการฝึกปฏิบัติตามมาตรฐานวิชาชีพในห้องเรียน และการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในหน่วยงานทางสาธารณสุข การเสริมสร้างการรับรู้ ทัศนคติต่อวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อกระตุ้นให้นักศึกษาไปรับวัคซีนให้มากยิ่งขึ้นตามสิทธิ์ และความต้องการของนักศึกษา นอกจากนี้การฉีดวัคซีนป้องกันโควิด-19 สามารถลดการแพร่ระบาด ลดความรุนแรงของอาการ และลดการเสียชีวิตได้ ดังนั้นวัคซีนจึงถือเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยควบคุมการระบาดของโรค ช่วยกระตุ้นร่างกายให้สร้างภูมิคุ้มกันต่อเชื้อไวรัส ลดอัตราการเสียชีวิต ประสิทธิภาพของวัคซีนสามารถช่วยลดความรุนแรงหากติดเชื้อ และลดอัตราการเสียชีวิตได้ (Oxford Policy Management, 2021)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลของโปรแกรมนี้จะเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับบุคลากรสาธารณสุข และผู้ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนให้บริการสุขภาพ ป้องกันโรค และเฝ้าระวังและควบคุมการระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 โดยออกแบบโปรแกรมการทดลองเพื่อการปรับเปลี่ยนการรับรู้ เจตคติต่อวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 เนื่องจากวัคซีนจะเป็นแนวทางการแก้ไขที่ดีที่สุดร่วมกับการปฏิบัติตามมาตรการทางสาธารณสุขโดยคาดหวังเพื่อลดผลกระทบทางเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

2. ผู้บริหารของมหาวิทยาลัยสามารถนำผลของโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ไปใช้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เพื่อเพิ่มอัตราการฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และใช้ในการบริหารจัดการจัดสรรทรัพยากรเกี่ยวกับวัคซีนในการป้องกันการระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ฉะนั้นการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันด้วยการได้รับวัคซีนที่มีคุณภาพถือเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ รวมไปถึงการดูแลตัวเองภายใต้มาตรการทางสาธารณสุขของภาครัฐ ที่จะช่วยให้นักศึกษาสามารถลดการติดเชื้อ และความรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นได้ สามารถจัดการเรียนการสอน ณ ที่ตั้ง ได้ เนื่องจากการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพบางรายวิชา หรือบางด้าน จำเป็นต้องมีการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ และมีการออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพทางสาธารณสุขศาสตร์ ในหน่วยงานด้านสาธารณสุขในพื้นที่ ต่างๆ ดังนั้นความจำเป็นที่นักศึกษาทุกคนต้องได้รับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการวิจัย และประเมินผลของโปรแกรมในระยะยาว และมีการติดตามผลการทดลองเพื่อให้เกิดความยั่งยืนในการวัดผลและเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผู้บริหารมหาวิทยาลัย คณาจารย์ในมหาวิทยาลัยที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการระบาดของโรคโควิด-19 ที่อนุญาตให้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย และดำเนินการทำโปรแกรมการทดลองเพื่อเสริมสร้างการรับรู้เกี่ยวกับโรคโควิด-19 และขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างทุกท่านที่ยินดีและให้ความร่วมมือในการวิจัย และการทดลองเป็นอย่างดีด้วยความสมัครใจ

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2564). โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Coronavirus Disease 2019), สืบค้นจาก https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/faq_more.php.
- กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2564). วัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 (COVID-19) ของประเทศไทย, สืบค้นจาก <https://ddc.moph.go.th/vaccine-covid19>.
- กฤษกันทร สุวรรณพันธุ์, และคณะ. (2563). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดต่อการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ของนักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์และสหเวชศาสตร์ สถาบันพระบรมราชชนก, *วารสารวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ*, 14 (2), 138-148.
- จกกลณี ดุ้ยเจริญม และคณะ. (2563). การรับมือไวรัสโคโรนา COVID-19 ในงานสาธารณสุขมูลฐาน, *วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีสรรพสิทธิประสงค์*, 4(3), 1-20.
- ณัฐวรรณ คำแสน. (2564). ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อไวรัสโควิด-19 ของประชาชนในเขตอำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระจอมเกล้า จังหวัดเพชรบุรี*, 4(1), 33-48.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2564). รายงานการได้รับวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ของนักศึกษา. ปทุมธานี.
- รจนารถ ชูใจ, ชลธิชา บุญศิริ, และกมลพร แพทย์ชีพ. (2564). ผลของโปรแกรมการส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพในการป้องกันโรคโควิด-19ต่อความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรม การป้องกันโรคโควิด-19 ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ตำบลดอน ตะโก อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี. *วารสารเครือข่ายพยาบาลและการสาธารณสุข*, 8(1), 250-262.
- ศูนย์บริหารสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา-2019. (2565). สถานการณ์โควิด-19 ในประเทศไทย, สืบค้นจาก <https://www.mocovid.com>.
- สุนัฐชา โล่สถาพรพิพิธ, และพยงค์ เทพอักษร. (2564). วัคซีน COVID-19 แผนสร้างภูมิคุ้มกันหมู่กับความกังวล. *วารสารสาธารณสุขและวิทยาศาสตร์สุขภาพ*, 4(1), 216-219.
- อุดม ลิขิตวรรณวุฒิ. (2563). ความน่าเชื่อถือของชุดตรวจโควิด-19 แบบรวดเร็วในช่วงต้นของการติดเชื้อ, สืบค้นจาก <http://www.tncathai.org/index.php/ncab>.
- Bandura, A. (1997). *Self-Efficacy: The Exercise of Control*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Best, J.W. (1977). *Research in Education*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Cheng, Z.J. & Shan, J. (2020). 2019 Novel coronavirus: where we are and what we know, *Infection*, 48(2), 155-163.

- Firew, A. & Belachew, U. (2022). COVID-19 vaccines: awareness, attitude and acceptance among undergraduate University students. **Journal of Pharmaceutical Policy and Practice**, 15(32), 1-7.
- Oxford Policy Management. (2020). **Social Impact Assessment of COVID-19 in Thailand**. Oxford Policy Management Limited; Oxford, UK: 2020.
- Rajatanavin, N., et al. (2021). Responding to the COVID-19 second wave in Thailand by diversifying and adapting lessons from the first wave. **BMJ Global Health**, 6, 1-9.
- Schwartz, N.E. (1975). Nutritional knowledge, attitudes, and practices of high school graduates. **J Am Diet Assoc**, 66(1), 28-31.
- Suphanchaimat, R, et al. (2021). Predicted Impact of Vaccination and Active Case Finding Measures to Control Epidemic of Coronavirus Disease 2019 in a Migrant-Populated Area in Thailand. **Risk Manag Healthc Policy**, 3(14), 3197-3207.
- Wang, C., et al. (2021). The impact of COVID-19 pandemic on physical and mental health of Asians: A study of seven middle-income countries in Asia. **PLoS ONE**, 16(2), 1-20.
- World Health Organization. (2022). **Coronavirus (COVID-19)**, Retrieved from <https://covid19.who.int?>.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ ในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี

ชวณ พุ่มพงษ์^{1*} ทศพร ชูศักดิ์²

Received : April 18, 2022

Revised : August 26, 2022

Accepted : August 30, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวางนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 293 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนคือ ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้เรื่องสมุนไพร ทศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพร และพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบไคสแควร์และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการวิจัย พบว่ากลุ่มตัวอย่าง มีความรู้เรื่องสมุนไพรระดับดี ($\bar{X} = 11.17$, S.D. = 2.36) มีทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพรระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.18$, S.D. = 0.38) และมีพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.15$, S.D. = 0.35) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง ได้แก่ ความรู้เรื่องสมุนไพร มีความสัมพันธ์ทางบวก ($r = 0.155$) และทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพร มีความสัมพันธ์ทางบวก ($r = 0.496$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\text{-value} = 0.008$ และ < 0.001 ตามลำดับ) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า มีความจำเป็นที่จะต้องส่งเสริมการจัดกิจกรรมให้ความรู้เรื่องการใช้สมุนไพรอย่างครอบคลุมและต่อเนื่อง แกไขความเข้าใจผิดที่เกิดจากตนเองและคนรอบข้าง สร้างทัศนคติที่ดีเกี่ยวกับการใช้ยาสมุนไพร เพื่อสร้างความเชื่อมั่นและลดความเสี่ยงจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ก่อให้เกิดประโยชน์ในสภาวะที่ดีแก่ผู้สูงอายุ

คำสำคัญ: การดูแลสุขภาพตนเอง ปัจจัย ผู้สูงอายุ พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพร

¹ อาจารย์หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
อีเมล: chawapon.pho@dpu.ac.th

² อาจารย์สาขาวิชาการจัดการสถานพยาบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
จังหวัดปทุมธานี อีเมล: tsp2548@hotmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: chawapon.pho@dpu.ac.th

FACTORS RELATED TO HERBEL USE BEHAVIORS TOWARDS SELF CARE OF ELDERLY IN THONG EN SUB-DISTRICT, IN BURI DISTRICT, SING BURI PROVINCE

Chawapon Phoomphong^{1*} Thassaporn Chusak²

Abstract

This research was the cross-sectional survey aimed to studying the factors related to herbal use behaviors towards self care among the elderly in Thong En sub district, In Buri district, Sing Buri Province. The samples were 293 people. The data was collected by questionnaires consisted of 4 parts: the personal factor, the knowledge of herbal medicines, the attitude of using herbal medicines, and the herbal use behaviors towards self care. The data was analyzed by using frequency, percentage, mean, standard deviation, Pearson's correlation coefficient, and Chi-square test for correlation.

The result revealed that the knowledge of herbal medicines was at a good level ($\bar{X} = 11.17$, S.D. = 2.36), the attitude of using the herbal medicines was at a moderate level ($\bar{X} = 2.18$, S.D. = 0.38), and the herbal use behaviors towards self care was at a moderate ($\bar{X} = 2.15$, S.D. = 0.35). The factors related to herbal use behaviors towards self care included the knowledge on herbs which showed a positive correlation ($r = 0.155$) and the attitude to herbal use which showed a positive correlation ($r = 0.496$) at a statistically significant level of 0.05 (p -value = 0.008 and < 0.001, respectively). The research revealed that it is necessary to comprehensively and continuously promote and enhance knowledge of using herbal medicines, clear up the misunderstanding among themselves and others, promote a good attitude related to using herb medicines for building up confidence, reducing the risk of ignorance and bringing the elderly towards good health.

Keywords: Self Care, Factor, Elderly, Herbal Use Behaviors

¹ Lecturer of Thai Traditional Medicine Program, Dhurakij Pundit University, e-mail: chawapon.pho@dpu.ac.th

² Lecturer of Hospital Management Program, Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: tsp2548@hotmail.com

* Corresponding author, e-mail: chawapon.pho@dpu.ac.th

บทนำ

ในประเทศไทย มีนโยบายส่งเสริมการใช้สมุนไพรและภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยมาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่แผนพัฒนาการสาธารณสุขฉบับที่ 5 พ.ศ. 2525–2529 จนถึงแผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนาสมุนไพรไทย ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2560–2564 เพื่อให้ประชาชนเข้าใจและเข้าถึงยาสมุนไพร ตลอดจนการอนุรักษ์ ภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยให้คงไว้สู่รุ่นลูกหลานต่อไป หนึ่งในแผนงานที่สำคัญของกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุขต่อบทบาทของสมุนไพรไทย คือ การกำหนดการใช้ยาสมุนไพรตามบัญชียาหลักแห่งชาติให้ประชาชนได้เข้าถึงบริการตามโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพระดับตำบลและโรงพยาบาลชุมชน นอกจากนี้ยังส่งเสริมและเผยแพร่การใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน เพื่อให้ประชาชนได้นำสมุนไพรไปใช้ในการดูแลสุขภาพตนเอง ตามสโลแกนที่ว่า “เจ็บป่วยคราใด ใช้ยาไทยก่อนไปพบแพทย์” หากมีอาการเจ็บป่วยเล็กน้อยสามารถใช้สมุนไพรดูแลรักษาตนเองก่อนที่จะตัดสินใจไปพบแพทย์แผนปัจจุบัน จากนโยบายสู่การปฏิบัติทำให้มีกระแสสังคมและการยอมรับในสมุนไพรมากขึ้น จากรายงานประจำปี 2562 กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก เปรียบเทียบจำนวนการจ่ายยาแผนปัจจุบันกับ ยาสมุนไพรในแผนกผู้ป่วยนอก 5 ปีย้อนหลัง (ปี พ.ศ. 2558–2562) พบว่าแนวโน้มการจ่ายยาแผนปัจจุบันลดลง และมีการจ่ายยาสมุนไพรเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายและการพึ่งพาจากต่างประเทศ ตลอดจนมีรายงานด้านมูลค่าการบริโภควัตถุดิบสมุนไพรและผลิตภัณฑ์สมุนไพร (ยาและผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร) ภายในประเทศเพิ่มขึ้นทุกปี (กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2562) ในปัจจุบันมีการโฆษณาจำหน่ายยาสมุนไพรหลากหลายช่องทางทั้งรายการโทรทัศน์และตามสื่อโซเชียลมีเดียต่าง ๆ เช่น Facebook TikTok และ Line เป็นต้น ทำให้ประชาชนเข้าถึงและแสวงหาจัดซื้อยาสมุนไพรได้ง่าย อย่างไรก็ตามการใช้สมุนไพรจะต้องอยู่บนพื้นฐานความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง พิจารณาถึงข้อบ่งใช้และข้อควรระวังในการรับประทานหรือใช้ยาสมุนไพรเกินความจำเป็น อย่าหลงเชื่อคำโฆษณาอวดอ้างสรรพคุณเกินจริง เพราะอาจเกิดปัญหาสุขภาพตามมาภายหลัง สิ่งเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นได้กับทุกเพศทุกกลุ่มวัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มวัยผู้สูงอายุ

ในวัยผู้สูงอายุมักพบปัญหาด้านสุขภาพที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าวัยอื่น ๆ ทำให้ผู้สูงอายุบางท่านมีการรักษาโรคประจำตัวและการใช้ยาตามกลุ่มอาการ/โรคที่เกิดขึ้นระหว่างวัน นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่เป็นผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรมารับประทานในแต่วันอีกด้วย ดังนั้นผู้สูงอายุควรได้รับการประเมินศักยภาพตนเองในด้านความรู้เรื่องสมุนไพร ทักษะติดต่อการใช้ยาสมุนไพร ซึ่งเป็นปัจจัยกำหนดพื้นฐานต่อพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง ตามหลักทฤษฎี KAP model ของชาร์ท (Schwartz, 1975) กล่าวคือ ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรม ทั้ง 3 ปัจจัยนี้เป็นตัวแปรกำหนดที่มีความสัมพันธ์กันทั้งในทางตรงและทางอ้อม โดยพฤติกรรมที่แสดงออกจะเป็นไปตามความรู้และทัศนคติของบุคคลนั้น ๆ จากการทบทวนวรรณกรรม

ของปรารณา เอนกปัญญากุล และคณะ (2563) ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพของประชาชนที่มีมารับบริการที่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ พบว่า มีความรู้เกี่ยวกับการใช้สมุนไพร อยู่ในระดับต่ำ มีความคิดเห็นด้วยต่อการใช้สมุนไพร อยู่ในระดับปานกลาง การเปิดรับสื่อภาพรวมอยู่ในระดับต่ำสำหรับปัจจัยด้านความรู้ ความคิดเห็น และการเปิดรับสื่อมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของวิริญญา เมืองช้าง (2560) พบว่า พฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา อยู่ในระดับต่ำ โรคประจำตัวและระดับการศึกษามีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง

ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญในสภาวะที่ดีและพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุ จึงต้องการประเมินความรู้ความเข้าใจ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพร โดยเลือกพื้นที่ในจังหวัดสิงห์บุรี เพราะมีประชากรผู้สูงอายุสูงที่สุดของประเทศ โดยเฉพาะตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี (กรมกิจการผู้สูงอายุ สังกัดกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์, 2562) ไว้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนส่งเสริมการใช้ยาสมุนไพรอย่างถูกต้องเกิดความเชื่อมั่นในการดูแลสุขภาพตนเอง ลดความเสี่ยงจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์และสร้างทัศนคติที่ดีต่อการใช้สมุนไพร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี
2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional survey research)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 1,708 คน กลุ่มตัวอย่างได้จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากการใช้สูตรของแดเนียล (Daniel, 1995) ได้เท่ากับ 293 คน และการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multistage random sampling) ขั้นตอนแรกสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ในแต่ละหมู่บ้าน จำนวน 15 หมู่บ้าน ตามสัดส่วนของผู้สูงอายุ ขั้นตอนที่สอง สุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยการจับสลากรายชื่อของผู้สูงอายุในแต่ละหมู่บ้าน โดยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1) เป็นผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ตำบลทองเอน 2) มีการใช้ยาสมุนไพร 3) สามารถสื่อสารเข้าใจ และ 4) ยินดีให้ข้อมูลในการศึกษาวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ โรคประจำตัว รายได้ต่อเดือน จำนวน 6 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบทดสอบความรู้เรื่องสมุนไพรของผู้สูงอายุ จำนวน 15 ข้อ มีลักษณะการเลือกตอบ 2 ตัวเลือก คือ ถูกและผิด โดยเลือกเพียงคำตอบเดียวและมีเกณฑ์ให้คะแนนดังนี้ ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนนและตอบผิดได้ 0 คะแนน ซึ่งมีคะแนนรวมระหว่าง 0-15 คะแนน แล้วนำมาจัดระดับความรู้เป็น 3 ระดับ ตามเกณฑ์ของบรูม (Bloom, 1975) ดังนี้ ระดับดี (12-15 คะแนน) ระดับปานกลาง (9-11 คะแนน) และระดับไม่ดี (0-8 คะแนน)

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามเชิงบวกและเชิงลบ โดยลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ตามแบบของ Likert scale แบบสอบถามแต่ละข้อมีค่าคะแนนตั้งแต่ 1.00 – 5.00 คะแนน แปลผลค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 3.68 - 5.00	หมายถึง	มีทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับสูง
ค่าเฉลี่ย 2.34 - 3.67	หมายถึง	มีทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 2.33	หมายถึง	มีทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับต่ำ

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุ จำนวน 18 ข้อ โดยลักษณะเป็นแบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ตามแบบของ Likert scale แบบสอบถามแต่ละข้อมีค่าคะแนนตั้งแต่ 1.00 – 5.00 คะแนน แปลผลค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 3.68 - 5.00	หมายถึง	มีพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับสูง
ค่าเฉลี่ย 2.34 - 3.67	หมายถึง	มีพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 2.33	หมายถึง	มีพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับต่ำ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือวิจัยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน โดยคำนวณหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าระหว่าง 0.67 - 1.00 จึงนำไปทดสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษา จำนวน 30 คน แบบทดสอบความรู้ ทดสอบความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR-20 ได้ค่าเท่ากับ 0.75 แบบสอบถามทัศนคติและพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพร ทดสอบ

ความเชื่อมั่นโดยวิธีสัมประสิทธิ์ของแอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ได้ค่าเท่ากับ 0.71 และ 0.70 ตามลำดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ชี้แจงรายละเอียดในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ให้กับกลุ่มตัวอย่างทราบและ
2. ผู้วิจัยทำการสอบถามเก็บข้อมูล และรวบรวมแบบสอบถาม
3. ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามมาตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์และลงรหัสข้อมูล
4. นำแบบสอบถามมาวิเคราะห์ข้อมูล ลงโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ใช้สถิติเชิงวิเคราะห์ เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ ทัศนคติและพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพร โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-Square test) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient)

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย และระยะเวลาของการวิจัยพร้อมทั้งชี้แจงให้ทราบถึงสิทธิในการตอบรับ หรือปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้ โดยไม่มีผลต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน หากในระหว่างการศึกษาวิจัยกลุ่มตัวอย่างมีความประสงค์ขอลถอนตัวออกจากการศึกษาสามารถกระทำได้ทันที นอกจากนี้ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ถือว่าเป็นความลับ การนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ จะนำเสนอภาพรวม ไม่มีการเปิดเผยชื่อ นามสกุล และที่อยู่ของกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

1. ปัจจัยส่วนบุคคล

ผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 62.8 และเป็นเพศชาย ร้อยละ 37.2 มีอายุเฉลี่ย 70.4 ปี ระดับการศึกษาส่วนใหญ่จบประถมศึกษาหรือต่ำกว่า ร้อยละ 43.3 ประกอบอาชีพเป็นเกษตรกร ร้อยละ 38.6 ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 62.1 และรายได้ต่อเดือน น้อยกว่า 5,000 บาท ร้อยละ 53.6 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล (n = 293)

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	109	37.2
หญิง	184	62.8
อายุ (ปี)		
60-66	108	36.9
67-73	97	33.1
74-80	53	18.1
81-87	22	7.5
88 ขึ้นไป	13	4.4
อายุเฉลี่ย = 70.4 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 8.1 ปี ต่ำสุด = 60 ปี สูงสุด = 92 ปี		
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้เรียน	108	36.9
ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า	127	43.3
มัธยมศึกษาตอนต้น	34	11.6
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	14	4.8
ระดับอนุปริญญา/ปวส.	5	1.7
ปริญญาตรี	5	1.7
อาชีพ		
รับราชการ	6	2.0
พนักงานรัฐวิสาหกิจ	4	1.4
ค้าขาย	73	24.9
เกษตรกร	113	38.6
รับจ้างทั่วไป	58	19.8
แม่บ้านหรือไม่ได้ประกอบอาชีพ	39	13.3
โรคประจำตัว		
ไม่มี	182	62.1
มี	111	37.9

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล (n = 293) ต่อ

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
รายได้ต่อเดือน		
น้อยกว่า 5,000 บาท	157	53.6
5,001- 10,000 บาท	96	32.8
10,001 -15,000 บาท	27	9.2
มากกว่า 15,001 บาท	13	4.4

2. ความรู้เรื่องสมุนไพรของผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุโดยส่วนใหญ่มีความรู้เรื่องสมุนไพรอยู่ในระดับดี ร้อยละ 53.2 รองลงมาในระดับปานกลาง ร้อยละ 31.1 และระดับไม่ดี ร้อยละ 15.7 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุ จำแนกตามระดับความรู้เรื่องสมุนไพร (n=293)

ความรู้เรื่องสมุนไพร	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับดี	156	53.2
ระดับปานกลาง	91	31.1
ระดับไม่ดี	46	15.7

ค่าเฉลี่ย = 11.17 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 2.36 คะแนน ต่ำสุด = 3 คะแนน สูงสุด = 15 คะแนน

3. ทักษะการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุโดยส่วนใหญ่มีทักษะการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 82.3 รองลงมาในระดับสูง ร้อยละ 17.7 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุ จำแนกตามระดับทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพร (n=293)

ทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพร	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับสูง	52	17.7
ระดับปานกลาง	241	82.3

ค่าเฉลี่ย = 2.18 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.38 คะแนน ต่ำสุด = 2.57 คะแนน
สูงสุด = 4.64 คะแนน

4. พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุโดยส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 85.3 รองลงมา ระดับสูง ร้อยละ 14.7 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุจำแนกตามระดับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองรายข้อ (n=293)

พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพร ในการดูแลสุขภาพตนเอง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับสูง	43	14.7
ระดับปานกลาง	250	85.3

ค่าเฉลี่ย = 2.15 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.35 คะแนน ต่ำสุด = 2.53 คะแนน
สูงสุด = 4.68 คะแนน

5. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ พบว่าปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา อาชีพ โรคประจำตัว และรายได้ต่อเดือน ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง

6. ความสัมพันธ์ระหว่าง อายุ ความรู้ และทัศนคติกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง อายุ ความรู้ และทัศนคติกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง พบว่าอายุไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง ความรู้เรื่องสมุนไพรมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันระดับต่ำ (r = 0.155) ทัศนคติมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันระดับปานกลาง (r = 0.496) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง อายุ ความรู้ และทัศนคติกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง (n=293)

ตัวแปร	r	p	ระดับความสัมพันธ์
อายุ	0.029	0.623	ไม่มี
ความรู้	0.155	0.008*	ต่ำ
ทัศนคติ	0.496	< 0.001*	ปานกลาง

