

ลักทอง

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สกท.)

The Golden Teak : Science and Technology Journal (GTSJ.)

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2567

Vol.11 No.1 January-June 2024



GTSJ

2024

สถาบัน

วิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ISSN 2985-2161 (Online)



สังกัด : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทท.)

The Golden Teak : Science and Technology Journal (GTSJ.)

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2567 Vol.11 No.1 January-June 2024

ISSN 2985-2161 (Online)

วัตถุประสงค์	เพื่อตีพิมพ์ผลงานวิจัย ผลงานสร้างสรรค์ และผลงานวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์การอาหาร เทคโนโลยีการเกษตร วิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยี สาธารณสุข เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมศึกษา เผยแพร่แก่นักวิชาการและบุคคลทั่วไป	
ขอบเขต	ตีพิมพ์เสนอผลงานวิจัย ผลงานสร้างสรรค์ และผลงานวิชาการ ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ	
เจ้าของที่ปรึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	
ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรียานุช พรหมภาสิต รองศาสตราจารย์ ดร.ระมัด โชชัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชญาดา กลิ่นจันทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉิมภิกษา ตันตีสันติสม	รักษาราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
บรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกวรรณ เขียววัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
กองบรรณาธิการ	Professor Tossapon Boongoen Dr Natthakan lam-On ศาสตราจารย์ ดร.เกษม จันทร์แก้ว ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญา รองศาสตราจารย์ ดร.ชนศักดิ์ บ้ายเที่ยง รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒน์พงศ์ รักรักษ์วิเชียร	Aberystwyth University Aberystwyth University มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยนเรศวร

รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร ไชยยะ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาศ พุ่มพิมล	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
รองศาสตราจารย์ ดร.เทพ เกื้อทวีกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
รองศาสตราจารย์ ดร.นิรุทธิ์ พิพรรธน์จินดา	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
รองศาสตราจารย์ ดร.แดนชัย เครื่องเงิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณูญ บุลย์ประมุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วสุนธรา รตโนภาส	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกสิทธิ์ เทียนมาศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ฝ่ายจัดการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุพันธ์ ขวัญแน่น
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิรัฐภูมิ เพ็งแดง
 อาจารย์เศวต สมนึกพงศ์
 อาจารย์ประภัสสรฯ ท่อทอง
 นายทวิช ปิ่นวิเศษ
 นางสาวมารีสา การะเวก

ผู้จัดทำและเผยแพร่	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
กำหนดออก	ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 เดือน กรกฎาคม-ธันวาคม
สำนักงาน	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000 โทรศัพท์ 0-5570-6555 ต่อ 1760 http://research.kpru.ac.th/journal_science/

บทความที่ตีพิมพ์ทุกบทความผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิและบทความหรือข้อคิดเห็นใดๆ
 ที่ปรากฏในวารสารเป็นวรรณกรรมของผู้เขียนโดยเฉพาะ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรและ
 บรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย

บรรณาธิการแถลง

วารสารสักทอง : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับนี้ เป็นปีที่ 11 ฉบับที่ 1 ซึ่งเป็นการเผยแพร่บทความระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2567 ประกอบด้วยบทความวิจัยทั้งหมดรวม 7 เรื่อง มีการนำเสนอบทความวิจัยที่ครอบคลุมประเด็นหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นด้านชีววิทยา เช่น การเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ ด้านวัสดุศาสตร์ เช่น การพัฒนาและตรวจสอบโฟม PLA/PBS/เส้นใยเปลือกทุเรียน เซนเซอร์สำหรับตรวจวัดโฮโมซิสเตอีนเพื่อป้องกันภาวะโรคหัวใจและหลอดเลือด ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น การพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือเพื่อสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติ รวมไปถึงด้านสาธารณสุข เช่น การพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก อาหารท้องถิ่นให้มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก เป็นต้น

กองบรรณาธิการ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า บทความที่เกิดจากความพากเพียรของนักวิจัยเหล่านี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และสร้างแรงบันดาลใจในการพัฒนางานวิจัยของประเทศต่อไป

บรรณาธิการ

สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวส.)

The Golden Teak : Science and Technology Journal (GTSJ.)

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2567 Vol.11 No.1 January-June 2024

ISSN 2985-2161 (Online)

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
○ บรรณาธิการแถลง.....	ก
○ บทความวิจัย	
การพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก จังหวัดตาก พ.ศ. 2566 วัชรภรณ์ ฉุนแสนดี, วัฒนา ชยธวัช และปริญ ใจหนูน Forecasting the Number of Dengue Fever Patients in Tak Province in 2023 Vatcharaporn Chunsandee, Vadhana Jayathavaj and Parin Jainum.....	1
การพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นให้มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ในเขตอำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย จิตติมา พิภกรมล, สุพรรณณี พฤกษา และสุระเดช ไชยตอกเกี้ย The Development of Local Food Recipes to Have Nutritional Value for Hypertension Patients in Mueng Loei District, Loei Province Jittima Pheerakamol, Supanee Pruksa and Suradech Chaitokkia.....	18
การพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือเพื่อสร้างชุดเคลื่อนไหวยัดโนมิตด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพ สำหรับควบคุมหุ่นฮิวแมนนอยด์ เจษฎา โพนแก้ว Development of a Mobile Application for Creating Automatic Motion Control Sets Using Block-Based Techniques for Controlling Humanoid Robots Jetsada Ponkaew.....	29
ผลของการใช้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพ หลังการเก็บเกี่ยวของผลมะนาว วุฒิรัตน์ พัฒนินบูลย์ Effects of Cold Shock Treatments Combined with Aloe vera Gel Coating on Postharvest Quality of Lime Wutthirat Patthanibool.....	43

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

รูปแบบการสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ของศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลนครนนทบุรีที่ 2 สวนใหญ่ กัลยา ธัญะวัน Motivation Model of Changing Cervical Cancer Screening Behavior in Nonthaburi Municipality Public Health Service Center 2 (Suan Yai) Kanlaya Thanyawan.....	54
การพัฒนาและตรวจสอบโฟม PLA/PBS/เส้นใยเปลือกทุเรียน สำหรับประยุกต์ใช้เป็นวัสดุ รองนอนสำหรับสัตว์ทดลองในห้องปฏิบัติการ กชกร จิตรีชาติ, ชिरาวุฒิ เพชรเย็น, เบญญา เขตหิรัญกร และสุรเชษฐ์ ตุ่มมี Development and Investigation of PLA/PBS/Durian Rind Fiber foam for Laboratory Animal Bedding Materials Application Kodchakon Jittreetat, Chiravoot Pechyen, Benya Cherdhirunkorn and Surachet Toommee.....	69
เซนเซอร์สำหรับตรวจวัดโฮโมซิสเตอีนเพื่อบ่งชี้ภาวะโรคหัวใจและหลอดเลือด ศุภฤกษ์ อุ่นจิตร, หยาตนาภา ผาเจริญ, เบญญา เขตหิรัญกร และชिरาวุฒิ เพชรเย็น Sensor for Homocysteine Measurement in the Indicate Cardiovascular Disease Suparerk Oonchit, Yardnapar Parcharoen, Benya Cherdhirunkorn and Chiravoot Pechyen.....	84
<input type="radio"/> คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความ.....	
<input type="radio"/> แบบฟอร์มการส่งบทความ.....	
<input type="radio"/> แบบฟอร์มค่าใช้จ่ายในการตีพิมพ์เผยแพร่.....	
<input type="radio"/> จริยธรรมในการตีพิมพ์ในวารสาร (Publication Ethics).....	
<input type="radio"/> ประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เรื่อง การเรียกเก็บและการเบิกจ่ายเงินค่าธรรมเนียม.....	



การพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก จังหวัดตาก พ.ศ. 2566

Forecasting the Number of Dengue Fever Patients in Tak Province in 2023

วัชรารภรณ์ ฉุนแสนดี*

Vatcharaporn Chunsandee

วัฒนา ชยธวัช**

Vadhana Jayathavaj

ปริญ ใจหนู***

Parin Jainum

Received : November 14, 2023

Revised : May 29, 2024

Accepted : June 11, 2024

บทคัดย่อ

ในปี พ.ศ. 2565 จังหวัดตากมีผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกสูงเป็นอันดับ 5 ของประเทศไทย วิธีการเชิงปริมาณเป็นเครื่องมือสำคัญในการวางแผนเฝ้าระวังเพื่อการกำหนดมาตรการที่เหมาะสม การศึกษานี้ทำการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือนปี พ.ศ. 2566 ของจังหวัดตากด้วยตัวแบบ SARIMA หรือ ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)₁₂ เปรียบเทียบกับตัวแบบตามทฤษฎีระบบเกรย์ทำการพยากรณ์ผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรวมปี พ.ศ. 2566 แล้วแจกแจงจำนวนผู้ป่วยรายเดือนด้วยดัชนีฤดูกาลตามรูปแบบของข้อมูลที่ปรากฏ ผลการศึกษาพบว่า จำนวนผู้ป่วยรายปีและรายเดือนมีแนวโน้มลดลง ดัชนีฤดูกาลแสดงจำนวนผู้ป่วยรายเดือนจะเพิ่มสูงในเดือนพฤษภาคมและสูงสุดในเดือนกรกฎาคม แล้วลดลงจนถึงเดือนมีนาคม เมษายน การพยากรณ์เกรย์ผสมดัชนีฤดูกาลเป็นการพยากรณ์รายปีด้วยตัวแบบระบบเกรย์ ซึ่งตัวแบบ GM(1, 1) EPC มีค่าเฉลี่ยร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ต่ำสุด 2.51 แล้วแจกแจงด้วยดัชนีฤดูกาล ส่วนตัวแบบ ARIMA(2, 1, 2)(0, 1, 0)₁₂ มีค่า MAPE 13.25 เมื่อทำการตรวจสอบกับจำนวนผู้ป่วยมกราคม-ตุลาคม 2566

*อาจารย์ประจำสาขาสารณสุขศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี

Lecturer of Community Public Health Program, Faculty of Allied Health Sciences, Pathumthani University, Pathum Thani(Corresponding Author) e-mail: vatcharaporn.2558.ch@gmail.com

**อาจารย์ประจำสาขาแพทย์แผนไทย คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี

Lecturer of Thai Traditional Medicine Program, Faculty of Allied Health Sciences, Pathumthani University, Pathum Thani

***บุคลากรประจำสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดตาก

Personnel at the Tak Provincial Public Health Office

ตามระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค 506 แล้วพบว่าการพยากรณ์เกรย์ผสมดัชนีฤดูกาล และ ตัวแบบ ARIMA(2, 1, 2)(0, 1, 0)₁₂ มีค่า MAPE ร้อยละ 66.11 และ 124.05 ตามลำดับ ซึ่งใช้พยากรณ์ได้ไม่ตื้นัก อย่างไรก็ตามการพยากรณ์เชิงปริมาณดัชนีฤดูกาลได้แสดงถึงช่วงเวลาที่มีความรุนแรงของโรค

คำสำคัญ : การพยากรณ์ / ทฤษฎีเกรย์ / โรคไข้เลือดออก / จังหวัดตาก

ABSTRACT

In 2022, Tak Province has the 5th highest number of dengue fever patients in Thailand. Quantitative methods are an important tool in planning surveillance for determining appropriate measures. This study forecasts the number of monthly dengue fever cases in 2023 in Tak Province using the SARIMA or ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)₁₂ model compared with the Gray System Theory model to forecast total dengue fever cases in 2023 and then distribute the number of monthly cases with a seasonal index according to the pattern of the data shown. The results showed that the number of annual and monthly patients tends to decrease. The seasonality index shows the number of monthly cases spikes in May and peaks in July then decreased until March and April. Therefore, the annual forecasting method was used with the Gray system model. The GM(1,1) EPC model has an average percentage of The lowest absolute error (MAPE) is 2.51, so it is distributed with the seasonal index, which is called the Gray hybrid forecast. The ARIMA(2, 1, 2)(0, 1, 0)₁₂ model has a MAPE value of 13.25. When validating with the number of patients January to October 2023, according to the Disease Surveillance Reporting System 506, it was found that the Gray hybrid forecast and ARIMA(2, 1, 2)(0, 1, 0)₁₂ had MAPE values of 66.11 percent and 124.05, respectively, which were not very good at forecasting. However, quantitative predictions of seasonal indices have been shown to indicate periods of disease severity.

Keywords : Forecasting / Grey System Theory / Dengue Fever / Tak Province

บทนำ

จากการตรวจสอบจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก (Dengue fever-DF) ตามรายงานของระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค รง.506 ของโรคไข้เลือดออก (สำนักกระบาตวิทยา กรมควบคุมโรค, 2566) พบว่า ในปี พ.ศ. 2565 จังหวัดที่มีผู้ป่วยเกินกว่าหนึ่งพันคน 5 อันดับแรก ได้แก่ กรุงเทพมหานคร แม่ฮ่องสอน ชลบุรี เชียงใหม่ และตาก (เรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย) สำหรับจังหวัดตาก มีผู้ป่วยจำนวน 1,139 คน คิดเป็นอัตราป่วย 168.35 ต่อแสนประชากร ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีอัตราป่วยสูงที่สุดในเขตสุขภาพที่ 2

การศึกษาการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก 64 เรื่อง พบตัวแบบทั้งหมด 99 ตัวแบบ ตัวแบบส่วนใหญ่ใช้ข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากรายงานของหน่วยงานที่รับผิดชอบมาใช้ ในการทำนาย ด้วยการใช้วิธีการปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence-AI) คือ เครื่องจักร(machine) มี ฟังก์ชันที่มีความสามารถในการทำความเข้าใจ เรียนรู้องค์ความรู้ต่างๆ อาทิ การรับรู้ การเรียนรู้ การให้ เหตุผล และการแก้ปัญหาต่างๆ พัฒนามาจากการศึกษาการรู้จำตัวแบบเกี่ยวข้องกับการศึกษาและการ สร้างอัลกอริทึมที่สามารถเรียนรู้ข้อมูลและทำนายข้อมูลได้ อัลกอริทึมนั้นจะทำงานโดยอาศัยตัวแบบที่สร้าง มาจากชุดข้อมูลตัวอย่างเพื่อการทำนายหรือตัดสินใจโดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมไว้อย่างชัดเจน ได้แก่ เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) ซึ่งการเรียนรู้ของเครื่องต้องอาศัยวิธีการทาง สถิติศาสตร์เป็นอย่างมาก โดยเชื่อมโยงกับองค์ความรู้อื่นที่ต้องการนำไปประยุกต์ เช่น การแพทย์ชีวสารสนเทศ ศาสตร์ เคมีสารสนเทศศาสตร์ เทคนิค Random forest โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks-ANN) และตัวแบบทางสถิติ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลารูปแบบต่างๆ บทความวิชาการเกี่ยวกับ ตัวแบบต่างๆ มีรายงานการตรวจสอบกับข้อมูลจริงที่ทำนายอนาคตบ้าง ซึ่งแสดงถึงยังขาดการตรวจสอบ ประสิทธิภาพของตัวแบบ (Leung, et al., 2023) การพยากรณ์ผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกโดยใช้สมการถดถอย ทำนายจำนวนผู้ติดเชื้อโรคไข้เลือดออกของจังหวัดตาก (ตัวแปรตาม) ยังขึ้นกับจำนวนวันที่ฝนตกที่สถานี ตรวจสภาพอากาศที่แม่สอดเป็นตัวแปรอิสระ (วัดนา, เบลูจรัตน์ และรุ่งตะวัน, 2560) มีการใช้ข้อมูล อุณหภูมิเฉลี่ยรายสัปดาห์และปริมาณฝนสะสมในช่วงปี พ.ศ. 2543-2553 ในการทำนายอุบัติการณ์ของโรค ไข้เลือดออกในปี 2557 (Hii, et al., 2012) ตัวแบบตามทฤษฎีระบบเกรย์พยากรณ์ การแพร่ระบาดของ โรคไข้เลือดออกของกรุงเทพมหานคร (ปรีชา และคนอื่นๆ, 2566) ส่วนการพยากรณ์ในรายงานสถานการณ์ โรคไข้เลือดออกของกระทรวงสาธารณสุข มักจะใช้วิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ตัวแบบอนุกรมเวลา ARIMA หรือ SARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average หรือ Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) รายงานพยากรณ์โรคไข้เลือดออก ปี 2562 ใช้ข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก รายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551- 2561 ได้ตัวแบบ ARIMA (1, 1, 0)(1, 1, 0)₁₂ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน สัมบูรณ์ ร้อยละ 31.51 ในการพยากรณ์ (กรมควบคุมโรค, 2562) ตัวแบบ ARIMA (0,1,0)(0,1,0)₁₂ ทำนาย อุบัติการณ์การเกิดโรคไข้เลือดออกของประชาชน จังหวัดอุบลราชธานี ตั้งแต่ปี 2551-2561 พยากรณ์ จำนวนผู้ป่วยในปี พ.ศ. 2562 ก็พบว่าค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สูง (วนิกเกียรติ์ และคนอื่นๆ, 2563) และ ARIMA (1, 1, 2) (1, 1, 2)₁₂ โดยใช้ข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก รายเดือนตั้งแต่ปี 2553- 2562 คาดการณ์จำนวนผู้ป่วย ในปี 2563 (สำนักข่าวกรมประชาสัมพันธ์, 2563) และสามารถสืบค้นได้จาก รายงานสถานการณ์โรคไข้เลือดออกของจังหวัดต่างๆ ด้วย กล่าวได้ว่า วิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์เป็นวิธีที่ใช้ ข้อมูลจำนวนมากและพบในรายงานของกระทรวงสาธารณสุขดังกล่าว

เนื่องจากรายงานวิจัยโรคไข้เลือดออกมักจะใช้วิธีการพยากรณ์เพียงวิธีใดวิธีหนึ่ง การศึกษาครั้ง นี้ จะทำการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยรายเดือนปี พ.ศ. 2566 ของจังหวัดตากด้วยตัวแบบ ARIMA(p, d, q)

(P, D, Q)₁₂ เปรียบเทียบกับตัวแบบตามทฤษฎีระบบเกรย์ทำการพยากรณ์ผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรวมปี พ.ศ. 2566 แล้วแจกแจงจำนวนผู้ป่วยรายเดือนด้วยดัชนีฤดูกาลตามรูปแบบของข้อมูลที่ปรากฏ

วิธีดำเนินการวิจัย

การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือน ของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดตาก แตกต่างไปจากรายงานของระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค จากระง. 506 โรคไข้เลือดออก (สำนักกระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค, 2566) พบว่าในปี พ.ศ. 2565 จังหวัดตาก มีผู้ป่วยจำนวน 1,139 คน ในขณะที่รายงานของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดตาก (2566) พบว่ามีจำนวน 1,147 คน ทั้งนี้เนื่องมาจากวันที่ทำรายงานที่ต้องนำส่งส่วนกลางซึ่งดำเนินไปก่อนหน้าการจัดทำรายงานของจังหวัดในครั้งนี จึงใช้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือน ของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดตาก ระหว่าง พ.ศ. 2561-2565 ในการสร้างตัวแบบดังแสดงในตารางที่ 1

การพิจารณารูปแบบข้อมูล

จำนวนข้อมูล รูปแบบตามเวลาที่มีการเกิดซ้ำช่วงเวลาเดิม (Seasonal-S) เพิ่มขึ้นหรือลดลง (Trend-T) มีการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร (Cyclical-C) และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นหรือลดลงอย่างผิดปกติ (Irregular-I) ทั้งนี้เพื่อการเลือกใช้วิธีและตัวแบบที่เหมาะสม ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยรายเดือน ปี พ.ศ. 2561-2565 จำนวน 60 เดือน ใช้พัฒนาตัวแบบวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์และการคำนวณดัชนีฤดูกาลด้วยวิธีการแยกตัวประกอบสำหรับการพยากรณ์รายเดือน ส่วนข้อมูลรวมรายปี พ.ศ. 2561-2565 จำนวน 5 ปี ใช้พยากรณ์รายปีด้วยวิธีระบบเกรย์แล้วนำมาแจกแจงเป็นรายเดือนด้วยดัชนีฤดูกาล ซึ่งเรียกว่า การพยากรณ์เกรย์ผสมดัชนีฤดูกาล

วิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์

วิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ ตัวแบบ ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_m หมายถึง ตัวแบบ ARIMA (p, d, q) มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ AutoRegressive AR(p), Intergrated (I) และ Moving Average MA(q) สำหรับ AR(p) เป็นรูปแบบที่แสดงว่า y_t คือ ค่าสังเกต y_t ณ เวลา t ขึ้นอยู่กับค่าของ $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}$ หรือค่าสังเกตที่เกิดขึ้นก่อนหน้า p ค่า ส่วนรูปแบบ MA(q) เป็นรูปแบบที่ y_t ขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อน $e_{t-1}, e_{t-2}, \dots, e_{t-q}$ หรือความคลาดเคลื่อนที่อยู่ก่อนหน้า q ค่า ส่วน Integrated (I) เป็นการหาผลต่าง (Difference, d) ของอนุกรมเวลา เหตุผลสำคัญที่ต้องหาผลต่างของอนุกรมเวลา เนื่องจากตัวแบบ ARIMA ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) เท่านั้น (อนุกรมเวลาคงที่มีคุณสมบัติทางสถิติ คือ มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนที่ไม่แปรผันตามเวลา) ในกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติไม่คงที่ (Nonstationary) จะต้องทำการแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาดังกล่าวให้มีคุณสมบัติคงที่ก่อนด้วยการหาผลต่างของข้อมูล อนุกรมเวลา ARIMA แบบมีฤดูกาล มีพารามิเตอร์ตามฤดูกาลอีกสามรายการ (P, D, Q) คือ องค์ประกอบการถดถอยอัตโนมัติ (P) องค์ประกอบ

ผลต่าง (D) และองค์ประกอบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Q) ในคาบฤดูกาล โดยที่ m คือจำนวนการค่าสังเกตในแต่ละฤดูกาล (ในการศึกษาอนุกรมเวลาที่มีส่วนประกอบฤดูกาล 12 เดือน m คือ 12 ส่วนประกอบตามฤดูกาลของตัวแบบจะแสดงด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ และส่วนประกอบที่ไม่ใช่ตามฤดูกาลของตัวแบบจะแสดงด้วยตัวพิมพ์เล็ก (Santa, 2023) สูตรการคำนวณ (Hyndman, Athanasopoulos, 2021) มีดังต่อไปนี้

เมื่อ y คือ ตัวแปรที่ศึกษา และ ช่วงเวลา $t = 1, 2, 3, \dots, T$

ดังนั้น y_t คือ ค่าของตัวแปร y ณ คาบเวลา t

Back shift operator หรือ Lag operator B การถอยข้อมูลย้อนกลับไป h คาบเวลา

$$\begin{aligned} By_t &= y_{t-1} \\ B(By_t) &= B^2 y_t = y_{t-2} \\ B^h y_t &= y_{t-h} \end{aligned} \tag{1}$$

Differencing ผลต่างของตัวแปรกับคาบเวลาก่อนหน้า

$$\begin{aligned} y'_t &= y_t - y_{t-1} = y_t - By_t = (1-B)y_t \\ y''_t &= y_t - y_{t-1} - (y_{t-1} - y_{t-2}) = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2} \\ &= (1-2B+B^2)y_t = (1-B)^2 y_t \end{aligned} \tag{2}$$

a d^{th} -order difference ผลต่างลำดับของตัวแปรลำดับที่ d

$$y_t^d = (1-B)^d y_t \tag{3}$$

A first seasonal difference สำหรับ m คาบ ใน 1 รอบฤดูกาล

$$\begin{aligned} (1-B)(1-B^m)y_t &= (1-B-B^m+B^{m+1})y_t \\ &= y_t - y_{t-1} - y_{t-m} + y_{t-m-1} \end{aligned} \tag{4}$$

An AutoRegressive model of order p - AR(p)

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + e_t \tag{5}$$

A Moving Average model of order q - MA(q)

$$y_t = c + e_t + \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 e_{t-2} + \dots + \theta_q e_{t-q} \tag{6}$$

เมื่อนำ Differencing AR(p) และ MA(q) มารวมกัน เป็น ARIMA(p, d, q)

$$\begin{aligned} y_t^d &= c + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 e_{t-2} + \dots + \theta_q e_{t-q} + e_t \\ y_t^d &= \nabla^d y_t \end{aligned} \tag{7}$$

กรณีที่มีฤดูกาล (seasonal) ก็จะเป็น a multiplicative $(p, d, q)(P, D, Q)_m$ SARIMA model with seasonal period “m”

เมื่อ “d” และ “D” หมายถึง จำนวนของความแตกต่าง (an order difference) ที่ไม่ใช่ฤดูกาลและตามฤดูกาล ตามลำดับ

เมื่อ m เป็นช่วงเวลาใน 1 ฤดูกาล แล้ว ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_m คือ

$$\phi(B)\Phi_p(B^m)\nabla^d\nabla_m^D Y_t = \theta(B)\Theta_Q(B^m)\varepsilon_t \quad (8)$$

โดยที่ the autoregressive and moving average operators respectively for the non-seasonal characteristics

$$\phi(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \quad (9)$$

$$\theta(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$$

The autoregressive and moving average operators for the seasonal characteristics

$$\begin{aligned} \Phi_p(B^m) &= (1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \dots - \Phi_p B^p) \\ \Theta_Q(B^m) &= (1 - \Theta_1 B - \Theta_2 B^2 - \dots - \Theta_Q B^Q) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\nabla^d \nabla^D Y_t = (1 - B)^d (1 - B^m)^D Y_t$$

การใช้โปรแกรม R (The R Foundation, 2023) กับ Package Forecast (CRAN, 2023)

ฟังก์ชัน auto.arima จะทำการคำนวณตัวแบบต่างๆ ตามตัวแบบ ARIMA แบบมีฤดูกาล เนื่องจากมีข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือน 3 ปี ในช่วง พ.ศ. 2563-2565 จึงใช้ความสามารถของตัวแบบ SARIMA ในการพยากรณ์รายเดือนล่วงหน้า 12 เดือนได้ การหาค่าพารามิเตอร์สำหรับตัวแบบ SARIMA โดยใช้โปรแกรม R Forecast package เมื่อ install.packages(“forecast”) ไว้แล้ว ก็เรียกใช้ library(forecast) เมื่อนำข้อมูลเข้าโปรแกรม R ก็สามารถเรียก ฟังก์ชัน auto, arima (Wischke, 2018) ทำการคำนวณจากตัวแบบ ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_m ตามค่าพารามิเตอร์ p, d, q, P, D, Q, และ m ที่กำหนดจำนวนมาก แล้วเลือกตัวแบบที่มีเกณฑ์ค่าพยากรณ์มีความสอดคล้องกับข้อมูลมากที่สุด หรือ Akaike Information Criterion (AIC) ที่มีค่าต่ำที่สุด (Bevans, 2020)

วิธีของทฤษฎีระบบเกรย์

ตัวแบบ GM(1,1)

สัญญาณลักษณะที่แสดงอยู่ในรูปของเวกเตอร์ (vector) และ เมทริกซ์ (matrix) (Liu & Lin, 2010) เป็นดังนี้

ค่าข้อมูลจริงจำนวน n ค่า จาก $1,2,3,\dots,n$

$$X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)) \quad (11)$$

ค่าข้อมูลสะสมจำนวน n ค่า จาก $1,2,3,\dots,n$

$$X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)) \quad (12)$$

ค่าข้อมูลสะสมรายการที่ k

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), k=1, 2, \dots, n \quad (13)$$