หมายเหตุ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ได้ ดังนี้

1. จากการศึกษาพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ ณ ตำบลทองเอน อำเภอนิคมบ่งบุรี จังหวัดสิงห์บุรี พบว่า พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.15$, S.D. = 0.35) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของภิกษณ์ วิจิณท์ (2562) ได้ศึกษาความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรของประชาชนบ้านหนองบัวศาลา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ผลการศึกษาพบว่าพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 90.74) เช่นเดียวกับงานวิจัยของโรสนานี เหมตระกูลวงศ์ และคณะ (2563) ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในเขตเทศบาลนครยะลา ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา พบว่าพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 66.1) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของสาโรจน์ เพชรธณี และคณะ (2564) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรของประชาชนชุมชนประตู่ช้างตก ตำบลไทยบุรี อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการวิจัย พบว่า พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรของประชาชนอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 84.6)

ทั้งนี้จากการตอบแบบสอบถามรายข้อด้านพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุส่วนใหญ่ พบว่า ไม่ได้คำนึงการเลือกใช้ยาสมุนไพรแม้ว่ายาสมุนไพรนั้นจะผ่านการรับรอง (อย.) และยืนยันสรรพคุณหรือไม่ ใช้จ่ายไม่ได้คำนึงถึงข้อดีและข้อเสียของการทานยาสมุนไพรควบคู่กับยาแผนปัจจุบัน ใช้ยาสมุนไพรตามคำแนะนำของคนในครอบครัว ญาติมิตรและคนสนิทและใช้ยาสมุนไพรตามสื่อโฆษณาต่าง ๆ นอกจากนี้ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีการปฏิบัติบางครั้งที่ถามถึงว่าท่านใช้ยาสมุนไพรเพราะไว้วางใจในภูมิปัญญาของบรรพบุรุษกับท่านใช้ยาสมุนไพรเป็นอันดับแรกเมื่อมีอาการเจ็บป่วย ซึ่งทำให้นโยบายภาครัฐนำโดยกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข ตามสโลแกนที่ว่า “เจ็บป่วยคราใด ไข้ไทยก่อนไปพบแพทย์” นี้ยังต้องส่งเสริมและเผยแพร่การใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองอย่างต่อเนื่องให้

ประชาชนและผู้สูงอายุเชื่อมั่นไว้วางใจในสมุนไพรและภูมิปัญญาของบรรพบุรุษไทย สิ่งนี้เหล่านี้นสะท้อนให้เห็นว่า ผู้สูงอายุอาจขาดทักษะการลงมือปฏิบัติบางอย่างที่ทำให้ยังไม่วางใจและเชื่อมั่นในการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง

2. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุใน ตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี

ด้านความรู้เรื่องสมุนไพร จากข้อคำถามรายข้อทั้งหมดผู้สูงอายุจำนวนเกินครึ่งของกลุ่มตัวอย่างมีความรู้เรื่องสมุนไพรอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 11.17$, S.D. = 2.36) และมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำกับ พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p-value = 0.008, $r = 0.155$) โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ วิไลวรรณ ชัยณรงค์ (2554) ที่พบว่าความรู้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรเพื่อรักษาเบื้องต้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เช่นเดียวกับ งานวิจัยของปรารณา เอนกปัญญากุล และคณะ (2563) ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพของประชาชนที่มารับบริการในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าความรู้เกี่ยวกับการใช้ สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองมีความสัมพันธ์ทางบวกระดับต่ำกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพที่ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ 0.001 ($r = 0.340$)

ทั้งนี้ความรู้เรื่องสมุนไพรไม่ได้มีผลมาจากระดับการศึกษาของกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ เห็นได้จากข้อมูล ปัจจัยส่วนบุคคลในเรื่องระดับการศึกษา พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่จบประถมศึกษาหรือต่ำกว่า (ร้อยละ 43.3) กล่าวได้ว่าความรู้เรื่องสมุนไพรอาจมาจากการประกอบอาชีพ เพราะผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร (ร้อยละ 38.6) ทำให้รู้จักสมุนไพรเป็นอย่างดีหรืออาจเป็นเพราะประสบการณ์ที่ได้เห็นได้รับรู้ตลอดการใช้ชีวิตของผู้สูงอายุ เช่น เคยเห็นคุณพ่อคุณแม่หรือคนรอบตัวใช้สมุนไพรมาก่อนในครั้งอดีต เป็นต้น ในช่วงสมัยก่อนจะหาซื้อยาแผนปัจจุบันนั้นมีความลำบากกว่าในปัจจุบันและมีราคาแพงกว่ายาสมุนไพร ทำให้ยาสมุนไพรเป็นทางเลือกหนึ่งของการดูแลสุขภาพป้องกันและรักษาโรค ซึ่งผู้สูงอายุหลายท่านคุ้นชินกับสมุนไพรมาช้านาน ส่งผลให้ความรู้เรื่องสมุนไพรอยู่ระดับดี อย่างไรก็ตามในทฤษฎีของกรีนและครูเธอร์ (Green & Kreuter, 1991) กล่าวว่า ความรู้เป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ส่งผลต่อพฤติกรรม แต่ยังไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางด้านสุขภาพ ได้ จึงจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ประสบการณ์ที่ได้รับที่ผ่านมาจะส่งผลต่อพฤติกรรมในปัจจุบัน เห็นได้จากงานวิจัยของชนิตา มัททวงกูร (2562) พบว่า ประสบการณ์การใช้สมุนไพรมีความสัมพันธ์กับ พฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง

ด้านทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพร อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.18$, S.D. = 0.38) และมีความสัมพันธ์ทางบวกระดับปานกลางกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p-value < 0.001, $r = 0.496$) โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของปัทมา ศิริวรรณ (2559) ที่พบว่า

ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 97.1) และสอดคล้องกับการศึกษาของ สุกิจ ไชยชมภู และคณะ (2555) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรรักษาโรคของประชาชนในเขต 11 กระทรวงสาธารณสุข ผลการศึกษาพบว่า ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรรักษาโรคมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรรักษาโรค ($p\text{-value} < 0.05$, $r = 0.703$) เช่นเดียวกับงานวิจัยของสันธิตาพร กลิ่นทอง (2559) พบว่าทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรรักษาโรคในชีวิตประจำวันมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรรักษาโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และการศึกษาของวิริยญา เมืองช้าง (2560) ซึ่งศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา พบว่า ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง ($p\text{-value} = 0.001$, $r = 0.161$)

เมื่อพิจารณาทัศนคติรายข้อพบว่าในข้อคำถามที่ผู้สูงอายุมีความเชื่อมากที่สุดคือ ต้องใช้ยาสมุนไพรเพื่อบรรเทาอาการ/รักษาเบื้องต้นต้องใช้ยาสมุนไพรในปริมาณมากจึงจะเห็นผลในการรักษา แต่ในความเป็นจริงการใช้ยาสมุนไพรจะถูกกำหนดปริมาณสารสำคัญแตกต่างกันไปแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามการควบคุมของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุขและตามแพทย์ปัจจุบัน/แพทย์แผนไทยกำหนดให้ นอกจากนี้ยังมีมุมมองและทัศนคติรายข้ออื่น ๆ เช่น การใช้ยาสมุนไพรเพราะมีรูปแบบผลิตภัณฑ์/การโฆษณา/การแนะนำที่น่าสนใจ การนำสมุนไพรมาใช้รักษาเบื้องต้นมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและไม่สะดวก ด้วยเหตุนี้อาจส่งผลกระทบต่อระดับทัศนคติได้ เมื่อทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรระดับปานกลาง ทำให้พฤติกรรมการใช้สมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของกรีนและครูเธอร์ (Green & Kreuter, 1991) กล่าวว่าทัศนคติเป็นปัจจัยภายในหนึ่งที่กระตุ้นการแสดงออกทางพฤติกรรมของบุคคล

สรุป

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 293 คน จากการศึกษาพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 70.4 ปี ระดับการศึกษาส่วนใหญ่จบประถมศึกษาหรือต่ำกว่า ประกอบอาชีพเป็นเกษตรกร ไม่มีโรคประจำตัว และรายได้ต่อเดือนน้อยกว่า 5,000 บาท มีความรู้เรื่องสมุนไพรระดับดี มีทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพรระดับปานกลางและมีพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองระดับปานกลาง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง ได้แก่ ความรู้เรื่องสมุนไพร มีความสัมพันธ์ทางบวก ($r = 0.155$) และทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพร มีความสัมพันธ์ทางบวก ($r = 0.496$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\text{-value} = 0.008$ และ < 0.001 ตามลำดับ) ในมุมมองของผู้วิจัยสำหรับความรู้ของผู้สูงอายุแม้ว่าจะอยู่ในระดับดี แต่กลับมี

ความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง แสดงว่าผู้สูงอายุต้องมีปัจจัยอื่นมากระทบส่งผลต่อพฤติกรรม โดยเห็นได้จากข้อมูลด้านทัศนคติต่อการใช้สมุนไพร เช่น ผู้สูงอายุมีความเชื่อว่าต้องใช้ยาสมุนไพรเพื่อบรรเทาอาการ/รักษาเบื้องต้นต้องใช้ยาสมุนไพรในปริมาณมากจึงจะเห็นผลในการรักษา การใช้ยาสมุนไพรเพราะมีรูปแบบผลิตภัณฑ์/การโฆษณา/การแนะนำที่น่าสนใจ การนำสมุนไพรมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและไม่สะดวก สิ่งนี้อาจเป็นผลทำให้พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองอยู่ในระดับปานกลาง ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า มีความจำเป็นที่จะต้องส่งเสริมการจัดกิจกรรมให้ความรู้เรื่องการใช้สมุนไพรอย่างครอบคลุมและต่อเนื่อง แกไขความเข้าใจผิดที่เกิดจากตนเองและคนรอบข้าง สร้างทัศนคติที่ดีเกี่ยวกับการใช้ยาสมุนไพร เพื่อสร้างความเชื่อมั่นและลดความเสี่ยงจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ก่อให้เกิดประโยชน์ในสภาวะที่ดีแก่ผู้สูงอายุ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรนำผลการวิจัยพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง นำเสนอผ่านผู้นำชุมชน/ผู้บริหารท้องถิ่น ในการจัดทำโปรแกรมที่ช่วยส่งเสริมความรู้และสร้างทัศนคติที่ดีให้กับผู้สูงอายุในตำบลทองเอน อำเภอนิคมบ่งบุรี จังหวัดสิงห์บุรี เพื่อให้ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองดีขึ้นและสร้างความเชื่อมั่น ลดความเสี่ยงจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ให้เกิดประโยชน์ในสภาวะที่ดีของผู้สูงอายุแบบยั่งยืน
2. จัดทำคู่มือการใช้สมุนไพรแบบถูกวิธีและเข้าใจง่าย โดยเลือกสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานตามที่กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุขกำหนด
3. จัดอบรมให้ความรู้การใช้สมุนไพรทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติให้กับอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) เพื่อช่วยให้คำแนะนำและป้องกันความเสี่ยงจากการใช้ยาสมุนไพรเกินขนาดและเกินความจำเป็นให้กับกลุ่มผู้สูงอายุ

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษากับกลุ่มตัวอย่างอื่นเพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่หลากหลาย โดยนำผลวิจัยมาเป็นแนวทางในการวางแผนและดำเนินการจัดกิจกรรมให้ความรู้ด้านยาสมุนไพรแก่ประชาชนต่อไป
2. ควรศึกษาทฤษฎีหรือปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุ เช่น การเข้าถึงแหล่งบริการสุขภาพ สิทธิการรักษาพยาบาล
3. ควรมีการศึกษาเชิงลึกถึงพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุโยวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ เช่น การสนทนากลุ่ม หรือการสัมภาษณ์เจาะลึก เพื่อหาสาเหตุและปัจจัยที่แท้จริงอันจะนำไปสู่การส่งเสริมการใช้ยาสมุนไพรที่ถูกต้องและเหมาะสม
4. ควรมีการวิจัยเชิงทดลองโดยการพัฒนาโปรแกรมเพื่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุโดยใช้แนวคิดทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้สูงอายุตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทุกท่านที่ให้ความร่วมมือตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2562). สถิติผู้สูงอายุ ณ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562 แยกตามตำบล. สืบค้นจาก <http://www.dop.go.th/th/know/side/1/1/238>
- กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. (2562). รายงานประจำปี 2562 กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. สืบค้นจาก https://www.dtam.moph.go.th/E-Book/DTAM_Report_2562/DTAM_Report_2562.pdf
- ชนิดา มัททวงกูร, ขวัญเรือน กำวิตุ, สุธิดา ดีหนู, และสิริณัฐ สนิวรรณกุล. (2562). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรของประชาชนในเขตภาษีเจริญ. วารสารพยาบาลศาสตร์มหาวิทยาลัยสยาม, 20(39), 99-109.
- ปัทมา ศิริวรรณ. (2559). ความรู้ ทักษะ การรับรู้ และการใช้ยาสมุนไพรของผู้ให้บริการและผู้รับบริการในโรงพยาบาลแม่ทา อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน. การค้นคว้าอิสระหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสร้างเสริมสุขภาพ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ปรารธนา เอนกปัญญากุล, และศศิณีภา ศรีกัลยานิวัต. (2557). ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการทำวิจัยของบุคลากร คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. Naresuan Phayao Journal, 7(3), 275-285.
- ภิญญ์ วิจิณทิก. (2562). ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรของประชาชน บ้านหนองบัวศาลา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. วารสารวิชาการสาธารณสุข, 28(2), 245-253.
- โรสนานี เหมตระกูลวงศ์, กิตติพร เนาว์สุวรรณ, และจิราพัชร พลอยนิลเพชร. (2563). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในเขตเทศบาลนครยะลา ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา. รายงานการประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติครั้งที่ 11, 17 กรกฎาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยมหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.
- วิไลวรรณ ชัยณรงค์. (2554). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในเขต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิริญญา เมืองช้าง. (2560). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา. วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สันฐิตาพร กลิ่นทอง. (2560). พฤติกรรมการใช้สมุนไพรรักษาโรคของประชาชนในจังหวัดเพชรบุรี. รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 7 “สหวิทยาการ สู่ไทยแลนด์4.0”, 15 กรกฎาคม 2560 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

- สุกิจ ไชยชมภู, พูนสุข ช่วยทอง, วิราสิริ วีสิริสิริ, และสุนันท์ ศลโกสม. (2555). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรรักษาโรค ของประชาชนในเขต 11 กระทรวงสาธารณสุข. **วารสารเกื้อการณ์**, 19(2), 60-74.
- สาโรจน์ เพชรมณี, จินตนา เพชรมณี, ศิราสรณ์ บรรจงเกลี้ยง, อัจฉรา ศรีแสง, และศรัญญา สีทอง. (2564). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรของประชาชน ชุมชนประตูช้างตก ตำบลไทยบุรี อำเภอนาคู จังหวัดนครราชสีมา. **วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สุพรรณบุรี**, 4(2), 5-22.
- Green, L. W. & Kreuter, M.W. (1991). **Health Promotion Planning An Educational and Environment Approach**. California: Mayfield Publishing.
- Bloom, Benjamin S. J. (1975). **Taxonomy of education objective, hand book1: Cognitive domain**. New York: David Mckay.
- Daniel, W. W. (1995). **Biostatistics: A foundation for analysis in health sciences**. New York: John Wiley.
- Schwartz, N. E. (1975). Nutritional knowledge, attitudes, and practices of high school graduates. **Journal of the American Dietetic Association**, 66(1), 28-31.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ ในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี

ชวณ พุ่มพงษ์^{1*} ทศพร ชูศักดิ์²

Received : April 18, 2022

Revised : August 26, 2022

Accepted : August 30, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวางนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรม การใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 293 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนคือ ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้เรื่องสมุนไพร ทศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพร และพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบไคสแควร์และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการวิจัย พบว่ากลุ่มตัวอย่าง มีความรู้เรื่องสมุนไพรระดับดี ($\bar{X} = 11.17$, S.D. = 2.36) มีทัศนคติต่อการ ใช้ยาสมุนไพรระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.18$, S.D. = 0.38) และมีพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.15$, S.D. = 0.35) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพร ในการดูแลสุขภาพตนเอง ได้แก่ ความรู้เรื่องสมุนไพร มีความสัมพันธ์ทางบวก ($r = 0.155$) และทัศนคติต่อการ ใช้ยาสมุนไพร มีความสัมพันธ์ทางบวก ($r = 0.496$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\text{-value} = 0.008$ และ < 0.001 ตามลำดับ) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า มีความจำเป็นที่จะต้องส่งเสริมการจัดกิจกรรมให้ความรู้เรื่อง การใช้สมุนไพรอย่างครอบคลุมและต่อเนื่อง แกไขความเข้าใจผิดที่เกิดจากตนเองและคนรอบข้าง สร้างทัศนคติที่ดีเกี่ยวกับการใช้ยาสมุนไพร เพื่อสร้างความเชื่อมั่นและลดความเสี่ยงจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ก่อให้เกิดประโยชน์ในสภาวะที่ดีแก่ผู้สูงอายุ

คำสำคัญ: การดูแลสุขภาพตนเอง ปัจจัย ผู้สูงอายุ พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพร

¹ อาจารย์หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
อีเมล: chawapon.pho@dpu.ac.th

² อาจารย์สาขาวิชาการจัดการสถานพยาบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
จังหวัดปทุมธานี อีเมล: tsp2548@hotmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: chawapon.pho@dpu.ac.th

FACTORS RELATED TO HERBEL USE BEHAVIORS TOWARDS SELF CARE OF ELDERLY IN THONG EN SUB-DISTRICT, IN BURI DISTRICT, SING BURI PROVINCE

Chawapon Phoomphong^{1*} Thassaporn Chusak²

Abstract

This research was the cross-sectional survey aimed to studying the factors related to herbal use behaviors towards self care among the elderly in Thong En sub district, In Buri district, Sing Buri Province. The samples were 293 people. The data was collected by questionnaires consisted of 4 parts: the personal factor, the knowledge of herbal medicines, the attitude of using herbal medicines, and the herbal use behaviors towards self care. The data was analyzed by using frequency, percentage, mean, standard deviation, Pearson's correlation coefficient, and Chi-square test for correlation.

The result revealed that the knowledge of herbal medicines was at a good level ($\bar{X} = 11.17$, S.D. = 2.36), the attitude of using the herbal medicines was at a moderate level ($\bar{X} = 2.18$, S.D. = 0.38), and the herbal use behaviors towards self care was at a moderate ($\bar{X} = 2.15$, S.D. = 0.35). The factors related to herbal use behaviors towards self care included the knowledge on herbs which showed a positive correlation ($r = 0.155$) and the attitude to herbal use which showed a positive correlation ($r = 0.496$) at a statistically significant level of 0.05 (p -value = 0.008 and < 0.001, respectively). The research revealed that it is necessary to comprehensively and continuously promote and enhance knowledge of using herbal medicines, clear up the misunderstanding among themselves and others, promote a good attitude related to using herb medicines for building up confidence, reducing the risk of ignorance and bringing the elderly towards good health.

Keywords: Self Care, Factor, Elderly, Herbal Use Behaviors

¹ Lecturer of Thai Traditional Medicine Program, Dhurakij Pundit University, e-mail: chawapon.pho@dpu.ac.th

² Lecturer of Hospital Management Program, Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: tsp2548@hotmail.com

* Corresponding author, e-mail: chawapon.pho@dpu.ac.th

บทนำ

ในประเทศไทย มีนโยบายส่งเสริมการใช้สมุนไพรและภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยมาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่แผนพัฒนาการสาธารณสุขฉบับที่ 5 พ.ศ. 2525–2529 จนถึงแผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนาสมุนไพรไทย ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2560-2564 เพื่อให้ประชาชนเข้าใจและเข้าถึงยาสมุนไพร ตลอดจนการอนุรักษ์ ภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยให้คงไว้สู่รุ่นลูกหลานต่อไป หนึ่งในแผนงานที่สำคัญของกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุขต่อบทบาทของสมุนไพรไทย คือ การกำหนดการใช้ยาสมุนไพรตามบัญชียาหลักแห่งชาติให้ประชาชนได้เข้าถึงบริการตามโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพระดับตำบลและโรงพยาบาลชุมชน นอกจากนี้ยังส่งเสริมและเผยแพร่การใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน เพื่อให้ประชาชนได้นำสมุนไพรไปใช้ในการดูแลสุขภาพตนเอง ตามสโลแกนที่ว่า “เจ็บป่วยคราใด ใช้ยาไทยก่อนไปพบแพทย์” หากมีอาการเจ็บป่วยเล็กน้อยสามารถใช้สมุนไพรดูแลรักษาตนเองก่อนที่จะตัดสินใจไปพบแพทย์แผนปัจจุบัน จากนโยบายสู่การปฏิบัติทำให้มีกระแสสังคมและการยอมรับในสมุนไพรมากขึ้น จากรายงานประจำปี 2562 กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก เปรียบเทียบจำนวนการจ่ายยาแผนปัจจุบันกับ ยาสมุนไพรในแผนกผู้ป่วยนอก 5 ปีย้อนหลัง (ปี พ.ศ. 2558-2562) พบว่าแนวโน้มการจ่ายยาแผนปัจจุบันลดลง และมีการจ่ายยาสมุนไพรเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายและการพึ่งพาจากต่างประเทศ ตลอดจนมีรายงานด้านมูลค่าการบริโภควัตถุดิบสมุนไพรและผลิตภัณฑ์สมุนไพร (ยาและผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร) ภายในประเทศเพิ่มขึ้นทุกปี (กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2562) ในปัจจุบันมีการโฆษณาจำหน่ายยาสมุนไพรหลากหลายช่องทางทั้งรายการโทรทัศน์และตามสื่อโซเชียลมีเดียต่าง ๆ เช่น Facebook TikTok และ Line เป็นต้น ทำให้ประชาชนเข้าถึงและแสวงหาจัดซื้อยาสมุนไพรได้ง่าย อย่างไรก็ตามการใช้สมุนไพรจะต้องอยู่บนพื้นฐานความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง พิจารณาถึงข้อบ่งใช้และข้อควรระวังในการรับประทานหรือใช้ยาสมุนไพรเกินความจำเป็น อย่าหลงเชื่อคำโฆษณาอวดอ้างสรรพคุณเกินจริง เพราะอาจเกิดปัญหาสุขภาพตามมาภายหลัง สิ่งเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นได้กับทุกเพศทุกกลุ่มวัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มวัยผู้สูงอายุ

ในวัยผู้สูงอายุมักพบปัญหาด้านสุขภาพที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าวัยอื่น ๆ ทำให้ผู้สูงอายุบางท่านมีการรักษาโรคประจำตัวและการใช้ยาตามกลุ่มอาการ/โรคที่เกิดขึ้นระหว่างวัน นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่เป็นผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรมารับประทานในแต่วันอีกด้วย ดังนั้นผู้สูงอายุควรได้รับการประเมินศักยภาพตนเองในด้านความรู้เรื่องสมุนไพร ทักษะติดต่อการใช้ยาสมุนไพร ซึ่งเป็นปัจจัยกำหนดพื้นฐานต่อพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง ตามหลักทฤษฎี KAP model ของชาร์ท (Schwartz, 1975) กล่าวคือ ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรม ทั้ง 3 ปัจจัยนี้เป็นตัวแปรกำหนดที่มีความสัมพันธ์กันทั้งในทางตรงและทางอ้อม โดยพฤติกรรมที่แสดงออกจะเป็นไปตามความรู้และทัศนคติของบุคคลนั้น ๆ จากการทบทวนวรรณกรรม

ของปรารณา เอนกปัญญากุล และคณะ (2563) ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพของประชาชนที่มีมารับบริการที่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ พบว่า มีความรู้เกี่ยวกับการใช้สมุนไพร อยู่ในระดับต่ำ มีความคิดเห็นด้วยต่อการใช้สมุนไพร อยู่ในระดับปานกลาง การเปิดรับสื่อภาพรวมอยู่ในระดับต่ำสำหรับปัจจัยด้านความรู้ ความคิดเห็น และการเปิดรับสื่อมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของวิริญา เมืองช้าง (2560) พบว่า พฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา อยู่ในระดับต่ำ โรคประจำตัวและระดับการศึกษามีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง

ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญในสภาวะที่ดีและพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุ จึงต้องการประเมินความรู้ความเข้าใจ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพร โดยเลือกพื้นที่ในจังหวัดสิงห์บุรี เพราะมีประชากรผู้สูงอายุสูงที่สุดของประเทศ โดยเฉพาะตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี (กรมกิจการผู้สูงอายุ สังกัดกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์, 2562) ไว้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนส่งเสริมการใช้ยาสมุนไพรอย่างถูกต้องเกิดความเชื่อมั่นในการดูแลสุขภาพตนเอง ลดความเสี่ยงจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์และสร้างทัศนคติที่ดีต่อการใช้สมุนไพร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี
2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional survey research)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 1,708 คน กลุ่มตัวอย่างได้จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากการใช้สูตรของแดเนียล (Daniel, 1995) ได้เท่ากับ 293 คน และการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multistage random sampling) ขั้นตอนแรกสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ในแต่ละหมู่บ้าน จำนวน 15 หมู่บ้าน ตามสัดส่วนของผู้สูงอายุ ขั้นตอนที่สอง สุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยการจับสลากรายชื่อของผู้สูงอายุในแต่ละหมู่บ้าน โดยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1) เป็นผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ตำบลทองเอน 2) มีการใช้ยาสมุนไพร 3) สามารถสื่อสารเข้าใจ และ 4) ยินดีให้ข้อมูลในการศึกษาวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ โรคประจำตัว รายได้ต่อเดือน จำนวน 6 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบทดสอบความรู้เรื่องสมุนไพรของผู้สูงอายุ จำนวน 15 ข้อ มีลักษณะการเลือกตอบ 2 ตัวเลือก คือ ถูกและผิด โดยเลือกเพียงคำตอบเดียวและมีเกณฑ์ให้คะแนนดังนี้ ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนนและตอบผิดได้ 0 คะแนน ซึ่งมีคะแนนรวมระหว่าง 0-15 คะแนน แล้วนำมาจัดระดับความรู้เป็น 3 ระดับ ตามเกณฑ์ของบรูม (Bloom, 1975) ดังนี้ ระดับดี (12-15 คะแนน) ระดับปานกลาง (9-11 คะแนน) และระดับไม่ดี (0-8 คะแนน)

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามเชิงบวกและเชิงลบ โดยลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ตามแบบของ Likert scale แบบสอบถามแต่ละข้อมีค่าคะแนนตั้งแต่ 1.00 – 5.00 คะแนน แปลผลค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 3.68 - 5.00	หมายถึง	มีทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับสูง
ค่าเฉลี่ย 2.34 - 3.67	หมายถึง	มีทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 2.33	หมายถึง	มีทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับต่ำ

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุ จำนวน 18 ข้อ โดยลักษณะเป็นแบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ตามแบบของ Likert scale แบบสอบถามแต่ละข้อมีค่าคะแนนตั้งแต่ 1.00 – 5.00 คะแนน แปลผลค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 3.68 - 5.00	หมายถึง	มีพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับสูง
ค่าเฉลี่ย 2.34 - 3.67	หมายถึง	มีพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 2.33	หมายถึง	มีพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับต่ำ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือวิจัยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน โดยคำนวณหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าระหว่าง 0.67 - 1.00 จึงนำไปทดสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษา จำนวน 30 คน แบบทดสอบความรู้ ทดสอบความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR-20 ได้ค่าเท่ากับ 0.75 แบบสอบถามทัศนคติและพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพร ทดสอบ

ความเชื่อมั่นโดยวิธีสัมประสิทธิ์ของแอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ได้ค่าเท่ากับ 0.71 และ 0.70 ตามลำดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ชี้แจงรายละเอียดในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ให้กับกลุ่มตัวอย่างทราบและ
2. ผู้วิจัยทำการสอบถามเก็บข้อมูล และรวบรวมแบบสอบถาม
3. ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามมาตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์และลงรหัสข้อมูล
4. นำแบบสอบถามมาวิเคราะห์ข้อมูล ลงโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ใช้สถิติเชิงวิเคราะห์ เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ ทัศนคติและพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพร โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-Square test) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient)

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย และระยะเวลาของการวิจัยพร้อมทั้งชี้แจงให้ทราบถึงสิทธิในการตอบรับ หรือปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้ โดยไม่มีผลต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน หากในระหว่างการศึกษาวิจัยกลุ่มตัวอย่างมีความประสงค์ขอลถอนตัวออกจากการศึกษาสามารถกระทำได้ทันที นอกจากนี้ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ถือว่าเป็นความลับ การนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ จะนำเสนอภาพรวม ไม่มีการเปิดเผยชื่อ นามสกุล และที่อยู่ของกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

1. ปัจจัยส่วนบุคคล

ผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 62.8 และเป็นเพศชาย ร้อยละ 37.2 มีอายุเฉลี่ย 70.4 ปี ระดับการศึกษาส่วนใหญ่จบประถมศึกษาหรือต่ำกว่า ร้อยละ 43.3 ประกอบอาชีพเป็นเกษตรกร ร้อยละ 38.6 ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 62.1 และรายได้ต่อเดือน น้อยกว่า 5,000 บาท ร้อยละ 53.6 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล (n = 293)

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	109	37.2
หญิง	184	62.8
อายุ (ปี)		
60-66	108	36.9
67-73	97	33.1
74-80	53	18.1
81-87	22	7.5
88 ขึ้นไป	13	4.4
อายุเฉลี่ย = 70.4 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 8.1 ปี ต่ำสุด = 60 ปี สูงสุด = 92 ปี		
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้เรียน	108	36.9
ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า	127	43.3
มัธยมศึกษาตอนต้น	34	11.6
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	14	4.8
ระดับอนุปริญญา/ปวส.	5	1.7
ปริญญาตรี	5	1.7
อาชีพ		
รับราชการ	6	2.0
พนักงานรัฐวิสาหกิจ	4	1.4
ค้าขาย	73	24.9
เกษตรกร	113	38.6
รับจ้างทั่วไป	58	19.8
แม่บ้านหรือไม่ได้ประกอบอาชีพ	39	13.3
โรคประจำตัว		
ไม่มี	182	62.1
มี	111	37.9

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล (n = 293) ต่อ

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
รายได้ต่อเดือน		
น้อยกว่า 5,000 บาท	157	53.6
5,001- 10,000 บาท	96	32.8
10,001 -15,000 บาท	27	9.2
มากกว่า 15,001 บาท	13	4.4

2. ความรู้เรื่องสมุนไพรของผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุโดยส่วนใหญ่มีความรู้เรื่องสมุนไพรอยู่ในระดับดี ร้อยละ 53.2 รองลงมาในระดับปานกลาง ร้อยละ 31.1 และระดับไม่ดี ร้อยละ 15.7 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุ จำแนกตามระดับความรู้เรื่องสมุนไพร (n=293)

ความรู้เรื่องสมุนไพร	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับดี	156	53.2
ระดับปานกลาง	91	31.1
ระดับไม่ดี	46	15.7

ค่าเฉลี่ย = 11.17 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 2.36 คะแนน ต่ำสุด = 3 คะแนน สูงสุด = 15 คะแนน

3. ทักษะการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุโดยส่วนใหญ่มีทักษะการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 82.3 รองลงมาในระดับสูง ร้อยละ 17.7 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุ จำแนกตามระดับทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพร (n=293)

ทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพร	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับสูง	52	17.7
ระดับปานกลาง	241	82.3

ค่าเฉลี่ย = 2.18 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.38 คะแนน ต่ำสุด = 2.57 คะแนน
สูงสุด = 4.64 คะแนน

4. พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุโดยส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 85.3 รองลงมา ระดับสูง ร้อยละ 14.7 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุจำแนกตามระดับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองรายข้อ (n=293)

พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพร ในการดูแลสุขภาพตนเอง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับสูง	43	14.7
ระดับปานกลาง	250	85.3

ค่าเฉลี่ย = 2.15 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.35 คะแนน ต่ำสุด = 2.53 คะแนน
สูงสุด = 4.68 คะแนน

5. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ พบว่าปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา อาชีพ โรคประจำตัว และรายได้ต่อเดือน ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง

6. ความสัมพันธ์ระหว่าง อายุ ความรู้ และทัศนคติกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง อายุ ความรู้ และทัศนคติกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง พบว่าอายุไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง ความรู้เรื่องสมุนไพรมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันระดับต่ำ ($r = 0.155$) ทัศนคติมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันระดับปานกลาง ($r = 0.496$) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง อายุ ความรู้ และทัศนคติกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง (n=293)

ตัวแปร	r	p	ระดับความสัมพันธ์
อายุ	0.029	0.623	ไม่มี
ความรู้	0.155	0.008*	ต่ำ
ทัศนคติ	0.496	< 0.001*	ปานกลาง

หมายเหตุ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ได้ ดังนี้

1. จากการศึกษาพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ ณ ตำบลทองเอน อำเภอนิคมบ่งบุรี จังหวัดสิงห์บุรี พบว่า พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.15$, S.D. = 0.35) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของภิกษณ์ วิจิณท์ (2562) ได้ศึกษาความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรของประชาชนบ้านหนองบัวศาลา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ผลการศึกษาพบว่าพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 90.74) เช่นเดียวกับงานวิจัยของโรสนานี เหมตระกูลวงศ์ และคณะ (2563) ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในเขตเทศบาลนครยะลา ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา พบว่าพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 66.1) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของสาโรจน์ เพชรธณี และคณะ (2564) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรของประชาชนชุมชนประตู่ช้างตก ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการวิจัย พบว่า พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรของประชาชนอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 84.6)

ทั้งนี้จากการตอบแบบสอบถามรายข้อด้านพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุส่วนใหญ่ พบว่า ไม่ได้คำนึงการเลือกใช้ยาสมุนไพรแม้ว่ายาสมุนไพรนั้นจะผ่านการรับรอง (อย.) และยืนยันสรรพคุณหรือไม่ ใช้จ่ายไม่ได้คำนึงถึงข้อดีและข้อเสียของการทานยาสมุนไพรควบคู่กับยาแผนปัจจุบัน ใช้ยาสมุนไพรตามคำแนะนำของคนในครอบครัว ญาติมิตรและคนสนิทและใช้ยาสมุนไพรตามสื่อโฆษณาต่าง ๆ นอกจากนี้ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีการปฏิบัติบางครั้งที่ถามที่ว่าท่านใช้ยาสมุนไพรเพราะไว้วางใจในภูมิปัญญาของบรรพบุรุษกับท่านใช้ยาสมุนไพรเป็นอันดับแรกเมื่อมีอาการเจ็บป่วย ซึ่งทำให้นโยบายภาครัฐนำโดยกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข ตามสโลแกนที่ว่า “เจ็บป่วยคราใด ใช้ยาไทย ก่อนไปพบแพทย์” นี้ยังต้องส่งเสริมและเผยแพร่การใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองอย่างต่อเนื่องให้

ประชาชนและผู้สูงอายุเชื่อมั่นไว้วางใจในสมุนไพรและภูมิปัญญาของบรรพบุรุษไทย สิ่งนี้เหล่านี้นสะท้อนให้เห็นว่า ผู้สูงอายุอาจขาดทักษะการลงมือปฏิบัติบางอย่างที่ทำให้ยังไม่วางใจและเชื่อมั่นในการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง

2. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุใน ตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี

ด้านความรู้เรื่องสมุนไพร จากข้อคำถามรายข้อทั้งหมดผู้สูงอายุจำนวนเกินครึ่งของกลุ่มตัวอย่างมีความรู้เรื่องสมุนไพรอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 11.17$, S.D. = 2.36) และมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำกับ พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p-value = 0.008, $r = 0.155$) โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ วิไลวรรณ ชัยณรงค์ (2554) ที่พบว่าความรู้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรเพื่อรักษาเบื้องต้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เช่นเดียวกับ งานวิจัยของปรารณา เอนกปัญญากุล และคณะ (2563) ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพของประชาชนที่มารับบริการในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าความรู้เกี่ยวกับการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองมีความสัมพันธ์ทางบวกระดับต่ำกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพที่ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ 0.001 ($r = 0.340$)

ทั้งนี้ความรู้เรื่องสมุนไพรไม่ได้มีผลมาจากระดับการศึกษาของกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ เห็นได้จากข้อมูล ปัจจัยส่วนบุคคลในเรื่องระดับการศึกษา พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่จบประถมศึกษาหรือต่ำกว่า (ร้อยละ 43.3) กล่าวได้ว่าความรู้เรื่องสมุนไพรอาจมาจากการประกอบอาชีพ เพราะผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร (ร้อยละ 38.6) ทำให้รู้จักสมุนไพรเป็นอย่างดีหรืออาจเป็นเพราะประสบการณ์ที่ได้เห็นได้รับรู้ตลอดการใช้ชีวิตของผู้สูงอายุ เช่น เคยเห็นคุณพ่อคุณแม่หรือคนรอบตัวใช้สมุนไพรมาก่อนในครั้งอดีต เป็นต้น ในช่วงสมัยก่อนจะหาซื้อยาแผนปัจจุบันนั้นมีความลำบากกว่าในปัจจุบันและมีราคาแพงกว่ายาสมุนไพร ทำให้ยาสมุนไพรเป็นทางเลือกหนึ่งของการดูแลสุขภาพป้องกันและรักษาโรค ซึ่งผู้สูงอายุหลายท่านคุ้นชินกับสมุนไพรมาช้านาน ส่งผลให้ความรู้เรื่องสมุนไพรอยู่ระดับดี อย่างไรก็ตามในทฤษฎีของกรีนและครูเธอร์ (Green & Kreuter, 1991) กล่าวว่า ความรู้เป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ส่งผลต่อพฤติกรรม แต่ยังไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางด้านสุขภาพ ได้ จึงจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ประสบการณ์ที่ได้รับที่ผ่านมาจะส่งผลต่อพฤติกรรมในปัจจุบัน เห็นได้จากงานวิจัยของชนิตา มัททวงกูร (2562) พบว่า ประสบการณ์การใช้สมุนไพรมีความสัมพันธ์กับ พฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง

ด้านทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพร อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.18$, S.D. = 0.38) และมีความสัมพันธ์ทางบวกระดับปานกลางกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p-value < 0.001, $r = 0.496$) โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของปัทมา ศิริวรรณ (2559) ที่พบว่า

ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 97.1) และสอดคล้องกับการศึกษาของ สุกิจ ไชยชมภู และคณะ (2555) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรรักษาโรคของประชาชนในเขต 11 กระทรวงสาธารณสุข ผลการศึกษาพบว่า ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรรักษาโรคมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรรักษาโรค ($p\text{-value} < 0.05$, $r = 0.703$) เช่นเดียวกับงานวิจัยของสันธิตาพร กลิ่นทอง (2559) พบว่าทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรรักษาโรคในชีวิตประจำวันมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรรักษาโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และการศึกษาของวิริยญา เมืองช้าง (2560) ซึ่งศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา พบว่า ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง ($p\text{-value} = 0.001$, $r = 0.161$)

เมื่อพิจารณาทัศนคติรายข้อพบว่าในข้อคำถามที่ผู้สูงอายุมีความเชื่อมากที่สุดคือ ต้องใช้ยาสมุนไพรเพื่อบรรเทาอาการ/รักษาเบื้องต้นต้องใช้ยาสมุนไพรในปริมาณมากจึงจะเห็นผลในการรักษา แต่ในความเป็นจริงการใช้ยาสมุนไพรจะถูกกำหนดปริมาณสารสำคัญแตกต่างกันไปแต่ละผลิตภัณฑ์ ตามการควบคุมของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุขและตามแพทย์ปัจจุบัน/แพทย์แผนไทยกำหนดให้ นอกจากนี้ยังมีมุมมองและทัศนคติรายข้ออื่น ๆ เช่น การใช้ยาสมุนไพรเพราะมีรูปแบบผลิตภัณฑ์/การโฆษณา/การแนะนำที่น่าสนใจ การนำสมุนไพรมาใช้รักษาเบื้องต้นมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและไม่สะดวก ด้วยเหตุนี้อาจส่งผลกระทบต่อระดับทัศนคติได้ เมื่อทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรระดับปานกลาง ทำให้พฤติกรรมการใช้สมุนไพรอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของกรีนและครูเธอร์ (Green & Kreuter, 1991) กล่าวว่าทัศนคติเป็นปัจจัยภายในหนึ่งที่กระตุ้นการแสดงออกทางพฤติกรรมของบุคคล

สรุป

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุในตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 293 คน จากการศึกษาพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 70.4 ปี ระดับการศึกษาส่วนใหญ่จบประถมศึกษาหรือต่ำกว่า ประกอบอาชีพเป็นเกษตรกร ไม่มีโรคประจำตัว และรายได้ต่อเดือนน้อยกว่า 5,000 บาท มีความรู้เรื่องสมุนไพรระดับดี มีทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพรระดับปานกลางและมีพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองระดับปานกลาง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง ได้แก่ ความรู้เรื่องสมุนไพร มีความสัมพันธ์ทางบวก ($r = 0.155$) และทัศนคติต่อการใช้ยาสมุนไพร มีความสัมพันธ์ทางบวก ($r = 0.496$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\text{-value} = 0.008$ และ < 0.001 ตามลำดับ) ในมุมมองของผู้วิจัยสำหรับความรู้ของผู้สูงอายุแม้ว่าจะอยู่ในระดับดี แต่กลับมี

ความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง แสดงว่าผู้สูงอายุต้องมีปัจจัยอื่นมากระทบส่งผลต่อพฤติกรรม โดยเห็นได้จากข้อมูลด้านทัศนคติต่อการใช้สมุนไพร เช่น ผู้สูงอายุมีความเชื่อว่าต้องใช้ยาสมุนไพรเพื่อบรรเทาอาการ/รักษาเบื้องต้นต้องใช้ยาสมุนไพรในปริมาณมากจึงจะเห็นผลในการรักษา การใช้ยาสมุนไพรเพราะมีรูปแบบผลิตภัณฑ์/การโฆษณา/การแนะนำที่น่าสนใจ การนำสมุนไพรมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและไม่สะดวก สิ่งนี้อาจเป็นผลทำให้พฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองอยู่ในระดับปานกลาง ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า มีความจำเป็นที่จะต้องส่งเสริมการจัดกิจกรรมให้ความรู้เรื่องการใช้สมุนไพรอย่างครอบคลุมและต่อเนื่อง แก่ไขความเข้าใจผิดที่เกิดจากตนเองและคนรอบข้าง สร้างทัศนคติที่ดีเกี่ยวกับการใช้ยาสมุนไพร เพื่อสร้างความเชื่อมั่นและลดความเสี่ยงจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ก่อให้เกิดประโยชน์ในสภาวะที่ดีแก่ผู้สูงอายุ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรนำผลการวิจัยพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเอง นำเสนอผ่านผู้นำชุมชน/ผู้บริหารท้องถิ่น ในการจัดทำโปรแกรมที่ช่วยส่งเสริมความรู้และสร้างทัศนคติที่ดีให้กับผู้สูงอายุในตำบลทองเอน อำเภอนิคมบ่งบุรี จังหวัดสิงห์บุรี เพื่อให้ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองดีขึ้นและสร้างความเชื่อมั่น ลดความเสี่ยงจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ให้เกิดประโยชน์ในสภาวะที่ดีของผู้สูงอายุแบบยั่งยืน
2. จัดทำคู่มือการใช้สมุนไพรแบบถูกวิธีและเข้าใจง่าย โดยเลือกสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ตามที่กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุขกำหนด
3. จัดอบรมให้ความรู้การใช้สมุนไพรทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติให้กับอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) เพื่อช่วยให้คำแนะนำและป้องกันความเสี่ยงจากการใช้ยาสมุนไพรเกินขนาดและเกินความจำเป็นให้กับกลุ่มผู้สูงอายุ

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษากับกลุ่มตัวอย่างอื่นเพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่หลากหลาย โดยนำผลวิจัยมาเป็นแนวทางในการวางแผนและดำเนินการจัดกิจกรรมให้ความรู้ด้านยาสมุนไพรแก่ประชาชนต่อไป
2. ควรศึกษาทฤษฎีหรือปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อกับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุ เช่น การเข้าถึงแหล่งบริการสุขภาพ สิทธิการรักษาพยาบาล
3. ควรมีการศึกษาเชิงลึกถึงพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุโยวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ เช่น การสนทนากลุ่ม หรือการสัมภาษณ์เจาะลึก เพื่อหาสาเหตุและปัจจัยที่แท้จริงอันจะนำไปสู่การส่งเสริมการใช้ยาสมุนไพรที่ถูกต้องและเหมาะสม
4. ควรมีการวิจัยเชิงทดลองโดยการพัฒนาโปรแกรมเพื่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรของผู้สูงอายุโดยใช้แนวคิดทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้สูงอายุตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทุกท่านที่ให้ความร่วมมือตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2562). สถิติผู้สูงอายุ ณ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562 แยกตามตำบล. สืบค้นจาก <http://www.dop.go.th/th/know/side/1/1/238>
- กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. (2562). รายงานประจำปี 2562 กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. สืบค้นจาก https://www.dtam.moph.go.th/E-Book/DTAM_Report_2562/DTAM_Report_2562.pdf
- ชนิดา มัททวงกูร, ขวัญเรือน กำวิตุ, สุธิดา ดีหนู, และสิริณัฐ สนิวรรณกุล. (2562). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรของประชาชนในเขตภาษีเจริญ. วารสารพยาบาลศาสตร์มหาวิทยาลัยสยาม, 20(39), 99-109.
- ปัทมา ศิริวรรณ. (2559). ความรู้ ทักษะ การรับรู้ และการใช้ยาสมุนไพรของผู้ให้บริการและผู้รับบริการในโรงพยาบาลแม่ทา อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน. การค้นคว้าอิสระหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสร้างเสริมสุขภาพ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ปรารธนา เอนกปัญญากุล, และศศิณีภา ศรีกัลยานิวัต. (2557). ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการทำวิจัยของบุคลากร คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. Naresuan Phayao Journal, 7(3), 275-285.
- ภิญญ์ วิจิณทิก. (2562). ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรของประชาชน บ้านหนองบัวศาลา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. วารสารวิชาการสาธารณสุข, 28(2), 245-253.
- โรสนานี เหมตระกูลวงศ์, กิตติพร เนาว์สุวรรณ, และจิราพัชร พลอยนิลเพชร. (2563). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในเขตเทศบาลนครยะลา ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา. รายงานการประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติครั้งที่ 11, 17 กรกฎาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยมหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.
- วิไลวรรณ ชัยณรงค์. (2554). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในเขต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิริญญา เมืองช้าง. (2560). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา. วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สัณฐิตาพร กลิ่นทอง. (2560). พฤติกรรมการใช้สมุนไพรรักษาโรคของประชาชนในจังหวัดเพชรบุรี. รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 7 “สหวิทยาการ สู่ไทยแลนด์4.0”, 15 กรกฎาคม 2560 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

- สุกิจ ไชยชมภู, พูนสุข ช่วยทอง, วิราสิริ วีสิริสิริ, และสุนันท์ ศลโกสม. (2555). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ยาสมุนไพรรักษาโรค ของประชาชนในเขต 11 กระทรวงสาธารณสุข. **วารสารเกื้อการณ์**, 19(2), 60-74.
- สาโรจน์ เพชรมณี, จินตนา เพชรมณี, ศิราสรณ์ บรรจงเกลี้ยง, อัจฉรา ศรีแสง, และศรัณญา สีทอง. (2564). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรของประชาชน ชุมชนประตู่ช้างตก ตำบลไทยบุรี อำเภอดำรงวิทยารัษฎานุบำรุง จังหวัดนครศรีธรรมราช. **วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สุพรรณบุรี**, 4(2), 5-22.
- Green, L. W. & Kreuter, M.W. (1991). **Health Promotion Planning An Educational and Environment Approach**. California: Mayfield Publishing.
- Bloom, Benjamin S. J. (1975). **Taxonomy of education objective, hand book1: Cognitive domain**. New York: David Mckay.
- Daniel, W. W. (1995). **Biostatistics: A foundation for analysis in health sciences**. New York: John Wiley.
- Schwartz, N. E. (1975). Nutritional knowledge, attitudes, and practices of high school graduates. **Journal of the American Dietetic Association**, 66(1), 28-31.