ค่าข้อมูลสะสมเฉลี่ยกับรายการก่อนหน้า

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)) \quad (14)$$

ค่าข้อมูลสะสมเฉลี่ยกับรายการก่อนหน้ารายการที่ k

$$z^{(1)}(k) = \frac{1}{2}(x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)), k=2, 3, \dots, n \quad (15)$$

M^T คือ เมทริกซ์สลับเปลี่ยน (transpose matrix) M ทำการสลับตำแหน่งข้อมูลจากแถวเป็น สดมภ์และสดมภ์เป็นแถว

M^{-1} คือ เมทริกซ์ผกผัน (inverse matrix) ของเมทริกซ์ M

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad (16)$$

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & 1 \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$a = (B^T B)^{-1} B^T Y = [a \quad b]^T \quad (18)$$

a คือ สัมประสิทธิ์การพัฒนา และ b คือ ปริมาณกระทำสี่เทา

สมการอนุพันธ์ของตัวแบบ GM(1,1)

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b \quad (19)$$

ค่าพยากรณ์สะสมรายการที่ $k+1$

$$x^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right)e^{ak} + \frac{b}{a} \quad (20)$$

ค่าพยากรณ์รายการที่ $k+1$

$$x^{(0)}(k+1) = (1 - e^{-a}) \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right)e^{-ak}, k=1, 2, \dots, n \quad (21)$$

ค่าความคลาดเคลื่อนรายการที่ k

$$\varepsilon^{(0)}(k) = x^{(0)}(k) - x^{(0)}(k) \quad (22)$$

$$\varepsilon^{(0)}(k) \cong \frac{1}{2} a_0 + \sum_{i=1}^Z \left[a_i \cos\left(\frac{2\pi i}{T}\right) + b_i \sin\left(\frac{2\pi i}{T}\right) \right], k = 2, 3, \dots, n \quad (23)$$

$$T = n - 1, Z = \frac{(n-1)}{2} - 1$$

การปรับค่าด้วยอนุกรมฟูรีเยร์

$$P = \begin{bmatrix} 1/2 & \cos\left(\frac{2\pi \cdot 1}{T}\right) & \sin\left(\frac{2\pi \cdot 1}{T}\right) & \cos\left(\frac{2\pi \cdot 2}{T}\right) & \sin\left(\frac{2\pi \cdot 2}{T}\right) & \dots & \cos\left(\frac{2\pi \cdot Z}{T}\right) & \sin\left(\frac{2\pi \cdot Z}{T}\right) \\ 1/2 & \cos\left(\frac{3\pi \cdot 1}{T}\right) & \sin\left(\frac{3\pi \cdot 1}{T}\right) & \cos\left(\frac{3\pi \cdot 2}{T}\right) & \sin\left(\frac{3\pi \cdot 2}{T}\right) & \dots & \cos\left(\frac{3\pi \cdot Z}{T}\right) & \sin\left(\frac{3\pi \cdot Z}{T}\right) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/2 & \cos\left(\frac{n\pi \cdot 1}{T}\right) & \sin\left(\frac{n\pi \cdot 1}{T}\right) & \cos\left(\frac{n\pi \cdot 2}{T}\right) & \sin\left(\frac{n\pi \cdot 2}{T}\right) & \dots & \cos\left(\frac{n\pi \cdot Z}{T}\right) & \sin\left(\frac{n\pi \cdot Z}{T}\right) \end{bmatrix} \quad (24)$$

สมาชิกของเวกเตอร์ C

$$C = [a_0 \quad a_1 \quad b_1 \quad a_2 \quad b_2 \quad \dots \quad a_n \quad b_n] \quad (25)$$

$$C \cong (P^T P)^{-1} P^T \varepsilon^{(0)} \quad (26)$$

ค่าพยากรณ์รายการที่ k

$$x^{(0)}(k) = x^{(0)}(k) - \varepsilon^{(0)}(k) \quad (27)$$

ตัวแบบทฤษฎีระบบเกรย์ ประกอบด้วยตัวแบบ GM(1,1) และ GM(1,1) Error Periodic Correction (GM(1,1)EPC) นี้จะเลือกค่าพยากรณ์รายปีจากตัวแบบที่มีความแม่นยำสูงกว่ามาทำการแจกแจงเป็นรายเดือนด้วยดัชนีฤดูกาล เนื่องจากทฤษฎีระบบเกรย์ใช้กับข้อมูลจำนวนน้อย สามารถใช้กับข้อมูลจำนวนน้อยที่สุดเพียง 4 คาบเวลาก็สามารถใช้ทำนายคาบเวลาที่ 5 ได้ ตัวแบบเริ่มต้นคือ GM(1,1) (first order grey model for one variable) ซึ่งจะเริ่มต้นจากการแปลงข้อมูลจริงที่ศึกษาเป็นข้อมูลสะสมแล้วใช้สมการถดถอยเชิงเส้นตรงประมาณค่าคงที่และค่าความชัน จากนั้นทำนายค่าสะสมแล้ว หักออกด้วยค่าสะสมที่ทำนายก่อนหน้าก็จะได้ค่าทำนายของแต่ละคาบเวลา ซึ่งกล่าวได้ว่าเหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีจำนวนค่าสังเกตเพิ่มสูงขึ้นทุกปี นอกจากนี้ยังมีตัวแบบที่มีการแก้ไขข้อผิดพลาดเป็นระยะๆ เพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูลที่มีรูปแบบเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นโค้งรูปตัวเอสด้วย การพิจารณาว่าตัวแบบการทำนายสามารถทำนายได้แม่นยำเพียงใดก็สามารถพิจารณาได้จากค่าทำนายที่เบี่ยงเบนไปจากค่าจริง หรือ ค่าสหสัมพันธ์ของค่าจริงกับค่าทำนาย (Liu , Lin, 2010)

การพยากรณ์ด้วยวิธีแยกตัวประกอบและการคำนวณดัชนีฤดูกาล

องค์ประกอบของอนุกรมเวลาประกอบด้วย ฤดูกาล (Seasonal-S) แนวโน้ม (Trend-T) วัฏจักร (Cyclical-C) และความผิดปกติ (Irregular-I) วิธีการแยกตัวประกอบ (Chan, 2015) ประกอบด้วย ตัวแบบการคูณ (Multiplicative model) และ ตัวแบบการบวก (Additive model)

ตัวแบบการคูณ (Multiplicative model) $Y=T \times C \times S \times I$ เป็นรูปแบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งถือว่าการคาดการณ์ (Y) เป็นผลของทั้งสี่ส่วนประกอบในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ผลขององค์ประกอบสี่ประการต่อกันการเวลามีการพึ่งพาอาศัยกัน (interdependent)

ตัวแบบการบวก (Additive model) $Y=T + C + S + I$ ถือว่าองค์ประกอบทั้งสี่นี้เป็นอิสระจากกัน ซึ่งเป็นสมมติฐานที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง

การคำนวณดัชนีฤดูกาล 3 วิธี คือ วิธีค่าเฉลี่ยอย่างง่าย (Simple Moving Average) วิธีการนี้ใช้เมื่อตัวแปรอนุกรมเวลาประกอบ เฉพาะส่วนประกอบตามฤดูกาลและแบบสุ่ม วิธีสัดส่วนต่อค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Ratio to moving average) เป็นวิธีที่ใช้กันมากที่สุด การวัดความแปรผันตามฤดูกาล วิธีการนี้จะถือว่าการมีอยู่ของทั้งหมดสี่องค์ประกอบของอนุกรมเวลาเป็นการแยกองค์ประกอบ T, C และ I ออกจากข้อมูลอนุกรมเวลาให้เหลือแต่ S ที่ต้องการ วิธีการอัตราส่วนต่อแนวโน้ม (Ratio to trend) วิธีการนี้ใช้เมื่อข้อมูลไม่มีความแปรปรวนของวัฏจักร (Strathmore University Business School, 2021; Shukla, Trivedi, 2017)

เกณฑ์ตัดสินความแม่นยำของตัวแบบ

ค่าข้อมูลจริง y_t จำนวน n ค่า โดย $t = 1, 2, \dots, n$ ส่วน y_t เป็นค่าพยากรณ์ สำหรับคาบเวลาตามข้อมูลที่นำมาใช้พยากรณ์ $t = 1, 2, \dots, n$ ส่วนค่าพยากรณ์ไปในอนาคต $t = n + 1, n + 2, \dots$

ค่าเฉลี่ยร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (The Mean Absolute Percentage Error- MAPE) (Andrés, 2023)

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \right) \times 100\% \quad (28)$$

MAPE หน่วยเป็นร้อยละ ถ้าน้อยกว่า 10 มีความแม่นยำสูง ระหว่าง 10-20 ใช้พยากรณ์ได้ดี ระหว่าง 20-50 มีเหตุผลพอที่จะใช้พยากรณ์ และ มากกว่า 50 ไม่มีความแม่นยำ (Lewis, 1982)

ผลการวิจัย

ข้อมูลจำผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือน

จากข้อมูลผู้ป่วยรายเดือน 5 ปี พ.ศ. 2561-2565 จำนวนผู้ป่วยรายเดือนจะเพิ่มสูงในเดือน พฤษภาคมและสูงสุดในเดือนกรกฎาคม แล้วลดลงจนถึงเดือนมีนาคม เมษายน เกิดเป็นฤดูกาลซ้ำๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1 ข้อมูลผู้ป่วยรายปี พ.ศ. 2561-2565 เพิ่มสูงมากในปี พ.ศ. 2562 แล้วลดลงตลอดมาดังแสดงในภาพที่ 2 และเมื่อพิจารณาข้อมูลต่อเนื่อง 60 เดือน จำนวนผู้ป่วยรายเดือนก็มีแนวโน้มลดลง โดยมีค่าความชันของสมการเส้นตรง -7.738 คนต่อเดือน ดังแสดงในภาพที่ 3

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก จังหวัดตาก พ.ศ. 2561-2565

เดือน	2561	2562	2563	2564	2565	ดัชนีฤดูกาล
1	15	11	17	6	9	0.030
2	36	48	26	16	6	0.066
3	48	63	21	39	10	0.109
4	80	188	48	52	21	0.238
5	365	330	205	255	75	0.703
6	828	678	288	606	258	1.956
7	1,351	1,869	938	399	217	2.947
8	800	1,416	728	184	172	2.023
9	675	702	630	90	163	1.355
10	480	670	360	50	88	1.082
11	539	528	297	143	67	0.988
12	372	180	204	48	61	0.504
รวม	5,589	6,683	3,762	1,888	1,147	12.000

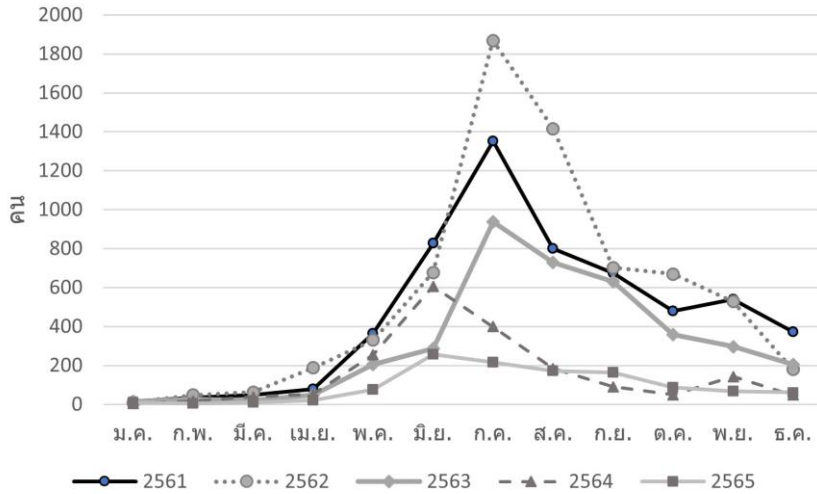
การคำนวณดัชนีฤดูกาลและการพยากรณ์เกรย์ผสมดัชนีฤดูกาล

การพยากรณ์ด้วยวิธีแยกตัวประกอบ ได้ดัชนีอนุกรมเวลาตามวิธีสัดส่วนต่อค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ปรับปรุงดังแสดงในตารางที่ 1 วิธีการตามทฤษฎีระบบเกรย์ได้พยากรณ์จำนวนผู้ป่วยปี พ.ศ. 2566 ได้ตัวแบบ GM(1,1)EPC มีค่า MAPE ต่ำที่สุด ร้อยละ 2.51 ในขณะที่ ตัวแบบ GM(1,1) มี MAPE ร้อยละ 3.43, ตามลำดับ (ถ้าน้อยกว่า 10 มีความแม่นยำสูง) จึงเลือกค่าพยากรณ์จากตัวแบบ GM(1,1)EPC นำไปแจกแจงเป็นค่าพยากรณ์รายเดือนด้วยดัชนีอนุกรมเวลาวิธีของสัดส่วนต่อค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ดังแสดงในตารางที่ 2

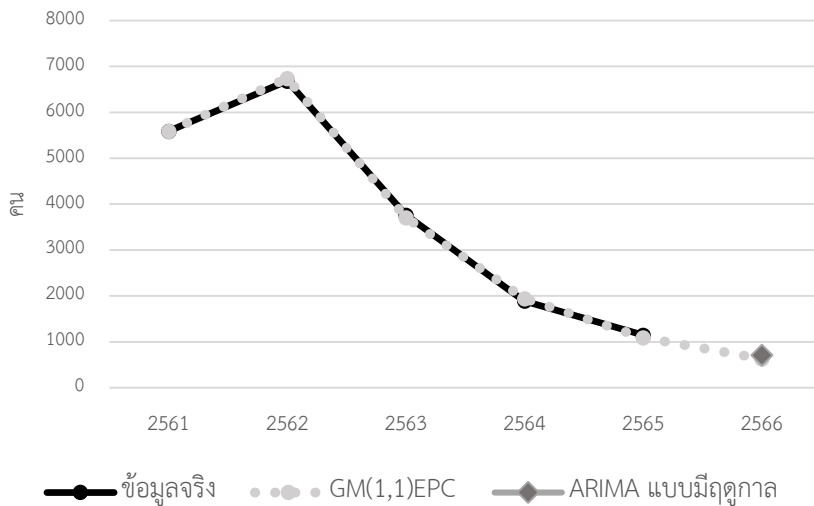
การพยากรณ์ด้วยวิธีบอกและเงินกินส์

การพยากรณ์ SARIMA โปรแกรม R แพคเกจ Forecast ฟังก์ชัน auto.arima ใช้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือน 5 ปี ในช่วง พ.ศ. 2561-2565 เป็นเวลา 60 เดือน ได้ตัวแบบ ARIMA(0,1,0)(0,1,1)₁₂ มีค่า MAPE ร้อยละ 117.54 (มากกว่า 50 ไม่มีความแม่นยำ) และให้ค่าพยากรณ์ติดลบ จึงแก้ไขโดยแปลงเป็นค่า log ของจำนวนผู้ป่วยรายเดือนได้ตัวแบบ ARIMA(2,1,2)(0,1,0)₁₂ มีค่า MAPE การพยากรณ์อดีต 60 เดือน ร้อยละ 13.25 (10-20 ใช้พยากรณ์ได้ดี) ซึ่งแปลงกลับเป็นจำนวนผู้ป่วย ดังแสดงในตารางที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยรายปี ค่าจริง พ.ศ. 2561-2565 กับการพยากรณ์

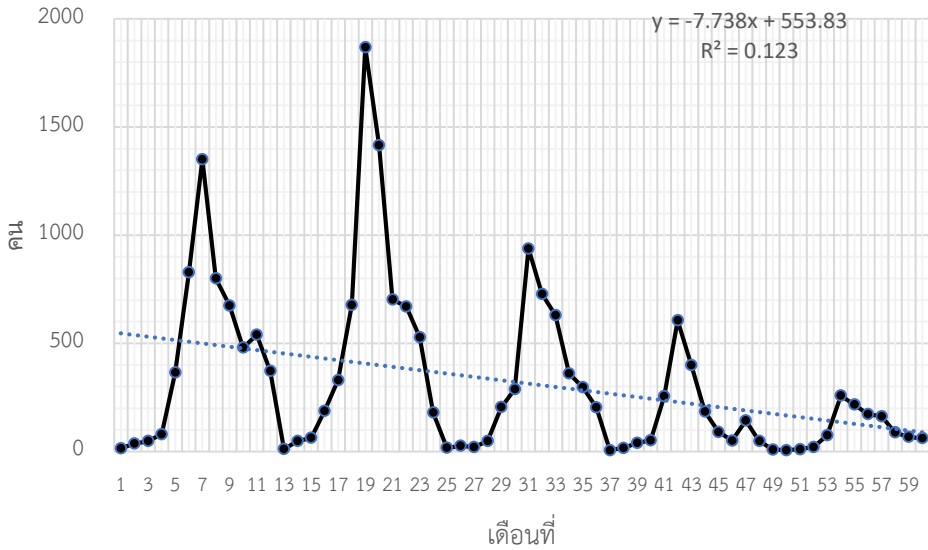
เกรย์ผสมดัชนีฤดูกาล (ค่าพยากรณ์ GM(EPC) รายปีนำมาจำแนกรายเดือนด้วยดัชนีฤดูกาล) และ ARIMA แบบมีฤดูกาล ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือนปี พ.ศ. 2561-2565



ภาพที่ 2 ข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกจริง และค่าพยากรณ์ พ.ศ. 2566



ภาพที่ 3 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือน พ.ศ. 2561-2565

ตารางที่ 2 ค่าพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือน พ.ศ. 2566

เดือน	GM(1,1)EPC และ ดัชนีอนุกรมเวลา	ARIMA แบบมีฤดูกาล		จำนวนผู้ป่วยระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค 506	ร้อยละความแตกต่างสัมบูรณ์	
		log Y	จำนวนผู้ป่วย		การพยากรณ์เกรย์ผสมดัชนีฤดูกาล	ARIMA แบบมีฤดูกาล
1	2	1.65	45	38	95.86	18.57
2	3	1.92	82	15	76.95	448.30
3	6	2.11	128	29	80.18	342.48
4	13	1.73	53	82	84.72	35.10
5	37	1.74	55	123	69.96	54.93
6	103	1.90	79	293	64.90	72.96
7	155	1.63	43	455	65.94	90.54
8	106	2.02	106	254	58.12	58.39
9	71	1.44	28	126	43.43	78.10
10	57	1.63	42	72	20.99	41.14

ตารางที่ 2 (ต่อ)

เดือน	GM(1,1)EPC และ ดัชนีอนุกรมเวลา	ARIMA แบบมีฤดูกาล		จำนวนผู้ป่วยระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค 506	ร้อยละความแตกต่างสัมบูรณ์	
		log Y	จำนวนผู้ป่วย		การพยากรณ์เกรย์ผสมดัชนีฤดูกาล	ARIMA แบบมีฤดูกาล
11	52	1.30	20			
12	27	1.48	30			
รวม	631		712	1,487		
ค่า MAPE เฉลี่ย 10 เดือน					66.11	124.05

อภิปรายผล

การพยากรณ์อนุกรมเวลาเป็นการวิจัยเชิงปริมาณที่ใช้ข้อมูลในอดีตสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์อนาคตโดยมีข้อสมมติฐานเบื้องต้นว่าสิ่งที่เกิดในอดีต จะดำเนินไปในอนาคตเช่นเดิม ซึ่งผลการพยากรณ์ก็มีจำนวนผู้ป่วยลดลงตามแนวโน้มของข้อมูล แต่เมื่อเทียบค่าพยากรณ์กับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนของจังหวัดตากในปี พ.ศ. 2566 กับระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค 506 ซึ่งมีค่าสถิติ 10 เดือน (มกราคม-ตุลาคม 2566) (สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค, 2566) พบว่า วิธีการพยากรณ์ GM(1,1)EPC และดัชนีอนุกรมเวลา กับ ARIMA แบบมีฤดูกาล มีค่า MAPE ร้อยละ 66.11 และ 124.05 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าร้อยละ 50 ไม่มีความแม่นยำ อย่างไรก็ตามค่าดัชนีฤดูกาลก็แสดงถึงระดับความรุนแรงในแต่ละช่วงเดือนของปี ที่นำไปใช้การกำหนดมาตรการต่างๆ ในรอบปีของการปฏิบัติงาน

ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายปีของจังหวัดตาก พ.ศ. 2561 เพิ่มขึ้นสูงในปี พ.ศ. 2562 แล้วลดลงตลอดมา ซึ่งอาจมาจากมาตรการต่างๆ ทางสาธารณสุข ดังนั้น ถ้ามาตรการต่าง ๆ สัมฤทธิ์ผลก็สามารถพยากรณ์ได้ว่าจำนวนผู้ป่วยจะลดลงจาก ปี พ.ศ. 2565 อย่างไรก็ตาม ความผันแปรของภูมิอากาศก็อาจเป็นสาเหตุทำให้ผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกมีจำนวนเพิ่มขึ้นได้

รายงานการเฝ้าระวังปรากฏการณ์เอลนีโญ/ลานีญา เดือนตุลาคม พ.ศ.2566 ของศูนย์ภูมิภาคศอกพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา (2566) คาดว่า ปรากฏการณ์เอลนีโญที่อยู่ในสภาวะเอลนีโญกำลังปานกลางมีแนวโน้มที่จะรุนแรงขึ้นในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2566 - มกราคม 2567 จากนั้นจะมีกำลังอ่อนลงและต่อเนื่องไปจนถึงช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2567 ปรากฏการณ์เอลนีโญส่งผลให้มีแหล่งเพาะพันธุ์ยุงเพิ่มมากขึ้น และทำให้ตัวเต็มวัยมีชีวิตรอดมากขึ้น จึงมีความเป็นไปได้ที่โรคไข้เลือดออกจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในบรรยากาศ ปริมาณน้ำฝน และความร้อนในมหาสมุทร สามารถทำนายการเติบโตของยุงลายได้ในอีก 1-6 เดือนข้างหน้า ซึ่งจะช่วยวางแผนการ

ป้องกันควบคุมโรคที่เกิดจากยุงลาย เช่น โรคไข้เลือดออกได้ดีขึ้น (Hales, Weinstein, Woodward, 1996)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดตาก ที่อนุเคราะห์ข้อมูลโรคไข้เลือดออกจากรง.506 ปี 2561-2565 เพื่อใช้ศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณหัวหน้าสาขาแพทย์แผนไทย คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี ที่สนับสนุนโปรแกรมคำนวณทางสถิติและให้ข้อเสนอแนะทุกขั้นตอนของการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมโรค. (2562). รายงานพยากรณ์โรคไข้เลือดออก ปี 2562. [Online]. Available : <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1026720200625043825.pdf> [2566, ตุลาคม 10].
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2566). การเฝ้าระวังปรากฏการณ์เอลนีโญ/ลานีญา. [Online]. Available : https://www.tmd.go.th/media/climate/climate-events/เอลนีโญ_ตุลาคม2566.pdf [2566, ตุลาคม 10].
- ปรีชา เควื่อโฮม, เกลิมชัย ภูริพัฒน์, พิณรัตน์ นุชโพธิ์ และพรวิมล คล่องสังสอน. (2566). ตัวแบบระบบเกรย์สำหรับการพยากรณ์การแพร่ระบาดของโรคไข้เลือดออก : กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร. **วารสารควบคุมโรค**, 49(2) 253-363.
- วณิกเกียรติ์ ยิ่งพันธ์, บั้วรุณ ศรีชัยกุล, จตุพร เหลืองอุบล และพุทธิไกร ประมวล. (2563). ตัวแบบทำนายอุบัติการณ์การเกิดโรคไข้เลือดออกของประชาชน จังหวัดอุบลราชธานี. **วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี**, 9(2) 174-184.
- วัฒนา ชยธวัช, เบญจรัตน์ พัฒนวิบูลย์ และรุ่งตะวัน เมืองมูล. ประมาณการจำนวนผู้ติดเชื้อโรคไข้เลือดออกจากสภาพอากาศ: กรณีศึกษาจังหวัดตาก. ใน **การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 7 ประจำปี 2563 วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2563**(หน้า 131-138). ปทุมธานี : อาคารหอประชุม มหาวิทยาลัยปทุมธานี.
- สำนักข่าวกรมประชาสัมพันธ์. (2563). **พยากรณ์โรคไข้เลือดออกในปี 2563**. [Online]. Available : <https://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TCATG200323123910879> [2563, มีนาคม 23].
- สำนักกระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค. (2566). **ระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค 506>Dengue fever> ข้อมูลย้อนหลัง>สรุปสถานการณ์ประจำปี>ตารางข้อมูล>จำนวนและอัตราป่วย-ตายต่อแสนประชากร แยกรายจังหวัด**. [Online]. Available : <http://doe.moph.go.th/surdata/disease.php?dcontent=old&ds=66> [2566, ตุลาคม 10].
- Andrés, D. (2023). **Machine Learning Pills : Error Metrics for Time Series Forecasting**. [Online]. Available : <https://mlpills.dev/time-series/error-metrics-for-time-series-forecasting/> [2023, October 20].
- Bevans, R. (2020). **Akaike Information Criterion | When & How to Use It (Example)**. [Online]. Scribbr. Available : <https://www.scribbr.com/statistics/akaike-information-criterion/> [2023, March 26].

- Chan, B. (2015). **Classical Multiplicative Decomposition-YouTube**. [Online]. Available : <https://www.youtube.com/watch?v=S31b-vh0Ce0> [2023, March 20].
- CRAN. (2023). **Package forecast forecast: Forecasting Functions for Time Series and Linear Models**. [Online]. Available : <https://cran.r-project.org/web/packages/forecast/index.html>[2023, October 20].
- Hales, S, Weinstein P, Woodward A. (1996). **Dengue fever epidemics in the South Pacific : driven by El Niño Southern Oscillation?**. [Online]. Available : [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(05\)65737-6/ppt](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(05)65737-6/ppt). [2023, October 20].
- Hii, Y.L., Zhu, H., Ng, N., Ng, L.C. & Rocklöv, J. (2012). Forecast of dengue incidence using temperature and rainfall. **National Library of Medicine**, 6(11), e1908.
- Hyndman, R.J. & Athanasopoulos, G. (2021). **Forecasting: principles and practice**. (3 rd ed.). Melbourne : OTexts.
- Hyndman, R.J. & Khandakar, Y. (2008). Automatic time series forecasting: The forecast package for R. **Journal of Statistical Software**, 27(3), 1-22.
- Leung, X.Y., Islam, R.M., Adhami, M., Ilic, D., McDonald, L., Palawaththa, S., Diug, B., Munshi, S.U. & Karim, M.N. (2023). A systematic review of dengue outbreak prediction models: Current scenario and future directions. **National Library of Medicine**, 17(2), e0010631.
- Lewis, C.D. (1982). **Industrial and business forecasting methods**. London : Butterworths.
- Liu, S. & Lin, Y. (2010). **Grey systems theory and application**. Verlag : Springer.
- Santa, R. (2023). **Introduction to SARIMA Model**. [Online]. Available : <https://medium.com/@ritusantra/introduction-to-sarima-model-cbb885ceabe8> [2023, November 1].
- Shukla, G.K. & Trivedi, M. (2017). **UNIT 14 SEASONAL COMPONENT ANALYSIS**. [Online]. Available : <https://www.egyankosh.ac.in/bitstream/123456789/20805/1/Unit-14.pdf> [2023, November 1].
- Strathmore University Business School. (2021). **Analysis of Time Series**. [Online]. Available : https://sbselearning.strathmore.edu/pluginfile.php/177213/mod_resource/content/1/Topic-4-Analysis-of-Time-Series.pdf [2023, November 1].

The R Foundation. (2023). **The R Project for Statistical Computing**. [Online]. Available :
<https://www.r-project.org/> [2023, November 1].

Wischke, A.F. (2018). **Forecasting with R : Auto-ARIMA Step by Step**. [Online]. Available :
<https://www.linkedin.com/pulse/forecasting-r-auto-arima-step-anton-figuerola-wischke> [2023, November 1].



การพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นให้มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง
ในเขตอำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย

The Development of Local Food Recipes to Have Nutritional Value for
Hypertension Patients in Mueng Loei District, Loei Province

จิตติมา พีรภมล*

Jittima Pheerakamol

สุพรรณณี พฤกษา*

Supanee Pruksa

สุระเดช ไชยตอกเกี้ย*

Suradech Chaitokkia

Received : November 27, 2023

Revised : April 24, 2024

Accepted : June 12, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นให้มีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงในเขตอำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย มีการทดสอบทางประสาทสัมผัส ประเมินผลคะแนนความชอบแบบ 5-point hedonic scale ผลการวิจัยพบว่า ตำรับอาหารที่ได้รับความนิยมและเป็นที่ยอมรับสำหรับกลุ่มตัวอย่าง โดยพิจารณาจากตำรับอาหารที่มีแคลเซียม โพแทสเซียม โยใยอาหารสูงที่สุด และโซเดียมต่ำที่สุด จำนวน 10 ตำรับ ได้แก่ กุ้งนอน หมกหอยก แกงผ่าใส่หมูสับ ป่ามไข่ ปิ้งปลา แกงขี้เหล็ก ชุปผัก (ผวน) อ่อมหอยขม หมกปลานิล ชุปผัก (ลาว) และผลจากการประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับสูงทุกตำรับทุก โดยความชอบรวมมากที่สุดได้แก่ปิ้งปลา ($\bar{X} = 4.93$, $SD = 0.26$) รองลงมาได้แก่ อ่อมหอยขม ($\bar{X} = 4.66$, $SD = 0.41$) แต่หมกหอยก มีความชอบรวมน้อยที่สุด ($\bar{X} = 4.33$, $SD = 0.49$) จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน จากผลการวิจัยครั้งนี้ควรประชาสัมพันธ์และส่งเสริมให้ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงสามารถใช้ประโยชน์จากการวิจัย เพื่อส่งเสริมสุขภาพและโภชนาการที่เหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ : โรคความดันโลหิตสูง / การพัฒนาตำรับอาหาร / อาหารท้องถิ่น

*อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

Lecturer in Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University(Corresponding Author)

e-mail: chittima_w@hotmail.com

ABSTRACT

This developmental research aims to develop nutritious traditional food recipes suitable and satisfying for patients with high blood pressure in the Muang district, Loei province. The sensory evaluation was conducted using a 5-point hedonic scale. The research found that the most popular and satisfying recipes for the sample group, considering recipes with the highest calcium, potassium, and fiber content, and the lowest sodium content, were: Kung Nawn (Shrimp Salad), Mok Yook (steamed young-stem banana in banana leaves), Kaeng Pham Sia Moo Sub (Swamp algae with pork curry), Pam Kai (egg roasted in banana leaves), Ping Pla (fish roasted), Kaeng Khee Lek (cassia leaves curry), Soup Phak (Phun) (vegetable soup), Om Hoi Khom (boiled periwinkle with a little water), Mok Pla Nil (striped tilapia steamed with chilli paste), Soup Phak (Laaw) (vegetable soup). The sensory evaluation results showed that the sample group was highly satisfied with the color, aroma, taste, texture, and overall liking of all recipes. The products with the highest level of acceptance were Ping Pla ($\bar{x} = 4.93$, $SD = 0.26$), followed by Om Hoi Khom ($\bar{x} = 4.66$, $SD = 0.41$), while Mok Yook had the lowest overall liking score ($\bar{x} = 4.33$, $SD = 0.49$), from a total score of 5. Based on this research, it is recommended to disseminate and promote the findings to enable patients with high blood pressure to benefit from the research for promoting health and proper nutrition in the future.

Keywords : Hypertension / Recipe Development / Local Food

บทนำ

โรคความดันโลหิตสูงเป็นโรคเรื้อรังที่พบได้บ่อยและเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนและการพัฒนาประเทศ จากรายงานสถิติสาธารณสุขพบว่าอุบัติการณ์ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี 2552, 2558, 2563 เท่ากับ ร้อยละ 21.4, 24.7 และ 25.4 ตามลำดับ (กองโรคไม่ติดต่อ, 2565) และข้อมูลจากระบบคลังข้อมูลสุขภาพ Health Data Center (HDC) ของจังหวัดเลย พบจำนวนผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงในปี 2562, 2564, 2566 เท่ากับ 16.86, 18.14 และ 15.93 และอัตราการตายมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เท่ากับ 2.00, 1.79 และ 3.17 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเลย, 2566) จากสถิติดังกล่าวพบว่าโรคความดันโลหิตสูงในประชากรไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อหรือภาวะแทรกซ้อนตามมา เช่น โรคหรือหลอดเลือดสมอง ภาวะหัวใจล้มเหลว มีอาการหัวใจเต้นไม่สม่ำเสมอ โรคไตวายเรื้อรัง อัมพฤกษ์ อัมพาต หรืออาจมีภาวะสมองเสื่อม เป็นต้น (ชนาธิป, 2565) ปัจจุบันเศรษฐกิจและสังคมทำให้วิถีการดำเนินชีวิตของคนไทยเปลี่ยนแปลงไป สิ่งหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือพฤติกรรมกรรมการบริโภค ความเร่งรีบ ทำให้โอกาสในการเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์น้อยลง รวมทั้งพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารรสชาติหวาน มัน เค็ม และอาหารที่มีโซเดียมสูง (จุฬารัตน์กาญจน์ และคนอื่นๆ, 2566) ส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรง เห็นได้จากผู้ป่วยความดันโลหิตสูงมีเพิ่มขึ้นทุกปีและจะทำให้มีโอกาสเกิดโรค

แทรกซ้อนได้ง่าย การป้องกันไม่ให้เกิดโรคแทรกซ้อนที่มีความสอดคล้องกับวิถีชีวิต มีความปลอดภัยและประหยัดงบประมาณกว่าการรักษาคือการได้รับประทานอาหารและโภชนาการที่ถูกต้อง เหมาะสม (ภทพร และคนอื่นๆ, 2562) การส่งเสริมการบริโภคอาหารท้องถิ่นให้ถูกต้องตามหลักโภชนาการ อาจเป็นแนวทางในการทำให้ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมีความเข้าใจเรื่องการบริโภคอาหารมากขึ้น อีกทั้งหากผู้ป่วยมีการยอมรับอาหารจะทำให้มีความสุข และความพึงพอใจต่อการบริโภคอาหารนั้นด้วย เช่น การศึกษาการพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานในจังหวัดเลย เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมกับชุมชน ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีความพึงพอใจต่ออาหารที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสนับสนุนการดูแลสุขภาพด้านอาหารและโภชนาการของผู้ป่วย (สุระเดช และคนอื่นๆ, 2565) และการพัฒนาตำรับอาหารจากวัตถุดิบในท้องถิ่นที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน และความดันโลหิตสูง ส่งผลให้ผู้สูงอายุสามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและควบคุมความดันโลหิตได้ดี (วลัญชัชยา และคนอื่นๆ, 2563)

จากสภาพปัญหาและความรุนแรงของโรคความดันโลหิตสูงที่กล่าวมาข้างต้น รวมทั้งแนวทางการส่งเสริมสุขภาพและโภชนาการของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเลย เพื่อใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมสุขภาพและโภชนาการของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ให้สามารถควบคุมความดันโลหิตให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ ป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่อาจจะเกิดขึ้นตามมา รวมทั้งชะลอความรุนแรงของโรค อันจะส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นและสามารถดำรงอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นให้มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงในเขตอำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อตำรับอาหารท้องถิ่นที่พัฒนาสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (developmental research) โดยเน้นการเลือกตำรับอาหาร การคิดค้น ดัดแปลงตำรับอาหาร ปรับแต่งอาหารท้องถิ่นของจังหวัดเลย ให้เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมกับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ให้มีลักษณะสีกลิ่นของอาหาร เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความน่ารับประทานโดยภาพรวม เป็นที่พึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาตำรับอาหาร ประกอบด้วย กลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงจำนวน 5 คน มีอายุระหว่าง 40-60 ไม่เป็นโรคติดต่อร้ายแรง ไม่เป็นบุคคลวิกลจริตหรือมีความผิดปกติด้านสติปัญญา ไม่มีปัญหาในการรับรส รับกลิ่น และสี และยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย และกลุ่มแม่บ้านที่ปรุงประกอบอาหารให้ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงรับประทาน จำนวน 10 คน มีอายุระหว่าง 46-60 ปี มีประสบการณ์ในการปรุงประกอบอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงไม่น้อยกว่า 3 ปี ไม่มีปัญหาในการรับรส รับกลิ่น และสี และยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

กลุ่มที่ 2 คือกลุ่มตัวอย่างประเมินการยอมรับตำรับอาหาร คือผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 30 คน มาจากตำบลชัยพฤกษ์ อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย มีอายุระหว่าง 40-60 ไม่เป็นโรคติดต่อร้ายแรง มี ไม่เป็น บุคคลวิกลจริตหรือมีความผิดปกติด้านสติปัญญา ไม่มีปัญหาในการรับรส รับกลิ่น และสี และยินยอมเข้าร่วม โครงการวิจัย

โดยมีขั้นตอนการพัฒนาตำรับอาหาร แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 พัฒนารับอาหาร

1) ประชุมระดมสมองระหว่างทีมนักวิจัยและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาตำรับอาหาร เพื่อ ร่วมกันคัดเลือกตำรับอาหารท้องถิ่นที่รับประทานเป็นประจำ เป็นตำรับพื้นฐานการพัฒนา

2) ร่วมกันกำหนดคุณลักษณะของตำรับและปริมาณของอาหารท้องถิ่นดั้งเดิมที่ยังไม่มีการ ปรับปรุง ดัดแปลงคุณลักษณะต่างๆ โดยใช้เทคนิคการประชุมกลุ่มและปฏิบัติการปรุงประกอบอาหาร

3) วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการโดยใช้โปรแกรม INMUCAL-Nutrient v.3 (Institute of Nutrition, 2013)

4) สรุปผลการวิเคราะห์ และประชุมระดมสมอง เพื่อสร้างแผนการพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นให้ มีความเหมาะสมกับผู้ป่วยที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง ให้มีความเหมาะสมคุณค่าด้านโภชนาการ คุณลักษณะของสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เป็นที่พึงพอใจกลุ่มตัวอย่าง

5) ปรับปรุงดัดแปลงส่วนผสมให้เหมาะสมกับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ให้กลุ่มตัวอย่างประเมิน คุณลักษณะอาหาร ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม รวมทั้งมีการปรับปรุงแก้ไขตำรับ ตามข้อเสนอแนะให้เป็นตำรับมาตรฐาน

ระยะที่ 2 ประเมินคุณค่าและการยอมรับตำรับอาหาร

1) นำตำรับอาหารมาตรฐานที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ มีสัดส่วนปริมาณอาหารที่ เหมาะสม และคุณลักษณะของอาหารที่พึงพอใจ ไปวิเคราะห์ประเมินคุณค่าทางโภชนาการของตำรับอาหารที่ พัฒนาขึ้น โดยใช้โปรแกรม INMUCAL-Nutrient v. 3

2) ประเมินการยอมรับตำรับอาหารของกลุ่มตัวอย่างต่อตำรับอาหารท้องถิ่นที่พัฒนาขึ้น ตำรับละ 30 คน โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ แบบ 5-point hedonic scale ซึ่งมีทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ลักษณะสีกลิ่นของอาหาร กลิ่นของอาหาร รสชาติของอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร และความชอบ โดยรวม โดยแบ่งเกณฑ์การประเมินออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด แปลผลข้อมูลความพึงพอใจโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นแบ่งระดับความพึงพอใจใช้เกณฑ์ในการแปลผลจากแบบประเมินให้คะแนนเป็น 3 ระดับ ดังนี้ ค่าคะแนน 1.00-2.33 หมายถึงระดับต่ำ มีค่าคะแนนระหว่าง 2.34-3.66 หมายถึงระดับปานกลาง และค่าคะแนนระหว่าง 3.67-5.00 หมายถึงระดับสูง

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเคารพในบุคลิกกลุ่มตัวอย่าง และเคารพในศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ นำเสนอข้อมูลผล การวิจัยใน

ภาพรวม ไม่ส่งผลกระทบต่อบุคคล กลุ่มตัวอย่างสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยโดยบอกกล่าว ข้อมูลอย่างเพียงพอ และมีอิสระในการตัดสินใจ กลุ่มตัวอย่างสามารถออกจากกรวิจัยทันทีที่มีความต้องการ โดยไม่เสียผลประโยชน์ใดๆ

ผลการวิจัย

ตำรับอาหารท้องถิ่นที่พัฒนาสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง มีทั้งหมด 20 ตำรับ ได้รับการคัดเลือกให้เป็นตำรับอาหารที่มีความเหมาะสมกับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่สุด 10 ลำดับแรก โดยพิจารณาจากการจัดลำดับคะแนนตำรับอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ส่งผลต่อการควบคุมและรักษาระดับความดันโลหิตสูงได้แก่ ตำรับอาหารที่โพแทสเซียมสูง แคลเซียมสูง ใยอาหารสูง และโซเดียมต่ำ ประกอบด้วย กุ้งนอน หมกหอยวัก แกงผ่ำใส่หมูสับ ป่ามไข่ ปิ้งปลา แกงซี่เหล็ก ชุปผัก (ผวน) อ่อมหอยขม หมกปลานิล ชุปผัก (ลาว) ดังตารางที่ 1

คุณค่าทางโภชนาการของตำรับอาหารท้องถิ่นที่พัฒนาสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง พบว่า ตำรับอาหารที่ให้พลังงานสูงที่สุดคือ แกงซี่เหล็ก (318.2 กิโลแคลอรี) รองลงมาคือปิ้งปลา (265.5 กิโลแคลอรี) และหมกหอยวัก (175.1 กิโลแคลอรี) ตำรับอาหารที่ให้คาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดคือ หมกหอยวัก (25.8 กรัม) รองลงมาคืออ่อมหอยขม (18.6 กรัม) และหมกปลานิล (14.3 กรัม) ตำรับอาหารที่ให้ไขมันสูงที่สุดคือ แกงซี่เหล็ก (14.6 กรัม) รองลงมาคือปิ้งปลา (9.7 กรัม) และชุบผัก (ลาว) (6.1 กรัม) ตำรับอาหารที่ให้โปรตีนสูงที่สุดคือปิ้งปลา (44.4 กรัม) รองลงมาคือแกงซี่เหล็ก (36.3 กรัม) และหมกปลานิล(17.4 กรัม) ตำรับอาหารที่ให้ใยอาหารสูงที่สุดคือหมกหอยวัก และแกงซี่เหล็กเท่ากัน (6.9 กรัม) รองลงมาคืออ่อมหอยขม (5.9 กรัม)

ตำรับอาหารที่ให้แคลเซียมสูงที่สุดคืออ่อมหอยขม (1,181.5 มิลลิกรัม) รองลงมาคือกุ้งนอน (1,157.5 มิลลิกรัม) และชุบผัก (ผวน) (150.9 มิลลิกรัม) ตำรับอาหารที่ให้ธาตุเหล็กสูงที่สุดคืออ่อมหอยขม (27.0 มิลลิกรัม) รองลงมาคือกุ้งนอน (15.8 มิลลิกรัม) และแกงผ่ำใส่หมูสับ (9.6 มิลลิกรัม) ตำรับอาหารที่ให้โพแทสเซียมสูงที่สุดคือปิ้งปลา (445.1 มิลลิกรัม) รองลงมาคือแกงผ่ำใส่หมูสับ (444.6 มิลลิกรัม) และอ่อมหอยขม (438.8 มิลลิกรัม) ตำรับอาหารที่ให้โซเดียมมากที่สุดคือป่ามไข่ (224.8 มิลลิกรัม) รองลงมาคือชุบผัก (ลาว) (557.1 มิลลิกรัม) และอ่อมหอยขม (587.4 มิลลิกรัม)

ตำรับอาหารที่ให้วิตามินเอสูงที่สุดคือชุบผัก (ลาว) (223.0 RAE) รองลงมาคือแกงซี่เหล็ก (186.9 RAE) และป่ามไข่ (140.8 RAE) ตำรับอาหารที่ให้โธอะมินสูงที่สุดคือแกงผ่ำใส่หมูสับ (1.2 มิลลิกรัม) รองลงมาคือหมกหอยวัก และแกงซี่เหล็ก เท่ากัน (0.7 มิลลิกรัม) และตำรับอาหารที่ให้วิตามินซีสูงที่สุดคือ หมกหอยวัก (18.8 มิลลิกรัม) รองลงมาคือแกงผ่ำใส่หมูสับ (18.4 มิลลิกรัม) และชุบผัก (ลาว) (17.9 มิลลิกรัม) ดังตารางที่ 2

ความพึงพอใจต่อตำรับอาหารท้องถิ่นที่พัฒนาสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อคุณลักษณะสีส่นของอาหาร กลิ่นของอาหาร รสชาติของอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับสูงทุกตำรับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ตำรับอาหารท้องถิ่นที่พัฒนาสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง และส่วนประกอบ

<p>กุ้งนอน : กุ้งฝอย 100 กรัม, กระเทียม 7 กรัม, พริกชี้หนู 4 กรัม, หอมแดง 7 กรัม, ต้นหอม 5 กรัม, น้ำมันงา 2 ซ้อนชา, ผักชี 5 กรัม, ปลาร้า 1 ซ้อนโต๊ะ, ผักชีฝรั่ง 5 กรัม</p>	<p>หมกหอยวก : เนื้อหมู 40 กรัม, หอยกกล้วย 100 กรัม, ต้นหอม 15 กรัม, หอมแดง 20 กรัม, ผักชีลาว 20 กรัม, ข้าวเบือ 25 กรัม, ตะไคร้ 20 กรัม, พริกชี้หนู 8 กรัม, น้ำปลาร้า 1 ซ้อนโต๊ะ</p>
<p>แกงผักใส่หมูสับ : ตะไคร้ 30 กรัม, พริกชี้หนู 8 กรัม, หมูสับ 80 กรัม, ผัก 100 กรัม, ปลาร้า 2 ซ้อนโต๊ะ, ใบแมงลัก 3 กรัม, ผักชีลาว 10 กรัม</p>	<p>แกงซี่เหล็ก : หนิง 55 กรัม, กระจุกหมู 70 กรัม, พริก 4 กรัม, ข่า 20 กรัม, ตะไคร้ 8 กรัม, ต้นหอม 15 กรัม, ผักชี 15 กรัม, น้ำใบย่านาง 1 ถ้วยตวง, น้ำปลาร้า 1 ซ้อนโต๊ะ, ซี่เหล็ก 65 กรัม, หัวหอม 15 กรัม</p>
<p>ปิ้งปลา : ปลาขาว 220 กรัม, เกลือ 1 ซ้อนชา</p>	<p>ป๋ามไข่ : ไข่ 2 ฟอง, ผักชีลาว 5 กรัม, ต้นหอม 5 กรัม, ซีอิ้วขาว 1 ซ้อนชา</p>
<p>ซूपผัก (ผวน) : เห็ดหูหนู 20 กรัม, เห็ดบด 20 กรัม, ผักก้านจอบ 25 กรัม, ผักกวางตุ้ง 30 กรัม, หน่อข้าว 45 กรัม, ถั่วฝักยาว 35 กรัม, ดอกแค 15 กรัม, ถั่วพู 25 กรัม, ปลาทุ 80 กรัม, ต้นหอม 5 กรัม, น้ำปลาร้า 2 ซ้อนโต๊ะ, พริกป่น 2 ซ้อนชา</p>	<p>ซूपผัก (ลาว) : ผักคราด 10 กรัม, ผักกูด 35 กรัม, ถั่วฝักยาว 30 กรัม, ต้นหอม ผักชีฝรั่ง 20 กรัม, งาขาว 5 กรัม, ดอกแค 15 กรัม, ถั่วพู 15 กรัม, หนิงหมู 30 กรัม, เห็ดหูหนู 30 กรัม, เห็ดบด 10 กรัม, น้ำปลาร้า 2 ซ้อนโต๊ะ, พริกป่น 8 กรัม, ใบแมงลัก 10 กรัม</p>
<p>อ่อมหอยขม : เนื้อหอยขม 100 กรัม, น้ำปลาร้า 1 ซ้อนโต๊ะ, ตะไคร้ 15 กรัม, พริกชี้หนู 6 กรัม, หอมแดง 25 กรัม, กระเทียม 10 กรัม, ข่า 10 กรัม, ใบแมงลัก 10 กรัม, ใบชะพลู 30 กรัม</p>	<p>หมกปลานิล : ปลานิล 80 กรัม, หอมแดง 10 กรัม, ตะไคร้ 15 กรัม, พริกชี้หนู 5 กรัม, ต้นหอม 7 กรัม, ผักชีลาว 10 กรัม, ข้าวเบือ 15 กรัม, น้ำปลาร้า 1 ซ้อนโต๊ะ</p>



ก : กุ้งนอน ข : หมกหอยวก ค : แกงผักใส่หมูสับ ง : ป๋ามไข่ จ : ปิ้งปลา ฉ : แกงซี่เหล็ก ช : ซूपผัก (ผวน)
 ซ : อ่อมหอยขม ฉ : หมกปลานิล ญ : ซूपผัก (ลาว)

ภาพที่ 1 ตำรับอาหารท้องถิ่นที่พัฒนาสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของตำรับอาหารท้องถิ่นที่พัฒนาสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

สารอาหาร/ตำรับ	กุ้ง นอน	หมก หอยวก	แกงผัก ใส่หมู สับ	ป๋าม ไข่	ปิ้ง ปลา	แกงซี่ เหล็ก	ซูปผัก (ผวน)	อ่อม หอย خم	หมก ปลา นิล	ซูปผัก (ลาว)
พลังงาน (Kcal)	111.3	175.1	139.9	79.6	265.5	318.2	106.7	157.2	140.1	107.9
คาร์โบไฮเดรต (g)	4.4	25.8	7.6	1.0	0.2	10.4	8.4	18.6	14.3	7.4
ไขมัน (g)	3.0	2.3	3.6	4.9	9.7	14.6	2.5	1.5	1.5	6.1
โปรตีน (g)	16.7	12.7	19.4	7.8	44.4	36.3	12.8	17.3	17.4	5.8
แคลเซียม (mg)	1157.5	105.0	130.3	34.9	71.3	103.2	150.9	1181.5	89.8	114.6
เหล็ก (mg)	15.8	3.1	9.6	0.9	1.3	3.3	2.7	27.0	2.3	2.1
วิตามินเอ (RAE)	46.6	44.1	62.9	140.8	-	186.9	36.8	110.2	47.6	223.0
ไรอะมิน (mg)	0.1	0.7	1.2	0.1	0.0	0.7	0.2	0.1	0.1	0.2
วิตามินซี (mg)	9.2	18.8	18.4	1.6	-	17.0	26.1	13.4	8.7	17.9
ใยอาหาร (g)	1.6	6.9	5.1	0.2	-	6.9	3.1	5.9	3.1	3.6
โพแทสเซียม (mg)	127.8	399.2	444.6	91.2	445.1	371.4	416.1	438.8	390.0	150.1
โซเดียม (mg)	678.9	594.3	1200.8	224.8	1654.6	673.7	877.7	587.4	614.4	557.1

หมายเหตุ Kcal: Kilocalorie (กิโลแคลอรี), g: gram (กรัม), mg: milligram (มิลลิกรัม), RAE: Retinol Activity Equivalent

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจต่อตำรับอาหารท้องถิ่นที่พัฒนาสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

ตำรับอาหาร	ระดับความพึงพอใจ ($\bar{X} \pm S.D.$)					การแปลผล (โดยรวม)
	สี่	กลืน	รส	เนื้อสัมผัส	โดยรวม	
กุ้งนอน	5.00±0.00	4.99±0.45	5.01±0.32	4.27±0.46	4.63±0.44	ระดับสูง
หมกหอยวก	4.73±0.37	4.97±0.45	5.00±0.00	5.00±0.00	4.33±0.49	ระดับสูง
แกงผักใส่หมูสับ	4.87±0.35	5.00±0.00	4.40±0.51	4.60±0.51	4.60±0.51	ระดับสูง
ป๋ามไข่	4.67±0.49	4.67±0.49	4.87±0.35	4.47±0.52	4.53±0.52	ระดับสูง
ปิ้งปลา	4.87±0.35	4.67±0.49	4.60±0.51	4.60±0.51	4.93±0.26	ระดับสูง
แกงซี่เหล็ก	4.60±0.51	4.93±0.26	4.87±0.35	4.40±0.51	4.60±0.51	ระดับสูง
ซูปผัก (ผวน)	4.61±0.44	4.90±0.51	4.62±0.56	4.97±0.45	4.40±0.51	ระดับสูง
อ่อมหอยخم	5.00±0.00	5.00±0.00	4.73±0.37	4.70±0.40	4.66±0.41	ระดับสูง
หมกปลานิล	4.73±0.46	5.00±0.00	4.53±0.52	4.53±0.52	4.40±0.51	ระดับสูง
ซูปผัก (ลาว)	5.00±0.00	4.73±0.38	5.00±0.00	5.00±0.46	4.63±0.43	ระดับสูง

หมายเหตุ ความพึงพอใจระดับต่ำ 1.00-2.33, ระดับปานกลาง 2.34-3.66, ระดับสูง 3.67-5.00

อภิปรายผล

ในการพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นให้มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้ป่วยโรคสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้คำนึงถึงหลักโภชนาการบำบัด วัฒนธรรมและความเป็นอยู่ของกลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการ และความสามารถในการนำตำรับอาหารไปใช้ของกลุ่มตัวอย่าง โดยเน้นคัดเลือกอาหารที่สามารถปรุงประกอบได้ง่าย ดัดแปลงได้ง่ายในชีวิตประจำวัน และเลือกใช้วัตถุดิบหลักที่มีในท้องถิ่น ซึ่งคล้ายกับ ประภา และคนอื่นๆ (2562) ที่ได้พัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นเพื่อสุขภาพผู้สูงอายุ โดยค้นหาเมนูอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้สูงอายุนับประทานเป็นประจำ นำมาปรุงประกอบตามวิถีดั้งเดิมแต่มีการปรับลดความหวาน มัน เค็ม ให้เหมาะสมกับสุขภาพ ซึ่งส่งผลให้ผู้สูงอายุสามารถดูแลสุขภาพของตนเองด้วยการปรุงประกอบอาหารลดความหวาน มัน เค็ม และการศึกษาของ วลัยชัชยา และคนอื่นๆ (2563) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาตำรับอาหาร โดยนำตำรับอาหารท้องถิ่นมาออกแบบให้เหมาะสมกับความชื่นชอบของผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง เน้นนำวัตถุดิบในท้องถิ่นมาใช้ในตำรับอาหาร และการศึกษาของ ศิริพงศ์ และคนอื่นๆ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาตำรับอาหารไทยที่ได้รับความนิยมและเป็นที่ยอมรับทั้งในและต่างประเทศ โดยเลือกวัตถุดิบและส่วนประกอบสำคัญสามารถหาได้ง่าย และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการพัฒนาตำรับอาหารผู้วิจัยได้พิจารณาดัดแปลงตำรับอาหาร โดยนำตำรับอาหารเดิมไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ วิเคราะห์ส่วนประกอบของตำรับอาหาร แล้วนำมาปรับส่วนประกอบให้มีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสม เช่น การปรับลดโซเดียมในอาหาร โดยการปรับปริมาณเครื่องปรุงที่มีโซเดียมสูง อาทิ เกลือ น้ำปลา ปลาร้า ผงชูรส เป็นต้น ลดไขมัน และพิจารณาปรับโพแทสเซียม แคลเซียม และใยอาหารให้สูงขึ้น ตามแนวทางการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมความดันโลหิตสูง (DASH Diet) Grillo, et al. (2019) โดยเฉพาะอาหารที่มีโซเดียมสูงซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายและมีความสัมพันธ์กับ การเกิดโรคความดันโลหิตสูง และส่งผลเสียต่ออวัยวะในร่างกาย เช่น หลอดเลือด หัวใจ ไต และสมอง และเป็นสาเหตุของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคไตวายเรื้อรัง วราภรณ์ และคนอื่นๆ (2565) ถึงแม้ว่าผลการวิจัยในครั้งนี้จะพบว่าตำรับอาหารบึงปลา มีโซเดียมสูงที่สุด 1,654.6 มิลลิกรัม ซึ่งขัดแย้งกับแนวทางการพัฒนาตำรับอาหารในครั้งนี้ เป็นผลมาจากการปรุงประกอบบึงปลาจะใช้เกลือทาบริเวณผิวของปลาแล้วนำไปย่าง ทำให้มีโซเดียมสูง อย่างไรก็ตามในการรับประทานบึงปลา ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงจะลอกผิวหนังของปลาออกซึ่งจะทำให้เกลือหลุดออกไปด้วยและทำให้ได้รับโซเดียมจากบึงปลาในปริมาณที่ต่ำลง

กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อตำรับอาหารท้องถิ่นที่พัฒนาสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง อยู่ในระดับสูงทุกตำรับ ทั้งคุณลักษณะสีกลิ่นของอาหาร กลิ่นของอาหาร รสชาติของอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร และความชอบโดยรวม อาจเป็นผลมาจากการที่กลุ่มตัวอย่างได้รับอาหารท้องถิ่นที่มีความสอดคล้องกับบริบทของชุมชน รวมทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง สอดคล้องกับการศึกษาของ สุระเดช และคนอื่นๆ (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานในจังหวัดเลย โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อตำรับอาหารที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับสูงในทุกด้าน และการศึกษาของ กาญจนา และคนอื่นๆ (2566) ได้ศึกษาการพัฒนาตำรับ

อาหารลด หวาน มัน เค็ม สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลค่ายประจักษ์ศิลปาคม จังหวัดอุดรธานี โดยมีการสนทนากลุ่มร่วมกับผู้ป่วยรวมทั้งรวบรวมตำรับอาหารที่ต้องการรับประทานมาพัฒนาให้เหมาะกับผู้ป่วย ส่งผลให้ผู้ป่วยมีความพึงพอใจต่อตำรับอาหารอยู่ในระดับมาก

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาตำรับอาหารโดยคำนึงถึงหลักโภชนบำบัดและบริบทที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มตัวอย่าง เช่น ค่านิยมวัฒนธรรม เลือกวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่น คัดเลือกตำรับอาหารที่ปรุงประกอบได้ง่าย จะส่งผลให้เป็นที่พึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง และมีความเป็นไปได้สูงในการนำตำรับอาหารที่พัฒนาขึ้นไปขยายผลใช้ในกลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงเพื่อส่งเสริมให้ได้รับประทานอาหารเพื่อสุขภาพและอาจนำไปสู่การควบคุมความดันโลหิตสูงได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนตำบลชัยพฤกษ์ ผู้นำชุมชน และกลุ่มตัวอย่าง ที่ให้ความร่วมมือรวมทั้งอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงการวิจัย งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ประจำปีงบประมาณ 2561

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา ปัญญาธร, รุ่งวิสา สว่างเนตร, ทิวาพร รัตจางวาง, ศุภลักษณ์ อุ่นชัย, ชนิษฐา แก้วกัลยา และ ภัสพร โมฆะรัตน์. (2566, พฤษภาคม-สิงหาคม). การพัฒนาตำรับอาหารลด หวาน มัน เค็ม สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลค่ายประจักษ์ศิลปาคม จังหวัดอุดรธานี. **วารสารการแพทย์โรงพยาบาลอุดรธานี**, 31(2), 129-41.
- กองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค. (2565). **รายงานประจำปี 2565**. กรุงเทพฯ : พิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนดดิไซน์.
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2566, พฤษภาคม-สิงหาคม). การประยุกต์ทฤษฎีแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพต่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมบริโภคอาหาร ในกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง. **วารสารวิจัย และนวัตกรรมทางสาธารณสุข**, 1(3), 16-27.
- ชนาธิป สันติวงศ์. (2565, มกราคม-เมษายน). DASH Diet : อาหารต้านโรคความดันโลหิตสูง. **วารสารศูนย์อนามัยที่ 9**, 16(1), 101-111.
- ประภา คงปัญญา, ปัทมาภรณ์ จุมปา, สมโชค คุณสนอง และจรณะ ทรัพย์สุวรรณ. (2562, พฤษภาคม-สิงหาคม). การพัฒนารูปแบบการจัดการอาหารเพื่อสุขภาพผู้สูงอายุจังหวัดนครปฐม. **วารสารสาธารณสุขศาสตร์**, 49(2), 249-61.
- ภทพร บวรทิพย์ และอภิชาติ ใจใหม่ (2562). การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมารับประทานอาหารของประชาชนกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงในชุมชน. **วารสารพยาบาลศาสตร์และสุขภาพ**, 42(4), 132-39.
- วรารักษ์ ยังเอี่ยม และนิทรา กิจธีระวิฒิพงษ์. (2565, พฤษภาคม-สิงหาคม). การลดการบริโภคเกลือและโซเดียมโดยใช้ยุทธศาสตร์การส่งเสริมสุขภาพ. **วารสารสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์**, 4(2), 1-21.
- วัลลภชัชชา เขตบำรุง, มะลิ โพธิพิมพ์, พงศ์ภัทร ภิญโญ, อารีย์ เชื้อเดช, ฉัตรทอง บุญยภัทรากุล, สมประสงค์ อึ้งวิจิตรอำไพ, สุรชาติย์ พันธุ์ฤทธิ์ และวงเดือน ประณีตพลกรัง. (2563, มกราคม-มิถุนายน). การพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นที่เหมาะสมโดยมีส่วนร่วมสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงอำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา. **วารสารวิจัยและพัฒนาด้านสุขภาพ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา**, 6(1), 77-89.
- ศิริพงษ์ รักใหม่, พชร พิริยาพร, ฌานิกา ศรีวรรณวิทย์, ฉวีวรรณ สุขศรี และอรรณสิทธิ์ โอปั้ง. (2561, พฤษภาคม). การพัฒนาตำรับอาหารไทยตามมาตรฐานวิทยาลัยดุสิตธานี : อาหารคาว. **วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี**, 12(Special), 296-308.
- สุระเดช ไชยตอกเกี้ยว, สุพรรณิ พุกษา และจิตติมา พิรกมล. (2565, มกราคม-มิถุนายน). การพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานในจังหวัดเลย. **วารสารเทคโนโลยีภาคใต้**, 15(1), 29-38.
- สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเลย. **ระบบคลังข้อมูลสุขภาพ Health Data Center (HDC) ระดับจังหวัด**. [Online]. Available : https://lei.hdc.moph.go.th/hdc/reports/page.php?cat_id=6a1fdf282fd28180eed7d1cfe0155e11 [2566, มีนาคม 4].

Grillo, A., Salvi, L., Coruzzi, P., Salvi, P. & Parati, G. (2019). Sodium Intake and Hypertension. **Nutrients**, 11(9), 1970.

Institute of Nutrition, Mahidol University. (2013). **Nutrient Calculation Computer Software Inmucal-nutrients V3 Database NB1**. Nakhon Pathom : Mahidol University. [In Thai]



การพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือเพื่อสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพ
สำหรับควบคุมหุ่นฮิวแมนนอยด์

Development of a Mobile Application for Creating Automatic Motion Control
Sets Using Block-Based Techniques for Controlling Humanoid Robots

เจษฎา โพนแก้ว*

Jetsada Ponkaew

Received : November 14, 2023

Revised : May 21, 2024

Accepted : June 11, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือโดยใช้เทคนิคตัวต่อบล็อกภาพเพื่อสร้างชุดการเคลื่อนไหวอัตโนมัติสำหรับควบคุมหุ่นฮิวแมนนอยด์ รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานแอปพลิเคชันและการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ในการดำเนินการวิจัย ADDIE Model ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการและปัญหาของผู้ใช้ การออกแบบระบบเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชัน การพัฒนาชิ้นส่วนหุ่นยนต์และโปรแกรม การนำระบบไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย และการประเมินผลการใช้งานเพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน ผลที่ได้ประกอบด้วยแอปพลิเคชันควบคุมหุ่นยนต์ที่ถูกพัฒนาด้วยภาษาจาวา ใน Android Studio โดยใช้ไลบรารี WebView และ BluetoothAdapter หุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ Arduino Nano, Expansion Board, Servos, และ Bluetooth HC-05 กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจากมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษจำนวน 3 คน และกลุ่มเยาวชนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 30 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ การหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความง่ายต่อการใช้งานทุกเวลาและทุกสถานที่ แอปพลิเคชันสามารถสร้างรูปแบบการควบคุม บันทึกลง และโหลดมาใช้งานได้ รวมถึงสามารถเลือกหุ่นยนต์ที่ต้องการติดต่อและส่งรหัสการควบคุมเพื่อให้หุ่นยนต์ได้ หุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ Arduino ยังมีราคาถูก ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานพบว่าแอปพลิเคชันนี้มีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูง ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยรวมของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.45, S.D. = 0.53) โดยมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านความรวดเร็วในการเรียนรู้ (ค่าเฉลี่ย = 4.63, S.D. = 0.34) งานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานในทุกระดับชั้นการศึกษา

คำสำคัญ : แอปพลิเคชันมือถือ / ตัวต่อบล็อกภาพ / หุ่นฮิวแมนนอยด์

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
Lecturer in Computer Science, Faculty of Liberal Arts and Sciences, Rajabhat Sisaket University
(Corresponding Author) e-mail: j.ponkaew@sskru.ac.th

ABSTRACT

This research aims to design and develop a mobile application using block-based coding techniques to create automatic motion control sets for humanoid robots, as well as to evaluate the application's performance and user satisfaction. The ADDIE Model was employed to analyze user needs and problems, design the system and application, develop components and programs, test the system with the target group, and evaluate the application to improve and enhance its performance. The resulting application was developed using JAVA in Android Studio with WebView and BluetoothAdapter libraries. The humanoid robot comprises hardware components such as Arduino Nano, Expansion Board, Servos, and Bluetooth HC-05. The target group for the research included three experts from Sisaket Rajabhat University and thirty senior high school students. Statistical methods used for data analysis included calculating the mean and standard deviation. Results show that the developed application could effectively control humanoid robots, making it easy to use anytime and anywhere. The application can create, save, and load control patterns and select the desired robot to connect with and send control codes to make the robot move. The humanoid robot developed using Arduino is also cost-effective. Evaluations from experts and users revealed that the application is highly accurate and efficient. The overall user satisfaction average was high (mean = 4.45, S.D. = 0.53), with the highest satisfaction in the aspect of learning speed (mean = 4.63, S.D. = 0.34). This research demonstrates the application's suitability for users across all educational levels.

Keywords : Mobile Application / Block-based Coding / Humanoid Robot

บทนำ

การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการสร้างรูปแบบกิจกรรมในชั้นเรียนมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) การใช้หุ่นยนต์ในกิจกรรมการเรียนการสอนช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงตรรกะ การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกัน นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน งานวิจัยของ Julia & Antolí (2019) พบว่าการใช้หลักสูตรการเรียนรู้แบบแอคทีฟที่หุ่นยนต์สามารถเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยโดย Kopcha, et al. (2017) ได้พัฒนาหลักสูตรเสริมที่ผสานการใช้หุ่นยนต์ในการเรียนรู้ผ่านการออกแบบการศึกษาที่เน้นการปฏิบัติจริง ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ การใช้หุ่นยนต์ในห้องเรียนยังช่วยเสริมสร้างทักษะการคิดเชิงคำนวณและการเขียนโปรแกรม งานวิจัยโดย Karaahmetoğlu & Korkmaz (2019) แสดงให้เห็นว่าการใช้หุ่นยนต์ Arduino ในการเรียนการสอนช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี งานวิจัยโดย Khine (2017) ยังเน้นถึงความสำคัญของการ

การนำหุ่นยนต์มาใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านการทดลองและการสร้างแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในประเทศไทยการใช้หุ่นยนต์ในการศึกษาก็ได้รับความสนใจอย่างมาก ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษาฯ ได้ดำเนินโครงการพัฒนาและจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาผ่านการแข่งขันหุ่นยนต์ (STEM Education Robot Competition) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และการนำความรู้มาประดิษฐ์หุ่นยนต์เพื่อการแข่งขัน (Thailand Plus, 2566)

การใช้หุ่นยนต์และแอปพลิเคชันบนมือถือในการสอนมีข้อได้เปรียบหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้รูปแบบการสอนปกติ งานวิจัยโดย Wang, et al. (2023) พบว่าผู้เรียนที่ใช้หุ่นยนต์ในการเรียนรู้มีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้นและมีทักษะในการแก้ปัญหาที่ดีกว่าผู้เรียนที่ใช้วิธีการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ งานวิจัยโดย Sang, et al. (2023) ยังพบว่าการใช้หุ่นยนต์ในการเรียนการสอนช่วยเพิ่มผลการเรียนรู้และทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยของ Ortiz (2015) แสดงให้เห็นว่าการใช้หุ่นยนต์ในการสอนคณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ดีกว่าการสอนแบบปกติ ถึงแม้การใช้หุ่นยนต์ในวงการศึกษามีประโยชน์มากมาย แต่ยังคงมีข้อจำกัดหลายประการที่ต้องพิจารณา คือค่าใช้จ่ายสูงในการซื้อชุดหุ่นยนต์สำเร็จรูปและซอฟต์แวร์ควบคุม ซึ่งอาจทำให้เป็นภาระทางการเงินสำหรับสถานศึกษาและผู้ปกครอง หลายรายงานระบุว่าชุดหุ่นยนต์สำเร็จรูปนั้นมีราคาสูงและการบำรุงรักษาที่ซับซ้อนทำให้การเข้าถึงยากขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีทรัพยากรจำกัด (Wang, Sang, Huang, Li & Guo, 2023) นอกจากนี้ การพัฒนาหุ่นยนต์เองต้องใช้ความรู้ทางด้านการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ กลไกอิเล็กทรอนิกส์ การเชื่อมต่อหุ่นยนต์ ความรู้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ และการควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ ซึ่งไม่ใช่ทุกคนจะมีทักษะเหล่านี้ ทำให้การพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับการศึกษาเองมีความท้าทายอย่างมาก (Lédeczi, et al., 2019)

จากประโยชน์ ปัญหาและอุปสรรคดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการสร้างชุดเคลื่อนไหวย้อนโมดูลด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ ทั้งนี้ได้ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้งานแอปพลิเคชัน และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อการใช้งานแอปพลิเคชันดังกล่าว

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยได้ใช้ ADDIE Model (Dick, Carey & Carey, 2015) มาวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนา ขั้นตอนประกอบด้วย การวิเคราะห์ (Analysis) โดยเริ่มจากการศึกษาความต้องการและปัญหาของผู้ใช้เพื่อกำหนดเป้าหมายและคุณสมบัติที่ต้องการในการพัฒนาหุ่นยนต์ การออกแบบ (Design) เป็นขั้นตอนต่อไปที่มีการวางแผนและสร้างแบบจำลองของระบบและแอปพลิเคชันควบคุมหุ่นยนต์ การพัฒนา (Development) เป็นการสร้างชิ้นส่วนและการเขียนโปรแกรมที่ตรงตามแบบจำลองที่ออกแบบไว้ การนำไปใช้ (Implementation) เป็นการทดสอบระบบกับกลุ่มเป้าหมายจริงเพื่อให้แน่ใจว่าระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง ในขั้นตอนนี้ กลุ่มเป้าหมายที่ทำการทดสอบประกอบด้วยเยาวชนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 30 คน ที่

เข้าร่วมงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษในวันที่ 7 สิงหาคม 2566 กลุ่มตัวอย่างถูกคัดเลือกโดยการประกาศรับสมัครผ่านช่องทางเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ในขั้นตอนการสมัครจะใช้แบบทดสอบออนไลน์เพื่อประเมินความสนใจ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้งานเทคโนโลยีและหุ่นยนต์ โดยนำผลลัพธ์ที่ได้มาประเมินความเหมาะสมและความพร้อมในการเข้าร่วมการทดสอบ ขั้นตอนสุดท้ายคือการประเมินผล (Evaluation) เพื่อตรวจสอบและวัดผลการใช้งานระบบ พร้อมทั้งรวบรวมความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ (Analysis)

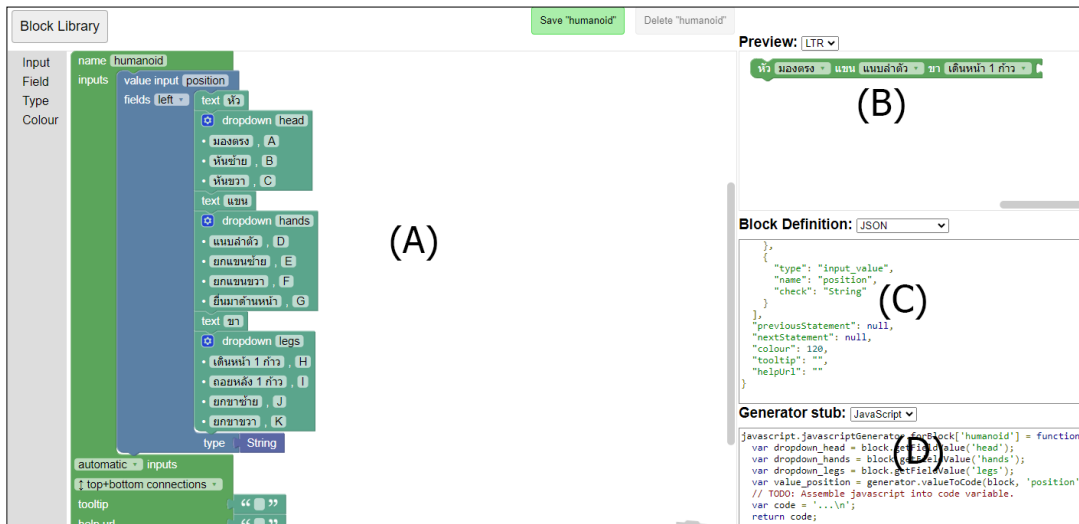
จากปัญหาที่พบในปัจจุบันการใช้หุ่นยนต์เพื่อการศึกษาสำหรับเยาวชนมีอุปสรรคหลายประการ ได้แก่ ชุดหุ่นยนต์สำเร็จรูปมีราคาแพง ขั้นตอนในการบำรุงรักษาที่ซับซ้อนทั้งในด้านฮาร์ดแวร์หุ่นยนต์ ด้านซอฟต์แวร์ในตัวหุ่นยนต์ และด้านซอฟต์แวร์ที่ใช้สื่อสารกับหุ่นยนต์ และหากต้องการพัฒนาหุ่นยนต์มาใช้เอง ผู้พัฒนาต้องมีความรู้ทั้งด้านฮาร์ดแวร์หุ่นยนต์ ความรู้ในการเขียนโปรแกรมบนอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้การพัฒนาเองยังมีข้อจำกัด คือ หากต้องการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ใหม่ ต้องเริ่มจากการวิเคราะห์และออกแบบท่าทาง เขียนโปรแกรม คอมไพล์ และโหลดสู่ระบบใหม่ ปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้รวบรวม แล้วนำไปแยกแยะ วิเคราะห์ และออกแบบแนวทางแก้ไขปัญหาในขั้นตอนถัดไป

2. ขั้นตอนการออกแบบระบบ (Design) แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

2.1 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ เริ่มต้นจากการศึกษาการออกแบบชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ด้วยซอฟต์แวร์ CAD 3D ที่มีชื่อว่า Tinkercad ขั้นตอนการผลิตจะถูกพิมพ์ด้วยเส้นใยพลาสติกผ่านเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ผลก็คือ โครงสร้างหุ่นยนต์จำนวน 10 ชิ้น ได้แก่ หัวที่มีลักษณะคล้ายมนุษย์จำนวน 1 ชิ้น ตัวหุ่นยนต์ที่ออกแบบให้มีลักษณะคล้ายกับลำตัวของมนุษย์จำนวน 1 ชิ้น แขนบนซ้ายและขวาจำนวน 2 ชิ้น แขนล่างซ้ายและขวาที่ติดกับมือจำนวน 2 ชิ้น ขาซ้ายและขวาจำนวน 2 ชิ้น และเท้าซ้ายและขวาจำนวน 2 ชิ้น สิ่งที่ควรคำนึงในขั้นตอนนี้ คือ การออกแบบจุดเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ที่ต้องใช้เซอร์โวเป็นข้อต่อในการเคลื่อนไหว สำหรับฮาร์ดแวร์ในการทำงานและควบคุมหุ่นยนต์ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ดขยาย อุปกรณ์ส่งสัญญาณบลูทูธ แหล่งจ่ายไฟ และเซอร์โวจำนวน 9 ตัว

2.2 การออกแบบสถาปัตยกรรมที่ใช้พัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการสร้างชุดควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นฮิวแมนนอยด์ ประกอบด้วยสถาปัตยกรรม 3 ระดับชั้น คือ (1) ระดับชั้นบนสุดเป็นการออกแบบชุดคำสั่งควบคุมการเคลื่อนไหวที่ใกล้ชิดกับผู้ใช้งาน ถูกพัฒนาด้วยเครื่องมือการเขียนโปรแกรมแบบบล็อก (Weintrop, et al., 2017) การใช้งานผู้ใช้สามารถลากและวางบล็อกโค้ดเพื่อกำหนดพฤติกรรมหุ่นยนต์ ด้วยเหตุนี้ผู้ใช้จึงไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านโปรแกรมมิ่ง (2) ระดับชั้นแปลความหมายทำหน้าที่แปลงบล็อกโค้ดที่ผู้ใช้ลากวางให้เป็นข้อมูลที่สามารถส่งไปยังหุ่นยนต์ได้ระดับชั้นนี้ถูกพัฒนาโดยใช้ภาษา Java ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ (3) ระดับชั้นสื่อสารถูกพัฒนาโดยใช้ภาษาจาวา ผ่านการเรียก API ที่มีชื่อว่า BluetoothAdapter ทำหน้าที่เปิด ปิด รับ และส่งข้อมูลผ่านบลูทูธของมือถือไปยังหุ่นยนต์

2.3 การออกแบบบล็อกภาพ จากงานวิจัยการประยุกต์ใช้บล็อกภาพและหุ่นยนต์เพื่อใช้เรียนรู้ สำหรับการเขียนโปรแกรม (Rahaman, et al., 2020) การสร้างหุ่นยนต์ราคาประหยัดในการเรียนรู้เกี่ยวกับ หุ่นยนต์ (Saleiro, et al., 2013) และการประยุกต์ใช้บล็อกภาพในโรงงานอุตสาหกรรม (Weintrop, et al., 2017) งานวิจัยทั้งสามประยุกต์ใช้บล็อกภาพมาตรฐานในไลบรารี Blockly ยังพบข้อด้อย คือ รูปแบบที่ใช้ไม่มี ความยืดหยุ่น และไม่สื่อความหมาย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาบล็อกคำสั่งแบบกำหนดเอง ใน การเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ภายใน 1 ชุดคำสั่ง สามารถอธิบายโดยใช้รูปแบบ คือ ขึ้นส่วน(ท่าทาง: อักษรสื่อสารผ่านบูลทูธ) ได้ดังนี้ หัว(มองตรง:A, หันซ้าย:B, หันขวา:C) แขน(แนบลำตัว:D, ยกแขนซ้าย:E, ยก แขนขวา:F, ยื่นมำด้านหน้า:G) และ ขา(เดินหน้า 1 ก้าว:H, ถอยหลัง 1 ก้าว:I, ยกขาซ้าย:J, ยกขาขวา:K, ยืนนิ่ง: L) หลังจากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการออกแบบบล็อกที่ใช้งานผ่านโปรแกรมการออกแบบด้วยบล็อกภาพ (Blockly Design) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การออกแบบบล็อกภาพ (Blockly Design)เพื่อใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์

จากภาพที่ 1 การออกแบบบล็อกภาพเพื่อใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ผ่านโปรแกรม Blockly Design ประกอบด้วยพื้นที่ในการใช้งาน 4 บริเวณ คือ (A) ใช้เพื่อกำหนดรูปแบบในการนำเข้า (Input) รูปแบบแสดงผล (Field) ข้อมูล (Type) และสีที่ใช้ในการแสดงผล (Colour) (B) แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการ ออกแบบ ในงานวิจัยนี้กำหนดการเคลื่อนไหวแบบ 1 บล็อกต่อ 1 ชุดคำสั่ง นั่นคือ หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนไหวหัว แขน และขาได้ในภายในคำสั่งเดียว เมื่อนำหลายชุดคำสั่งนำมาต่อกันจะเป็นการเคลื่อนไหวแบบต่อเนื่อง (C) รูปแบบการแสดงผลของบล็อกจะถูกเก็บไว้ในรูปแบบของ JSON และ (D) โค้ด JavaScript ใช้เพื่อแปลง ความหมายบล็อกภาพเป็นรหัสแบบข้อความก่อนส่งผ่านบลูทูธไปยังหุ่นยนต์

2.4 การออกแบบกิจกรรมเพื่อใช้เรียนรู้การสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพสำหรับควบคุมหุ่นฮิวแมนนอยด์ กิจกรรมที่ออกแบบจะถูกนำไปใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพ และศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งาน

3. ขั้นการพัฒนา (Development)

กระบวนการพัฒนาประกอบด้วยการพัฒนาต้นแบบหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ต้นทุ่นต่ำ และการพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือสำหรับควบคุมหุ่นยนต์ การพัฒนาต้นแบบหุ่นยนต์เริ่มจากการนำชิ้นส่วนที่ผลิตแต่ละชิ้นมาประกอบเข้าด้วยกัน ผ่านการเชื่อมต่อเซอร์โวที่ทำหน้าที่เป็นข้อต่อระหว่างชิ้น หลังจากนั้นทำการติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano ที่ทำหน้าที่เป็นสมองของหุ่นยนต์ ติดตั้งอุปกรณ์บลูทูธ แบตเตอรี่ เมื่อเสร็จแล้วนำมาเชื่อมต่อเพื่อพัฒนาโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนไหวฝั่งฮาร์ดแวร์ในสภาพแวดล้อม Arduino IDE และภาษา C++ ขั้นถัดไปเป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือเพื่อใช้กำหนดรูปแบบการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ผ่านการสื่อสารผ่านบลูทูธ การพัฒนานี้อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อม Android Studio ที่ใช้ภาษาจาวา (Java) ผลที่ได้คือหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ที่สามารถเคลื่อนไหวโดยใช้การสื่อสารผ่านบลูทูธจากแอปพลิเคชันมือถือที่สามารถกำหนดรูปแบบการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์

4. ขั้นการนำไปใช้ (Implementation)

ในการนำแอปพลิเคชันการสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพสำหรับควบคุมหุ่นฮิวแมนนอยด์ไปใช้งานจริง ผู้วิจัยได้จัดเตรียมทรัพยากรและอุปกรณ์ทั้งหมดให้พร้อมใช้งาน รวมถึงแอปพลิเคชันและหุ่นฮิวแมนนอยด์ จากนั้นได้ดำเนินการฝึกอบรมผู้สอนและนักศึกษาผู้ช่วยเกี่ยวกับวิธีการใช้งานแอปพลิเคชันและการควบคุมหุ่นยนต์ เพื่อให้สามารถช่วยเหลือผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการทดลองใช้งานจริงกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยเยาวชนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 30 คน ที่เข้าร่วมกิจกรรมการเขียนโปรแกรมบล็อกภาพเพื่อการบังคับหุ่นยนต์ ในงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ผู้เรียนได้เรียนรู้การใช้งานโปรแกรมเบื้องต้น การลากวางบล็อกภาพ และการสร้างการเคลื่อนไหวต่างๆ หลังจากนั้นได้วางแผนการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์และทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถามระดับ Rating Scale 5 ระดับ และนำข้อมูลที่ได้ออกมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวิเคราะห์และประเมินผลการใช้งานแอปพลิเคชันและหุ่นยนต์ต่อไป

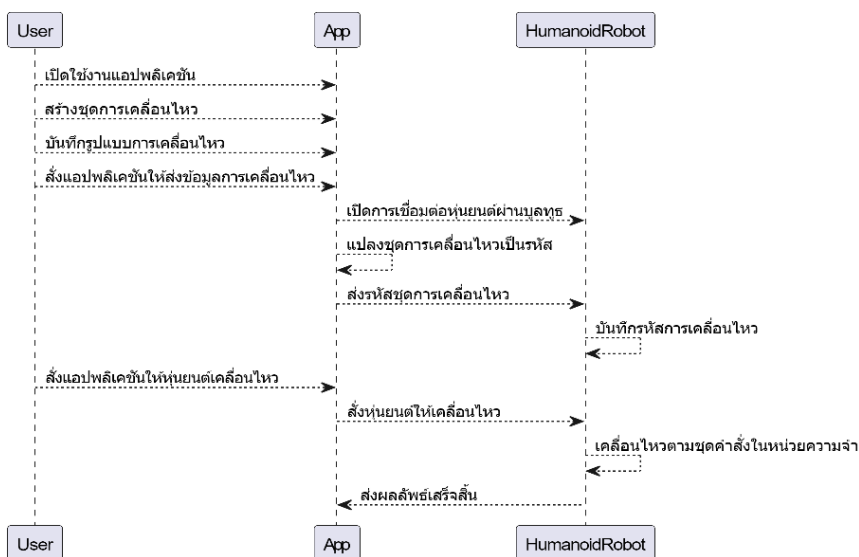
5. ขั้นการประเมินผล (Evaluation)

ผู้วิจัยได้นำแอปพลิเคชันการสร้างชุดควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นฮิวแมนนอยด์พร้อมด้วยหุ่นฮิวแมนนอยด์ไปประเมินประสิทธิภาพการทำงานโดยผู้เชี่ยวชาญ และศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานจากผู้ใช้งาน

ผลการวิจัย

1. ผลการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันการสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพสำหรับควบคุมหุ่นฮิวแมนนอยด์

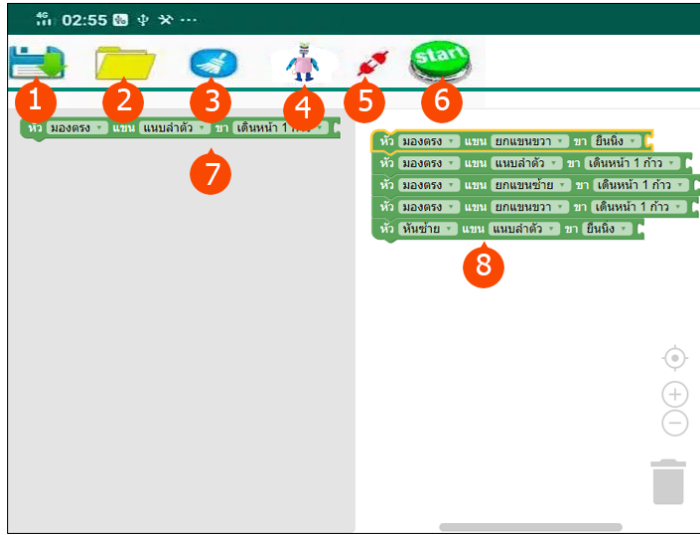
1.1 ภาพรวมการทำงานของระบบสามารถอธิบายโดยใช้ Sequence Diagram ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพรวมของระบบ

จากภาพที่ 2 อธิบายการทำงานของระบบประกอบด้วย ผู้ใช้งาน (User) แอปพลิเคชันมือถือ (App) และ หุ่นฮิวแมนนอยด์ (Humanoid Robot) การทำงานเริ่มจากผู้ใช้ใช้งานเปิดแอปพลิเคชันใช้งาน ลากบล็อกคำสั่งมาต่อกันเป็นชุดเพื่อสร้างชุดควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นฮิวแมนนอยด์ เมื่อเสร็จทำการบันทึกรูปแบบไว้ใช้งาน หลังจากนั้นจะส่งแอปพลิเคชันให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหว โดยแอปพลิเคชันจะทำการเปิดการเชื่อมต่อหุ่นยนต์ผ่านบลูทูธ แปลงชุดข้อมูลการเคลื่อนไหวเป็นรหัสแบบข้อความ เมื่อเชื่อมต่อได้จะทำการส่งรหัสชุดการเคลื่อนไหว หุ่นยนต์จะทำการบันทึกรหัสไว้ในหน่วยความจำ เมื่อผู้ใช้กดปุ่มสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหว แอปพลิเคชันจะส่งต่อไปยังหุ่นยนต์ เมื่อหุ่นยนต์ได้รับจะเคลื่อนไหวตามรูปแบบที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ เมื่อเสร็จสิ้นจะแจ้งผลลัพธ์ไปยังแอปพลิเคชันเพื่อแสดงบนหน้าจอการใช้งาน

1.2 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันการสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพสำหรับควบคุมหุ่นฮิวแมนนอยด์ ตัวแอปพลิเคชันได้ถูกพัฒนาด้วยภาษาจาวา ภายใต้สภาพแวดล้อม Android Studio โดยใช้ไลบรารี WebView และ BluetoothAdapter สำหรับหน้าจอผู้ใช้เป็นดังภาพที่ 3 เริ่มต้นผู้ใช้จะเลือกหุ่นยนต์โดยการกดปุ่มหมายเลข 4 และกดปุ่มหมายเลข 5 เพื่อให้เกิดการเชื่อมกับหุ่นยนต์ที่เลือก ในการกำหนดรูปแบบการเคลื่อนไหวผู้ใช้จะลากบล็อกภาพจากพื้นที่หมายเลข 7 ไปยังหมายเลขหมายเลข 8 จากตัวอย่างการเคลื่อนไหวประกอบด้วย 5 ชุด ได้แก่ 1. หัวมองตรง, แขนยกแขนขวา, ขายืนนิ่ง 2. หัวมองตรง, แขนแนบลำตัว, ขาเดินหน้า 1 ก้าว 3. หัวมองตรง, แขนยกแขนซ้าย, ขาเดินหน้า 1 ก้าว 4. หัวมองตรง, แขนยกแขนขวา, ขาเดินหน้า 1 ก้าว และ 5. หัวหันซ้าย, แขนแนบตัว, ขายืนนิ่ง และกดปุ่มหมายเลข 6 แอปพลิเคชันจะส่งข้อมูลผ่านบลูทูธไปยังหุ่นยนต์เพื่อให้เคลื่อนที่ตามที่ผู้ใช้กำหนดไว้

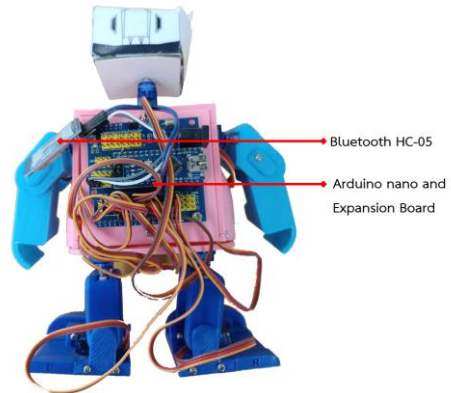


ภาพที่ 3 หน้าจอผู้ใช้งาน

1.3 ผลการออกแบบหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์แสดงดังภาพที่ 4 ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ 2 ส่วนคือ ส่วนโครงสร้างหุ่นยนต์ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3 มิติประกอบด้วยชิ้นส่วนแขน ขา และลำตัวรวมกันทั้งสิ้นจำนวน 9 ชิ้น ในส่วนหัวหุ่นยนต์ใช้การปักกระดาดแข็งพิมพ์สีเพื่อให้ได้รูปลักษณะที่เป็นมิตร และส่วนฮาร์ดแวร์ที่เป็นกลไกสมองและการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ประกอบด้วย Arduino Nano and Expansion Board ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการประมวลผล เชื่อมต่อกับ Servos จำนวน 9 ตัวเพื่อทำหน้าที่เป็นข้อต่อของหุ่นยนต์ และเชื่อมต่อกับ Bluetooth HC-05 เพื่อใช้ในการสื่อสารและรับส่งข้อมูลชุดการเคลื่อนไหวจากแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้น



(A) ด้านหน้าหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์



(B) ด้านหลังหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์

ภาพที่ 4 ต้นแบบหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชัน

จากต้นแบบแอปพลิเคชันสำหรับการสร้างชุดควบคุมการไหลอัตโนมัติของหุ่นยนต์ และต้นแบบหุ่นฮิวแมนนอยด์แบบ 9 เซอร์โว (Servos) ได้นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจากมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษจำนวน 3 คน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์จำนวน 1 คนเป็นผู้มีความรู้ความเข้าใจในเทคนิคการพัฒนาแอปพลิเคชันและการควบคุมหุ่นยนต์ อาจารย์ประจำสาขาคอมพิวเตอร์ศึกษาจำนวน 1 คนเป็นผู้มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการออกแบบและพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์จำนวน 1 คนเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญในการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของระบบซอฟต์แวร์และการออกแบบสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ ในการทดสอบผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะทำการเปิดแอปพลิเคชันบนมือถือ เข้าใช้งานเมนูหลักและเมนูย่อยต่างๆ เช่น การตั้งค่า การเลือกหุ่นยนต์ และการสร้างชุดคำสั่งเคลื่อนไหว จากนั้นจะใช้เทคนิคตัวต่อบล็อกภาพในการลากและวางบล็อกภาพเพื่อกำหนดการเคลื่อนไหวของหัว แขน และขาของหุ่นยนต์ ทำการบันทึกผลการทดสอบจำนวน 10 ครั้งเพื่อประเมินความถูกต้องเป็นรายการได้แก่ (1) ความถูกต้องในการทำงานของเมนูแอปพลิเคชัน (2) ความถูกต้องในการสร้างชุดคำสั่งเคลื่อนไหวของแอปพลิเคชัน (3) ความถูกต้องในการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ และ (4) ความถูกต้องความสัมพันธ์ระหว่างชุดคำสั่งในและการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ (Bucinkas, et al., 2022) ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันการสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพสำหรับควบคุมหุ่นฮิวแมนนอยด์

รายการ	จำนวนความถูกต้อง			ร้อยละความถูกต้อง
	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3	
ความถูกต้องในการทำงานของเมนูแอปพลิเคชัน	10	10	10	100.00
ความถูกต้องในการสร้างชุดคำสั่งเคลื่อนไหวของแอปพลิเคชัน	10	10	10	100.00
ความถูกต้องในการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์	10	10	10	100.00
ความถูกต้องความสัมพันธ์ระหว่างชุดคำสั่งในและการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์	10	10	10	100.00
ค่าเฉลี่ย				100.00

จากตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่าแอปพลิเคชันการสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพสำหรับควบคุมหุ่นอิวแมนนอยด์ มีประสิทธิภาพและมีความถูกต้องสูง โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนให้คะแนนความถูกต้องในการทำงานของเมนูแอปพลิเคชัน ความถูกต้องในการสร้างชุดคำสั่งเคลื่อนไหวของแอปพลิเคชัน ความถูกต้องในการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ และความถูกต้องความสัมพันธ์ระหว่างชุดคำสั่งในการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ในทุกรายการ

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน

ในการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันการสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพสำหรับควบคุมหุ่นอิวแมนนอยด์ ได้ใช้กลุ่มตัวอย่างจากเยาวชนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 30 คน ที่เข้าร่วมงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษในวันที่ 7 สิงหาคม 2566 ภายใต้กิจกรรมการเขียนโปรแกรมบล็อกภาพเพื่อการบังคับหุ่นยนต์ โดยกำหนดรูปแบบการทดสอบเป็นดังนี้

3.1 อธิบายการใช้งานโปรแกรมประกอบด้วย การใช้งานโปรแกรมเบื้องต้น การลากวางบล็อกภาพการสร้างการเคลื่อนไหวใน 1 ชุดสำหรับหัว/แขน/ขา และการสร้างการเคลื่อนไหวแบบต่อเนื่อง

3.2 ให้ผู้ใช้งานแผนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน

3.3 เมื่อเสร็จสิ้น ผู้บรรยายสอบถามระดับความพึงพอใจในด้านต่าง โดยใช้แบบสอบถามแบบ Rating Scale 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด (Likert, 1967) หลังจากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันการสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพสำหรับควบคุมหุ่นอิวแมนนอยด์

รายการ	\bar{X}	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ความรวดเร็วในการเรียนรู้	4.63	0.34	มากที่สุด
2. ความพึงพอใจต่ออินเตอร์เฟซ	4.50	0.62	มาก
3. ความสนุกและความท้าทายในการใช้งาน	4.46	0.53	มาก
4. ความเข้าใจในการใช้งาน	4.35	0.73	มาก
5. ความพึงพอใจในความแม่นยำของระบบ	4.32	0.42	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.45	0.53	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันการสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพสำหรับควบคุมหุ่นอิวแมนนอยด์ พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับมาก (\bar{X} = 4.45, S.D. = 0.53) ในด้านความรวดเร็วในการเรียนรู้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (\bar{X} = 4.63, S.D. = 0.34) ในด้านความพึงพอใจต่ออินเตอร์เฟซมีความพึงพอใจในระดับมาก (\bar{X} = 4.50, S.D. = 0.62) ในด้านความสนุกและความท้าทายในการใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก (\bar{X} = 4.46, S.D. = 0.53) ในด้านความเข้าใจในการใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก (\bar{X} = 4.35, S.D. = 0.73) และในด้านความพึงพอใจใน

ความแม่นยำของระบบมีความพึงพอใจในระดับมาก (\bar{X} = 4.32, S.D. = 0.42) โดยสรุปแสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันมีจุดเด่นในด้านความรวดเร็วในการเรียนรู้ ความพึงพอใจต่ออินเตอร์เฟซ ความสนุกและความท้าทายในการใช้งาน ความเข้าใจในการใช้งาน และความแม่นยำของระบบ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับมาก ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพและความสามารถของแอปพลิเคชันในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี

อภิปรายผล

การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันการสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพสำหรับควบคุมหุ่นฮิวแมนนอยด์ มีองค์ประกอบในการทำงาน 2 ส่วน คือ ส่วนแอปพลิเคชันการสร้างชุดเคลื่อนไหวด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพ และส่วนของหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ ในส่วนแอปพลิเคชันถูกพัฒนาด้วยภาษาจาวา ภายใต้สภาพแวดล้อม Android Studio โดยใช้ไลบรารี WebView และ BluetoothAdapter และส่วนหุ่นยนต์ประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์โครงสร้างหุ่นยนต์จำนวน 9 ชิ้น ฮาร์ดแวร์ Arduino Nano and Expansion Board ที่เป็นกลไกสมอง และฮาร์ดแวร์ Servos ที่ใช้ในการเคลื่อนไหว และ ฮาร์ดแวร์ Bluetooth HC-05 ที่ใช้สื่อสารและรับส่งข้อมูลชุดการเคลื่อนไหว

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ และความพึงพอใจจากผู้ใช้งานต่อแอปพลิเคชันการสร้างชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติด้วยเทคนิคตัวต่อบล็อกภาพสำหรับควบคุมหุ่นฮิวแมนนอยด์ พบว่าคะแนนความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญในการทำงานของเมนูแอปพลิเคชัน ความถูกต้องในการสร้างชุดคำสั่งเคลื่อนไหวของแอปพลิเคชัน ความถูกต้องในการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ และความถูกต้องความสัมพันธ์ระหว่างชุดคำสั่งและการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ในทุกรายการ ในส่วนผลการศึกษาความพึงพอใจ พบว่า ความพึงพอใจโดยรวมของผู้ใช้งานในระดับมาก เมื่อแยกรายประเด็นพบว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมากสำหรับประเด็น ความพึงพอใจต่ออินเตอร์เฟซ ความเข้าใจในการใช้งาน ความคิดสร้างสรรค์และการสร้างสรรค์ และความพึงพอใจในความแม่นยำของระบบ ส่วนประเด็นที่มีความพอใจมากที่สุดคือ ความรวดเร็วในการเรียนรู้ สำหรับข้อคิดเห็นจากผู้ใช้งานในด้านจุดเด่นของแอปพลิเคชัน คือ ความง่ายในการใช้งาน ความสะดวกในการสร้างสรรค์ชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติ ความแม่นยำของระบบ และความรวดเร็วในการเรียนรู้ ทั้งนี้จากการสอบถามยังมีข้อเสนอแนะบางประการที่อาจเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแอปพลิเคชันในอนาคต เช่น ลดความล่าช้าในการประมวลผลชุดเคลื่อนไหวอัตโนมัติ พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับแพลตฟอร์มอื่นๆ เพิ่มเติม เป็นต้น สอดคล้องกับงานวิจัยของกัญจน์กุลณัช (2564) และสุซาดา (2562) ทั้งสองงานวิจัยได้ใช้แอปพลิเคชัน ScratchJr ในการสอนเขียนโปรแกรมสำหรับเด็กปฐมวัยและประถมศึกษา ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญประเมินถึงความเหมาะสมในการนำมาใช้งานกับนักเรียนระดับอนุบาลและประถมศึกษาตอนต้น สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่ใช้เทคนิคตัวต่อบล็อกภาพในการสอนการเขียนโปรแกรม แต่ต่างกันที่กลุ่มเป้าหมาย คือเยาวชนระดับมัธยมศึกษาและประถมศึกษาตอนปลาย โดยการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน ในทำนองเดียวกันงานวิจัยของธีรยุทธ (2560) ได้พัฒนาแอปพลิเคชันการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมด้วยบล็อกภาพสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา มี

ความสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ในด้านการใช้บล็อกภาพเพื่อการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมแต่ต่างกันในการประยุกต์ใช้งานที่การควบคุมหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ผ่านแอปพลิเคชันมือถือเพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานทุกที่ทุกเวลา นอกจากนี้งานวิจัยของ Chakraborty (2022) ที่ประเมินแอปพลิเคชันการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แบบบล็อกภาพสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี มีความสอดคล้องในด้านการใช้บล็อกภาพเพื่อการควบคุมหุ่นยนต์แต่แตกต่างกันในกลุ่มเป้าหมายที่เป็นนักศึกษาปริญญาตรี ขณะที่งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่กลุ่มเยาวชนและการใช้งานผ่านแอปพลิเคชันมือถือ การเปรียบเทียบนี้แสดงให้เห็นว่างานวิจัยนี้มีความโดดเด่นในด้านการใช้แอปพลิเคชันมือถือและการประยุกต์ใช้เทคนิคตัวต่อบล็อกภาพในการควบคุมหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ ซึ่งสามารถเพิ่มความสะดวกและการเข้าถึงสำหรับผู้ใช้งานทุกที่ทุกเวลา อีกทั้งยังมุ่งเน้นการศึกษาและการเรียนรู้ของเยาวชนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายหลัก

สำหรับข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อยอด แอปพลิเคชันนี้สามารถขยายผลไปใช้กับเด็กในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น โดยควรปรับปรุงอินเทอร์เฟซให้ดึงดูดมากขึ้น เพิ่มฟีเจอร์ใหม่ๆ เช่น การแข่งขันการเขียนโปรแกรม การเรียนรู้ผ่านเกม และการสร้างชุมชนออนไลน์ สามารถพัฒนาให้รองรับแพลตฟอร์มอื่นๆ เช่น iOS เพื่อเพิ่มความสะดวกและการเข้าถึง แอปพลิเคชันนี้มีศักยภาพในการส่งเสริมทักษะการคิดเชิงตรรกะ การแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ และสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอนในวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่ให้ทุนสนับสนุน และแต่งตั้งคณะกรรมการในการติดตาม ทั้งให้คำปรึกษาในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กัญจน์กุลณัช พิธาอัครชัย. (2564). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน Scratch Jr. *วารสารวิชาการ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์*, 10(3), 13-22.
- ธีรยุทธ จันทะบุตร. (2560). การพัฒนาแอปพลิเคชันการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมด้วยบล็อกภาพสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรม*, 8(1), 36-43.
- สุชาติ ภูริรักษ์. (2562). การพัฒนาแอปพลิเคชันการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมด้วยบล็อกภาพสำหรับเด็กปฐมวัย. *วารสารครุศาสตร์ปริทรรศน์*, 7(2), 104-113.
- Bucinkas, V., Dzedzickis, A. & Virzonis, D. (2022). Deep Q-Learning in Robotics: Improvement of Accuracy and Repeatability. *Sensors*, 22(10), 3911.
- Chakraborty, D. (2022). An Evaluation of a Blockly-Based Robot Programming Application for Undergraduate Students. *Journal of Education and Information Technologies*, 27(3), 2099-2114.
- Dick, W., Carey, L. & Carey, J. O. (2015). *The systematic design of instruction*. (7 th ed.). Boston, MA: Pearson Education.
- Julià, C. & Antolí, J. Ò. (2019). Impact of implementing a long-term STEM-based active learning course on students' motivation. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(2), 303-327.
- Karahmetoğlu, K. & Korkmaz, Ö. (2019). The effect of project-based Arduino educational robot applications on students' computational thinking skills and their perception of basic STEM skill levels. *Participatory Educational Research*, 6(2), 1-14.
- Khine, M.S. (2017). *Robotics in STEM Education*. UK : Springer Nature.
- Kopcha, T.J., McGregor, J., Shin, S., Qian, Y., Choi, J., Hill, R., Mativo, J. & Choi, I. (2017). Developing an integrative STEM curriculum for robotics education through educational design research. *Journal of Formative Design in Learning*, 1(1), 31-44.
- Lédeczi, Á., Volgyesi, P., Maróti, M. & Simon, G. (2019). Teaching computational thinking in primary school. *Journal of STEM Education*, 19(4), 15-24.
- Likert, R. (1967). Attitude Theory and Measurement. In *The Method of Constructing and Attitude Scale*. New York : Wiley & Son.
- Ortiz, A.M. (2015). Examining students' proportional reasoning strategy levels as evidence of the impact of an integrated LEGO robotics and mathematics learning experience. *Journal of Technology Education*, 26(2).

- Rahaman, M.M., Haque, M., Shekdar, R. & Ziaul, K. (2020). Educational Robot for Learning Programming through Blockly based Mobile Application. **Journal of Technological Science & Engineering**, 1-25.
- Saleiro, M., Carmo, B., Rodrigues, J. & Buf, J. (2013). **A Low-Cost Classroom-Oriented Educational Robotics System**. In **International Conference on Social Robotics**. UK : Springer.
- Sang, G.Y., Huang, L.Z., Li, S.H. & Guo, J.W. (2023). The Effectiveness of Educational Robots in Improving Learning Outcomes: A Meta-Analysis. **Sustainability**, 15(5), 4637.
- Weintrop, D., Shepherd, D., Francis, P. & Franklin, D. (2017). Blockly goes to work: Block-based programming for industrial robots. In **2014 IEEE/ASME 10th International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications (MESA)**. Austria: IEEE.
- Thailand Plus. (2566). รองอธิบดีกรมส่งเสริมการเรียนรู้ เปิดโครงการ “การแข่งขันหุ่นยนต์” (STEM Education Robot Competition) ระดับประเทศ. [Online]. Available : <https://www.thailandplus.tv> [2567, มิถุนายน 17].
- Wang, G.Y., Huang, L.Z., Li, S.H. & Guo, J.W. (2023). The effectiveness of educational robots in improving learning outcomes: A meta-analysis. **Sustainability**, 15(5), 4637.



ผลของการใช้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้
ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะนาว

Effects of Cold Shock Treatments Combined with Aloe vera Gel Coating on
Postharvest Quality of Lime

วุฒิรัตน์ พัฒนินบูลย์*

Wutthirat Patthanibool

Received : January 31, 2024

Revised : June 14, 2024

Accepted : June 21, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เทคนิคให้ความเย็นเฉียบพลัน (CST) ร่วมกับการใช้เจลว่านหางจระเข้ (AV) ที่ความเข้มข้น 0 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวผลผลิตมะนาว เปรียบเทียบกับผลผลิตที่ไม่ใช้เทคนิคให้ความเย็นเฉียบพลัน (NCST) ซึ่งบรรจุในภาชนะโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 77.9 เปอร์เซ็นต์ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาผลผลิตมะนาว โดยจัดหน่วยทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ พบว่า มะนาวที่เคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ทั้งสองความเข้มข้น (AV50 และ AV100) มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ามะนาวที่ไม่เคลือบผิว (AV0) ในช่วงอายุการเก็บรักษาที่ 12-24 วัน โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 2.36 2.34 และ 3.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถชะลอการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของผิวได้ โดยค่าเฉดสี (hue angle) ของมะนาวที่เคลือบผิวมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ามะนาวที่ไม่เคลือบผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งในวันสุดท้ายของการทดลอง มีค่าเฉดสีเฉลี่ย 111.97 111.98 และ 107.66 ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ กรดที่ไทเทรตได้ และความแน่นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้การเคลือบผิวมะนาวด้วยเจลว่านหางจระเข้ทั้งสองความเข้มข้นสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้เฉลี่ย 21.5-22 วัน ซึ่งมากกว่าผลผลิตที่ไม่ทำการเคลือบผิวประมาณ 1 สัปดาห์ สำหรับปัจจัยด้านการให้ความเย็นเฉียบพลัน พบว่าไม่มีผลต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลผลิตมะนาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ : ความเย็นเฉียบพลัน / การเคลือบผิวที่บริโภคได้ / คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

Lecturer in Agricultural Program Faculty of Agricultural Technology Lampang Rajabhat

University(Corresponding Author) e-mail: p.wutthirat@hotmail.com

ABSTRACT

This research aimed to investigate the use of cold shock treatment (CST) combine with 0 50 and 100% of aloe vera gel coating which effect on postharvest quality of lime compares with non-cold shock treatment (NCST). All samples were packed in foam trays covered with polyvinyl chloride (PVC) film and storage at 12.5 degree Celsius, 78 percent relative humidity. A factorial in completely randomized design for this experiment. The result shown that both concentrations of coated lime with aloe vera gel had less fresh weight loss than uncoated lime during the storage life at 12-24 days with the highest mean 2.36% 2.34% and 3.13% respectively, and were able to decrease the yellowing of the skin. The hue angle of coated lime was significantly higher than that of uncoated lime ($p \leq 0.05$). On the last day of the experiment, with values of 111.97, 111.98 and 107.66, respectively. The change in chlorophyll and carotenoids content, total soluble solids, titratable acidity and firmness was no significant difference ($p > 0.05$). However, the lime coating with both concentrations of Aloe vera gel was able to extend the storage in the range of 21.5-22.0 days which is about 1 week longer than the uncoated produce. In case to the cold shock treatment, it was found that there was no significant effect on the delay in quality change and shelf life of lime ($p > 0.05$).