ตัวแบบการพยากรณ์ราคาอย่างพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี

อรวรรณ สืบเสน^{1*} ศุภชัย คำคำ²

Received : May 19, 2022

Revised : August 27, 2022

Accepted : August 30, 2022

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ 1) เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ราคาอย่างพาราจังหวัดสุราษฎร์ธานี และ 2) เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคาอย่างพารา 3 วิธี โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 8 จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 จำนวน 188 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง และวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซซ์ เจนกินส์ โดยใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุดเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์ ผลจากการศึกษาพบว่าวิธีการพยากรณ์ทั้งหมด 3 วิธี ประกอบด้วยวิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง และวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซซ์ เจนกินส์ โดยตัวแบบการพยากรณ์ราคาอย่างพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานีที่เหมาะสมที่สุดคือ วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซซ์ เจนกินส์ ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ตัวแบบการพยากรณ์ที่ได้คือ $y_t = -0.32 + y_{t-1} - 0.69\mathcal{E}_{t-1} - 0.150\mathcal{E}_{t-2} + \mathcal{E}_t$

คำสำคัญ: ยางพารา วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง วิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซซ์ เจนกินส์ สุราษฎร์ธานี

¹ อาจารย์หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

อีเมล: orawan.sue@sru.ac.th

² อาจารย์หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

อีเมล: supachai_dd@hotmail.com

*ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: orawan.sue@sru.ac.th

FORECASTING MODEL FOR RUBBER PRICES IN SURAT THANI PROVINCE

Orawan Suebsen^{1*} Supachai Damkam²**Abstract**

The purpose of this research were 1) to construct the most suitable forecasting model for rubber prices in Surat Thani province and 2) to compare 3 methods of forecasting rubber prices based on 188 values of rubber prices gathered from the 8th Regional Office of Agricultural Economics, Surat Thani province, from January, 2004 to August, 2019. The methods used for constructing the forecasting model included Least-Square Method, Triple Exponential Smoothing Method, and Box – Jenkins Method. The criteria of minimum mean absolute percentage error was used to compare the accuracy of forecasts. The results of the study showed that among the three forecasting methods included the Least-Square Method, Triple Exponential Smoothing Method, and Box Jenkins Method; the most suitable and effective model for forecasting rubber prices in Surat Thani was Box Jenkins Method, with the forecasting model:

$$y_t = -0.32 + y_{t-1} - 0.69\epsilon_{t-1} - 0.150\epsilon_{t-2} + \epsilon_t$$

Keywords: Rubber, Triple Exponential Smoothing Method, Least-Square Method, Box – Jenkins Method, Surat Thani

¹ Lecturer of Science Program in Mathematics, Faculty of Science and Technology, Surat Thani Rajabhat University, e-mail : orawan.sue@sru.ac.th

² Lecturer of Science Program in Mathematics, Faculty of Science and Technology, Surat Thani Rajabhat University, e-mail : supachai_dd@hotmail.com

* Corresponding author, e-mail : orawan.sue@sru.ac.th

บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ที่ก่อให้เกิดทั้งการจ้างงานและการกระจายรายได้ ผลผลิตจากยางพารายังเป็นสินค้าที่มีส่วนสร้างความสะดวกสบาย สามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารบ้านเรือน ใช้ทำเครื่องเฟอร์นิเจอร์ ใช้ทำพื้น เมาถ่าน และถังบรรจุสินค้า ยางพาราก็กลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และมีการผลิตเป็นอันดับหนึ่งของโลก (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2561) ประเทศไทยส่งออกยางพาราเป็นอันดับ 1 ของโลก สามารถทำรายได้เข้าประเทศได้กว่า 4 แสนล้านบาทต่อปี โดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของวัตถุดิบแปรรูปขั้นต้น เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และน้ำยางข้น หากชาวสวนยางพาราพัฒนาการผลิตยางพาราให้มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำยาง ซึ่งเป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ยางชนิดต่าง ๆ จะเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้อย่างยั่งยืน ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางทั้งสิ้น 18,761,231 ไร่ ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเป็นอันดับหนึ่งของสุราษฎร์ธานี พื้นที่ปลูกยางพาราทั้งจังหวัดประมาณ 1,512,998 ไร่ เป็นยางพันธุ์พื้นเมืองประมาณ 19,555 ไร่

จากปัญหาราคายางตกต่ำทำให้บริษัทร่วมทุนยางพาราระหว่างประเทศ คือ อินโดนีเซียและมาเลเซีย ซึ่งเป็นประเทศผู้ผลิตยางรายใหญ่ของโลกทั้งสามประเทศตกลงให้แต่ละประเทศลดปริมาณการผลิตยางพารา 4% ต่อปี และลดปริมาณการส่งออกยางพารา 10% ต่อปี (การยางแห่งประเทศไทย, 2561) เนื่องจากการส่งออกของไทยที่ลดลง การท่องเที่ยวที่ชะลอตัวลง โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวจีนที่ปรับตัวลดลงอย่างมากจากการทำสงครามทางการค้าระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีน จนเป็นเหตุให้เศรษฐกิจจีนชะลอตัวและทำให้รายได้ต่อหัวของจีนลดลง ราคาตลาดกลางยางพารา ยางแผ่นดิบอยู่ที่ 37.81 บาท/กิโลกรัม ยางแผ่นรมควันอยู่ที่ 40.14 บาท/กิโลกรัม ส่วนราคาประมูล ณ ตลาดกลางยางพารา ราคายางแผ่นดิบเฉลี่ยอยู่ที่ 37.99 บาท/กิโลกรัม ราคา ยางแผ่นรมควันเฉลี่ยอยู่ที่ 40.41 บาท/กิโลกรัม เนื่องจากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น จึงนำไปสู่ความสนใจของผู้วิจัยที่จะสร้างตัวแบบพยากรณ์ราคายางพาราของจังหวัดสุราษฎร์ธานี ของราคายางพาราแผ่นดิบชั้น 3 เพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการวางแผนการปลูกการผลิตและส่งออกยางพารา ซึ่งจะส่งผลต่อการตัดสินใจ การบริหาร การจัดการด้านความเสี่ยงต่าง ๆ เพื่อพัฒนาคุณภาพปริมาณยางพาราให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น ตรงกับความต้องการของตลาดโลก และยังช่วยในการประเมินคาดการณ์ราคายางพาราล่วงหน้าได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ราคายางพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี
2. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคายางพารา 3 วิธี ได้แก่ วิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least-square method) วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง (Triple exponential smoothing method) และวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box – jenkins method)

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ราคาอย่างพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี เก็บรวบรวมข้อมูลโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขตที่ 8 จังหวัดสุราษฎร์ธานี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขตที่ 8 จังหวัดสุราษฎร์ธานี, 2561) ซึ่งลักษณะของข้อมูลเป็นอนุกรมเวลารายเดือน โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 รวมทั้งสิ้นจำนวน 188 ค่า มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาพิจารณาในเบื้องต้นว่าอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะใด โดยนำข้อมูลที่ได้ไปพล็อตกราฟพิจารณาจากกราฟ (ยุทรพล สกุลหลง, 2559) เพื่อความเหมาะสมของการเลือกใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

2. ทดสอบแนวโน้มและฤดูกาลของชุดข้อมูล

3. สร้างตัวแบบพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง และวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์ เจนกินส์ โดยใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute percentage error: MAPE)

การพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบ จัดเป็นวิธีการพยากรณ์ที่เก่าแก่ที่สุด วิธีการวิเคราะห์ คือการนำข้อมูลอนุกรมเวลาชุดหนึ่งมาแยกออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ค่าแนวโน้ม ค่าความผันแปรตามฤดูกาล ความผันแปรตามวัฏจักร และความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ซึ่งข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุดไม่จำเป็นต้องมีส่วนประกอบครบ 4 ส่วนเสมอไป หากต้องการทราบว่าอนุกรมเวลามีส่วนประกอบใดบ้าง วิธีการง่ายและรวดเร็วที่สุด คือ การนำข้อมูลอนุกรมเวลาดังกล่าวไปพล็อตกราฟ แต่เนื่องจากวิธีการดังกล่าวให้ผลลัพธ์ที่คลุมเครือ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรู้ประสบการณ์ และการตัดสินใจของผู้พยากรณ์ด้วย ดังนั้น เพื่อความถูกต้อง ชัดเจน และเป็นที่เข้าใจตรงกัน จึงใช้วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบแยกส่วน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2556)

ถ้าพบว่าข้อมูลมีส่วนประกอบแนวโน้มจะทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบแนวโน้ม โดยการหาสมการเส้นแนวโน้ม ด้วยวิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least-square method) เพราะเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในการหาสมการแนวโน้ม ทำได้โดยการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ วิธีนี้ผู้สร้างหรือผู้พยากรณ์ไม่จำเป็นต้องมีประสบการณ์มาก่อนเพียงแต่ผู้สร้างหรือผู้พยากรณ์จะต้องตัดสินใจในการเลือกตัวแบบ (สมการแนวโน้ม) และมีจำนวนข้อมูลมากพอที่จะใช้ในการวิเคราะห์ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเป็นวิธีการหาค่าแนวโน้มที่ให้ผลรวมของผลต่างระหว่างค่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ (Y) กับค่าแนวโน้ม ($\hat{Y}$) ยกกำลังสอง หรือค่ากำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนที่วัดตามแนวตั้งฉากของข้อมูล ไปยังเส้นแนวโน้มรวมกันจะมีค่าน้อยที่สุดหรือ $\sum (Y_t - \hat{Y}_t)^2$ มีค่าน้อยที่สุด (least-square method) การจะทราบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดใดมีแนวโน้มในลักษณะใด วิธีการหนึ่งให้นำข้อมูลดังกล่าวมาเขียนเป็นแผนภาพการกระจาย (Scatter diagram) ซึ่งก็พอจะรู้ว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้มในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น แนวโน้มแบบเส้นตรง (Linear trend) แนวโน้มแบบพาราโบลา (Parabola trend) โพลีโนเมียลกำลังสอง (Degree polynomial) เป็นต้น ข้อดีของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดคือ ค่าแนวโน้มที่

ได้จะเป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของอนุกรมเวลาชุดนั้น เพราะผลรวมของผลต่างระหว่างค่าจริง (Y) กับค่าแนวโน้ม ($\hat{Y}$) ยกกำลังสองมีค่าน้อยกว่าวิธีการอื่น ๆ อีกประการหนึ่งวิธีกำลังสองน้อยที่สุดสามารถใช้หาสมการแนวโน้มแบบใดก็ได้ เช่น แนวโน้มแบบเส้นตรง หรือเส้นโค้ง หลักการสร้างสมการแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดนั้น ต้องประมาณค่าคงที่ในสมการแนวโน้ม ($\hat{Y}$) จากคุณสมบัติกำลังสองน้อยที่สุด (least-square error) จะได้ว่า

$$\sum (Y_i - \hat{Y}_i) \text{ มีค่าน้อยที่สุดการที่จะให้ } \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \text{ มีค่าน้อยที่สุด จะทำได้โดยการหาอนุพันธ์ย่อย (Partial derivative) เทียบกับค่าคงที่ในสมการแนวโน้ม และให้ผลจากการหาอนุพันธ์ย่อยเท่ากับศูนย์ซึ่งจะได้สมการที่มีจำนวนเท่ากับค่าคงที่ สมการนี้เราเรียกว่าสมการปกติ (Normal equation) ดังนั้นได้สมการปกติที่ใช้ประมาณค่าคงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าสมการแนวโน้ม ($\hat{Y}$) สมการแนวโน้มที่เป็นสมการเส้นตรงและรูปสมการคือ } \hat{Y} = a + bX$$

เมื่อ a และ b เป็นค่าคงที่

วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Brown's one parameter quadratic method) วิธีการนี้เหมาะกับข้อมูลที่มีลักษณะแนวโน้มแบบสมการกำลังสอง (Quadratic form) และไม่มีความผันแปรตามฤดูกาล เหมาะสมกับการพยากรณ์ในระยะสั้นจนถึงปานกลาง สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มแบบสมการกำลังสองมีตัวแบบเป็น (ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์ , 2556)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 \frac{t^2}{2} + \varepsilon_t \quad (1)$$

เมื่อ Y_t คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t
 β_0, β_1 และ β_2 คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ
 ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

ค่าของ β_0, β_1 และ β_2 ในตัวแบบนั้นเป็นค่าพารามิเตอร์ซึ่งไม่ทราบค่าจึงต้องทำการประมาณด้วยค่า a, b และ c การพยากรณ์ด้วยวิธีการนี้ค่าของ a, b และ c จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าข้อมูล (Y_t) และค่าคาบเวลา t สำหรับสูตรที่ใช้ในการพยากรณ์มีดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t(m) + \frac{c_t}{2} + (m)^2 \quad (2)$$

โดยที่ $\hat{Y}_{t+m}$ คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t
 a_t, b_t และ c_t คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ β_0, β_1 และ β_2 ณ เวลา t
 m คือ จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า

วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์ เจนกินส์ (Box – jenkins method) เป็นวิธีที่ยุ่งยากและซับซ้อนที่สุดในบรรดาวิธีการพยากรณ์ทั้งหมด แต่วิธีนี้จะให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำสูงและสามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวทุกประเภท จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์ เจนกินส์ (Box –

jenkins method) ควรมีอย่างน้อย 30 รายการ หรือ 30 ค่าขึ้นไป วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box – jenkins method) จะแบ่งข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็น 2 ประเภท คือ (สมเกียรติ เกตุเอี่ยม, 2548)

กำหนดตัวแบบ เป็นการหาตัวแบบที่คาดว่าจะเหมาะสมให้กับอนุกรมเวลาโดยพิจารณาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนที่ได้จากข้อมูลอนุกรมเวลา (r_k และ r_{kk}) กับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของแต่ละตัวแบบ (ρ_k และ ρ_{kk}) เนื่องจากต้อง พิจารณาค่า r_k, r_{kk}, ρ_k และ ρ_{kk} พร้อมกันหลายๆ ค่าจึงมักพิจารณาจากรูปที่เรียกว่า คอเรโลแกรม (Correlogram) ที่ได้จากการพล็อต r_k, r_{kk} เทียบกับ K ดังนั้น การพิจารณาเปรียบเทียบจะเป็นการเปรียบเทียบคอเรโลแกรมของ r_k กับ ρ_k และคอเรโลแกรมของ r_{kk} กับ ρ_{kk} ต่างกัน อนุกรมเวลาที่จะนำมากำหนดตัวแบบจะต้องเป็นอนุกรมเวลาเสถียรเท่านั้น หากไม่เป็นอนุกรมเวลาเสถียรให้แปลงอนุกรมเวลาที่เป็นเสถียรสามารถกระทำโดยวิธีการดังต่อไปนี้

(ก) การหาผลต่าง (Regular differencing) ใช้ในกรณีที่อนุกรมเวลาเดิมมีอิทธิพลของแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยที่ d เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างแนวโน้ม

(ข) การหาผลต่างฤดูกาล (Seasonal differencing) ใช้ในกรณีที่อนุกรมเวลาเดิมมีอิทธิพลของความผันแปรตามฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยที่ D เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างฤดูกาล

(ค) การหาผลต่างและผลต่างฤดูกาลใช้ในกรณีที่อนุกรมเวลาเดิมมีอิทธิพลของความผันแปรตามฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยที่ d เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างแนวโน้มและ D เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างฤดูกาล

เนื่องจากข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มครั้งนี้เป็นอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลของแนวโน้มและความผันแปรตามฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ตัวแบบที่ใช้คือ SARIMA (p,d,q)(P,D,Q)₁₂

โดยที่ p คือ อันดับของ AR หรือจำนวนพารามิเตอร์ (ϕ) ในตัวแบบ

d คือ จำนวนครั้งที่หาผลต่างเพื่อทำให้อนุกรมเวลาที่ไม่เป็นเสถียรเป็นอนุกรมเวลาที่เป็นเสถียร

q คือ อันดับของ MA หรือจำนวนพารามิเตอร์ (θ) ในตัวแบบ

P คือ อันดับของ SAR หรือจำนวนพารามิเตอร์ (ϕ_L) ในตัวแบบ

D คือ จำนวนครั้งที่หาผลต่างฤดูกาลเพื่อทำให้อนุกรมเวลาที่ไม่เป็นเสถียรเป็นอนุกรมเวลาที่เป็นเสถียร

Q คือ อันดับของ SMA หรือจำนวนพารามิเตอร์ (θ_L) ในตัวแบบ

L คือ จำนวนฤดูกาลต่อปี เมื่อ L = 12, 24, 36,...

การเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์

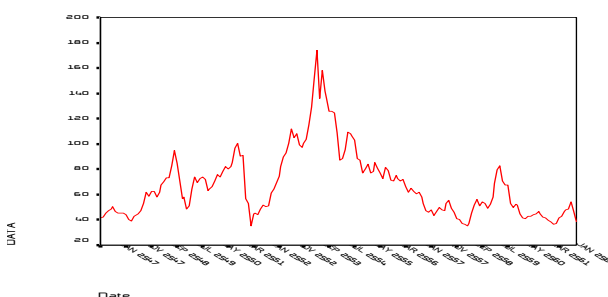
การวิจัยครั้งนี้คัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาราคายางพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute percentage error : MAPE) เป็นการวัดความแม่นยำจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าข้อมูลจริงโดยไม่คิดเครื่องหมายค่า MAPE เป็นค่าวัดความแม่นยำที่ไม่มีหน่วย จึงเหมาะที่จะใช้กับการเปรียบเทียบอนุกรมเวลาหลายชุดเมื่อใช้วิธีการพยากรณ์เดียวกันหรือเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์หลายวิธีเมื่อใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{Y_i} \right|}{n} \times 100$$

จากนั้นนำค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีมาเปรียบเทียบว่าการพยากรณ์โดยวิธีใดให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดเป็นวิธีที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ที่สุด (Makridakis et al., 1997)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา (ชม ปานตา, และยุภาวดี สำราญฤทธิ์, 2560) จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาข้อมูลชุดนี้จะประกอบด้วย แนวโน้ม (T) และความผันแปรตามฤดูกาล (S) ดังนั้น เพื่อความถูกต้อง ชัดเจน และเป็นที่ยอมรับตรงกัน จึงใช้ทดสอบส่วนประกอบของแนวโน้ม



ภาพที่ 1 กราฟแสดงลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาราคายางพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562

2. ทดสอบส่วนประกอบของแนวโน้ม

ใช้วิธีการทดสอบแบบวิ่ง (Run tests) เป็นการทดสอบว่าข้อมูลที่เก็บมามีลักษณะสุ่ม (Randomization) หรือไม่ เงื่อนไขการทดสอบแบบวิ่งคือตัวอย่างที่เก็บมาจะต้องมาจากประชาชนชุดเดียวกัน และเป็นอิสระต่อกัน จากหลักการสำคัญข้างต้นจึงนำการทดสอบแบบวิ่งมาใช้ทดสอบว่าอนุกรมเวลามีส่วนประกอบแนวโน้มหรือไม่ เนื่องจากถ้าอนุกรมเวลามีส่วนประกอบแนวโน้ม อนุกรมเวลาดังกล่าวจะไม่มีลักษณะสุ่ม ในทางตรงกันข้ามถ้าอนุกรมเวลาไม่มีส่วนประกอบแนวโน้ม อนุกรมเวลาจะมีลักษณะสุ่ม

การใช้การทดสอบแบบวิ่งจะต้องมีจุดอ้างอิง ซึ่งส่วนมากนิยมใช้มัธยฐานเพื่อคว่ำว่ามีจำนวนข้อมูลที่มากกว่าหรือต่ำกว่ามัธยฐานอยู่เท่าใด ถ้ามีจำนวนข้อมูลที่มีค่ามากกว่าและน้อยกว่ามัธยฐานเป็นจำนวนเท่ากัน ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้จะมีลักษณะสุ่ม โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้ (ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์ , 2556)

ขั้นตอนที่ 1 เรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปมากเพื่อหาค่ามัธยฐาน ค่ามัธยฐาน คือค่าของข้อมูลที่อยู่ตำแหน่งกึ่งกลางของข้อมูลทั้งหมดเมื่อเรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปหามาก หรือมากไปหาน้อย **วิธีคิด** จากข้อมูลทั้งหมดมี 188 ค่า ดังนั้น ข้อมูลที่อยู่กึ่งกลางคือ ข้อมูลที่ 94 และ 95 มีค่าเป็น 61.75 สรุปว่า ได้ค่ามัธยฐานเท่ากับ 61.75

ขั้นตอนที่ 2 ให้เครื่องหมาย + แก่ข้อมูลที่มีค่ามากกว่า มัธยฐาน หรือค่ากลางตัวอื่น ๆ และให้เครื่องหมาย - แก่ข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่า มัธยฐาน

ขั้นตอนที่ 3 นับจำนวนชุดของข้อมูลที่มีเครื่องหมายเดียวกันที่หน้าหน้าและตามหลังด้วยเครื่องหมายที่ต่างกัน ซึ่งเรียกว่า run **วิธีคิด** นับค่า run ได้ทั้ง เท่ากับ 17 run

ขั้นตอนที่ 4 ตั้งสมมติฐาน

H_0 : ข้อมูลมีลักษณะสุ่ม (อนุกรมเวลาไม่มีส่วนประกอบแนวโน้ม)

H_1 : ข้อมูลไม่มีลักษณะสุ่ม (อนุกรมเวลามีส่วนประกอบแนวโน้ม)

ขั้นตอนที่ 5 สถิติที่ใช้ทดสอบ $Z = \frac{R-E(R)}{S(R)}$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าจะได้} \quad Z &= \frac{17 - \frac{188}{2}}{\sqrt{\frac{188-1}{4}}} \\ Z &= -11.26 \end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 6 สรุป การทดสอบแบบวิ้งจะเป็นการทดสอบแบบสองทาง ดังนั้นบริเวณปฏิเสธ คือ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้บริเวณปฏิเสธ $Z < -1.96$ และ $Z > 1.96$ เนื่องจาก Z_{cal} อยู่ในบริเวณปฏิเสธ จึงสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาดังกล่าว มีส่วนประกอบแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. สร้างตัวแบบการพยากรณ์

เมื่อทราบข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนของราคายางพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีส่วนประกอบอนุกรมเวลาของแนวโน้มและไม่มีความผันแปรตามฤดูกาล จึงเลือกวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least-square method) วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง (Triple exponential smoothing method) และวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์ เจนกินส์ (Box – jenkins method)

3.1 วิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least-square method)

เมื่อทราบแล้วว่า อนุกรมเวลามีส่วนประกอบของแนวโน้ม ดังนั้นจึงสามารถสร้างสมการแนวโน้มโดยการหาสมการเส้นแนวโน้ม ด้วยวิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least-square method) สมการแนวโน้มที่เป็นสมการเส้นตรงและรูปสมการคือ $\hat{Y} = a + bX$ เมื่อ a และ b เป็นค่าคงที่ จากตารางที่ 1 ได้สมการเส้นแนวโน้มวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ดังนี้

$$\text{สมการพยากรณ์ } \hat{Y}_t = (75.985 - 0.090X_t) \quad (3)$$

โดยที่ X_t เป็นหน่วยเวลาของข้อมูล ณ เวลา t

จุดกำเนิด 1 มกราคม พ.ศ. 2547

ตารางที่ 1 สร้างสมการแนวโน้มโดยการหาสมการเส้นแนวโน้มวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least-square method)

	Coefficients				
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
Case Sequence	-.090	.035	-.186	-2.586	.010
(Constant)	75.985	3.793		20.031	.000

3.2 วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง (Triple exponential smoothing method)

วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง เหมาะกับข้อมูลที่มีลักษณะแนวโน้มแบบสมการกำลังสอง และไม่มีควมผันแปรตามฤดูกาล นอกจากนี้ยังเหมาะสมกับการพยากรณ์ในระยะสั้นจนถึงปานกลาง สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มแบบสมการกำลังสองโดยมีตัวแบบ ดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = 41.7524_t + 0.001596_t(m) + \frac{0.00002_t}{2} + (m)^2 \quad (4)$$

โดยที่ $\hat{Y}_{t+m}$ คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t
 41.7524_t คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ β_0 ณ เวลา t
 0.001596_t คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ β_1 ณ เวลา t
 0.00002_t คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ β_2 ณ เวลา t
 m คือ จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า

ขั้นตอนการคำนวณ กำหนด $\alpha = 0.03$, $1 - \alpha = 0.97$ และ $E'_1 = E''_1 = E'''_1 = Y_1 = 41.70$

จากสูตร $E'_1 = \alpha Y_t + (1 - \alpha)E'_{t-1}$

หาค่า

$$\begin{aligned} E'_2 &= \alpha Y_2 + (1 - \alpha)E'_{t-1} \\ &= (0.03)(42.30) + (0.97)(41.70) = 41.718 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E'_3 &= \alpha Y_3 + (1 - \alpha)E'_2 \\ &= (0.03)(45.51) + (0.97)(41.718) = 41.8318 \end{aligned}$$

จากสูตร $E''_t = \alpha E'_t + (1 - \alpha)E'_{t-1}$

หาค่า

$$\begin{aligned} E''_2 &= \alpha E'_2 + (1 - \alpha)E'_1 \\ &= (0.03)(41.718) + (0.97)(41.70) = 41.7005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E''_3 &= \alpha E'_3 + (1 - \alpha)E''_2 \\ &= (0.03)(41.8318) + (0.97)(41.7005) = 41.7044 \end{aligned}$$

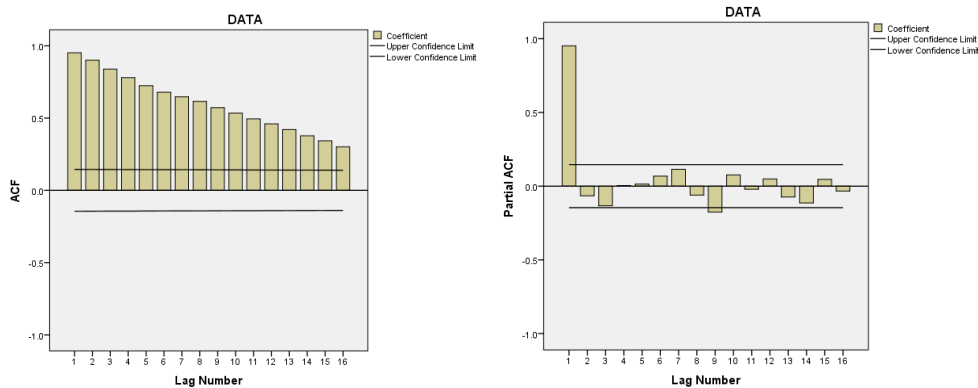
จากสูตร

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1 - \alpha)^2} [(6 - 5\alpha)E'_t - (10 - 8\alpha)E''_t + (4 - 3\alpha)E'''_t]$$

จากสูตร $c_t = \frac{\alpha^2}{(1 - \alpha)^2} [E'_t - 2E''_t + E'''_t]$

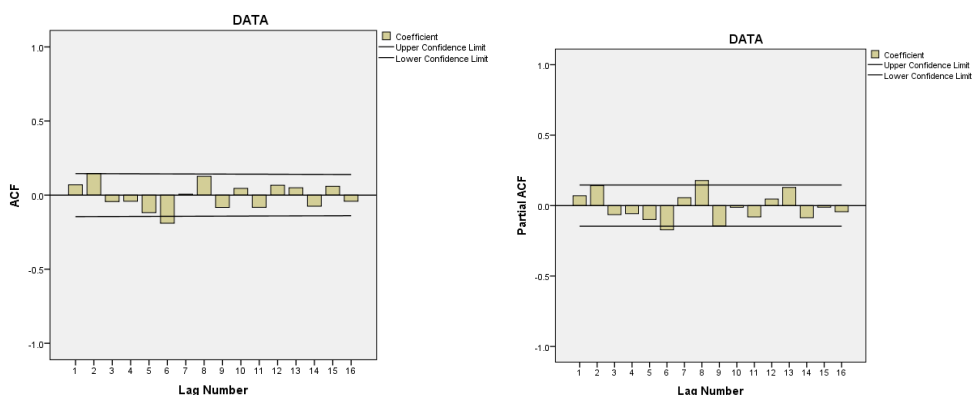
3.3 วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์ เจนกินส์ (Box - jenkins method)

จากกราฟ ACF และ PACF ดังภาพที่ 2 พบว่าอนุกรมเวลายังไม่คงที่ เนื่องจากมีส่วนประกอบของแนวโน้ม ทำให้กราฟ ACF มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองลดลงอย่างช้า ๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 ได้ โดยการกำหนดให้ $D = 1$ หรือจำนวนครั้งที่หาผลต่างเท่ากับ 1



ภาพที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลา

จากกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลแล้วจะแสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งพบว่าอนุกรมเวลามีลักษณะคงที่ ข้อมูลอนุกรมเวลาดังกล่าวปราศจากอิทธิพลของแนวโน้มแล้ว กล่าวคืออนุกรมเวลาดังกล่าวเป็นสเตชันนารีแล้ว แต่เนื่องจากอนุกรมเวลาเดิมมีอิทธิพลของแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงกำหนดตัวแบบในรูป ARIMA(p, d, q)



ภาพที่ 3 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลา เมื่อแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1

เมื่อได้มีการตัดแปลงอนุกรมเวลาดังกล่าวด้วยวิธีการหาผลต่างแนวโน้มแล้วได้ แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาดังกล่าวปราศจากอิทธิพลของแนวโน้มแล้ว กล่าวคืออนุกรมเวลาดังกล่าวเป็นสเตชันนารีแล้ว แต่เนื่องจากอนุกรมเวลาเดิมมีอิทธิพลของแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงกำหนดตัวแบบในรูป ARIMA(p, d, q) การกำหนดตัวแบบจะใช้ผลจากการวิเคราะห์ ARIMA ดังนั้นตัวแบบที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้คือ ARIMA (0, 1, 2) เป็นตัวแบบที่ดีที่สุด เนื่องจากตัวแบบ ARIMA (0, 1, 2) มีค่า BIC ต่ำที่สุด ดังนั้น ซึ่งรูปแบบโดยทั่วไปของ ARIMA (p, d, q) มีสมการเป็น (Hyndman et al., 2021)

$$(1 - B)^d (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \phi_3 B^3 - \dots - \phi_p B^p) y_t = \theta_0 + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t \quad (5)$$

เมื่อ B เรียกว่า backshift โดยที่ $B^p y_t = y_{t-p}$ และ $B^p \varepsilon_t = \varepsilon_{t-p}$

θ_0 คือค่าคงที่

ϕ_i คือค่าพารามิเตอร์ ของ AR ตัวที่ i, i = 1, 2, 3, ..., p

θ_i คือค่าพารามิเตอร์ ของ MA ตัวที่ i, i = 1, 2, 3, ..., p

ดังนั้นจะได้สมการเป็น

$$y_t = \theta_0 + y_{t-1} - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \varepsilon_t \quad (6)$$

ดังนั้นค่าประมาณที่ได้ คือ $\hat{\theta}_1 = -0.69$ และ $\hat{\theta}_2 = -0.150$ และ $\hat{\theta}_0 = -0.32$ เมื่อแทนค่าลงไปในการพยากรณ์จะได้

$$y_t = -0.32 + y_{t-1} - 0.69\mathcal{E}_{t-1} - 0.150\mathcal{E}_{t-2} + \mathcal{E}_t \quad (7)$$

4. การตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์

การตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ตรวจสอบโดยใช้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute percentage error : MAPE) จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่า MAPE จากแต่ละวิธีการพยากรณ์

วิธีการพยากรณ์	Σ	MAPE
1. วิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	5826.9560	30.9945
2. วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง	4444.2861	23.6398
3. วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์ เจนกินส์	1384.1182	7.3623

จากตารางที่ 2 แสดงค่า MAPE จากแต่ละวิธีการพยากรณ์ พบว่าวิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด มีค่า MAPE เท่ากับ 30.9945 วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง มีค่า MAPE เท่ากับ 23.6398 และวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์ เจนกินส์ มีค่า MAPE 7.3623 จากข้อมูลสรุปได้ว่าค่า MAPE ของวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์ เจนกินส์ มีค่าน้อยที่สุด ดังนั้นวิธีการที่เหมาะสมกับข้อมูลทางพาราซุติมากที่สุดคือ วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์ เจนกินส์

อภิปรายผล

ผลจากการศึกษาเรื่องตัวแบบการพยากรณ์ราคาของพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า ตัวแบบการพยากรณ์โดยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์ เจนกินส์ มีความแม่นยำมากที่สุด เนื่องจากค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้เปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบในการพยากรณ์ โดยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์ เจนกินส์ มีค่า MAPE ต่ำที่สุดทำให้ตัวแบบการพยากรณ์ราคาของพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ด้วยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์ เจนกินส์ มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรารัณดา กิรติวิบูลย์ (2558) ได้ศึกษาการพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายเบียร์ในประเทศไทย วัดอุปสงค์เพื่อสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาการพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายเบียร์ในประเทศไทย ใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) พบว่าวิธีที่มีความแม่นยำมากที่สุด คือ วิธีบ็อกซ์ เจนกินส์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของบุญฤทธิ์ ชูประดิษฐ์ และเสาวภา ชัยพิทักษ์ (2561) ได้ศึกษาตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงของประเทศไทย ผลการวิจัยพบว่าวิธีบ็อกซ์ เจนกินส์ เป็นวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุด

สรุป

การวิจัยครั้งนี้นำเสนอตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ราคาของพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคาของพารา 3 วิธีที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนราคาของพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขตที่ 8 จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 รวมทั้งสิ้นจำนวน 188 ค่า สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบการพยากรณ์ ได้แก่ วิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least-square method) วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง (Triple exponential smoothing method) และวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box – jenkins method) โดยใช้เกณฑ์พิจารณาค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ผลการวิจัยพบว่า วิธีการสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด มีค่า MAPE เท่ากับ 30.9945 วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซ้ำสามครั้ง มีค่า MAPE เท่ากับ 23.6398 และวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์-เจนกินส์ มีค่า MAPE 7.3623 ดังนั้นตัวแบบการพยากรณ์โดยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box – jenkins method) มีความแม่นยำมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ซึ่งมีค่าต่ำมากที่สุด จากวิธีทั้งหมดที่ใช้ในการเปรียบเทียบตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ราคาของพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีตัวแบบพยากรณ์เป็น $y_t = -0.32 + y_{t-1} - 0.69\epsilon_{t-1} - 0.150\epsilon_{t-2} + \epsilon_t$

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงกรณีศึกษาราคาของพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ยังไม่เป็นภาพรวมของทั้งประเทศ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป อาจนำข้อมูลอนุกรมเวลาจากหลาย ๆ จังหวัด หลาย ๆ ภูมิภาค หรือทั้งประเทศเพื่อเปรียบเทียบว่าวิธีการพยากรณ์ของข้อมูลแต่ละวิธีสอดคล้องหรือแตกต่างจากงานวิจัยนี้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรใช้วิธีการพยากรณ์ที่ต่างจากงานวิจัยครั้งนี้ เช่น การศึกษาการพยากรณ์แบบการวิเคราะห์การถดถอย และอาจศึกษาราคาของพาราในหลายจังหวัด หรือในแต่ละภาค เพื่อศึกษาเปรียบเทียบหารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม ซึ่งอาจแตกต่างจากข้อมูลราคาของพาราของจังหวัดสุราษฎร์ธานี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ที่ให้การอุดหนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ให้ข้อเสนอแนะ งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขตที่ 8 จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลราคาของพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2556). **การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารงานและวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 14. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- การยางแห่งประเทศไทย. (2561). **สถานการณ์ยางพารา**. สืบค้นจาก http://www.raot.co.th/ewt_dl_link.php?nid=5659
- ชม ปานตา, และยุภาวดี สำราญฤทธิ์. (2560). การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในจังหวัดนครสวรรค์โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ทางสถิติ. **วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์**, 9(10), 127-142.
- บุญฤทธิ์ ชูประดิษฐ์, และเสาวภา ชัยพิทักษ์. (2561). ตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงของประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร**, 26(2), 74 – 85.
- ยุทธพล สกุลหลง. (2559). **การพยากรณ์ราคาส่งออกยางแผ่นรมควันชั้น 3 ของประเทศไทย**. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วรางคณา กิริติวิบูลย์. (2558). ตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายเบียร์ในประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**, 23 (5), 731-742.
- ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์. (2556). **เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ: การวิเคราะห์อนุกรมเวลา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. (2548). **เทคนิคการพยากรณ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. (2561). **พื้นที่ปลูกยางพาราในภาคใต้**. สืบค้นจาก <https://www.arda.or.th/kasetinfo/south/para/controller/01-09.php>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขตที่ 8 จังหวัดสุราษฎร์ธานี. (2561). **ราคายางพาราจังหวัดสุราษฎร์ธานี**. สืบค้นจาก <https://oaezone.oae.go.th/view/17/index/TH-TH>
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). **Forecasting: principles and practice** (3rd ed.). Australia: Otexts Melbourne.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C. & Hyndman, R.J. (1997). **Forecasting: Methods and Applications** (3rd ed.). New York: Wiley.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (ฟูริคาเกะ) รสกะเพราเสริมใบชายา

พัชรลักษณ์ วัฒนไชย¹ สีนีนารถ สุขทนารักษ์^{2*}

Received : March 8, 2022

Revised : August 30, 2022

Accepted : August 30, 2022

บทคัดย่อ

ต้นชายาหรือค่น้ำแม็กซิโก เป็นผักชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกกันในพื้นที่รอบบริเวณโรงเรียนคลองน้ำใส วิทยาการ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ซึ่งผักชายาเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ควรที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารใหม่ สำหรับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ นำใบชายามาพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับชมรมแปรรูปอาหาร “บาย ช่ายชอบ” ซึ่งเป็นชมรมของโรงเรียนคลองน้ำใสวิทยาการ โดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสกะเพราเสริมด้วยใบชายา โดยขั้นตอนแรกจะเป็นการศึกษาหาปริมาณเครื่องปรุงรสกะเพราที่เสริมลงไปผงโรยข้าว 3 ระดับ คือ ร้อยละ 60 ร้อยละ 80 และร้อยละ 100 ในการเตรียมส่วนผสมเครื่องปรุงรสผงโรยข้าวรสกะเพรา จะประกอบไปด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ ส่วนผสมหลัก ได้แก่ ปลากระตักอบแห้ง งาขาวคั่ว สาหร่าย และส่วนผสมของเครื่องปรุงรสกะเพรา ได้แก่ ผงพริกเกาหลี พริกป่น กะเพราอบแห้ง และผงกระเทียม จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผงโรยข้าวที่มีปริมาณการเสริมเครื่องปรุงรสกะเพราที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด คือ ร้อยละ 80 หลังจากนั้นนำผงโรยข้าวรสกะเพราดังกล่าว มาศึกษาหาปริมาณใบชายาอบแห้งที่เหมาะสมในการเสริมลงไปผงโรยข้าว โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), ร้อยละ 5, ร้อยละ 10 และร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก จากผลการทดลอง พบว่าผงโรยข้าวรสกะเพราเสริมด้วยใบชายาอบแห้งที่ร้อยละ 10 ได้รับคะแนนการยอมรับในภาพรวมมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าผงโรยข้าวรสกะเพราเสริมด้วยใบชายามีปริมาณโปรตีนและเส้นใยอยู่ร้อยละ 39.76 และ 10.60 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ใบชายา ผงโรยข้าว

¹อาจารย์ หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล: patcharalak@vru.ac.th

²อาจารย์ หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล: sineenart@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: sineenart@vru.ac.th

DEVELOPMENT OF BASIL-RICE SEASONING (FURAKAKE) PRODUCT SUPPLEMENTED WITH CHAYA LEAVES

Patcharalak Watanachai¹ Sineenart Suktanarak^{2*}

Abstract

The chaya tree or Mexican kale is a popular vegetable commonly grown in the area of Klong Nam Sai Wittayakarn School in Aranyaprathet district, Sa-Kaeo province. The chaya leave is high in nutrients nutrition so, it should be developed into new food product. The aim of this research was to develop chaya leaves into a new product for the food processing club called “By Child Corp” of Klong Nam Sai Wittayakarn School. Accordingly, the chaya leaves was developed into rice seasoning (Furakake) by first studying the proportion of basil seasoning added to the main ingredients at 3 levels (60%, 80% and 100%). The main ingredients consisted of dried anchovies, roasted white sesame seeds and seaweed. The basil seasoning consisted of Korean chili powder, chilli powder, dried basil, garlic powder, oyster powder and sugar. The result showed that most panelists were satisfied with main ingredients added with basil seasoning at 80%. Therefore, the main ingredients with basil seasoning at 80% was selected to study in the next step. The dried chaya leaves at the level of the 0% (controled), 5%, 10% and 15% were added to basil-rice seasoning. The result showed that most panelists were satisfied with the basil-rice seasoning with dried chaya leaves at 10%. In addition, the protein content at 39.76% and crude fiber content at 10.60% were found in rice seasoning with chaya leaves.

Keywords: Food product development, Chaya leaves, Rice seasoning

¹Department of Home Economics program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: patcharalak@vru.ac.th

²Department of Home Economics program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: sineenart@vru.ac.th

* Corresponding Author, e-mail : sineenart@vru.ac.th

บทนำ

โรงเรียนคลองน้ำใสวิทยาการ ตั้งอยู่ที่อำเภอรัฐประเทศ จังหวัดสระแก้ว เป็นโรงเรียนที่สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ซึ่งชุมชนโดยรอบของโรงเรียนมีผักพื้นบ้านที่นิยมปลูกกัน คือ “ผักขายา” (*Cnidioscolus aconitifolius*) หรือที่รู้จักกันอีกในนามว่า “คน้ำแม็กซิโก” หรือเรียกอีกชื่อได้ว่าต้นผงขุรส ใบขายามีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตประเทศแม็กซิโก ผักขายานิยมปลูกเป็นผักพื้นบ้านโดยรอบโรงเรียนคลองน้ำใสวิทยาการ เนื่องจากมีรสชาติที่ดี มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยใน 100 กรัม ใบขายาประกอบด้วยน้ำร้อยละ 85.3 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 4.2 โปรตีนร้อยละ 5.7 ไขมันร้อยละ 0.4 โยอาหารร้อยละ 1.9 แคลเซียม 164.7 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 217.2 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 39 มิลลิกรัม เหล็ก 11.4 มิลลิกรัม วิตามินซี 164.7 มิลลิกรัม และวิตามินเอ 0.085 มิลลิกรัม (Kuti & Kuti, 1999) นอกจากนี้ ยังมีการค้นพบว่า ใบขายามีสารพฤกษเคมี เช่น ฟลาโวนอยด์ คูมาริน แทนนิน โพลีฟีนอล เทอร์ปีนอยด์ สเตียรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ มีงานวิจัยศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Cicoalteu colormetric ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี Aluminium trichloride รวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบขายาด้วยวิธี DPPH free radical scavenging ในรูปแบบใบขายาแบบสดและแบบแห้ง โดยพบว่า แบบแห้งมีปริมาณฟีนอลิกฟลาโวนอยด์มากกว่าแบบสด โดยแบบแห้งมีปริมาณฟีนอลิกสูงสุดที่ 79.34 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงสุดที่ 35.61 มิลลิกรัมสมมูลแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่า สารสกัดจากแบบแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 11.58 ± 2.19 ในขณะที่แบบสดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่ที่ 12.91 ± 2.2 . (ณพัทธธ บัวฉุน, 2563) จากประโยชน์ของใบขายาที่กล่าวมา มีงานวิจัยที่นำใบขายามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม เช่น การพัฒนาชาสมุนไพรขายากลิ่นข้าวเหนียวดำคั่ว โดยพบว่า อัตราส่วนของใบขายาอบแห้งและข้าวเหนียวดำคั่วที่มีใบขายาอบแห้งร้อยละ 40 ข้าวเหนียวดำคั่วร้อยละ 60 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดในด้านสี ความใส กลิ่น ความรู้สึกหลักลิ้นและความชอบโดยรวม (อิตติยา ผงพฤทธิ และคณะ, 2562) นอกจากนี้ มีงานวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์หมั่นโถวเชิงสุขภาพด้วยการเสริมน้ำผักขายา โดยการนำน้ำผักขายาทดแทนน้ำในผลิตภัณฑ์หมั่นโถว โดยพบว่า การใช้น้ำผักขายาทดแทนน้ำในหมั่นโถว ทำให้หมั่นโถวมีปริมาณจำเพาะน้อยลง มีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น การทดแทนน้ำผักขายาที่ร้อยละ 50 ส่งผลให้หมั่นโถวมีสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าหมั่นโถวสูตรพื้นฐานที่ไม่ได้ทดแทนด้วยน้ำผักขายา (สังวาลย์ ชมพูจา, 2563)

ผงโรยข้าวหรือมีอีกชื่อหนึ่งว่า “ฟูริคาเกะ (Furikake)” เป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจและปัจจุบันผู้บริโภคนิยมหันมารับประทานกันมากขึ้น เพื่อเพิ่มรสชาติให้อาหาร ซึ่งผงโรยข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สัตว์น้ำ หรือผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดมาทำแห้งและปรุงรส หรือนำผลิตภัณฑ์เหล่านี้มาผสมกับสาหร่าย งา และเครื่องปรุงรสหรือส่วนผสมอื่นๆ เวลารับประทานจะนำมาโรยบนข้าวหรืออาหารเส้น มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากปลาสด (รจนา นุชนุ่ม, 2551) ผงโรยข้าวจากผักสลัด (ดวงรัตน์ พรเทพบัญชา, 2554) และผงโรยข้าวจากปลาหมักแห้งปลากระพงขาวทอดกรอบ (นพรัตน์ มะเห และคณะ, 2564) เป็นต้น

จากประโยชน์ของใบขายาที่กล่าวมา และยังไม่มีการนำใบขายามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่แพร่หลายมากนัก รวมถึงการได้เข้าพุดคุยกับโรงเรียนคลองน้ำใสวิทยาการถึงแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากใบขายา นักวิจัยจึงมีแนวคิดในการนำใบขายามาเป็นส่วนผสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรส

กะเพรา เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้แก่ใบชายาที่นิยมปลูกเป็นผักริมรั้วบ้านในพื้นที่โดยรอบของโรงเรียนคลองน้ำใสวิทยาคาร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบชายา โดยศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผงโรยข้าวรสกะเพรา และศึกษาปริมาณใบชายาอบแห้งที่เหมาะสมในการเสริมลงไปผงโรยข้าวรสกะเพรา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมใบชายาอบแห้ง

นำใบชายามาล้างน้ำ ทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร และยาว 3 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำมัลกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วทำการอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที (ธิตยา ผจงพฤทธิ และคณะ, 2562) เมื่อได้ใบชายาอบแห้งแล้ว ทำการปั่นหยาบด้วยเครื่องปั่น

2. การเตรียมปลากะตักอบแห้ง

นำปลากะตักแห้งที่ตัดหัวและควักไส้ออกแล้ว มาล้างน้ำทำความสะอาด นำไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ปลากะตักแห้งที่สุดและแห้งกรอบ ทำการบดแห้งโดยกานาไปปั่นหยาบ

3. การเตรียมกะเพราอบแห้ง

นำกระเพรามาล้างน้ำ ทำความสะอาด หลังจากนั้นลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 1 นาที แล้วทำการแช่น้ำเย็น ยกขึ้นให้สะเด็ดน้ำ นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง นำใบชายาที่ผ่านการอบแห้งมาปั่นหยาบด้วยเครื่องปั่น

4. ศึกษาปริมาณการเสริมเครื่องปรุงรสกะเพราลงในผงโรยข้าว

เตรียมส่วนผสมรสกะเพรา ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนผสมหลัก 2 ส่วน คือ

4.1 ส่วนผสมหลัก ได้แก่ ปลากะตักอบแห้งร้อยละ 42.44 งาขาวคั่วร้อยละ 8.48 และสาหร่ายร้อยละ 0.94