Keywords : Cold Shock Treatment / Edible Coating / Postharvest Quality

บทนำ

มะนาว (lime) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความต้องการค่อนข้างสูงในท้องตลาด โดยมีปริมาณผลผลิตจากการขายรวมในปี 2566 จำนวน 166,775 ตัน (สำนักงานสถิติการเกษตร, 2566) แต่เนื่องด้วยมะนาวเป็นผลผลิตที่มีปริมาณผลผลิตออกสู่ตลาดไม่แน่นอน ส่งผลให้ราคาไม่คงที่ กระทบต่อการวางแผนการผลิตของเกษตรกร และผู้บริโภคต้องซื้อผลผลิตที่มีราคาสูงในช่วงที่มีปริมาณผลผลิตน้อย การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยรักษาสมดุลของปริมาณผลผลิตในท้องตลาดไม่ให้เกิดความผันแปรมาก การศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตมะนาวจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและควรให้ความสำคัญ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติที่เหมาะสมต่อไป

การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวในทางการค้ามักให้ความสำคัญกับคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ เช่น สี ความมันเงา ความสดของผิวเปลือก ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค สาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว มักเกิดจากการสูญเสียน้ำและการเก็บรักษาในสภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (จริงแท้, 2549) ดังนั้น กรณีนี้ทางการค้ามักใช้วิธีการเคลือบผิวเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำของผลผลิต ร่วมกับการปฏิบัติโดยใช้ความเย็น เพื่อชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีหลังการเก็บเกี่ยว แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคได้มีความกังวลกับการบริโภคผลผลิตที่ใช้สารเคมี ถึงแม้ว่าการเคลือบผิวจะถูกใช้เฉพาะภายนอกเท่านั้น แต่ด้วยพฤติกรรมกรบริโภคอาจหลีกเลี่ยงไม่ได้ในการสัมผัสหรือบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนสารเคมี

การศึกษาวาสตฺุเคลือบผิวที่บริโภคได้ จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลมะนาว ให้มีความปลอดภัยและสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภค และหากใช้ร่วมกับเทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลัน ในการกำจัดความร้อนที่ติดมากับผลิตผล เพื่อชะลอกิจกรรมทางชีวเคมีในช่วงก่อนการเก็บรักษา จะทำให้ผลิตผลที่ผ่านการปฏิบัติดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้าลง ทั้งนี้จากงานวิจัยของ ชมพูนุท (2559) โดยการนำว่านหางจระเข้มาพัฒนาเป็นสารเคลือบผิว บ่งชี้ว่าว่านหางจระเข้สามารถรักษาและชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตผลเกษตรได้ โดยที่ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลดีที่สุด และมีอายุการวางจำหน่าย 16 วัน ขณะที่มะนาวที่ไม่ได้เคลือบผิวมีอายุเพียง 6 วัน และสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (hue angle) ได้ อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใช้ความเย็นเฉียบพลัน (cold shock treatment) ซึ่งเป็นเทคนิคให้ความเย็นกับผลิตผลโดยใช้ตัวกลางที่มีอุณหภูมิต่ำใกล้จุดเยือกแข็งเป็นระยะเวลาสั้นๆ เพื่อให้กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของผลิตผลไม่สามารถทำงานตามปกติและสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวได้ ทั้งนี้มีงานวิจัยที่ศึกษาวิธีการใช้เทคนิคดังกล่าวนี้กับผลิตผลเกษตรบางชนิด พบว่า ส่งผลในทางที่ดีและมีแนวโน้มให้เชื่อได้ว่าสามารถรักษาคุณภาพผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวได้ จากผลการทดลองของ Zhang, et al. (2013) พบว่าเทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันลดอัตราการสูญเสียน้ำหนัก และป้องกันการอ่อนนุ่มของผลและการเปลี่ยนแปลงของสี รวมทั้งยังสามารถรักษาความสมบูรณ์ของเมมเบรน ได้ อย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยของ Chen, et al. (2017) รายงานไว้ว่าการใช้เทคนิคความเย็นเฉียบพลันกับผลโอวาทา เป็นเวลา 30 นาที มีอิทธิพลต่อการชะลอกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสุก การอ่อนนุ่มของผล อัตราการหายใจ และอัตราการสังเคราะห์เอทิลีนในระหว่างการวางจำหน่ายได้ และจากรายงานของ Farag & Nagy (2017) พบว่าผลส้มที่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าส้มในชุดทดลองอื่นๆ รวมทั้งมีปริมาณวิตามินซีและการพัฒนาแคโรทีนที่เปลือกสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการทดลองแบบแฟคทอเรียลบนแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CRD) 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านการให้ความเย็นเฉียบพลัน (ให้ความเย็นเฉียบพลัน และไม่ให้ความเย็นเฉียบพลัน) และปัจจัยด้านการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ (ที่ระดับความเข้มข้น 0 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์) โดยคัดเลือกมะนาวที่มีขนาดและสีผิวสีเขียวทั้งผลมาทำความสะอาดด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 15 นาที ึ่งให้แห้งแล้วแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งใช้เทคนิคให้ความเย็นเฉียบพลัน (CST) โดยแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิคงที่ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที อีกกลุ่มหนึ่งแช่น้ำเปล่าอุณหภูมิปกติ (NCST) ึ่งลมให้แห้งแล้วแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย นำไปเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้น 0 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (AV0 AV50 และ AV100) จากนั้นึ่งให้แห้ง ก่อนแยกไปเก็บรักษาในสภาพโคมหุ้มด้วยฟิล์ม PVC กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ผล และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 77.9 เปอร์เซ็นต์) บันทึกข้อมูล ณ วันเริ่มต้นการทดลอง และทุกๆ 3 วัน ดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ประเมินด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก ตั้งแต่วันเริ่มต้นการทดลอง ไปจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง จากนั้นนำค่าน้ำหนักมาคำนวณตามสมการต่อไปนี้

$$\%WL = \frac{W_0 - W_n}{W_0} \times 100$$

%WL = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

W0 = น้ำหนักสดของผลผลิต ณ วันที่ 0 (วันเริ่มต้นการทดลอง)

Wn = น้ำหนักสดของผลผลิต ณ วันที่ ทำการชั่ง

2. การวัดสี ใช้เครื่องวัดสีวัดที่ตำแหน่งกลางผลทั้ง 2 ด้านตรงข้ามกัน บันทึกและรายงานผลในระบบสี CIE แบบพิกัดขั้ว (polar coordination: L*, Chroma, Hue angle)

3. ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและแคโรทีนอยด์ที่เปลือก โดยการสกัดด้วยอะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์ และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 470 645 และ 663 นาโนเมตร ตามวิธีการวิเคราะห์ของ Whitman, et al. (1971)

4. ความแน่นเนื้อ ทำการวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร กดด้วยความลึก 5 มิลลิเมตร ที่ความเร็ว 2 มิลลิเมตร/วินาที บันทึกเป็นค่าแรงสูงสุดในหน่วยของนิวตัน (El-Abbasy, et al., 2013)

5. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยนำน้ำคั้นมาวัดด้วยเครื่อง refractometer บันทึกค่าเป็นหน่วยของศาบริกซ์ (°Brix)

6. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยนำน้ำคั้น 3 มิลลิลิตร มาไทเทรตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ บันทึกปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ แล้วนำมาคำนวณตามสมการต่อไปนี้

$$\%TA = \frac{NaOH(N) \times NaOH (ml) \times mEqv. of acid}{sample (ml)} \times 100$$

%TA = ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์)

NaOH(N) = ความเข้มข้นที่แน่นอนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทำการไทเทรต

NaOH(ml) = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทำการไทเทรต

mEqv. of acid = กรัมสมมูลของกรดซิตริก 0.064

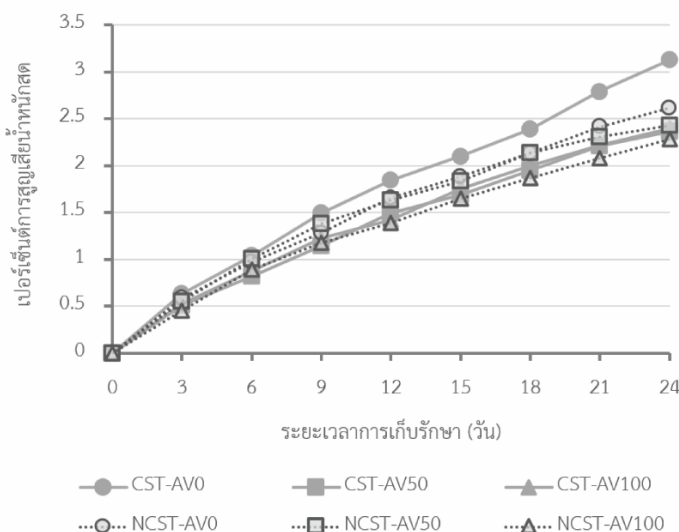
sample (ml) = ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ทำการไทเทรต

7. ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) เริ่มนับจากวันเริ่มต้นการทดลองจนกระทั่งผลผลิตมะนาวมีผิวเปลี่ยนไป เป็นสีเหลืองประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ (ค่า hue angle ต่ำกว่าช่วง 111.00 ลงมา)

ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลผลิตมะนาวที่ผ่านการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวตามกรรมวิธีการทดลองต่างๆ พบว่า มะนาวในทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 1) โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่ออายุการเก็บรักษาที่ 12-24 วัน มะนาวที่เคลือบผิวด้วยเจลลันทางจะเข้าความเข้มข้น 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่ามะนาวที่ไม่เคลือบผิวอย่างมีนัยสำคัญ โดยในวันที่ 24 มีการสูญเสียน้ำหนัก 2.36 2.34 และ 3.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปัจจัยด้านกร

ให้ความเย็นเฉียบพลัน ส่งผลให้มะนาวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันจนกระทั่งในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา มะนาวที่ใช้เทคนิคให้ความเย็นเฉียบพลัน (CST) มีการสูญเสียน้ำหนักสด แตกต่างจากมะนาวที่ไม่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลัน (NCST) อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.63 และ 2.59 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผลผลิตมะนาวที่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับ
ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยเจลวุ้นทางจระเข้ตามกรรมวิธีต่างๆ

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผลผลิตมะนาวที่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับ
ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยเจลวุ้นทางจระเข้ตามกรรมวิธีต่างๆ

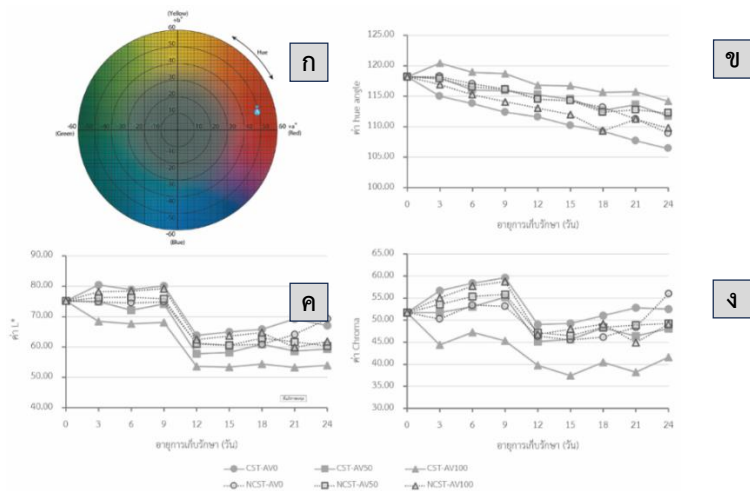
ปัจจัย	อายุการเก็บรักษา (วัน)									
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	
การให้ความเย็นเฉียบพลัน										
CST	0.00	0.56 ^{ns}	0.91 ^{ns}	1.29 ^{ns}	1.59 ^{ns}	1.85 ^{ns}	2.11 ^{ns}	2.40 ^{ns}	2.63 ^a	
NCST	0.00	0.53	0.95	1.28	1.56	1.79	2.04	2.27	2.59 ^b	
การเคลือบผิว										
AV0	0.00	0.61 ^{ns}	1.00 ^{ns}	1.75 ^a	1.75 ^a	1.99 ^a	2.26 ^a	2.60 ^a	3.13 ^a	
AV50	0.00	0.53	0.91	1.56 ^b	1.56 ^b	1.76 ^b	2.04 ^b	2.26 ^b	2.36 ^b	
AV100	0.00	0.49	0.88	1.40 ^b	1.40 ^b	1.70 ^b	1.93 ^b	2.15 ^b	2.34 ^b	
C.V. (%)	N/A	24.25	19.00	14.03	17.09	15.43	15.89	13.79	13.89	

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกันในแนวตั้งในทริตเมนต์เดียวกันแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตามการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Least Significant Difference (LSD), ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ, N/A คือ ไม่สามารถใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ทางสถิติได้

จากการวัดสีผิวของผลิตผลมะนาว พบว่า เฉดสี (hue angle) ของมะนาวทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 2ข) โดยปัจจัยด้านการเคลือบผิวส่งผลให้มะนาวที่ไม่เคลือบผิวมีสีผิวเปลี่ยนจากเขียวไปเป็นเหลือง มากกว่ากลุ่มที่ทำการเคลือบผิว ส่งผลให้ค่าเฉดสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 24 วัน มะนาวที่ไม่เคลือบผิว มีค่าเฉดสีเฉลี่ย 107.66 ต่ำกว่า มะนาวที่เคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้น 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่าเฉดสี (hue angle) เฉลี่ย 111.97 และ 111.98 (ตารางที่ 2, ภาพที่ 2ก และ ภาพที่ 3) ขณะที่ค่าความสว่างของสี (L*) และความเข้มสี (chroma) ของมะนาวที่ไม่ทำการเคลือบผิวมีค่าเฉลี่ยมากกว่าและแตกต่างจากมะนาวที่เคลือบผิวอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปัจจัยด้านเทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉดสีและค่าความสว่างของสี แต่มีผลทำให้ความเข้มสี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 2)

สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เลือกพบว่า มะนาวมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมะนาวที่ทำการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่ามะนาวที่ไม่ทำการเคลือบผิว เฉพาะในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาเท่านั้น แต่เมื่อครบระยะเวลาการทดลอง พบว่าทั้งสองปัจจัยไม่มีอิทธิพลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับปริมาณแคโรทีนอยด์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนความแน่นเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า ทั้งปัจจัยด้านการให้ความเย็นเฉียบพลันและการเคลือบผิวไม่มีอิทธิพลทำให้ผลิตผลมะนาวกรรมวิธีต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

และจากการวิเคราะห์อายุการเก็บรักษา พบว่า ปัจจัยด้านการเคลือบผิวมีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตผลมะนาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลิตผลมะนาวที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิว มีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 14.50 วัน น้อยกว่าและแตกต่างจากผลิตผลมะนาวที่ทำการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 22.00 และ 21.50 วันตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ

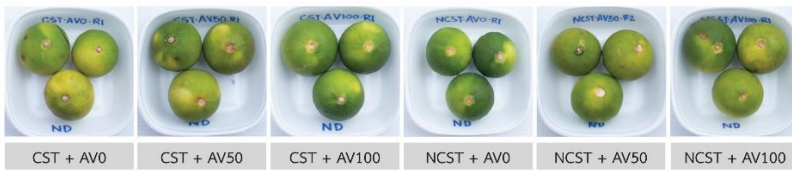


ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่า hue angle (ข) L* (ค) และ chroma (ง) ของสีผิวผลิตผลมะนาว ที่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ ตามกรรมวิธีต่างๆ เทียบกับพิกัดค่าสี (ก)

ตารางที่ 2 คุณภาพของผลิตผลมะนาวที่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับรวมกับการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ตามกรรมวิธีต่างๆ ที่อายุการเก็บรักษา 24 วัน

ปัจจัย	คุณภาพของผลิตผลมะนาวที่อายุการเก็บรักษา 24 วัน								
	ของแข็ง ที่ละลาย น้ำได้ (°Brix)	กรดที่ ไทเทรต ได้ (%)	ความ แน่น เนื้อ (N)	ค่าพิกัดสี			คลอโรฟิลล์ (µg/ml)	แคโรที นอยด์ (µg/ml)	อายุ (วัน)
				L*	chroma	hue angle			
Cold Treatment									
CST	5.77 ^{ns}	6.28 ^{ns}	2.06 ^{ns}	60.10 ^{ns}	47.40 ^b	110.77 ^{ns}	0.5287 ^{ns}	0.2084 ^{ns}	19.33 ^{ns}
NCST	5.72	6.27	1.94	63.77	51.44 ^a	110.31	0.5778	0.2317	19.33
Edible Coating									
AV0	5.87 ^{ns}	6.52 ^a	1.86 ^{ns}	68.11 ^a	54.26 ^a	107.66 ^b	0.4489 ^{ns}	0.1912 ^{ns}	14.50 ^b
AV50	5.78	6.26 ^{ab}	2.23	59.85 ^b	48.67 ^b	111.97 ^a	0.5695	0.2089	22.00 ^a
AV100	5.59	6.06 ^b	1.91	57.83 ^b	45.34 ^c	111.98 ^a	0.6413	0.2600	21.50 ^a
C.V. (%)	0.76	0.55	26.36	7.52	10.34	3.47	0.48	0.32	16.76

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกันในแนวตั้งในทรีตเมนต์เดียวกันแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตามการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Least Significant Difference (LSD), ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 3 ลักษณะสีผิวของผลิตผลมะนาว ที่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ ตามกรรมวิธีต่างๆ ที่อายุการเก็บรักษา 24 วัน

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตผลมะนาวที่ผ่านการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวตามกรรมวิธีการทดลองต่างๆ พบว่า มะนาวทุกกรรมวิธีการทดลองมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา เนื่องจากมะนาวเป็นผลิตผลที่ซสวนประเภทเน่าเสียง่าย (perishable crop) ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ 80-90 เปอร์เซ็นต์ โดยศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เดวิดส์ (Arpaia & Kader, 1999) แนะนำสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสม อุณหภูมิ 10-13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สภาวะการเก็บรักษาระหว่างการทดลองมีความชื้นสัมพัทธ์ 77.9 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าระดับที่

เหมาะสมดังกล่าว ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ไปสู่บรรยากาศตลอดเวลา ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์จะถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC แต่เนื่องจากฟิล์มชนิดดังกล่าวมีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อย (Khamsee, 1996) จึงส่งผลให้ไอน้ำจากผลิตภัณฑ์อยู่ในบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์เคลื่อนตัวออกไปสู่สิ่งแวดล้อมได้ง่าย โดยเฉพาะช่วงต้นการทดลองที่บรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ยังไม่เข้าสู่ภาวะสมดุลของความชื้น (equilibrium moisture content, EMC) ผลิตภัณฑ์จะสูญเสียไอน้ำอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าในช่วงต้นการทดลองผลิตภัณฑ์ต่างๆ กรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียไอน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อเก็บรักษาต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ไม่เคลือบผิวจะมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวด้วยเจลวุ้นทางจระเข้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทำการเคลือบผิวปราศจากวัสดุต้านทาน (barrier) การเคลื่อนที่ของไอน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำการเคลือบผิว ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองที่พบว่า ผลิตภัณฑ์มะนาวที่ทำการเคลือบผิวด้วยเจลวุ้นทางจระเข้ มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทำการเคลือบผิว ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 12-24 วัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Arowa, et al. (2013) ที่ทำการเคลือบผิวส้ม พันธุ์ Valencia ด้วยเจลวุ้นทางจระเข้ พบว่าช่วงสามสัปดาห์แรกของการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทำการเคลือบผิว แต่หลังจากนั้นจะเริ่มแตกต่างกัน โดยส้มที่เคลือบผิวจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เคลือบผิว ทั้งนี้จากงานวิจัยดังกล่าวได้อธิบายไว้ว่าอาจเนื่องมาจากเจลวุ้นทางจระเข้ที่เป็นวัสดุกึ่งต้านทานการซึมผ่าน ที่ป้องกันการเคลื่อนที่ของออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้น และสารละลาย ระหว่างผลิตภัณฑ์กับบรรยากาศภายนอก ดังนั้นจึงส่งผลต่อการลดลงของอัตราการหายใจ การสูญเสียน้ำ และปฏิกิริยาออกซิเดชัน ที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ได้ (Baldwin, et al., 1999) ส่วนปัจจัยด้านการให้ความเย็นเฉียบพลันนั้น ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์มะนาวไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการใช้ความเย็นในช่วงระยะเวลาสั้นๆ มีผลต่อการลดอุณหภูมิให้กับผลิตภัณฑ์เฉพาะช่วงแรกของการทดลองเท่านั้น ซึ่งการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตลอดเวลาและขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมระหว่างการเก็บรักษาเป็นสำคัญ จึงส่งผลให้อิทธิพลของการให้ความเย็นเฉียบพลันไม่ปรากฏผลชัดเจนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์

สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อพิจารณาจากค่าเฉดสี (hue angle) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการวัดสีที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสีจากสีหนึ่งไปเป็นอีกสีหนึ่ง โดยอ้างอิงตามพิกัดค่าสี พบว่า มะนาวมีการเปลี่ยนแปลงสีจากเขียวไปเป็นเหลืองตามลำดับ ทำให้มีค่าเฉดสีลดลง โดยผลทางสถิติชี้ให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะปัจจัยด้านการเคลือบผิว ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ไม่เคลือบผิวมีค่าเฉดสีต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เคลือบผิวด้วยเจลวุ้นทางจระเข้ทั้งสองระดับความเข้มข้น อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับองค์ประกอบอื่นๆ ของการวัดสี กล่าวคือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิวมีค่าความสว่างของสี (L^*) และความเข้มสี (chroma) สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำการเคลือบผิว แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองของผิวเปลือกมะนาวที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิวเกิดขึ้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำการเคลือบผิว ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สารเคลือบผิวเป็นการเพิ่มเครื่องกีดขวางและจำกัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างมะนาวกับบรรยากาศภายนอก ส่งผลให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere) ขึ้นภายในผลิตภัณฑ์ ซึ่งภายใต้สภาวะดังกล่าว

ผลิตผลจะนำออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการหายใจและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ทำให้ก๊าซออกซิเจนมีปริมาณลดลงและเกิดการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นภายในผลิตผล ทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจที่ช้าลงรวมถึงปฏิกิริยาทางชีวเคมีอื่นๆ และการสังเคราะห์เอทิลีนซึ่งมีผลต่อกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่เปลือกของผลิตผลด้วย สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบว่า ผลิตผลมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลิตผลมะนาวที่ทำการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าผลิตผลที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิว ถึงแม้ว่าจะแสดงผลที่ชัดเจนเฉพาะบางช่วงเวลา (วันที่ 6 ของการเก็บรักษา) เท่านั้น แต่เมื่อพิจารณาควบคู่ไปกับการเปลี่ยนแปลงสีจากค่าเฉลี่ยแล้วก็สามารถอธิบายได้ว่าการเคลือบผิวมีผลในการช่วยชะลอการเปลี่ยนสีให้กับผลิตผลมะนาวได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Buapuean (2016) ที่ทำการเคลือบผิวมะนาวด้วยเจลว่านหางจระเข้พบว่า ผลิตผลมีค่าเฉลี่ยลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมะนาวที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าและมีอัตราการลดลงที่เร็วกว่าผลมะนาวที่ทำการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ซึ่งการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการลดลงของค่าเฉลี่ยได้ดีที่สุด และจากการศึกษาในผลฝรั่ง พันธุ์ Gola ที่ทำการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ พบว่า คลอโรฟิลล์ที่เปลือกของผลฝรั่งที่ทำการเคลือบผิวและไม่เคลือบผิวมีปริมาณที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยผลิตผลที่ทำการเคลือบผิวจะมีอัตราการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าผลิตผลที่ไม่เคลือบผิว (Rehman, et al., 2020) ส่วนปัจจัยด้านการให้ความเย็นเฉียบพลันพบว่า ไม่มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์และค่าเฉลี่ยของผลิตผลมะนาวแตกต่างไปจากผลิตผลที่ไม่ทำการให้ความเย็นเฉียบพลัน เนื่องจากกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เป็นปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นตลอดเวลาภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมในระหว่างการเก็บรักษาเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในระหว่างการเก็บรักษาจะเป็นตัวกระตุ้นการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่ผิวเปลือก มากกว่าการถูกกระตุ้นจากปัจจัยด้านเอทิลีน เนื่องจากมะนาวเป็นผลไม้ในตระกูลส้ม (citrus) และถูกจัดเป็นผลิตผลประเภทนั้นไคลแมคเทอริก (non-climacteric) ที่ถึงแม้ว่าเปลือกของผลไม้ตระกูลส้มจะสามารถผลิตเอทิลีนได้ภายใต้สภาวะบางอย่างเช่นเดียวกับผลิตผลชนิดอื่นๆ แต่ผลิตผลดังกล่าวมีอัตราการผลิตเอทิลีนในระดับต่ำและคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Cubells–Martinez, et al., 1999) ดังนั้นการใช้ความเย็นในระยะเวลาสั้นๆ จึงไม่อาจแสดงผลที่ชัดเจนต่อการชะลอกระบวนการสังเคราะห์หรือการตอบสนองต่อเอทิลีนที่เปลือกของผลิตผลมะนาวได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

References

- จิ่งแท้ ศิริพานิชย์. (2549). **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพีช**. นครปฐม : ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ชมพูนุช บัวเผื่อน. (2559). **ผลของสารเคลือบผิวว่านทางจระเข้และสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลมะนาวแป้น**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สำนักงานสถิติการเกษตร. (2566). **มะนาว : ร้อยละและปริมาณการขายผลผลิตเป็นรายเดือน ระดับประเทศ ปี 2566**. [Online]. Available : <https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดมะนาว/TH-TH#>. [2007, June 18].
- Arowa, K.A., Williams, J.O., Adetunji, C.O., Fawole, O.B., Afolayan, S.S., Olaleye, O.O., Adetunji J.B. & Ogundele. B.A., (2013). Effects of Aloe Vera Coating on Quality Characteristics of Oranges Stores Under Cold Storage. **Greener Journal of Agricultural Sciences**, 3(1), 039-047.
- Arpaia, M.L. & Kader, A.A. (1999). **Lime : Recommendations for Maintaining Postharvest Quality**. [Online]. Available : http://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center/_Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_English/?uid=19&ds=799 [2019, August 1].
- Baldwin, E.A., Burns, J.K., Kazokas, W., Brecht, J.K., Hagenmaier, R.D., Bender, R.J. & Pesis, E. (1999). Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. **Postharvest Biology Technology**, 17(3), 215-226.
- Buapuean, C. (2016). **Effects of aloe vera coating and plant growth regulators on storage life prolonging of lime (*Citrus aurantifolia* swingle cv.Pan)**. MS Thesis, Prince of Songkla University, Songkla. [in Thai]
- Chen, J., Liu, X., Li, F., Li, Y. & Yuan, D. (2017). Cold shock treatment extends shelf life of naturally ripened or ethylene-ripened avocado fruits. **PLoS One**, 12(12).
- Cubells-Martinez, X., Alonso, J.M., Sanchez-Ballesta, M.T. & Granell, A. (1999). Ethylene Perception and Response in Citrus Fruit. **Biology and Biotechnology of the Plant Hormone Ethylene II**, Springer, Dordrecht, 137-143.
- El-Abbasy, U.K., Mohamed, E.M., El-Aidy, A.A., Mohamed, M.A.A. & Abd El-Khalek, A.F. (2013). 1-Meththlcyclopropene (1-MCP) and Quality of Eureka Lemon Fruits During Cold Storage. **Hortscience Journal of Suez Canal University**, 1, 211-215.