4.2 เครื่องปรุงรสกะเพรา ได้แก่ ผงพริกเกาหลีร้อยละ 1.93 พริกป่นร้อยละ 1.93 กระเพราอบแห้งร้อยละ 28.8 ผงกระเทียม 2.89 กรัม ผงน้ำมันหอย 2.89 กรัม และน้ำตาล 9.62 กรัม

ทำการศึกษาปริมาณการเสริมเครื่องปรุงรสกะเพราลงในส่วนผสมหลัก ซึ่งเสริมเครื่องปรุงรสกะเพรา 3 อัตราส่วน คือ ร้อยละ 60 ร้อยละ 80 และร้อยละ 100 โดยน้ำหนักของส่วนผสมหลัก

5. ศึกษาปริมาณใบชายาอบแห้งที่เหมาะสมที่เสริมผงโรยข้าวรสกะเพรา

นำใบชายาอบแห้งที่ได้จากข้อ 1 มาเสริมลงไปผงโรยข้าวรสกะเพราที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 4 ที่ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), ร้อยละ 5, ร้อยละ 10 และร้อยละ 15 ของน้ำหนักผงโรยข้าวรสกะเพรา

6. การวัดคุณภาพทางเคมี

6.1 วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (2000)

6.2 วิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย ตามวิธีการของ AOAC (2000)

6.3 วิเคราะห์หาค่าความชื้น ด้วยเครื่อง Moisture Analyzer ยี่ห้อ Balance รุ่น MA35

6.4 วิเคราะห์หาค่ากิจกรรมของน้ำ (Water activity, a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ยี่ห้อ novasina รุ่น Labswift-aw

7. การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-Point hedonic scale test (1=ไม่ชอบมากที่สุด, 2=ไม่ชอบมาก, 3=ไม่ชอบปานกลาง, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 5=เฉยๆ, 6=ชอบเล็กน้อย, 7=ชอบปานกลาง, 8=ชอบมาก และ 9=ชอบมากที่สุด) ในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะพิจารณาในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ทำการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Random Complete Block Design, RCBD) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองมา วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ปริมาณการเสริมเครื่องปรุงรสกะเพรา

ตารางที่ 1 พบว่า คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากส่วนผสมหลักที่ประกอบไปด้วยปลากระต๊อบแห้ง มีปริมาณที่เท่ากันทุกสูตร จึงทำให้เนื้อสัมผัสของทุกสูตรไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเพิ่มปริมาณเครื่องปรุงรสกะเพรามากขึ้น ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนในด้านกลิ่นมากขึ้น เพราะมีกลิ่นหอมของใบกะเพราที่หอมมากขึ้น ส่วนคะแนนความชอบด้านรสชาติ พบว่า ปริมาณการเสริมเครื่องปรุงรสกะเพราที่ร้อยละ 80 มีความแตกต่างกับปริมาณการเสริมเครื่องปรุงรสกะเพราที่ร้อยละ 100 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื่องจากเครื่องปรุงรสกะเพราประกอบไปด้วยพริกเกาหลี พริกป่น ผงน้ำมันหอย และน้ำตาล ซึ่งถ้าใส่น้อยเกินไปจะทำให้ผงโรยข้าวมีรสชาติที่ค่อนข้างอ่อน แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้ผงโรยข้าวมีรสชาติที่เข้มข้นเกินไป จากผลการทดลองในตารางที่ 1 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบปริมาณเครื่องปรุงรสกะเพราที่เสริมลงไปร้อยละ 80 มากที่สุด ทั้งในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และความชอบโดยรวม ดังนั้น จึงเลือกผงโรยข้าวรสกะเพราที่มีปริมาณการเสริมเครื่องปรุงรสกะเพราที่ร้อยละ 80 มาทดสอบหาปริมาณใบชายาที่เหมาะสมในการเสริมลงไปผงโรยข้าวต่อไป

ตารางที่ 1 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาปริมาณการเสริมเครื่องปรุงรสกะเพราลงในส่วนผสมหลัก

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณการเสริมเครื่องปรุงรสกะเพรา		
	สูตรที่ 1 ร้อยละ 60	สูตรที่ 2 ร้อยละ 80	สูตรที่ 3 ร้อยละ 100
ลักษณะปรากฏ	7.93±1.03 ^a	8.40±0.73 ^a	7.33±0.61 ^b
สี	8.20±1.01 ^b	7.87±0.83 ^a	7.07±0.88 ^a
กลิ่น	7.20±1.01 ^b	7.67±0.81 ^b	8.53±0.74 ^a
รสชาติ	7.73±1.03 ^b	8.67±0.61 ^a	7.27±0.60 ^b
เนื้อสัมผัส ^{ns}	8.07±1.03	7.67±1.11	7.60±0.98
ความชอบโดยรวม	8.07±0.60 ^a	8.53±0.92 ^a	7.13±0.83 ^b

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. การศึกษาปริมาณใบชายาอบแห้งที่เหมาะสมในการเสริมลงไปในผงโรยข้าวรสกะเพรา

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผงโรยข้าวรสกะเพราเสริมใบชายาอบแห้งทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจจะเนื่องมาจากใบชายาอบแห้งไม่มีกลิ่นเหม็นเขียว จึงไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านกลิ่นของผงโรยข้าว สำหรับคะแนนความชอบด้านรสชาติ จะเห็นได้ชัดว่า ปริมาณใบชายาอบแห้งที่เสริมลงไปในผงโรยข้าวรสกะเพรา ร้อยละ 0 และร้อยละ 10 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเพิ่มใบชายาอบแห้งในผงโรยข้าวที่ร้อยละ 10 จะมีรสชาติดีขึ้น เนื่องจากใบชายาอบแห้งมีรสชาติดั้งเดิมเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว (กฤติยา ไชยนอก, มปป.) นอกจากนั้น ยังพบว่าผงโรยข้าวรสกะเพรา ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสต่ำกว่าสูตรที่มีการเสริมใบชายาอบแห้ง และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณใบชายาอบแห้งที่มากขึ้น ทำให้ผู้ทดสอบชิมได้รับเนื้อสัมผัสจากใบชาที่มีความกรอบมากขึ้น ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ผงโรยข้าวรสกะเพราที่มีการเสริมใบชายาอบแห้งที่ร้อยละ 10 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในภาพรวมที่ดีที่สุด ทั้งคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เมื่อนำผงโรยข้าวรสกะเพราเสริมด้วยใบชายาอบแห้งไปทดสอบคุณลักษณะทางเคมี พบว่า มีปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 39.76 ปริมาณเส้นใยเท่ากับร้อยละ 10.60 ความชื้นเท่ากับร้อยละ 2.80 และค่า a_w เท่ากับ 0.42

ตารางที่ 2 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาปริมาณใบชายาอบแห้งที่เหมาะสมในการเสริมลงไป
ในผงโรยข้าว

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณใบชายาที่เสริมลงไปผงโรยข้าว			
	ร้อยละ 0 (Control)	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 15
ลักษณะปรากฏ	7.37±1.02 ^{ab}	7.63±1.04 ^a	7.70±0.95 ^a	7.10±0.97 ^b
สี	7.18±0.98 ^c	7.52±0.93 ^b	7.89±0.99 ^a	7.33±1.02 ^b
กลิ่น ^{ns}	7.64±0.68	7.89±0.93	7.91±0.89	7.74±0.68
รสชาติ	7.72±1.00 ^b	8.34±1.18 ^a	8.56±0.92 ^a	8.29±1.00 ^a
เนื้อสัมผัส	7.40±0.73 ^b	7.91±0.89 ^a	8.23±0.87 ^a	8.06±0.73 ^a
ความชอบโดยรวม	7.59±0.88 ^b	8.10±1.23 ^a	8.36±0.65 ^a	7.93±0.88 ^{ab}

หมายเหตุ ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงคุณลักษณะทางเคมี

คุณลักษณะทางเคมี	ผงโรยข้าวรสกะเพราเสริมผักโขม
ปริมาณโปรตีน	39.76 ± 0.61
ปริมาณเส้นใย	10.60 ± 0.91
ความชื้น	2.80 ± 0.09
a _w	0.42 ± 0.01



ภาพที่ 1 ภาพผงโรยข้าวรสกะเพราเสริมใบชายาอบแห้ง

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะผงโรยรสกะเพราข้าวเสริมใบชายาอบแห้งที่ร้อยละ 10 จะเห็นได้ชัดว่า ลักษณะของผงโรยข้าวจะมีความเป็นสีเขียวของใบชายาอบแห้ง ซึ่งนอกจากเวลารับประทานจะนำมาโรยกับข้าวแล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ในรูปแบบซูชิ (ภาพที่ 2) ได้อีกด้วย โดยนำผงโรยข้าวผสมไปกับตัวข้าว แล้วห่อในรูปแบบซูชิ ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มความแปลกใหม่ให้กับเมนูผงโรยข้าว และเป็นการพัฒนาวัตถุดิบท้องถิ่นหรือใบชายาให้มีความแปลกใหม่มากขึ้น



ภาพที่ 2 ภาพการนำผงโรยข้าวรสกะเพราเสริมใบชายาอบแห้งมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบซูชิ



ภาพที่ 3 การอบรมเชิงปฏิบัติการการทำผงโรยข้าวรสกะเพราเสริมผักชายาให้แก่นักเรียนชมรมแปรรูปอาหาร บาย ชายชอบ โรงเรียนคลองน้ำใสวิทยาการ อ.อรัญประเทศ จ.สระแก้ว

ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้ ได้ถูกนำมาเผยแพร่ในรูปแบบการอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่นักเรียนชมรมแปรรูปอาหาร “บาย ชายชอบ” โรงเรียนคลองน้ำใสวิทยาการ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว

สรุป

จากผลการทดลอง พบว่า ผงโรยข้าวที่มีส่วนผสมของเครื่องปรุงรสกะเพราที่ร้อยละ 80 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในภาพรวมสูงสุด เมื่อผงโรยข้าวรสกะเพราสูตรคัดเลือกดังกล่าวมาศึกษาการเสริมใบชายาอบแห้งที่ พบว่า การเสริมใบชายาอบแห้งที่ร้อยละ 10 ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดทั้งในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ซึ่งผงโรยข้าวรสกะเพราเสริมใบชายาอบแห้งที่ร้อยละ 10 ยังมีโปรตีนถึงและเส้นใยสูงถึงร้อยละ 39.76 และ 10.60 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณค่าโภชนาการและอายุการเก็บรักษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยและขอบคุณโรงเรียนคลองน้ำใสวิทยาการ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้วที่ให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤติยา ไชยนอก. (2562). บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน คมน้ำเม็กชิโก...ต้นไม่แสนอร่อย.

สืบค้นจาก

<https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/449/%E0%B8%84%E0%B8%B0>

อติยา ผจงฤทธิ์, จุริมาศ ตีอำมาตย์, สนิษนา สุขทนต์, เบญจรงค์ อัจฉริยะโพธา, พัชรลักษณ์ วัฒนไชย, กนกวรรณ ปุณณะตระกูล, วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์ และมนัญญา คำวชิระ พิทักษ์. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนของชุมชนบ้านคลองอาราง : ชามุนไพรชายากลิ่นข้าวเหนียวดำควั.

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์, 96(14), 95-103.

ณพัชร บัวฉวน. (2563). พฤกษทางเคมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระฤทธิ์ในการยับยั้งแอลฟา-อะไมเลสและแอลฟา-กลูโคซิเดสของสารสกัดจากคมน้ำเม็กชิโก. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 15(1), 118-132.

ดวงรัตน์ พรเทวบัญชา. (2554). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (พริกาะ) จากผักสลัด. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นพรัตน์ มะเห, ดลฤดี พิชัยรัตน์ และนันทา คชนทร์ภักดี. (2564). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (พริกาะ) จากปลาหมักหนึ่งปลากระพงขาวทอดกรอบ. วารสารวิทยาศาสตร์ มข., 49(1), 30-39.

- รจนา นุชนุ่ม. (2551). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (พริกาคะ) จากพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สังวาลย์ ชมพูจา. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมั่นโถวเชิงสุขภาพด้วยการเสริมน้ำผักชยา. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ**, 6(2), 21-31.
- AOAC. (2000). **Official methods of analysis of AOAC International**, 17th ed., Gaithersburg, MD, USA: AOAC.
- Kuti, J. O. and Kuti. H. O. (1999). Proximate composition and mineral content of two edible species of *Cnidocolus* (tree spinach). **Plant food human nutrition**, 54, 275-283.

การออกแบบและสร้างอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์แบบสองอินพุตสำหรับแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน

บัญชา หิรัญสิงห์¹ เฉลิมชนม์ ตั้งวชิรพันธุ์² โยษิตา เจริญศิริ^{3*}

Received : May 3, 2022

Revised : August 30, 2022

Accepted : August 30, 2022

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์แบบสองอินพุต โดยการมอดูเลทแบบพีดีบีเบิลยูเอ็ม ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถลดและเพิ่มแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านเอาต์พุต โดยไม่ต้องใช้วงจรทบระดับแรงดันให้ยุ่งยากซับซ้อน และลดสัญญาณรบกวนจากการแทรกสอดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ชดเชยเกทไม่จำเป็นต้องมีวงเดดไทม์ จึงทำให้ไม่สูญเสียพลังงานในช่วงนั้นไป วงจรควบคุมสามารถลดความยุ่งยากซับซ้อนโดยใช้วงจรอินเวอร์เตอร์ที่เพิ่มวงจรโครงข่ายอิมพีแดนซ์ ซึ่งประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุที่มีขนาดเท่ากันต่อไขว้กันด้านอินพุตของวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ จากจำลองการทำงานของอินเวอร์เตอร์เฟสเดียวโดยใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink และควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณพีดีบีเบิลยูเอ็มโดยใช้บอร์ด Arduino MEGA 2560 ที่ดัดแปลงเพิ่มช่วงเวลาดีวตจจากรูปแบบดั้งเดิมของวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายแรงดัน แสดงให้เห็นว่าวงจรอินเวอร์เตอร์แบบใหม่นี้สามารถเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านเอาต์พุตได้โดยไม่ต้องใช้วงจรทบระดับแรงดัน และเหมาะสมกับการใช้งานร่วมกับแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน

คำสำคัญ: โครงข่ายอิมพีแดนซ์ แหล่งจ่ายพลังงานทดแทนอินเวอร์เตอร์ แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม
อีเมล: banchoa@webmail.npru.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม
อีเมล: shalerm123@gmail.com

³ อาจารย์ ดร. สาขาอิเล็กทรอนิกส์สื่อสารและคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล: yosita.cha@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: yosita.cha@vru.ac.th

THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE TWO-INPUT IMPEDANCE POWER INVERTER FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES

Bancha Hiransing¹ Shalerm Tangwachirapan² Yosita Charoensiri^{3*}

Abstract

This paper presents the design and implementation of the two-input impedance inverter circuit by using PWM modulation. The PWM modulation properties' had the ability to reduce as well as increase the AC voltage on the output side without using a complicated voltage of compounding circuits, and also had the ability to reduce interference from electromagnetic. The gate drive did not need a dead-time loop, so there was no power loss during the time. The control circuit can be simplified by using an inverter circuit that increases the impedance network circuit, which consisted of inductors and capacitors of the same size crossed on the input side of a full-bridge inverter circuit. The circuit implementation was applied by the simulation's operation of a single-phase inverter using the program MATLAB/Simulink, controlled the operation with PWM signal using Arduino MEGA 2560 board that modified to increase the short-circuit time from the original form of the voltage source inverter circuit. The simulation showed that the new inverter circuit can increase the AC voltage level on the output side without using a voltage compounding circuit and suitable for use with renewable energy sources.

Keywords: Impedance Network Circuit, Renewable Energy sources, Impedance Inverter

¹Associate Professor, Electrical Engineering Program, Faculty of Science and Technology Nakhon Pathom Rajabhat University, e-mail: bancha@webmail.npru.ac.th

² Associate Professor, Electrical Engineering Program., Faculty of Science and Technology Nakhon Pathom Rajabhat University, e-mail: shalerm123@gmail.com

³ Dr., Electronic Communication and Computer Program, Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: yosita.cha@vru.ac.th

* Corresponding Author, e-mail: yosita.cha@vru.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันพลังงานทดแทนเข้ามามีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากพลังงานสิ้นเปลือง เช่น น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ นับวันจะหมดไป พลังงานทดแทนถือว่าเป็นพลังงานสะอาดและมีต้นทุนการผลิตต่ำเช่น เซลล์แสงอาทิตย์ (Photo voltaic) กังหันลม (Wind turbine) กังหันน้ำ (Water turbine) และ เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) แต่พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งพลังงานเหล่านี้ไม่สามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ตลอดเวลาได้ กล่าวคือ การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับความเข้มแสง (Light intensity) และอุณหภูมิ ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ โดยเฉพาะในตอนกลางวันและปัญหาแสงแดดถูกบดบัง (Shading problem) ส่วนการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมน้ำ จะมีปัญหาเรื่องความเร็วและความแรงของลม ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้เช่นกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ (Z-source inverter) จากพลังงานหมุนเวียนสองแหล่งจ่าย ให้สามารถรักษาระดับและยกระดับแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกให้คงที่

งานวิจัยที่นำเสนอนี้ใช้อินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ เป็นตัวแปลงผันพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งจ่ายอินพุตสองแหล่งคือ พลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบฟลักซ์แม่เหล็กตามแนวแกน (Axial-Flux Permanent Magnet Generator: AFPMG) เพื่อจ่ายให้กับบ้านที่มีโหลดเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเป็นระบบที่สามารถเชื่อมต่อพลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนจากหลาย ๆ แหล่งแปลงผันเป็นพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

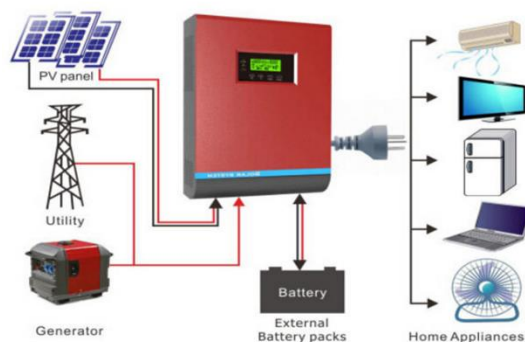
1. เพื่อออกแบบและสร้างอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์แบบสองอินพุต
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานแบบสองอินพุต

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบในส่วนของแหล่งจ่ายพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้แหล่งจ่ายพลังงานจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฟลักซ์แม่เหล็กตามแนวแกน สร้างวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ ระบบควบคุมวงจรอินเวอร์เตอร์ด้วยไอซีโดยใช้ DSP Board บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 R3 หลังจากนั้นทำการทดสอบชุดควบคุม ชุดทดลองวงจรอินเวอร์เตอร์และทำการวัดค่าปริมาณกระแส แรงดันและกำลังไฟฟ้าในจุดต่าง ๆ ของวงจร สรุปผลและทดสอบการหาประสิทธิภาพเชิงเทคนิค

ทฤษฎีโครงสร้างและการออกแบบแหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบไฮบริดจ์ (PV hybrid system) (ชาติชาย โสบุญ ปุณย์ภัทร ภูมิภาค และ อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ, 2558) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบลูกผสม ซึ่งมีข้อดีกว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบออฟกริด และระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบออนกริดคือเมื่อเกิดกรณีไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ ดับระบบยังจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ อาคารที่พักอาศัยยังคงมีไฟฟ้าใช้งานได้ ระบบยังสามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้โดยที่พลังงานไฟฟ้าไม่สามารถไหลเข้าไปในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ ทำให้ไม่ต้องขออนุญาตการไฟฟ้าฯ หรือกรณีที่ระบบผลิตไฟฟ้าจากผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบแบบไฮบริดจ์ล้มเหลว ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ ระบบยังสวิตช์ไปใช้ระบบไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ ได้แต่ระบบต้องใช้แบตเตอรี่เพื่อสำรองพลังงานในการใช้งานตอนกลางคืน นอกจากนั้นระบบผลิตไฟฟ้าถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าด้านขาเข้าจากแหล่งอื่น ๆ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า กังหันลมผลิตไฟฟ้า กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า แหล่งกำเนิดไฟฟ้าชีวมวล เป็นต้น โดยไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้สามารถไปใช้กับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับ 230 Vac และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบไฮบริดจ์ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบไฮบริดจ์

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบฟลักซ์แม่เหล็กตามแนวแกนเป็นเครื่องจักรไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กตามแนวแกน (Farzad Sedaghati & Ebrahim Babaei, 2011; Gajanayake, C. J., & Mahinda Vilathgamuwa, D., 2005) โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กตามแนวแกน มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 โรเตอร์ ซึ่งมีโครงสร้างเป็นแผ่นเหล็กวงกลมทั้งสองแผ่นสำหรับติดตั้งแม่เหล็กถาวร ส่วนที่ 2 สเตเตอร์ เป็นโครงสร้างที่ยึดขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature-winding) การคำนวณความเร็วรอบของเพลากังหันความเร็วรอบที่ใช้ชุดเพลาลูกและอัตราส่วนความเร็วที่ปลายใบ คำนวณได้จากสมการที่ (1) และ (2)

$$n = \frac{60\lambda V_o}{2\pi R} \quad (1)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{80}{B}} \quad (2)$$

เมื่อ n คือ ความเร็วรอบเพลารอเตอร์ของกังหัน (rpm)

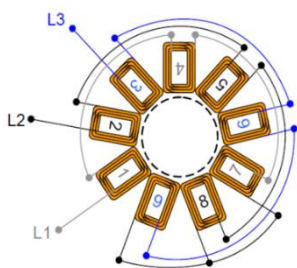
λ คือ อัตราส่วนความเร็วที่ปลายใบ

V_o คือ ความเร็วน้ำที่ใช้หมุนใบพัด (m/s)

R คือ ความกว้างที่ปลายใบพัด

B คือ จำนวนใบพัด

การประกอบชุดโรเตอร์กับชุดสเตเตอร์ที่สร้างขึ้นชุดสเตเตอร์เป็นส่วนที่ไม่เคลื่อนที่ ประกอบไปด้วยชุดขดลวดพัน n รอบจำนวน 9 ชุด ถูกหล่อเข้าด้วยกันด้วยเรซินและผสมผงทึบดำเพื่อช่วยในการระบายความร้อน ยึดติดกับโครงสร้างอยู่ตรงกลางระหว่างชุดอาร์เมเจอร์ การออกแบบในส่วนนี้จะใช้เหล็กฉากและเหล็กท่อกกลมเป็นส่วนประกอบหลักทำหน้าที่ยึดชุดสเตเตอร์และชุดโรเตอร์ ชุดสเตเตอร์ที่ออกแบบจากชุดขดลวดตัวนำ 9 ชุด นำมาวางเรียงกันในองศาที่เท่ากัน แล้วนำไปหล่อขึ้นรูปด้วยเรซิน เมื่อนำปลายสายของขดลวดทั้ง 9 ชุดมาต่อกันแบบสตาร์แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ได้จะเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสและเรียงกระแส 3 เฟส แสดงดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3



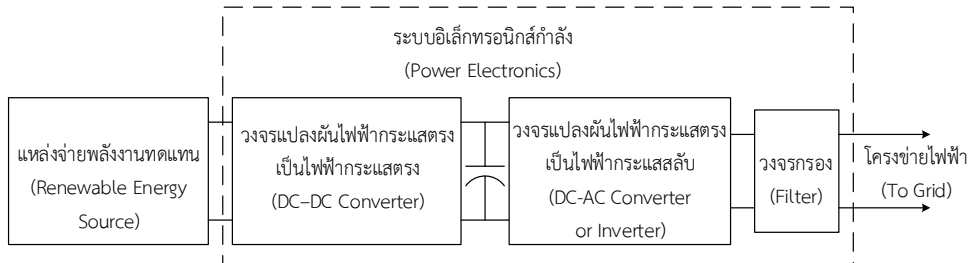
ภาพที่ 2 ชุดสเตเตอร์จากการออกแบบ



ภาพที่ 3 ชุดสเตเตอร์ที่สร้างจริง

ระบบการแปลงผันกำลังไฟฟ้าสำหรับพลังงานทดแทน (Loh, P. C., Vilathgamuwa, D. M., Lai, Y. S., Chua G. T., & Li, Y., 2005) ระบบที่มีวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงวางอยู่ส่วนหน้าของวงจรอินเวอร์เตอร์ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับหรืออินเวอร์เตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อสามารถนำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือโหลดทางไฟฟ้าที่ส่วนใหญ่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยอินเวอร์เตอร์ที่ใช้งานนั้นจะต้องมีวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ส่วนหน้าของระบบเพื่อทำหน้าที่ยกระดับ

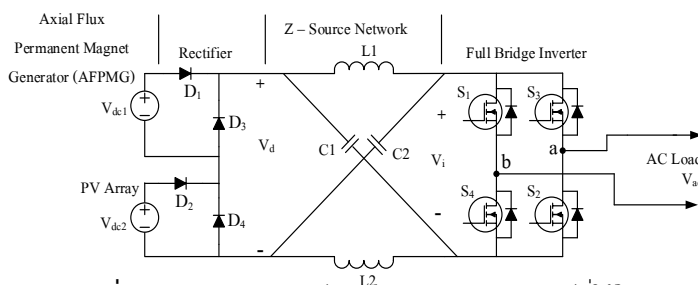
แรงดันไฟฟ้าให้สูงพอสำหรับอินเวอร์เตอร์ในการจ่ายแรงดันและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกให้คงที่ในกรณีที่แหล่งจ่ายพลังงานทดแทนมีการเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าที่ด้านขาเข้า บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างของระบบแสดงดังภาพที่ 4



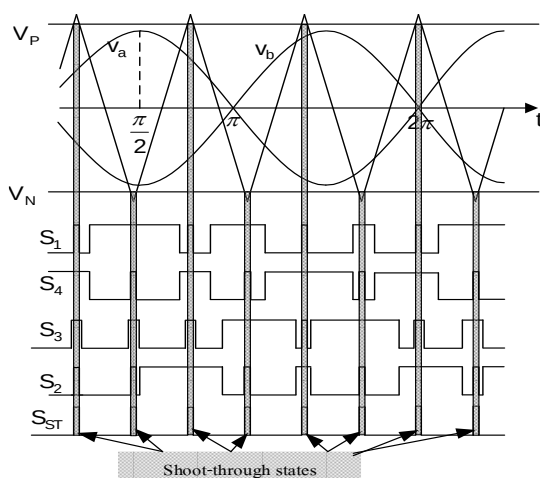
ภาพที่ 4 การแปลงผันกำลังไฟฟ้าร่วมกับพลังงานทดแทนที่มีวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง

วงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์เป็นวงจรที่พัฒนามาจากวงจรอินเวอร์เตอร์แบบดั้งเดิมซึ่งมีข้อเสียคือ ไม่สามารถบูสต์แรงดันไฟตรงและผลิตแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านขาออกได้ยืดหยุ่นมากพอได้ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงทบระดับแรงดันเข้ามาช่วยจึงเป็นอีกทางเลือกที่สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้

วงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์แสดงดังภาพที่ 5 และสัญญาณควบคุมวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ดังภาพที่ 6 ซึ่งจากสัญญาณจะเห็นว่ามีการตัดแปลงจากสัญญาณควบคุมวงจรอินเวอร์เตอร์แบบดั้งเดิมคือ เพิ่มสัญญาณเส้นตรงสองเส้นคือเส้นบน (Upper) และเส้นล่าง (Lower) แล้วนำไปมอดูเลชันกับสัญญาณสามเหลี่ยมเดิม [8], [10] จากนั้นมาเข้ากระบวนการลอจิกในการผสมสัญญาณให้เกิดเป็นสัญญาณลัดวงจร (Shoot-Through) เพื่อนำไปขับนำสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังในวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ให้สวิตซ์ในกิ่งกระแสเดียวกันสามารถนำกระแสพร้อมกันได้ อันเป็นผลมาจากการเก็บพลังงานและคายพลังงานของวงจรโครงข่ายอิมพีแดนซ์ ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ นอกจากนั้นช่องสัญญาณลัดวงจรยังสามารถเพิ่มลดค่าได้แล้วมีผลต่อการเพิ่มลดของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านขาเข้าอินเวอร์เตอร์และแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านขาออก



ภาพที่ 5 วงจรกำลังอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ที่ใช้ในงานวิจัย



ภาพที่ 6 สัญญาณควบคุมวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์

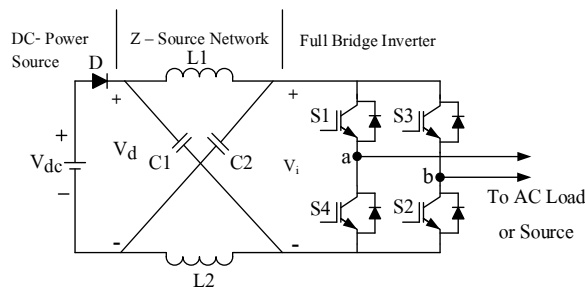
จากภาพที่ 6 สัญญาณควบคุมวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ แสดงโครงสร้างของสัญญาณที่ใช้ในการวิเคราะห์วงจรคอนเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์แบบสองอินพุต (Huang, Y., Shen M., Peng, F. Z., & Wang, J., 2003; Jung, J. W., Min Dai & Ali Keyhani, 2005) แบ่งออกเป็น 4 โหมด ตามสถานะการทำงานของแหล่งจ่ายทั้ง 2 แหล่ง โดยแหล่งจ่ายทั้งสองสามารถถ่ายโอนพลังงานไปยังด้านโหลดที่ละแหล่งหรือทั้งสองแหล่งพร้อมกัน เมื่อแหล่งจ่ายแหล่งใดแหล่งหนึ่งจ่ายให้โหลด วงจรคอนเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์แบบสองอินพุตจะทำงานเป็นวงจรพีดับเบิลยูเอ็มคอนเวอร์เตอร์ ตารางแสดงการทำงานแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์แบบสองอินพุต

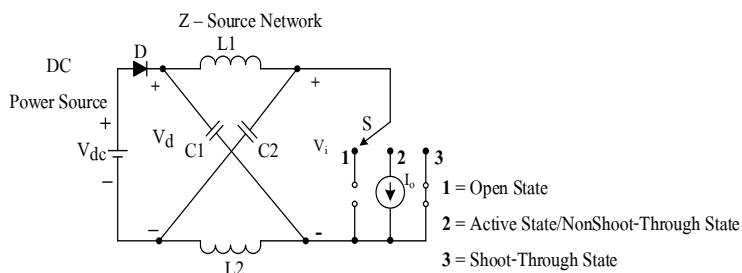
สถานะ	สถานะแหล่งจ่าย		สถานะสวิตช์				V_{in}
	V_{dc1}	V_{dc2}	D_1	D_2	D_3	D_4	
1	ทำงาน	ทำงาน	นำกระแส	นำกระแส	ไม่นำกระแส	ไม่นำกระแส	$V_{dc1} + V_{dc2}$
2	ทำงาน	ไม่ทำงาน	นำกระแส	ไม่นำกระแส	ไม่นำกระแส	นำกระแส	V_{dc1}
3	ไม่ทำงาน	ทำงาน	ไม่	นำกระแส	นำกระแส	ไม่นำกระแส	V_{dc2}
4	ทำงาน		นำกระแส				
	ไม่ทำงาน	ไม่ทำงาน	ไม่	ไม่นำกระแส	นำกระแส	นำกระแส	0
	ทำงาน		นำกระแส				

โครงสร้างของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power source) จากแหล่งพลังงานทดแทนที่ระดับแรงดันไฟฟ้ามีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม วงจรโครงข่ายอิมพีแดนซ์ (Z-Networks Peng, F.Z., 2003; Peng, F. Z., Shen, M., & Qian, Z., 2005) ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุอย่างละสองตัวค่าเท่ากันต่อในลักษณะไขว่กันเหมือนตัวเอ็กซ์ (X-Shape) ที่มีความสมมาตร และวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายแรงดันเฟสเดียว แสดงจากภาพที่ 7

จากภาพที่ 8 เป็นการวิเคราะห์โหมดการทำงานของวงจร ได้ 3 สถานะคือ สถานะเปิดวงจร (Open state) คือสถานะที่วงจรอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ในสถานะเปิดวงจรให้ไม่มีพลังงานไฟฟ้าถ่ายโอนจากแหล่งจ่ายด้านขาเข้าไปยังด้านขาออก สถานะเปิดวงจร (Active state) เป็นสถานะที่วงจรอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายแรงดันทำงานตามปกติทำให้มีพลังงานไฟฟ้าถ่ายโอนจากแหล่งจ่ายด้านขาเข้า (Input) ไปยังด้านขาออก (Output) และสถานะลัดวงจร (Shoot-Through state) เป็นสถานะที่วงจรอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ในสถานะลัดวงจร โดยสวิตช์ $S_1 - S_2$ หรือสวิตช์ $S_2 - S_3$ นำกระแสทำให้ไม่มีพลังงานไฟฟ้าถ่ายโอนจากแหล่งจ่ายด้านขาเข้าไปยังด้านขาออก ในโหมดการทำงานนี้ไดโอด D รีเวอร์สไบอัส (Reverse-Bias) ทำให้พลังงานถูกถ่ายโอนจากตัวเก็บประจุ C_1 ไปยังตัวเหนี่ยวนำ L_1 และตัวเก็บประจุ C_2 ไปยังตัวเหนี่ยวนำ L_2



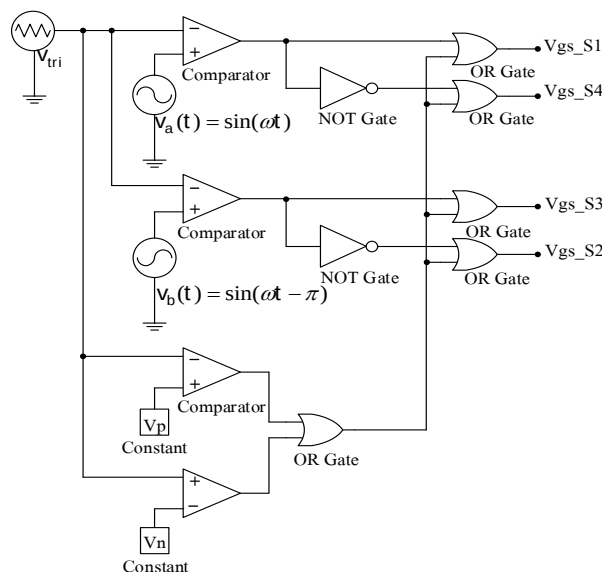
ภาพที่ 7 วงจรกำลังอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์



ภาพที่ 8 สถานการณ์ทำงานวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์

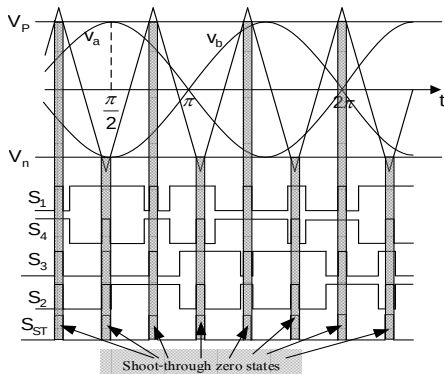
ส่วนวงจรควบคุมสำหรับอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ใช้วิธีการควบคุมแบบซิมเปิลบูสต์ (Simple Boost control) โดยการควบคุมด้วยวิธีการซิมเปิลบูสต์นั้น ค่าแอมพลิจูดของสองเส้นตรงเป็นค่าสูงสุดของรูปคลื่นการมอดูเลชัน ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการมอดูเลชัน และอัตราส่วนเวลาการลัดวงจร (Shoot-Through Ratio: T_{ST} / T)

ภาพที่ 9 แสดงแผนผังวงจรสร้างสัญญาณพีดับเบิ้ลยูเอ็มด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อใช้ในการควบคุมสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังของวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์สร้างสัญญาณพีดับเบิ้ลยูเอ็ม โดยใช้สัญญาณสามเหลี่ยมจำนวนสองสัญญาณมาทำการมอดูเลชันกับสัญญาณไซน์โดยใช้เครื่องมือการเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator) ในโปรแกรม MATLAB/Simulink ทำให้ได้สัญญาณพีดับเบิ้ลยูเอ็มสองสัญญาณ จากนั้นนำสัญญาณแต่ละตัวมากลับเฟสสัญญาณเพื่อนำไปขับเกทของอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์ทั้งสี่ตัว ในส่วนของสัญญาณช่วงลัดวงจรนั้นใช้สัญญาณเส้นตรงมามอดูเลชันโดยใช้เครื่องมือการเปรียบเทียบสัญญาณกับสามเหลี่ยมแล้วนำมารวมสัญญาณ (Combine) โดยใช้ออร์เกต (OR gate) แสดงดังภาพที่ 10 แสดงสัญญาณควบคุมแบบซิมเปิลบูสต์ที่ได้จากการออกแบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ที่เป็นสัญญาณพีดับเบิ้ลยูเอ็มแบบไซน์ (Sine PWM: SPWM) ที่มีช่องสัญญาณลัดวงจรเพื่อใช้ขับนำขาเกทของสวิตช์ในวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ ส่วนภาพที่ 11 แสดงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 ที่ในการสร้างสัญญาณพีดับเบิ้ลยูเอ็มแบบไซน์ชนิดซิมเปิลบูสต์ เพื่อใช้ขับนำขาเกทของสวิตช์ในวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์

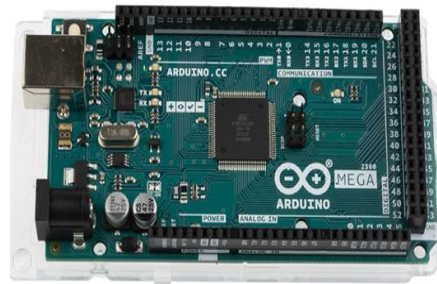


ภาพที่ 9 แผนผังวงจรสร้างสัญญาณพีดับเบิ้ลยูเอ็ม

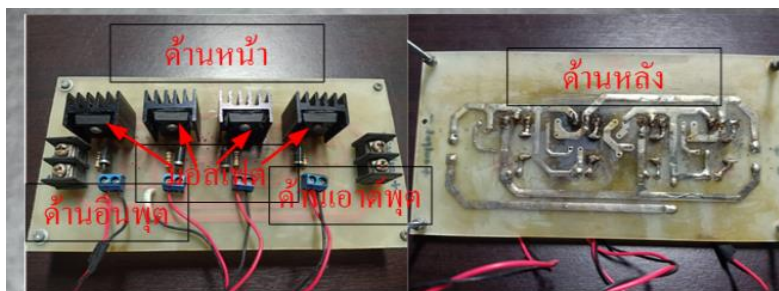
ในส่วนงานด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังนั้นจำเป็นต้องมีวงจรขับนำขาเกของสวิตช์ เนื่องจากต้องป้องกันความเสียหายอันที่จะเกิดกับบอร์ดควบคุมจากแฉงวงจรกำลัง อีกทั้งยังปรับขนาดแรงดันให้เหมาะสมต่อการขับนำด้วยวงจรขับเกที่ออกแบบโดยใช้ไอซี 6n136 บนแผง PCB วงจรขับเกโดยใช้วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ จากภาพที่ 12 แสดงแผ่น PCB วงจรภาคกำลังทั้งด้านหน้าและด้านหลังของงานวิจัยที่ออกแบบและสร้างขึ้น ประกอบด้วยมอสเฟตกำลัง 4 ตัวต่อกันเป็นวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 10 สัญญาณควบคุมแบบซิมเบิลูสต์



ภาพที่ 11 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560



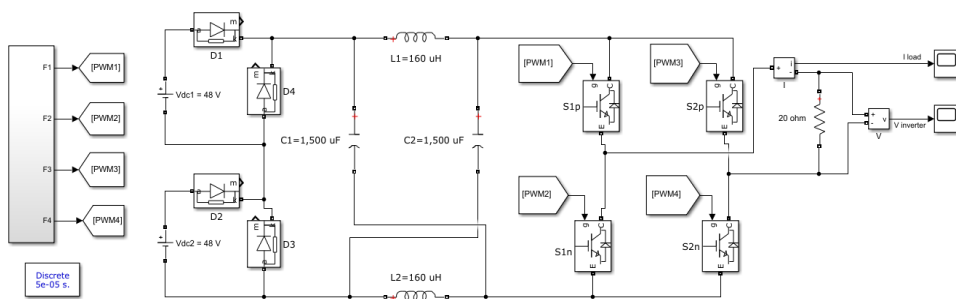
ภาพที่ 12 แผง PCB วงจรจรรพูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์จากการออกแบบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การจำลองและทดลองการทำงานของวงจรเพื่อรองรับทฤษฎีที่กล่าวถึงในข้างต้น โดยใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink และทดลองจากวงจรต้นแบบเปรียบเทียบกับกันเพื่อแสดงผลการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการจำลองและการทดลองดังตารางที่ 2 และ ภาพที่ 13 แสดงวงจรการจำลองโดยใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ในการจำลองและการทดลอง

ค่าพารามิเตอร์	ค่า	หมายเหตุ
Input voltage: Vdc1, Vdc2	48 V + 48 V	
Z-source Inductor: L1=L2=L	160 μ H	
Z-source Capacitor: C1=C2=C	1,500 μ F	
Shoot-Through Duty Cycle: T_{ST} / T	0.35	
Modulation Index: M	0.8	
Switching frequency: f_s	1,000 Hz	



ภาพที่ 13 วงจรการจำลองโดยใช้ MATLAB/Simulink

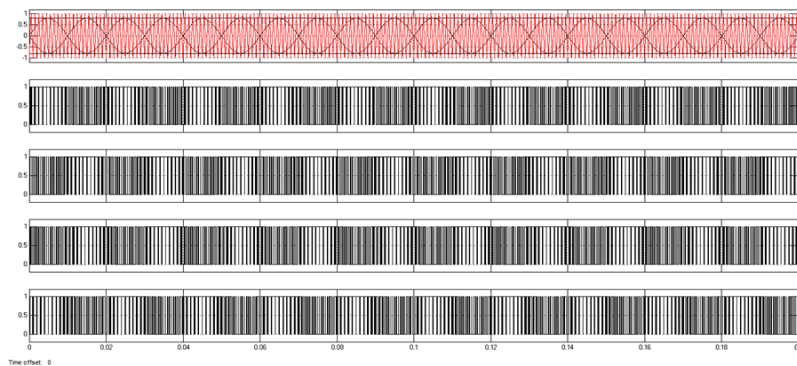
เมื่อแทนค่าอัตราส่วนเวลาลัดวงจรเท่ากับ $T_{ST} / T = 0.35$ จะได้ค่าตัวประกอบการบูสต์ B แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุของโครงข่ายอิมพีแดนซ์ $V_{C1} = V_{C2} = V_C$ และแรงดันค่ายอดด้านขาออก $\hat{v}_{ac}$ ดังสมการที่ (3), (4) และ (5) ตามลำดับดังนี้

$$B = \frac{T}{T_{Active} - T_{ST}} = \frac{1}{1 - 2\left(\frac{T_{ST}}{T}\right)} = 3.33 \quad (3)$$

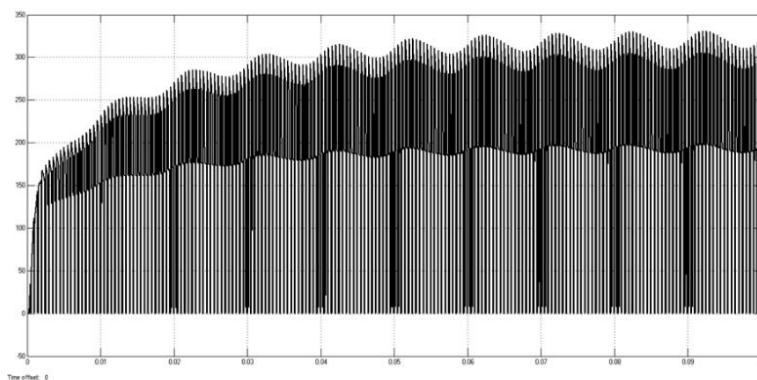
$$V_{C1} = V_{C2} = V_C = \frac{1 - \frac{T_{ST}}{T}}{1 - 2\frac{T_{ST}}{T}} V_{dc} = 2.16 \times 96 = 208 \text{ V} \quad (4)$$

$$\hat{v}_{ac} = MB \frac{V_{dc}}{2} = 0.8 \times 3.33 \times 48 = 127.87 \text{ V} \quad (5)$$

จากทฤษฎีวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ สมการที่เกี่ยวข้องต่างๆ และค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบที่คำนวณได้ นำมาจำลองการทำงาน (Simulation) โดยใช้ MATLAB/Simulink ดังภาพที่ 14 จะได้ผลการจำลองสัญญาณควบคุม ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณรูปคลื่นไซน์ สัญญาณสามเหลี่ยม และสัญญาณเส้นตรง นำมาถอดเลขและผสมสัญญาณแบบลอจิก ทำให้ได้สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มออกมา 4 สัญญาณเพื่อนำไปขับสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังของวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตกคร่อมตัวเก็บประจุโครงข่ายอิมพีแดนซ์จากการจำลอง

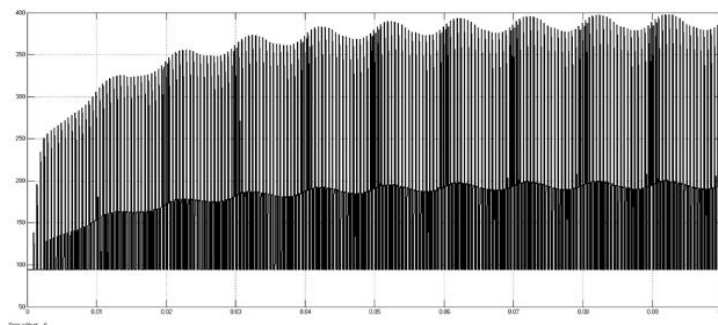


ภาพที่ 14 รูปคลื่นสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มจากการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink

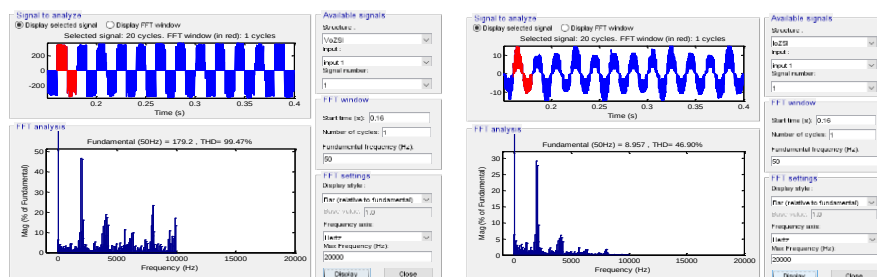


ภาพที่ 15 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตกคร่อมตัวเก็บประจุโครงข่ายอิมพีแดนซ์จากการจำลอง

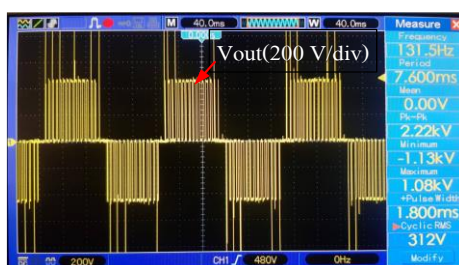
จากภาพที่ 15 แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตกคร่อมตัวเก็บประจุโครงข่ายอิมพีแดนซ์จากการจำลอง จากรูปคลื่นผลการจำลองจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าประมาณ 200 V ซึ่งค่า $V_{C1} = V_{C2} = 208$ V จากรูปคลื่นจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีระลอกคลื่นเข้ามาปะปนจำนวนมาก และภาพที่ 16 แสดงแรงดันเชื่อมโยงไฟฟ้ากระแสตรง (DC-Link) ตกรวมอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์ $\hat{v}$ จากการจำลอง ซึ่งจากรูปคลื่นผลการจำลองจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีระลอกคลื่นเข้ามาปะปนจำนวนมากคล้ายๆ รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตกคร่อมตัวเก็บประจุโครงข่ายอิมพีแดนซ์



ภาพที่ 16 แรงดันเชื่อมโยงไฟฟ้ากระแสตรงตกรวมอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์จากการจำลอง



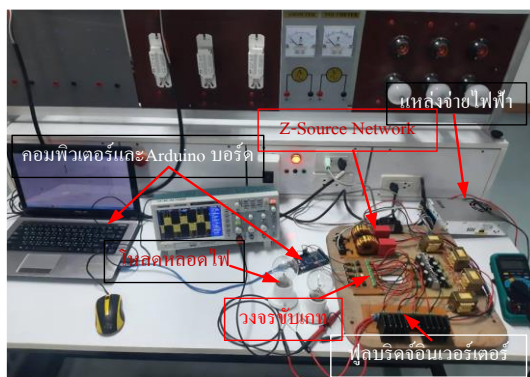
ภาพที่ 17 รูปคลื่นความถี่ฮาร์โมนิกกระแสและแรงดันไฟฟ้าด้านนอกจากการจำลอง



ภาพที่ 18 แรงดันไฟฟ้าด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์จากการทดลอง

จากภาพที่ 17 แสดงรูปคลื่นกระแสและแรงดันไฟฟ้าด้านนอกไฟฟ้ากระแสสลับจากการจำลอง จากรูปคลื่นผลการจำลองดังกล่าวมีค่ายอด (Peak) ประมาณ 200 V และมีฮาร์โมนิกปะปนจำนวนมาก ต้องใช้วงจรกรองเพื่อเข้าช่วยกรองก่อนจ่ายให้กับโหลดภาระทางไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า ส่วนภาพที่ 18 แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์จากการทดลองเครื่องต้นแบบ จากรูปคลื่นผลการทดลองดังกล่าวมีค่ายอด (Peak) ประมาณ 400 V (200 V/div) ซึ่งจากการคำนวณจากสมการที่ (4) ได้เท่ากับ $\hat{v}_{ac} = 128.87\text{v}$ ซึ่งพบว่าเกิดค่าผิดพลาดบ้างเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลจากกระบวนการทดลอง การตั้งค่าพารามิเตอร์ และค่าความผิดพลาดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

จากภาพที่ 19 แสดงวงจรต้นแบบวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์สองอินพุต ที่สร้างขึ้นใช้ในการทดลอง วงจรประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบสำเร็จรูปสองขั้วต่อ โดยต่อเข้าด้านขาเข้าของวงจรโครงข่ายอิมพีแดนซ์ วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์เฟสเดียว และด้านขาออกใช้โหลดภาระทางไฟฟ้าเป็นหลอดไฟฟ้านาฬิกา 200 W ส่วนของวงจรควบคุมใช้การสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มออกมา 4 สัญญาณจากโปรแกรม MATLAB/Simulink ประมวลผลลงในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 R3 แล้วผ่านวงจรขับเกต เพื่อขับนำสวิตช์มอสเฟตของอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์



ภาพที่ 19 วงจรต้นแบบที่สร้างขึ้นใช้ในการทดลอง

สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์จากพลังงานหมุนเวียนสองแหล่งจ่าย สามารถรักษาระดับและยกระดับแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกให้คงที่ โดยการยกระดับแรงดันไฟฟ้านั้น ไม่ต้องใช้วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเข้ามาเพิ่มหรือไม่ต้องใช้หม้อแปลงยกระดับแรงดันเข้ามาเพิ่มให้ยุ่งยาก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ซึ่งเป็นข้อดีของวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ แต่พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งพลังงานเหล่านี้ไม่สามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ตลอดเวลาได้ อาทิเช่น การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับความเข้มแสงและอุณหภูมิ ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ โดยเฉพาะในตอนกลางคืนและปัญหาแสงแดดถูกบดบัง ส่วนการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมน้ำ จะมีปัญหาเรื่องความเร็วและความแรงของลม ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ งานวิจัยได้นำเสนอการออกแบบวงจรภาคกำลัง วงจรควบคุมที่สามารถ ควบคุมวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์ให้สามารถนำไปใช้กับโหลดที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ มีการจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์และผลการทดลองจากวงจรต้นแบบที่สร้างขึ้น พบว่าวงจรต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามทฤษฎีและอาจมีความคลาดเคลื่อนในระดับที่ยอมรับได้

ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาสมรรถนะวงจรโครงข่ายอิมพีแดนซ์ (Z-Source Network) เช่น ต่อตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ และไดโอด เข้าไปเพื่อเพิ่มตัวประกอบการบูสต์ (Boost Factor) ให้สูงขึ้นจะสามารถทำให้งานวิจัยมีสมรรถนะดีขึ้น

2. ใช้ทฤษฎีระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เช่น โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) และการควบคุมแบบฟัซซี่ (Fuzzy Logic Control) เข้ามาช่วยในการควบคุมระบบให้มีความฉลาด สามารถวิเคราะห์ คิดและตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลเป็นฐานในการตัดสินใจได้

เอกสารอ้างอิง

- ชาติชาย โสบุญ, ปุณย์ภัทร ภูมิภาค, และอนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ. (2558). การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นทะเล. การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 38, หน้า 161-164.
- Farzad Sedaghati, & Ebrahim Babaei. (2011). **Double Input Z-Source DC-DC Converter**. The 2nd Power Electronics, Drive System and Technologies Conference, (pp. 581-586.)
- Gajanayake, C. J., & Mahinda Vilathgamuwa, D. (2005). **Modeling and design of multi-loop closed loop controller of Z-Source Inverter for distribution generation**. 37th IEEE Power Electronics Specialists Conference, (pp.1-7).
- Huang, Y., Shen M., Peng, F. Z., & Wang, J. (2003). Z-Source Inverter for Residential Photovoltaic Systems. **IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS**, 21(6), 1776-1782.
- Jung, J. W., Min Dai & Ali Keyhani. (2005). **Modeling and Control of a Fuel Cell Based Z-source Inverter**. IEEE.Conf, (pp.1112 -1118).
- Loh, P. C., Vilathgamuwa, D. M., Lai, Y. S., Chua G. T., & Li, Y. (2005). Pulse-Width Modulation of Z-source Inverters. **IEEE Transactions on Power Electronics**, 20(6), 1346 -1355.
- Peng, F. Z. (2003). Z-Source Inverter. **IEEE Transactions on Industry Applications**, 39(2), 504 -510.
- Peng, F. Z., Shen, M., & Qian, Z. (2005). Maximum Boost Control of the Z-Source Inverter. **IEEE Transactions on Power Electronics**, 20(4), 833-838.

ภาคผนวก

[ชื่อเรื่องบทความวิจัยภาษาไทย (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวหนา, จัดกึ่งกลาง)]

[ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย]^{1*} [ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย]² [ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย]³

บทคัดย่อ

บทคัดย่อ ควรจะสรุปเนื้อหาทั้งหมดของบทความวิจัย โดยใช้จำนวนให้กระชับ ชัดเจนที่สุด มีความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 350 คำ รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 14 point จัดกระจายแบบไทย “ชื่อเรื่อง” มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกินภาษาละ 2 บรรทัด และให้อธิบายสาระสำคัญของเรื่องได้ดี รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ “ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย” มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ชื่อเต็มไม่ต้องระบุค่านำหน้าชื่อ ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลพร้อมใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงถึงความสำคัญของการเป็นผู้นิพนธ์หลัก หากมีผู้นิพนธ์บทความมากกว่าหนึ่งท่านให้ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลเรียงลำดับตามจำนวนผู้นิพนธ์พร้อมใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงถึงความสำคัญของการเป็นผู้นิพนธ์หลัก รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ และใส่รายละเอียดที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความไว้ในเชิงอรรถส่วนล่างของกระดาษ โดยระบุตำแหน่งทางวิชาการหรือตำแหน่งทางบริหาร(ถ้ามี) สถานที่ทำงาน หน่วยงานหรือสถาบัน และอีเมลแอดเดรส (E-mail Address) ของผู้นิพนธ์บทความทุกคน เช่น ¹ นักศึกษาระดับ ... สาขา... คณะ... มหาวิทยาลัย... อีเมล: หรือ อาจารย์... สาขา... คณะ... มหาวิทยาลัย... อีเมล: หรือ ตำแหน่ง... บริษัท... ที่อยู่.... อีเมล: ... * ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล:รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวเอียง ขนาด 12 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ.....

คำสำคัญ: คำสำคัญ คำสำคัญ คำสำคัญ

¹ นักศึกษา หลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล :

² อาจารย์ประจำหลักสูตร ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล :

³ เจ้าหน้าที่การเงิน บริษัท ธุรกิจการพิมพ์ จำกัด จังหวัดนนทบุรี อีเมล :

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล :

[First A. Author1]^{1*} [Second B. Author2]² [Third C. Author3]³

Abstract must be written in Thai and English, within a maximum of 350 words for each language.

[illegible]

* Corresponding author, e-mail :

บทนำ

[บทนำ เป็นส่วนของความสำคัญและมูลเหตุที่นำไปสู่การวิจัย].....
 (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

[วัตถุประสงค์ของการวิจัย เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การ
 ศึกษาวิจัย]..... (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

วิธีดำเนินการวิจัย

[วิธีดำเนินการวิจัย ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่ม
 ตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์
 ข้อมูล]..... (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

[ผลการวิจัยและอภิปรายผล ควรเสนอผลที่ชัดเจน ตรงประเด็น เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็น
 ลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพประกอบการอธิบาย] ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มี
 เส้นขอบตารางด้านซ้ายและด้านขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5
 ตาราง และมีคำอธิบายตาราง เช่น

ตารางที่ 1 รูปแบบ ขนาดและลักษณะของตัวอักษร

ส่วนประกอบ	ขนาดอักษร	ลักษณะอักษร
ชื่อบทความ (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)	TH SarabunPSK, 14	หนา
ชื่อผู้เขียน (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)	TH SarabunPSK, 14	หนา
สถานที่ติดต่อ(ระบุในเชิงบรรณ)	TH SarabunPSK, 12	เอียง, ปกติ
บทคัดย่อ / Abstract	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
คำสำคัญ / Keywords	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
หัวข้อหลัก	TH SarabunPSK, 14	หนา
หัวข้อย่อย	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
เนื้อความทั่วไป	TH SarabunPSK, 14	ปกติ

ตารางที่ 1 รูปแบบ ขนาดและลักษณะของตัวอักษร (ต่อ)

ส่วนประกอบ	ขนาดอักษร	ลักษณะอักษร
ตารางและภาพ	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
กิตติกรรมประกาศ	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
เอกสารอ้างอิง	TH SarabunPSK, 14	ปกติ

สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจน มีขนาดของรูปภาพที่เหมาะสมและมีคำบรรยายใต้รูปภาพ

รูปภาพ

ภาพที่ 1 ตัวอย่างการจัดรูปภาพ (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

สรุป

เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็น.....
(TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

ข้อเสนอแนะ

[เนื้อหาข้อเสนอแนะ ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป] (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

กิตติกรรมประกาศ

[กิตติกรรมประกาศ ให้เขียนถึงข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ]
(TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

เอกสารอ้างอิง

[การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ให้ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) เท่านั้น ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ]..... (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 13180

โทรศัพท์ 0 2909 3036 โทรสาร 0 2909 3036 E-mail: rdi_journalsci@vru.ac.th Website http://rd.vru.ac.th

แบบนำส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ข้าพเจ้าชื่อ (นาย, นาง, น.ส., ยศ) นามสกุล
2. วุฒิการศึกษาสูงสุด ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก
คุณวุฒิ สาขา
สถาบัน
- ☐ สำเร็จการศึกษา ☐ กำลังศึกษา ปีที่คาดว่าจะสำเร็จการศึกษา วันที่
3. สถานะภาพของผู้นิพนธ์บทความวิจัย ☐ อาจารย์ ☐ นักศึกษาปริญญาเอก ☐ นักศึกษาปริญญาโท ☐ บุคคลทั่วไป
ตำแหน่งทางวิชาการ ตำแหน่งทางบริหาร
4. ชื่อหน่วยงาน/สถานที่ทำงาน
เลขที่ ถนน ซอย ตำบล/แขวง
อำเภอ/เขต จังหวัด รหัสไปรษณีย์
โทรศัพท์ โทรสาร
E-mail
5. ที่อยู่สำหรับติดต่อและจัดส่งเอกสาร
เลขที่ ถนน ซอย ตำบล/แขวง
อำเภอ/เขต จังหวัด รหัสไปรษณีย์
โทรศัพท์ โทรสาร
มือถือ
E-mail
6. มีความประสงค์ขอส่งบทความเรื่อง
ชื่อบทความ(ภาษาไทย)
.....
ชื่อบทความ(ภาษาอังกฤษ)

เพื่อลงตีพิมพ์ในวารสาร วิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ยังไม่เคยนำลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับใดๆ มาก่อน ทั้งนี้ ข้าพเจ้าได้ศึกษากฎเกณฑ์และคำแนะนำในการส่งบทความวิจัยเพื่อนำลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์แล้ว และยินดีปฏิบัติตามเงื่อนไขทุกประการ พร้อมนี้ข้าพเจ้าได้ชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นจำนวนเงิน 2,500 บาทเรียบร้อยแล้ว

โดยชำระเป็น ☐ โอนเงินผ่านทางธนาคารกรุงศรีอยุธยา สาขาย่อยนวนคร ชื่อบัญชี สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 258-1-84630-3

ลงชื่อ.....ผู้นำส่งบทความวิจัย

(.....)

วันที่/...../.....

ระเบียบการตีพิมพ์บทความวิจัย
วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

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

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสาร

1. เป็นบทความวิจัยในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
2. บทความวิจัยที่ส่งมาพิจารณาตีพิมพ์ลงในวารสารต้องเป็นบทความวิจัยที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อนและไม่อยู่ระหว่างเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารอื่น
3. เนื้อหาในต้นฉบับควรเกิดจากการสังเคราะห์ความคิดขึ้นโดยผู้เขียนเอง ไม่ได้ลอกเลียนหรือดัดทอนมาจากผลงานวิจัยของผู้อื่น หรือจากบทความอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต หรือปราศจากการอ้างอิงที่เหมาะสม
4. ผู้ส่งบทความวิจัยต้องชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นจำนวนเงิน 2,500 บาท โดยสามารถโอนเงินผ่านบัญชี ธนาคารกรุงศรีอยุธยา สาขาย่อยนครราชสีมา บัญชี 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_journalsci@vru.ac.th หรือเว็บไซต์ <https://tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/index>
5. ผู้เขียนบทความวิจัยต้องดำเนินการปรับแก้ไขบทความตามผลการอ่านประเมินของกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อย่างต่อเนื่องตลอดการตีพิมพ์ หากผู้เขียนบทความวิจัยซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าผู้พิมพ์บทความไม่ปฏิบัติตามระเบียบการตีพิมพ์บทความวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ กองบรรณาธิการมีสิทธิ์แจ้งยกเลิกการพิจารณาตีพิมพ์บทความวิจัยโดยไม่คืนเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
6. บทความวิจัยที่ส่งมาจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ต่อเมื่อได้ผ่านกระบวนการประเมินเห็นสมควรให้ตีพิมพ์เผยแพร่โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์แต่งตั้งขึ้น อย่างน้อย 2 ท่าน

คำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับ วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. **การเตรียมต้นฉบับ** ต้นฉบับบทความวิจัยต้องจัดทำสำหรับกระดาษขนาด B5(JIS) (18.2 ซม. X 25.7 ซม.) ความยาว 15 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 สามารถอธิบายสาระของเรื่องได้ที รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
 - 4.2 **ชื่อผู้นิพนธ์บทความ** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ชื่อเต็มไม่ต้องระบุคำนำหน้าชื่อ ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลเรียงลำดับตามจำนวนผู้นิพนธ์บทความและใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) ไว้บนเลขยกเพื่อแสดงว่าเป็นผู้นิพนธ์หลัก รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ โดยใส่รายละเอียดที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความและอีเมลผู้นิพนธ์หลักในเชิงอรรถ
 - 4.3 **ที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความ** ใส่รายละเอียดในเชิงอรรถข้อความที่เขียนไว้ส่วนล่างของหน้ากระดาษและมีเส้นคั่นระหว่างเชิงอรรถกับตัวบทคัดย่อ (Abstract) อย่างชัดเจน โดยขีดเส้นคั่นจากริมกระดาษด้านซ้าย ไปทางด้านขวาประมาณ 1 นิ้ว หรือ 7 ตัวอักษร ใส่ตัวเลขกำกับไว้เหนือตัวอักษรตัวแรกเล็กน้อย ตัวเลขต้องตรงกับตัวเลขที่กำกับไว้กับชื่อผู้นิพนธ์บทความ ให้ระบุตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี) สถานที่ทำงาน หน่วยงานหรือสถาบัน และอีเมลแอดเดรส (E-mail Address) ของผู้นิพนธ์บทความทุกท่าน 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) คำสำคัญภาษาไทย จำนวน 3 – 5 คำเรียงตามลำดับอักษรระหว่างคำวรรค 2 วรรค ส่วน Keyword หรือคำสำคัญภาษาอังกฤษให้เรียงตามคำสำคัญภาษาไทยคั่นระหว่างคำด้วยจุลภาค (.)
 - 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 ที่ชัดเจนและมีคำบรรยายได้รูป จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ กรณีที่จำเป็นอาจใช้ภาพสีได้

- 4.6.5 **สรุป** เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยและควรมีการอภิปรายผลการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการนำผลไปใช้ประโยชน์ และการให้ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต
- 4.6.6 **ข้อเสนอแนะ** ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป
- 4.6.7 **กิตติกรรมประกาศ** (ถ้ามี) ข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ
- 4.6.8 **เอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง** การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ

4.7 การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิงในระบบ APA (American Psychological Association)

- 4.7.1 ชื่อวารสาร ชื่อหนังสือ และปีที่ (Volume) ไม่ใช่ชื่อย่อ
- 4.7.2 ชื่อภาษาอังกฤษ เขียนชื่อผู้แต่งโดยขึ้นต้นด้วย Last name ตามด้วยจุลภาค (,) และชื่อย่อตามด้วยมหัพภาค (.)
- 4.7.3 ชื่อไทย เขียนชื่อผู้แต่งโดยขึ้นต้นด้วยชื่อตัว ตามด้วยนามสกุล
- 4.7.4 กรณีผู้แต่งมากกว่าหนึ่งคน ให้เขียนชื่อผู้แต่งทั้งหมดทุกคน คั่นระหว่างชื่อด้วยจุลภาค (,) และมีคำว่า “and” หรือ “&” 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 การอ้าง – อ้างโดย(ชื่อผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์)
- 4.7.10 ไม่อ้างโดยใช้คำว่า “และคณะ” หรือ “และคนอื่นๆ” หรือ et al. ยกเว้นกรณีอ้างในเนื้อเรื่องที่มีผู้แต่งตั้งแต่สามคนขึ้นไปและหลังจากได้มีการอ้างครั้งแรกไว้ก่อนหน้านี้แล้ว หรือการอ้างที่มีผู้แต่งตั้งแต่หกคนขึ้นไป
- 4.7.11 การอ้างจากวารสารและนิตยสารให้ระบุหน้าแรกถึงหน้าสุดท้าย โดยไม่ใช่คำย่อ “p.” หรือ “pp.” นอกจากหนังสือ
- 4.7.12 การติดต่อส่วนตัวโดยสื่อใดๆ ก็ตาม สามารถอ้างอิงได้ในเนื้อเรื่อง แต่ต้องไม่มีการระบุไว้ในรายการเอกสารอ้างอิง เพราะผู้อื่นไม่สามารถติดตามข้อมูลเหล่านั้นได้
- 4.7.13 การอ้างอิงจาก Website ให้ระบุวัน เดือน ปีที่พิมพ์ ถ้าไม่ปรากฏให้อ้างวันที่ทำการสืบค้น และระบุ URL ให้ชัดเจน ถูกต้อง เมื่อจบ URL address ห้ามใส่จุด (.) ข้างท้าย
- 4.7.14 Website ไม่บอกวันที่ ให้ระบุ 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

- รูปแบบ: 1. หนังสือหรือตำรา
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อหนังสือ./ครั้งที่พิมพ์(ถ้ามี). //เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
ไพรัช รัชชพิงษ์, และกฤษณะ ช่างกล่อม. (2541). **งานพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศแห่งชาติ
เพื่อการศึกษา**. กรุงเทพฯ: แพร่พิทยา.
- รูปแบบ: Mitchell, T. R., & Larson, J. R., Jr. (1987). **People in organizations: An introduction to
organizational behavior** (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- รูปแบบ: 2. หนังสือหรือตำราที่มีบรรณาธิการ
ตัวอย่างเช่น ชื่อบรรณาธิการ(ผู้รวบรวม). //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อหนังสือ./เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
อดุลย์ วิริยเวชกุล, (บก.). (2541). **คู่มือจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา**. นครปฐม:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- รูปแบบ: Gibbs, J. T., & Huang, L. N. (Eds.). (1991). **Children of color: Psychological
interventions with minority youth**. San Francisco: Jossey-Bass.
- รูปแบบ: 3. วิทยานิพนธ์
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อวิทยานิพนธ์./ระดับวิทยานิพนธ์./มหาวิทยาลัย.
พรพิมล เฉลิมพลาภาพ. (2535). **พฤติกรรมการแสวงหาข่าวสารและการใช้เทคโนโลยีการ
สื่อสารของบริษัทธุรกิจเอกชนที่มียอดขายสูงสุดของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์
วารสารศาสตรมหาบัณฑิต 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.
- รูปแบบ: 4. รายงานการประชุมหรือสัมมนาทางวิชาการ
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //ปีที่พิมพ์.//ชื่อเรื่อง.//ชื่อเอกสารรวมเรื่องรายงานการประชุม./วัน เดือน ปี สถานที่จัด.
เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
กรมวิชาการ. 2538. **การจัดกิจกรรมส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน**. การประชุมปฏิบัติการณรงค์เพื่อ
ส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน, 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.
- รูปแบบ: 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 คณ. (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.// สืบค้นจาก// URL
- Author, A. A. (Year). **Title of post**. Retrieved from URL
- ตัวอย่างเช่น สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ กระทรวงวัฒนธรรม. (2545). **ประเพณีใส่กระเจดชาวไทยพวนสอนให้รู้จักแบ่งปัน มีน้ำใจ**. สืบค้นจาก http://www.m-culture.go.th/culture01/highlight/highlightdetail.php?highlight_id=114&lang=th
- Lynch, T. (1996). **DS9 trials and tribble-ations review**. Retrieved from <http://www.bradley.edu/psiphi/DS9/ep/503r.html>

5. **การส่งต้นฉบับ** ผู้มีพันธบัตรความต้องการส่งต้นฉบับที่พิมพ์ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในรูปแบบ Word Document (.docx) และ PDF File (.pdf) พร้อมแนบนำส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์และสำเนาหลักฐานการชำระเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มาที่เว็บไซต์ <https://tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/index> บทความวิจัยที่ปฏิบัติตามคำแนะนำจะได้รับพิจารณาดำเนินการโดยทันที

6. การประเมินบทความวิจัย และลิขสิทธิ์ในการตีพิมพ์เผยแพร่

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

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

- 6.3 **ความรับผิดชอบ** เนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นความรับผิดชอบของผู้มีพันธบัตรความหรือผู้เขียนเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

รูปแบบบทความวิจัย
และพัฒนา 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
2 ซม.	2 ซม.
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 นักศึกษาหลักสูตรศษว.บัณฑิต สาขาวิชาบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล: rdi_journalsci@vru.ac.th ²(ระบุสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้พิมพ์บทความที่ 2 ตัวเอียง ขนาด 12 point จัดชิดซ้าย) ³(ระบุสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้พิมพ์บทความที่ 3 ตัวเอียง ขนาด 12 point จัดชิดซ้าย) * ผู้พิมพ์หลัก อีเมล:	
2 ซม.	

2.54 ซม.

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ¹//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ²//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ³// (ตัวหนาขนาด 12 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

Abstract (ตัวหนาขนาด 14 point ชิดซ้าย)
Abstract must be written in Thai and English, within a maximum of 350 words for each language

ย่อหน้า 1.25 ซม. หรือประมาณ 7 ตัวอักษร

2 ซม.

2 ซม.

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

Keyword:,,,, (ตัวปกติขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)
(เว้น 14 point)

.....

¹Position, Office address, Email address: author 1
²Position, Office address, Email address: author 2
³Position, Office address, Email address: author 3
*Corresponding author, e-mail:

2 ซม.

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 แล้วต่อกับเอกสารภาษาต่างประเทศ.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

2 ซม.