- Farag, K.M. & Negy, N.M.N. (2017). Effects of Postharvest- Cold Shock and Some Safe Treatment on Carotene Development in “Nova” Tangerines. **Journal of Plant Production**, 8(9), 917-922.
- Khamsee, Y. (1996). **Postharvest Physiology of Horticultural Produce**. Chiangmai : Department of Postharvest Technology, Faculty of Engineering and Agro Industry, Maejo University. [in Thai]
- Rehman, M.A., Asi, M.R., Hameed, A. & Bourquin, L.D. (2020). Effects of Postharvest Application of Aloe Vera Gel on Shelf Life, Activities of Anti-Oxidative Enzymes, and Quality of ‘Gola’ Guava Fruit. **Foods**, 9(10), 1361.
- Whitham, F.H., Blaydes, D.F. & Devlin, R.M. (1971). **Experiments in plant physiology**. New York : Van Nostrand Reinhold.
- Zhang, N., Zhao, Y., Aiqiang, C. & Haijiao, Y. (2013). Effect of Two-Temperature Cold Shock Treatment on Quality and Physiology of Cucumber and Its Heat Transfer Characteristic. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, 29(1), 259-264.



รูปแบบการสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก
ของศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลนครนนทบุรีที่ 2 สวนใหญ่

Motivation Model of Changing Cervical Cancer Screening Behavior
in Nonthaburi Municipality Public Health Service Center 2 (Suan Yai)

กัลยา ธัญญะวัน*

Kanlaya Thanyawan

Received : March 25, 2024

Revised : May 16, 2024

Accepted : June 16, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นวิจัยกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียว วัดผลก่อนและหลังการทดลองโดยมีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาเหตุและปัจจัยในการไม่มารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี 2) เพื่อพัฒนารูปแบบการสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก และ 3) เพื่อประเมินผลการสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก โดยนำแนวคิด Information-Motivation-Behavior skill: IMB Model มาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมสร้างแรงจูงใจ กลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีช่วงอายุ 30-60 ปีในพื้นที่ความรับผิดชอบของศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลนครนนทบุรีที่ 2 สวนใหญ่ จำนวน 395 คน คัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ 1) แบบสอบถาม 2) กิจกรรมการสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ 3) แบบทดสอบความรู้ก่อนและหลังร่วมกิจกรรม และ 4) แบบประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบกิจกรรมที่สร้างขึ้น วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสถิติ Paired t-test

ผลการวิจัยพบว่า 1) กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่เคยตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ร้อยละ 58.23 โดยเหตุผลหลักคือไม่มีอาการผิดปกติ ส่วนระดับการรับรู้ด้านสุขภาพโดยรวม ได้แก่ การรับรู้โอกาสเสี่ยง (\bar{X} =2.33, S.D.=0.49) และการรับรู้อุปสรรค (\bar{X} =1.78, S.D.=0.68) อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนการรับรู้ความรุนแรงของโรค (\bar{X} =2.39, S.D.=0.45) และการรับรู้ประโยชน์ (\bar{X} =2.76, S.D.=0.38) อยู่ในระดับสูง 2) ผลการสร้างแรงจูงใจที่ประยุกต์ใช้แนวคิด IMB Model พบว่า กลุ่มตัวอย่างภายหลังเข้าร่วมกิจกรรมมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูกสูงกว่าก่อนร่วมกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t=43.366, p<.001$)

*พยาบาลวิชาชีพชำนาญการพิเศษ หัวหน้าศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลนครนนทบุรี 2 (สวนใหญ่) และหัวหน้ากลุ่มงาน
ศูนย์บริการสาธารณสุข กองการแพทย์

Registered nurse, senior professional level, Chief of Nonthaburi Municipality Public Health Service
Center 2 (SUAN YAI), Chief of the section of public health center, Division of medical

(Corresponding Author) e-mail: Kun.kunlaya@hotmail.com

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า รูปแบบการสร้างแรงจูงใจช่วยสนับสนุนให้สตรีได้รับความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูก และช่วยสร้างแรงจูงใจในการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งช่วยให้บุคลากรด้านสาธารณสุขนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ในชุมชนต่อไป

คำสำคัญ : รูปแบบการสร้างแรงจูงใจ / การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม / การตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก

ABSTRACT

This single group quasi-experimental research study measuring before and after the experiment aimed to understand reasons and factors of not coming to receive cervical cancer screening services among women, to develop an incentive model of changing cervical cancer screening behaviors and to evaluate the incentive model. The concept of Information-Motivation-Behavior skill: IMB Model was applied for creating motivational activities. Research samples were 395 women aged 30-60 years in the responsible areas of Nonthaburi Municipality Public Health Service Center 2, Suan Yai. Simple random sampling method was utilized. Research instruments were as follows: 1) Questionnaire 2) Motivational activities to change cervical cancer screening behavior with a 4-week period, 3) Pre-posttest knowledge assessment and 4) satisfaction of the activities. Data were analyzed by percentages, means, standard deviations, and paired t-test. The findings illustrated that most of the participants had never been screened for cervical cancer (58.23%), with the main reason of having no abnormal symptoms. The overall levels of health perception including the perception of risk opportunities ($\bar{X}=2.33$, S.D.=0.49) and perception of obstacles ($\bar{X}=1.78$, S.D.=0.68), were at a moderate level. The perception of disease severity ($\bar{X}=2.39$, S.D.=0.45) and the perception of benefits ($\bar{X}=2.76$, S.D.=0.38) were at a high level. The results of creating motivation using the IMB Model concept found that the participants had a significantly higher average knowledge score of cervical cancer after participating in the activities compared with before participating ($t=43.366$, $p<.001$) The results presented that the motivational model supports women to gain knowledge about cervical cancer and help create incentives for increased cervical cancer screening. Public health personnel should apply this model for creating women's motivation to change cervical cancer screening behavior in the community.

Keywords : Motivation Model / Changing Behavior / Cervical Cancer Screening

บทนำ

โรคมะเร็งปากมดลูกเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของทุกประเทศ จากรายงานของ The Global Cancer Observatory (GCO) ในปี ค.ศ. 2022 พบผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกรายใหม่ทั่วโลก จำนวน 662,301 คน และเสียชีวิตประมาณ 348,874 คน (World Health Organization, 2024) โดยกว่าร้อยละ 85 พบในประเทศกำลังพัฒนา สำหรับประเทศไทยพบผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกรายใหม่ คิดเป็นร้อยละ 13.51 หรือเฉลี่ยผู้ป่วยรายใหม่วันละ 27 คน สถิติผู้เสียชีวิตเฉลี่ยวันละ 14 คน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยผู้ป่วยรายใหม่ที่เข้ารับการรักษา มักพบในระยะที่ 2 รองลงมาระยะที่ 3 ร้อยละ 31.62, 28.31 ตามลำดับ (สถาบันมะเร็งแห่งชาติ, 2561) ส่วนใหญ่จะพบในสตรีอายุ 45-50 ปี สาเหตุของโรคมะเร็งปากมดลูกเกิดจากการติดเชื้อ Human Papillomavirus (HPV) โดยเชื้อจะฝังตัวในร่างกายโดยไม่แสดงอาการใดๆ แต่จะพัฒนาเป็นมะเร็งปากมดลูกภายในระยะเวลา 10-15 ปี ปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญคือ การมีเพศสัมพันธ์ตั้งแต่อายุยังน้อย มีประวัติการเป็นโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ เคยตั้งครรภ์และคลอดบุตรมากกว่า 4 ครั้งขึ้นไป การรับประทานยาคุมกำเนิดติดต่อกันเป็นเวลานาน การสูบบุหรี่ และมีภาวะภูมิคุ้มกันต้านร่างกายต่ำ (จตุพล, 2551)

สภาวะการณของมะเร็งปากมดลูกจะลดลงได้ถ้ามีการดำเนินการตรวจคัดกรองอย่างมีระบบด้วยวิธีการตรวจคัดกรองที่มีประสิทธิภาพให้ได้รับความครอบคลุมสูง โดยมีความถี่ของการตรวจคัดกรองที่เหมาะสม และมีระบบส่งต่อที่มีประสิทธิภาพ (ปิยวัฒน์, 2556) ดังนั้นการที่สตรีช่วงอายุ 30-60 ปีได้รับการตรวจคัดกรองได้ครอบคลุมมากที่สุด จึงเป็นการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกเชิงรุกที่ดีที่สุด และควรตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกเป็นประจำทุกปี ซึ่งโรคมะเร็งปากมดลูกหากตรวจพบในระยะแรกสามารถรักษาให้หายขาดได้ (มงคล และ คนอื่นๆ, 2552) โดยผลการพยากรณ์การรักษาโรคมะเร็งปากมดลูกในระยะก่อนมะเร็งหรือระยะก่อนลุกลามรักษาได้ผลดีเกือบร้อยละ 100 (จตุพล, 2551)

ศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลนครนนทบุรีที่ 2 ส่วนใหญ่ ได้เข้าร่วมจัดบริการตามโครงการการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกด้วยวิธี HPV DNA Test ตามนโยบายของกระทรวงสาธารณสุข ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2563 เป็นต้นมา ซึ่งจากผลสรุปการดำเนินงานโครงการพบว่า มีสตรีช่วงอายุ 30-60 ปี มารับบริการในปี 2563 จำนวน 22 ราย ปี 2564 จำนวน 6 ราย (สถานการณ์โรคระบาดโควิด 19) และในปี 2565 จำนวน 36 ราย ซึ่งพบว่ามีความครอบคลุมของการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกเพียงร้อยละ 1.17 ผู้วิจัยได้ศึกษาทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับบริการการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ได้พบสาเหตุที่สตรีช่วงอายุ 30-60 ปี ไม่มารับการตรวจคัดกรองคล้ายๆ กัน ได้แก่ ขาดความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับโรคมะเร็งปากมดลูก ปฏิเสธว่าตัวเองไม่ป่วยและไม่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งปากมดลูก อายุหรือกลัวที่จะพบแพทย์เพื่อตรวจหาเชื้อมะเร็งปากมดลูกและวิธีการตรวจ เป็นต้น นอกจากนี้ยังเชื่อว่า ถ้าไม่มีอาการและอาการแสดง หรือสมาชิกในครอบครัวไม่เป็นโรคมะเร็งไม่จำเป็นต้องตรวจคัดกรอง จึงทำให้ไม่มาตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก (จิตติมา และคนอื่นๆ, 2560; นกัศวรณ, 2560; พรรณี, 2563 และ Pandey & Karmacharya, 2017)

จากปัญหาและการศึกษางานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเหตุและปัจจัยในการไม่มารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งเรื้องปากรมดลูกของสตรีช่วงอายุ 30-60 ปี ของศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลนครนนทบุรีที่ 2 สวนใหญ่ เพื่อนำมาพัฒนารูปแบบการสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งเรื้องปากรมดลูก โดยใช้แนวคิด Information-Motivation-Behavior skill: IMB Model ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Fisher & Fisher (1992) ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าหากบุคคลได้รับข้อมูลที่ดี ได้รับแรงจูงใจจนเกิดทัศนคติหรือรับรู้ความเสี่ยงที่จะเกิดผลเสียด้านสุขภาพ ได้ฝึกทักษะ และมีความเชื่อมั่นที่จะปฏิบัติพฤติกรรม จะส่งผลให้มีพฤติกรรมสุขภาพที่ดี รวมทั้งเพื่อประเมินผลการสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งเรื้องปากรมดลูก ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้ IMB Model เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย เพื่อสร้างแรงจูงใจให้สตรีช่วงอายุ 30-60 ปี ซึ่งเป็นสตรีกลุ่มที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งเรื้องปากรมดลูกเกิดความตระหนัก มีความใส่ใจ มีความรู้ และทักษะในการปฏิบัติพฤติกรรมได้ถูกต้องจนเกิดเป็นพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งเรื้องปากรมดลูกได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental research) โดยวิจัยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว วัดก่อนและหลังทดลอง (One group pretest-posttest design) เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งเรื้องปากรมดลูกในสตรีช่วงอายุ 30-60 ปี ในเขตความรับผิดชอบของศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลนครนนทบุรีที่ 2 สวนใหญ่

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นสตรีช่วงอายุ 30-60 ปี ที่พักอาศัยอยู่จริงในเขตพื้นที่ตำบลสวนใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี จำนวน 5,393 คน

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ สตรีช่วงอายุ 30-60 ปี ที่อยู่ในเขตความรับผิดชอบของศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลนครนนทบุรีที่ 2 สวนใหญ่ ได้จากการกำหนดขนาดตัวอย่างจากการคำนวณโดยใช้สูตรของ Krejcie & Morgan (1970) ได้กลุ่มตัวอย่าง 359 คน และเพื่อป้องกันความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลและการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้ไว้อีกร้อยละ 10 จากจำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้ คือ 36 คน ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยจึงเท่ากับ 395 คน หลังจากนั้นจึงใช้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling) เพื่อให้ได้กลุ่มเป้าหมายครบตามจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด โดยเกณฑ์การคัดเข้า คือ 1. สามารถสื่อสารด้วยภาษาไทยเข้าใจ สามารถพูด อ่านและเขียนภาษาไทยได้ 2. ไม่เคยได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งเรื้องปากรมดลูก และ 3. ยินดีเข้าร่วมในการวิจัย สำหรับเกณฑ์การคัดออก คือ ขอดอนตัวขณะเข้าร่วมวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการอย่างเป็นระบบโดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 ศึกษาเหตุและปัจจัยในการไม่มารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งเรื้องปากรมดลูก โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะส่วนบุคคล มีจำนวน 5 ข้อ สอบถามเกี่ยวกับ อายุ สถานภาพ สมรส ระดับการศึกษา อาชีพ และวิธีการคุมกำเนิด

ส่วนที่ 2 ประวัติการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกและสาเหตุการไม่ไปรับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบสอบถามสาเหตุการไม่ไปตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของพิมพ์ลดา และฐิติชญา (2561) มี 2 ข้อคำถาม เป็นคำถามแบบเลือกตอบ

ส่วนที่ 3 ปัจจัยการรับรู้ด้านสุขภาพเกี่ยวกับโรคมะเร็งปากมดลูกและการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบสอบถามการรับรู้เกี่ยวกับโรคมะเร็งปากมดลูกของอรทัย และวุฒิชัย (2563) มีจำนวน 4 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การรับรู้โอกาสเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งปากมดลูก มี 8 ข้อคำถาม ตอนที่ 2 การรับรู้ความรุนแรงของโรคมะเร็งปากมดลูก มี 8 ข้อคำถาม ตอนที่ 3 การรับรู้ประโยชน์ของการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก มี 5 ข้อคำถาม และตอนที่ 4 การรับรู้อุปสรรคของการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก มี 5 ข้อคำถาม ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับมาตรวัด ได้แก่ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ และไม่เห็นด้วย เกณฑ์การประเมินผลคะแนนเฉลี่ยใช้เกณฑ์แปรผลแบบมาตราส่วนสมบูรณ โดยใช้คะแนนสูงสุดลบคะแนนต่ำสุดหารด้วยระดับการรับรู้ที่ผู้วิจัยต้องการประเมิน โดยแบ่งคะแนนทั้งหมดเป็น 3 ระดับ คือ ระดับสูง คะแนนระหว่าง 2.34-3.00 ระดับปานกลาง คะแนนระหว่าง 1.67-2.33 และระดับต่ำ คะแนนระหว่าง 1.00-1.66

ระยะที่ 2 รูปแบบการสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือตามแนวคิดรูปแบบการให้ข้อมูลข่าวสาร การสร้างแรงจูงใจ และการพัฒนาทักษะ (Information-Motivation-Behavior skill: IMB Model) ทั้ง 3 ขั้นตอนประกอบด้วย 1. การให้ข้อมูลข่าวสาร (Information: I) ได้แก่ การให้ความรู้เกี่ยวกับโรคมะเร็งปากมดลูก แนวทางป้องกันและวิธีการตรวจคัดกรอง 2. การสร้างแรงจูงใจ (Motivation: M) ได้แก่ การกระตุ้นทั้งส่วนบุคคลและจากสังคมรอบๆ ตัว โดยให้รับรู้ประโยชน์และการรับรู้ถึงผลกระทบในทางลบของโรคมะเร็งปากมดลูก และ 3. เสริมสร้างทักษะพฤติกรรม (Behavioral skills: B) ได้แก่ การปฏิบัติหรือการทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งจะมีทั้งการเลียนแบบ การทำตามแบบ การทำอย่างเป็นธรรมชาติที่มีวิธีการที่แตกต่างกันในแต่ละบริบทของสังคมที่จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม โดยรูปแบบที่พัฒนาขึ้นในระยะที่ 2 นี้ ได้รับการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา จากผู้ทรงคุณวุฒิในด้านทฤษฎี กลยุทธ์ทางสุศึกษา และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพจำนวน 5 ท่านเป็นผู้พิจารณาตรวจสอบ โดยได้นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างสตรีที่ไม่เคยตรวจคัดกรองคัดกรองมะเร็งปากมดลูกจากการตอบแบบสอบถามในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที รวมทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมในระยษะที่ 2

การประยุกต์ใช้ขั้นตอนตามแนวคิด IMB Model	ครั้งที่	ขั้นตอนกิจกรรม
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> การให้ข้อมูลข่าวสาร (Information: I) </div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> การสร้างแรงจูงใจ (Motivation: M) </div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> เสริมสร้างทักษะ พฤติกรรม (Behavioral skills: B) </div>	1	<p>กิจกรรมที่ 1 : การสร้างสัมพันธภาพ โดยการแนะนำตัวเองและชี้แจงวัตถุประสงค์ แนะนำการปฏิบัติกิจกรรมตลอดการเข้าร่วมกิจกรรม ชี้แจงระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมเปิดโอกาสให้มีการซักถามข้อสงสัย โดยสร้างบรรยากาศให้เป็นกันเอง ใช้เวลาประมาณ 20 นาที</p> <p>กิจกรรมที่ 2 : ทดสอบความรู้ก่อนร่วมกิจกรรม (Pre-test) ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือกคือ “ถูก” และ “ผิด” มี 20 ข้อคำถาม ใช้เวลาประมาณ 10 นาที</p>
	2	<p>กิจกรรมที่ 3 : ให้ความรู้โดยการชมสื่อวีดิทัศน์เกี่ยวกับโรคมะเร็งปากมดลูก ได้แก่ ความหมาย สาเหตุ อุบัติการณ์ ปัจจัยเสี่ยง อาการ การรักษา การป้องกันของโรคมะเร็งปากมดลูก และวิธีการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ใช้เวลาประมาณ 30 นาที</p>
	3	<p>กิจกรรมที่ 4 : พูดชักจูงให้เห็นถึงประโยชน์ของการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกแบบวิธี HPV DNA Test และกระตุ้นความสนใจโดยการบอกเล่าประสบการณ์ของผู้ที่เคยได้รับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ใช้เวลาประมาณ 60 นาที</p>
	4	<p>กิจกรรมที่ 5 : เป็นการทบทวนความรู้ ทักษะต่างๆ ที่ได้ให้ไว้ในครั้งที่ 1 -3 เกี่ยวกับการปฏิบัติตัวเพื่อลดโอกาสเสี่ยงเสริมสร้างความสามารถในการปฏิบัติตัวเพื่อการป้องกันโรคมะเร็งปากมดลูก โดยเป็นการกระตุ้นให้เกิดความกลัวและปรับลดพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม ใช้เวลาประมาณ 30 นาที</p> <p>กิจกรรมที่ 6 : ทดสอบความรู้หลังร่วมกิจกรรม (Post-test) ใช้เวลาประมาณ 10 นาที</p> <p>กิจกรรมที่ 7 : ให้บริการในการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกแบบวิธี HPV DNA Test แก่กลุ่มตัวอย่างที่สนใจและสมัครใจรับบริการ ใช้เวลาประมาณ 30 นาที</p>

ระยะที่ 3 การประเมินผลการดำเนินกิจกรรมตามรูปแบบ มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แบบทดสอบความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูกของสตรีก่อนและหลังร่วมกิจกรรม (Pre-test -Post-test) ผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบทดสอบความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูกของพิมพ์ลดา และคนอื่นๆ (2563) มี 20 ข้อข้อคำถาม เป็นคำถามแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือกคือ “ถูก” และ “ผิด” (มีข้อถูกเพียงข้อเดียว) จำนวนคะแนน 0-20 คะแนน

2. แบบประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบการสร้างความแรงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบประเมินความพึงพอใจของพิมพ์ลดา และคนอื่นๆ (2563) มีจำนวน 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ด้านกระบวนการ มี 4 ข้อคำถาม ส่วนที่ 2 ด้านการนำเสนอและความสะดวก มี 4 ข้อคำถาม ส่วนที่ 3 ด้านประโยชน์ที่ได้รับ มี 4 ข้อคำถาม และส่วนที่ 4 ความพึงพอใจในภาพรวมของรูปแบบการสร้างความแรงใจ มี 1 ข้อคำถาม ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับมาตราวัดของลิเคิร์ท ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด สำหรับเกณฑ์การประเมินผลคะแนนเฉลี่ยใช้เกณฑ์แปรผลแบบมาตราส่วนสมบูรณ์ โดยใช้คะแนนสูงสุดลบคะแนนต่ำสุดหารด้วยระดับความพึงพอใจที่ผู้วิจัยต้องการประเมิน โดยแบ่งคะแนนทั้งหมดเป็น 5 ระดับ คือ ระดับมากที่สุด คะแนนระหว่าง 4.21-5.00 ระดับมาก คะแนนระหว่าง 3.41-4.20 ระดับปานกลาง คะแนนระหว่าง 2.61-3.40 ระดับน้อย คะแนนระหว่าง 1.81-2.60 และระดับน้อยที่สุด คะแนนระหว่าง 1.00-1.80

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยการนำแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านเพื่อประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Item Objective Congruence) ของแบบสอบถามปัจจัยการรับรู้ด้านสุขภาพ และแบบทดสอบความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูก ได้ค่าเท่ากับ 1.00 ส่วนแบบประเมินความพึงพอใจ ได้ค่าเท่ากับ 0.97

2. ตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัย (Reliability) ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูก คำนวณโดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.75 ส่วนแบบสอบถามปัจจัยการรับรู้ด้านสุขภาพในแต่ละส่วน ได้แก่ การรับรู้โอกาสเสี่ยง การรับรู้ความรุนแรง การรับรู้ประโยชน์ และการรับรู้อุปสรรค และแบบประเมินความพึงพอใจ คำนวณโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.85 0.91 0.84 0.82 และ 0.80 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป กำหนดความมีนัยสำคัญที่ .05 วิเคราะห์ผลดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ใช้บรรยายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังร่วมกิจกรรมสร้างความแรงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของสตรีกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติ Paired t-test

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเสนอโครงร่างและเครื่องมือการวิจัยต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนนทบุรี เอกสารรับรองเลขที่ 27/2566 ลงวันที่ 17 กรกฎาคม 2566 เมื่อผู้วิจัยเข้าพบกลุ่มตัวอย่างได้อธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัยซึ่งการตอบรับหรือปฏิเสธเข้า

ร่วมวิจัยเป็นความสมัครใจและไม่มีผลเสียหรือเงื่อนไขใดๆ รวมทั้งไม่มีการระบุ ชื่อ-สกุล ในแบบสอบถามแต่ใช้รหัสในบันทึกข้อมูล มีมาตรการในการรักษาความลับของข้อมูลมีเพียงผู้วิจัยเท่านั้นที่ได้อ่านและรับทราบข้อมูล

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย นำเสนอเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เหตุและปัจจัยในการไม่มารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี ช่วงอายุ 30-60 ปี ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีอายุอยู่ในช่วง 41-50 ปีมากที่สุด (ร้อยละ 53.92) มีอายุเฉลี่ย 45.94 ปี (S.D. = 7.68) มากกว่าครึ่งหนึ่งมีสถานภาพสมรสคู่ (ร้อยละ 50.38) จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา/ปวช. (ร้อยละ 34.18) และประกอบอาชีพรับจ้าง (ร้อยละ 37.47) เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการคุมกำเนิด พบว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งไม่เคยมีการคุมกำเนิด (ร้อยละ 55.19) มีเพียงส่วนน้อยที่มีการคุมกำเนิด โดยกลุ่มตัวอย่างที่คุมกำเนิด ส่วนใหญ่เลือกวิธีการคุมกำเนิดโดยการทำหมันหญิง (ร้อยละ 15.44) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของสตรีในกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามข้อมูลทั่วไป (n=395)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
อายุ (ปี)		
30-40 ปี	78	19.75
41-50 ปี	213	53.92
51-60 ปี	104	26.33
\bar{X} = 45.94 S.D.= 7.68 Min= 30 Max= 60		
สถานภาพสมรส		
โสด	122	30.89
สมรส	199	50.38
หม้าย/หย่า/แยกกันอยู่	74	18.73
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้เรียน	6	1.52
ประถมศึกษา	91	23.04
มัธยมศึกษา/ปวช.	135	34.18
อนุปริญญา/ปวส.	56	14.18
ปริญญาตรีหรือสูงกว่า	107	27.09

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
อาชีพ		
รับจ้าง	148	37.47
ค้าขาย	117	29.62
พนักงานจ้าง	70	17.72
ไม่ได้ทำงาน/แม่บ้าน	51	12.91
รับราชการ	9	2.28
วิธีการคุมกำเนิด		
ไม่ได้คุมกำเนิด	213	55.19
ทำหมันหญิง	61	15.44
ถุงยางอนามัย	39	9.87
ยาเม็ด	30	7.59
ยาฉีด	30	7.59
อื่นๆ เช่น ยาฝัง ใส่ห่วงอนามัย	17	4.30

2. เมื่อพิจารณาประวัติการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มากกว่าร้อยละ 58.23 ไม่เคยตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก มีส่วนน้อยเพียงร้อยละ 41.77 ของกลุ่มตัวอย่างที่ระบุว่าเคยตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก สำหรับเหตุผลที่ไม่ไปรับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกมากที่สุดคือ ไม่มีอาการผิดปกติ ร้อยละ 43.04 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของกลุ่มตัวอย่าง (n=395)

การตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เคยตรวจ	165	41.77
ไม่เคยตรวจ	230	58.23
เหตุผลที่ไม่เคยตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก* (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
- ไม่มีอาการผิดปกติ	99	43.04
- ไม่มีเวลา	56	24.35
- อายุเจ้าหน้าที่	49	21.30
- กลัวพบความผิดปกติ	23	10.00
- กลัวเจ็บขณะตรวจ	15	6.52

ตารางที่ 3 (ต่อ)

การตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก	จำนวน (คน)	ร้อยละ
- ไม่ทราบว่ามีการตรวจให้ตรวจ	15	6.52
- ไม่ทราบสถานที่ให้บริการตรวจ	10	4.35
- ไม่สะดวกในการเดินทาง	10	4.35
- กลัวเสียค่าใช้จ่ายในการตรวจ	8	3.48

3. ปัจจัยการรับรู้ด้านสุขภาพโดยภาพรวม พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับการรับรู้ประโยชน์ของการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 2.76 อยู่ในระดับสูง และมีระดับการรับรู้อุปสรรคของการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ย 1.78 อยู่ในระดับปานกลาง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับการรับรู้ด้านสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง (n=395)

ปัจจัยการรับรู้ด้านสุขภาพ	\bar{X}	S.D.	ระดับการรับรู้
การรับรู้โอกาสเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งปากมดลูกโดยรวม	2.33	0.49	ปานกลาง
การรับรู้ความรุนแรงของโรคมะเร็งปากมดลูกโดยรวม	2.39	0.45	สูง
การรับรู้ประโยชน์ของการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกโดยรวม	2.76	0.38	สูง
การรับรู้อุปสรรคของการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกโดยรวม	1.78	0.68	ปานกลาง

ส่วนที่ 2 ผลการประเมินรูปแบบสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

จากการวิเคราะห์ผลของรูปแบบการสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก โดยใช้แนวคิด Information-Motivation-Behavior skill: IMB Model ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เคยตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกจำนวน 230 คน

1. ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูกของกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างก่อนกับหลังร่วมกิจกรรมสร้างแรงจูงใจ พบว่า หลังร่วมกิจกรรม กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูก สูงกว่าก่อนร่วมกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 43.366, p < .001$) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูก ระหว่างก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของกลุ่มตัวอย่าง (n=230)

กิจกรรม	N	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	t	p-value
ก่อนร่วมกิจกรรม	230	20	11.81	2.22	46.366	<.001
หลังร่วมกิจกรรม	230	20	16.48	1.64		

2. ผลวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมกิจกรรมสร้างแรงจูงใจ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อกิจกรรมสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกรายข้อในระดับมากที่สุด ทั้งด้านกระบวนการ ด้านการนำเสนอและความสะดวก และด้านประโยชน์ที่ได้รับ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการเข้าร่วมกิจกรรมสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก (n=230)

รูปแบบการสร้างแรงจูงใจ	มากที่สุด	มาก	\bar{X}	S.D.	ระดับ
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)			
ด้านกระบวนการ					
1. การประชาสัมพันธ์น่าสนใจ	135 (58.70)	95 (41.30)	4.59	0.49	มากที่สุด
2. สถานที่มีความเหมาะสม	100 (43.48)	130 (56.52)	4.43	0.49	มากที่สุด
3. ระยะเวลามีความเหมาะสม	124 (53.91)	106 (46.09)	4.54	0.50	มากที่สุด
4. กิจกรรมมีความต่อเนื่อง น่าสนใจ	157 (68.26)	73 (31.74)	4.68	0.46	มากที่สุด
ด้านการนำเสนอและความสะดวก					
1. เอกสาร แผ่นพับน่าสนใจ	206 (89.57)	24 (10.43)	4.90	0.30	มากที่สุด
2. ภาพคมชัด เสียงบรรยายชัดเจน	153 (66.52)	77 (33.48)	4.67	0.47	มากที่สุด
3. เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ	161 (70.00)	69 (30.00)	4.70	0.45	มากที่สุด
4. วัสดุ อุปกรณ์เพียงพอเหมาะสม	148 (64.35)	82 (35.65)	4.64	0.48	มากที่สุด
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ					
1. ได้รับความรู้ที่เป็นประโยชน์	169 (73.48)	61 (26.52)	4.73	0.44	มากที่สุด
2. สามารถนำความรู้ไปถ่ายทอดได้	197 (85.65)	33 (14.35)	4.86	0.35	มากที่สุด
3. ตรงตามความคาดหวัง	162 (70.43)	68 (29.57)	4.70	0.45	มากที่สุด
4. สามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน	134 (58.26)	96 (41.74)	4.58	0.49	มากที่สุด
ความพึงพอใจในภาพรวมของรูปแบบการสร้างแรงจูงใจ	164 (71.30)	66 (28.70)	4.71	0.45	มากที่สุด

อภิปรายผล

ผลการศึกษาแบ่งตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ผลการศึกษาเหตุและปัจจัยในการไม่มารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า กลุ่มตัวอย่างมากกว่าครึ่งหนึ่งไม่เคยรับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก โดยส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นว่าไม่มีอาการผิดปกติ ไม่มีเวลา และอายุเจ้าหน้าที่ อาจเป็นไปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 41-50 ปี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพรับจ้าง และค้าขาย ซึ่งต้องประกอบอาชีพด้วยความเร่งรีบ จึงไม่มีเวลาดูแล

สุขภาพของตนเอง หรือไม่คำนึงถึงสุขภาพของตนเองมากนัก เช่นเดียวกับการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกในสตรีอายุ 30-60 ปี อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี (นันทิตา และคนอื่นๆ, 2560) ที่พบว่าอายุมีความสัมพันธ์กับการเข้ารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) โดยกลุ่มสตรีที่มีอายุ 50-60 ปี เข้ารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกมากกว่ากลุ่มสตรีที่มีน้อยกว่า ทั้งนี้อธิบายได้ว่าเมื่อบุคคลมีอายุเพิ่มมากขึ้นจะเกิดการรับรู้ถึงโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคเพิ่มขึ้น สำหรับผลการวิเคราะห์ปัจจัยการรับรู้ด้านด้านสุขภาพ พบว่า การรับรู้โอกาสเสี่ยงการเกิดโรค การรับรู้ความรุนแรงของโรค การรับรู้ประโยชน์ รวมถึงการรับรู้อุปสรรคของการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูง ไม่มีกลุ่มตัวอย่างที่มีผลของระดับการรับรู้อยู่ในระดับต่ำเลย จึงเป็นเหตุผลให้กลุ่มตัวอย่างเชื่อว่าในเมื่อตนเองไม่ได้เป็นบุคคลที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง และเมื่อไม่มีอาการผิดปกติใดๆ จึงไม่มีความจำเป็นต้องไปตรวจ ซึ่งเป็นไปตามที่ O'Donnell (2002) ได้กล่าวไว้ว่า การที่บุคคลจะมีพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อป้องกันโรคหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับความรู้ถึงโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรคนั้น การรับรู้ความรุนแรงของโรค การรับรู้ประโยชน์หรือผลดีของการปฏิบัติเพื่อป้องกันโรคและการรับรู้อุปสรรคในการปฏิบัติเพื่อป้องกันโรคก่อน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษารูปแบบการส่งเสริมแรงจูงใจในการมาตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีอายุ 30-60 ปี อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี (พิมพ์ลดา และคนอื่นๆ, 2563) ที่พบว่า สตรีที่ไม่ตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก มีทัศนคติเกี่ยวกับการตรวจคัดกรองว่าเป็นเรื่องที่น่าอาย น่ากลัว ขาดความรู้ และไม่ได้รับการสนับสนุนจากครอบครัว

2. ผลจากการประเมินรูปแบบการสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกโดยประยุกต์ใช้แนวคิด Information-Motivation-Behavior skill: IMB Model (Fisher & Fisher, 1992) ทั้ง 3 ขั้นตอนที่น่านำมาสร้างแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกโดยเป็นการให้ข้อมูล (Information: I) การสร้างแรงจูงใจ (Motivation: M) และเสริมสร้างทักษะพฤติกรรม (Behavioral skills: B) ผลการศึกษาพบว่าส่งผลทำให้กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูกหลังร่วมกิจกรรมสูงกว่าก่อนเข้าร่วมกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) โดยกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เคยตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกสามารถเข้าร่วมกิจกรรมตามรูปแบบในทุกขั้นตอน และได้รับการตรวจตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกแบบวิธี HPV DNA Test ครบตามเป้าหมายทั้งหมด จำนวน 230 คน ซึ่งมากกว่าผลการดำเนินงานโครงการการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกด้วยวิธี HPV DNA Test ปี 2563-2566 ของศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลนครนนทบุรีที่ 2 ส่วนใหญ่ ที่ได้ทำการรณรงค์อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลการประเมินความพึงพอใจภายหลังการเข้าร่วมกิจกรรมของกลุ่ม ตัวอย่างที่ไม่เคยตรวจคัดกรองมะเร็ง พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อกิจกรรมสร้างแรงจูงใจในภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.71 สอดคล้องกับคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจรายด้านทั้งในด้านกระบวนการ ด้านการนำเสนอความสะดวก และด้านประโยชน์ที่ได้รับ ทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน ทั้งนี้เป็นเพราะกิจกรรมที่ 3 และ 4 ของรูปแบบการสร้างแรงจูงใจนี้ทำให้กลุ่มตัวอย่างได้รับความรู้ ได้รับฟังการบอกเล่าประสบการณ์ของผู้ที่เคยได้รับการตรวจ

คัดกรองมะเร็งปอกมดลูก ทำให้มีความเข้าใจในกระบวนการตรวจคัดกรองมะเร็งปอกมดลูกมากยิ่งขึ้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ลดความกลัว มีความใส่ใจในสุขภาพและมีความประสงค์ที่จะรับบริการตรวจคัดกรองมากขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของพิมพ์ลดา และคนอื่นๆ (2563) ที่ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มสตรีมีความรู้เรื่องโรคมะเร็งปอกมดลูกสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) มีแรงจูงใจในการมาตรวจคัดกรองมะเร็งปอกมดลูกสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และมีความพึงพอใจต่อรูปแบบที่พัฒนาขึ้นในระดับมากที่สุดภายหลังเข้าร่วมกิจกรรมสร้างแรงจูงใจ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของจันทน์ และณัฐภูมิ (2556) ที่อธิบายว่ารูปแบบการส่งเสริมแรงจูงใจในการมาตรวจการคัดกรองมะเร็งปอกมดลูก มีความหลากหลายและมาจากความต้องการของสตรีกลุ่มตัวอย่าง เช่น มีการให้ความรู้ที่มากกว่าความรู้เดิม มีการฝึกทักษะร่วมด้วย มีการเปิดเวทีแลกเปลี่ยน ประสบการณ์กับผู้ป่วยด้วยโรคมะเร็งปอกมดลูก ซึ่งได้รับความพึงพอใจเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการวิจัยของสุพัตร์ตา (2555) ที่แสดงให้เห็นว่าหากระดับการรับรู้ของสตรีกลุ่มเป้าหมายเพิ่มขึ้น จะเป็นปัจจัยที่ช่วยสนับสนุนและส่งเสริมให้การเข้ารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปอกมดลูกเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน จึงสรุปได้ว่าแรงจูงใจในการป้องกันโรคจะปฏิบัติได้เป็นผลสำเร็จก็ต่อเมื่อ บุคคลเห็นว่าภาวะคุกคามต่อสุขภาพอยู่ในขั้นรุนแรง รู้สึกว่าตนอยู่ในภาวะเสี่ยงหรือมีโอกาสเกิดอันตรายต่อสุขภาพตนเอง มีความเชื่อว่าการปรับตัวเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันโรคหรือหลีกเลี่ยงต่อภาวะคุกคามต่อสุขภาพทำให้ความเสี่ยงนั้นหมดไป และตนเองสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เพื่อลดความเสี่ยงหรืออันตรายต่อภาวะสุขภาพได้ และจากการจัดกิจกรรมการบอกเล่าประสบการณ์จากผู้ที่เคยได้รับบริการการตรวจคัดกรองมะเร็งปอกมดลูก ทำให้กลุ่มตัวอย่างประเมินว่ากิจกรรมนี้เอื้ออำนวยต่อการดูแลสุขภาพและได้รับประโยชน์จากกิจกรรมในครั้งนี้ รับรู้ว่าการตรวจคัดกรองมีประโยชน์ต่อตัวเอง สามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้ จึงทำให้กลุ่มตัวอย่างมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเข้ารับบริการการตรวจคัดกรองมะเร็งปอกมดลูกได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนนทบุรีที่พิจารณาและให้ข้อแนะนำงานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณท่านนายกเทศมนตรี ผู้บริหารเทศบาลนครนนทบุรี ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย และให้คำปรึกษาแนะนำ ท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาตรวจสอบความถูกต้องและให้คำปรึกษา แนะนำในการแก้ไขเพื่อให้งานวิจัยนี้ถูกต้องตามกระบวนการวิจัย รวมทั้งบุคลากรของศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลนครนนทบุรีที่ 2 ส่วนใหญ่ที่คอยสนับสนุน ช่วยเหลือและให้กำลังใจ และขอขอบคุณสตรีช่วงอายุ 30-60 ปีกลุ่มตัวอย่าง ที่ให้ความร่วมมือในกิจกรรมของการวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- จตุพล ศรีสมบูรณ์. (2551). **มะเร็งปากมดลูก การวินิจฉัยและการรักษา**. กรุงเทพฯ : พี.บี.ฟอเรนบุ๊คสเซ็นเตอร์. **จันทน์ แต่โพธิ์พงษ์ และณัฐวดี กันตถาวร**. (2556, เมษายน-มิถุนายน 2556). ผลของโปรแกรมการให้ความรู้และทัศนคติในสตรีที่มีผลการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกปกติ. **วารสารสภาการพยาบาล**, 28(2), 75-87.
- ฐิติมา โกศลวิตร, นิตยา เจริญยุทธ์, กัญญารัตน์ กันยะกาญจน์ และนฤมล บุญญนิवारวัฒน์. (2560, ตุลาคม-ธันวาคม 2560). ผลของโปรแกรมเสริมสร้างแรงจูงใจในการป้องกันโรคต่อการรับรู้เกี่ยวกับโรคมะเร็งปากมดลูก โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลดงบัง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี. **วารสารราชธานี นวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ**, 1(3), 18-30.
- นภัสรพรรณ โอภาส. (2560). ผลของโปรแกรมการส่งเสริมแรงจูงใจในการป้องกันโรคต่อการรับรู้การป้องกันโรคมะเร็งปากมดลูกและการมารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกในสตรีที่มีผลการตรวจเซลล์เยื่อปากมดลูกผิดปกติ. **วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**.
- นันทิดา จันทะวงศ์, ปิยธิดา ตรีเดช, สุนธธา ศิริ และชาลวิทย์ ตรีเดช. (2560, มกราคม-มิถุนายน 2560). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกในสตรีกลุ่มเป้าหมายอายุ 30-60 ปี อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี. **วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้าจันทบุรี**, 28(1), 63-79.
- ปิยวัฒน์ เลาวหุดานนท์. (2556). **แนวทางการตรวจคัดกรอง วินิจฉัยและรักษาโรคมะเร็งปากมดลูก**. กรุงเทพฯ : สถาบันมะเร็งแห่งชาติ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- พรรณี ปีนาค. (2563, มกราคม-มิถุนายน 2563). เหตุผลและปัจจัยของการไม่ไปรับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก : กรณีศึกษาสตรีอายุ 30-60 ปี ในตำบลนาโพธิ์ อำเภอสวี จังหวัดชุมพร. **วารสารวิจัยและ นวัตกรรมสุขภาพ**, 3(1), 118-131.
- พิมพ์ลดา อนันต์สิริเกษม และจิตติชญา ฉลาดล้ำ. (2561). **การพัฒนารูปแบบการส่งเสริมแรงจูงใจในการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม (รายงานการวิจัย)**. ราชบุรี : วิทยาลัยบรมราชชนนี จักรีรัช.
- พิมพ์ลดา อนันต์สิริเกษม, พลอยประกาย ฉลาดล้ำ, รุจา แก้วเมืองฝาง, สติรกานต์ ท้าวจบ และ นวลอนงค์ ศรีสุกใส. (2563, ตุลาคม 2563). **การพัฒนารูปแบบการส่งเสริมแรงจูงใจในการมาตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก**. **วารสารสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยาเชิงพุทธ**, 5(10), 248-265.
- สถาบันมะเร็งแห่งชาติ. (2561). **ทะเบียนมะเร็งระดับโรงพยาบาล พ.ศ. 2560**. กรุงเทพฯ : กลุ่มงานเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันมะเร็งแห่งชาติ.
- มงคล เบญจจาภิบาล, กนกวรรณ วัฒนนิรันดร์, กติกา นวพันธุ์, กิติรัตน์ เตชะไตรศักดิ์, เจนจิต ฉายะจินดา และ ตรีภพ เลิศบรรณพงษ์. (2552). **สูตินรีเวชทันยุค**. กรุงเทพฯ : พี.เอ.ลีฟวิ่งจำกัด.

- สุพัทธ์ตา งามดำ. (2555). ปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีอายุ 30-60 ปี ตำบลบ้านไร่ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- อรรถัย วิเชียรปุ่น และวุฒิชัย จริยา (2563, พฤษภาคม-สิงหาคม 2563). ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการรับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีอายุ 30-60 ปี อำเภอสากเหล็ก จังหวัดพิจิตร. **วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ**, 13(2), 250-258.
- Fisher, J.D. & Fisher, W.A. (1992). Changing AIDS risk behavior. **Psychological Bulletin**, 111(3), 455-474.
- Krejcie, R.V. & Morgan, D.W. (1970). Determining Sample Size for Research Activities. **Educational and Psychological Measurement**, 30(3), 607-610.
- O'Donnell, M.P. (Ed.). (2002). **Health promotion in the workplace**. (3 rd ed.). Albany, New York : Delmar. Rosenstock, I. M.
- Pandey, R.A. & Karmacharya, E. (2017). Cervical cancer screening behavior and associated factors among women of ugrachandi nala, kavre, nepal. **European journal of medical research**, 22(32), 1-9.
- World Health Organization. (2024). **Cervical cancer**. [Online]. Available : https://gco.iarc.fr/today/en/dataviz/tables?types=0_1&mode=cancer&populations=900&group_populations=1&multiple_populations=1. [2023, March 1].



การพัฒนาและตรวจสอบโฟม PLA/PBS/เส้นใยเปลือกทุเรียน สำหรับประยุกต์ใช้เป็นวัสดุรองนอนสำหรับสัตว์ทดลองในห้องปฏิบัติการ

Development and Investigation of PLA/PBS/Durian Rind Fiber foam for Laboratory Animal Bedding Materials Application

กชกร จิตรธาดู*

Kodchakon Jittreetat

ชिरาวุฒิ เพชรเย็น**

Chiravoot Pechyen

เบญญา เชิดHIRัณูกร**

Benya Cherdhirunkorn

สุรเชษฐ์ คุ้มมี***

Surachet Toommee

Received : May 29, 2023

Revised : May 30, 2024

Accepted : June 25, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการผลิตวัสดุรองนอนจากเส้นใยเปลือกทุเรียนผสมกับพอลิแลกติกแอซิดและพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตโดยมีการเติมอินดิเคเตอร์ตรวจวัดปริมาณยูเรียที่ปลดปล่อยมาของสัตว์ทดลองเพื่อใช้ในการเปลี่ยนวัสดุรองนอน โดยวัสดุรองนอนพอลิเมอร์เชิงประกอบนี้เตรียมด้วยกระบวนการหลอมผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวहनอนคู่ โดยมีส่วนผสมของ PLA:PBS:DRF ที่อัตราส่วน 100:0:0, 0:100:0, 40:60:0, 40:60:5, 40:60:10 และ 40:60:15 โดยกำหนดปริมาณเส้นใยจากเปลือกทุเรียน (phr) ตามลำดับ และมีการเติมแอนโทไซยานิน 3.8%WV และมีศึกษาสมบัติทางเคมี สมบัติทางเชิงกล สมบัติเชิงกายภาพ สมบัติทางความร้อนและการดูดซับสารคัดหลั่ง จากผลการวิเคราะห์พบว่า วัสดุรองนอนพอลิเมอร์เชิงประกอบที่อัตราส่วน 40:60:15

*นักศึกษาลัทธิสุตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุและสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Master of sciences program students Materials and Textile Technology Faculty of Science and Technology Thammasat University

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุและสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Lecturer in Materials and Textile Technology Faculty of Science and Technology Thammasat University (Corresponding Author) e-mail: Chiravoot.p@gmail.com

***อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Lecturer at Faculty of Industrial Technology Kamphaeng Phet Rajabhat University

มีความสามารถในการรักษาคุณสมบัติต่างๆ ที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุรองนอนพอลิเมอร์เชิงประกอบ สำหรับสัตว์ทดลองในห้องปฏิบัติการ

คำสำคัญ : พอลิแลคติกแอซิด/ พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต/ เส้นใยเปลือกทุเรียน/ แอนโทไซยานิน

ABSTRACT

This research aims to produce foamed for laboratory animal bedding from biodegradable poly Lactic acid (PLA) and Polybutylene succinate (PBS) blend with Durian Rind Fiber (DRF) for to change the animal bedding material by adding an indicator to measure the released urea content of laboratory animals. This assembly polymer composite is prepared with the twin screw extruder with PLA:PBS:DRF with a ratio of 100:0:0, 0:100:0, 40:60:0, 40:60:5, 40:60:10, 40:60:15 by specifying the amount of Durian Rind Fiber (phr) respectively and with anthocyanin 3.8%WV and has study a physical, chemical, thermal properties and Absorbing secretions. The results, it was found that animal bedding from polymer composite at the ratio 40:60:15 have the ability to maintain various properties. That is appropriate to be used as a animal bedding for animals in the laboratory.

Keywords : Poly Lactic Acid / Polybutylene Succinate / Durian Rind Fiber / Anthocyanin

บทนำ

งานวิจัยชิ้นนี้มีขึ้นเพื่อศึกษาปัญหาขยะจากเปลือกทุเรียน โดยเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พบปริมาณมากในฤดูกาลเก็บเกี่ยว และปัจจุบันยังมีการพัฒนาให้ทุเรียนเกิดผลผลิตตลอดทั้งปีส่งผลให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในปริมาณมหาศาล โดยเปลือกทุเรียนที่นำมาศึกษาจะเป็นเปลือกทุเรียนจากตลาดไอยราเนื่องจากเกิดผลกระทบจากขยะที่เกิดจากเปลือกทุเรียน เพื่อนำไปศึกษาพัฒนาวัสดุรองนอนจากเปลือกทุเรียนโดยมีการเติมอินดิเคเตอร์ และเพื่อศึกษาแนวทางการแก้ไขและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการขยะเปลือกทุเรียนในพื้นที่

จากการศึกษาวิจัยพบว่าสภาพปัญหาขยะเปลือกทุเรียนในพื้นที่ตลาดไอยรา ยังคงสร้างปัญหาและผลกระทบต่อตลาดไอยรา สืบเนื่องมาจากทางตลาดไอยรามีนงบประมาณที่ไม่เพียงพอต่อการบริหารจัดการในการแก้ไขปัญหาเรื่องขยะเปลือกทุเรียนในพื้นที่ อีกทั้งคนในพื้นที่ไม่ให้ความร่วมมือในการแก้ไข ทำให้ปัญหาขยะเปลือกทุเรียนในพื้นที่ยังคงเป็นปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ ในส่วนของผลกระทบจากขยะเปลือกทุเรียนที่มีต่อตลาดไอยรา จากการศึกษาพบว่าผลกระทบมีหลายด้านไม่ว่าจะเป็นในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม น้ำเสียมลพิษทางอากาศ เกิดการเน่าเหม็น และยังเป็นบ่อเกิดของพาหะนำโรค ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อคนในตลาดไอยราโดยตรง ไม่ว่าจะเป็นคนในชุมชน ผู้ประกอบการ รวมไปถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งจะต้องประชุมกัน หาหรือเพื่อหาทางออกในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อให้เกิดการจัดการขยะเปลือกทุเรียนได้อย่างยั่งยืน

ซึ่งประเทศไทยยังไม่ได้การผลิตวัสดุรองนอนดังกล่าว จึงทำให้เกิดการนำเข้าโดยมีราคาที่สูงเมื่อเทียบกับปริมาณที่ใช้ในสัตว์พื้นแทะแต่ละตัว แต่การหาวัสดุอื่นมาทดแทนก็เป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากทางศูนย์วิจัยสัตว์ให้ความสนใจและตระหนักถึงปัญหาของการนำเข้าวัสดุรองนอนของหนู โดยเมื่อปัจจุบันได้มีการใช้ผลิตภัณฑ์นำเข้าที่เป็นวัสดุรองนอน ซึ่งทำให้เกิดมีต้นทุนในการดูแลสัตว์แต่ละตัวค่อนข้างสูง เนื่องจากมีระยะเวลาในการใช้งานที่จำกัดและต้องเปลี่ยนประจำทุกสัปดาห์ ส่งผลทำให้เกิดวัสดุรองนอนที่เป็นขยะ หากยังไม่มีการพัฒนาและวิจัยด้านนี้จะทำให้เกิดผลเสียในอนาคตเมื่อมีความจำเป็นต้องใช้และปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การทดสอบสมบัติกายภาพ (physical properties)

1.1 วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพโดยการทดสอบหาค่าดัชนีการไหล MFI เป็นการบอกให้ทราบถึงมวลของพลาสติกเหลวที่มีอุณหภูมิตามที่กำหนดเป็นกรัมที่ถูกกดผ่านหัวฉีดมาตรฐานออกมาโดยแรงกดของลูกสูบที่มีขนาดมาตรฐานที่กำหนดเอาไว้ในเวลา 10 นาที ตามมาตรฐาน ASTM D1238 โดยทดสอบที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส น้ำหนักกด 2.16 กิโลกรัม ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ ค่าที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของการทดสอบ

1.2 วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพโดยการทดสอบความสามารถในการดูดซับของโพรพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิবিที่ลินซ์ซินเอนต์ที่มีการเติมเส้นใยเปลือกทุเรียนและไม่มีการเติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน ถูกทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D570 โดยนำตัวอย่างชิ้นงานลักษณะเป็นเม็ดที่ได้จากกระบวนการอัดรีดแล้วผ่านการตัดมาแช่ในสารละลายแอมโมเนีย แล้วทำการชั่งน้ำหนักทุกๆ วัน เป็นเวลา 1 สัปดาห์ และทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับ

2. การทดสอบสมบัติทางเคมี (chemical properties)

2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Fourier Transform Infrared: FTIR) เป็นเครื่องมือที่มีเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (Infrared light) ที่ความยาวคลื่นต่างๆ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยเปลือกทุเรียนและโพรพอลิเมอร์เชิงประกอบด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Spectrum two ยี่ห้อ Perkin Elmer โดยใช้โหมด ATR-FTIR ในช่วงคลื่น 4000 ถึง 550 cm^{-1}

3. การทดสอบสมบัติเชิงกล (mechanical properties)

3.1 วิเคราะห์สมบัติเชิงกล โดยการวิเคราะห์หาค่าความสามารถในการต้านทานแรงดึง (tensile strength) โดยใช้เครื่อง Universal testing machine เตรียมชิ้นรูปชิ้นงานเป็นรูปดัมเบลล์ (Dumbbell shape) ตามมาตรฐาน ASTM D638 จำนวน 4 ซ้ำ โดยใช้ความเร็วในการดึง 5 มิลลิเมตรต่อนาที โดยทำการดึงจนตัวอย่างเกิดการแตกหัก ค่าที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของการทดสอบ โดยเปรียบเทียบโพรพอลิเมอร์เชิงประกอบก่อนและหลังแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3.2 วิเคราะห์สมบัติเชิงกล โดยการทดสอบแรงกระแทก (Impact Test) ซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อทำการวัดค่า Impact Energy และศึกษาผิวรอยแตก (Fracture Surface) ของวัสดุโดยการตีชิ้นงานทดสอบเป็นแท่งยาว มีพื้นที่ภาคตัดขวางเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสและมีรอยบากรูปตัว V อยู่ตรงกลาง มีวิธีการทดสอบแบบ Izod Test ประเภทการทดสอบ Type A ตามมาตรฐาน ASTM D256 จนเกิดการแตกหัก

4. การทดสอบสมบัติทางความร้อน (thermal properties)

4.1 วิเคราะห์สมบัติทางความร้อน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนเชิงพลังงาน (DSC) เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (Thermal transition) ของสารตัวอย่าง ทดสอบอุณหภูมิในการเปลี่ยนสถานะของเส้นใยเซลลูโลสและโพลีเมอร์เชิงประกอบ โดยทำการเตรียมตัวอย่างให้มีน้ำหนักประมาณ 10 มิลลิกรัม บรรจุตัวอย่างลงในถ้วย (Pan) ทำการอัดแน่นแล้วทำการทดสอบที่อัตราการให้ความร้อนคงที่ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ที่อุณหภูมิ -40-200 องศาเซลเซียส แล้วทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส จากนั้นให้ความร้อนอีกครั้งด้วยอัตราเดิมจนถึงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนที่มีอัตราการไหลของแก๊ส 50 ml/min

4.2 วิเคราะห์ความเสถียรของวัสดุ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยสมบัติทางความร้อน (Thermal Gravimetric Analysis, TGA) ตัวอย่างจะถูกวางบนจานขนาดเล็ก ซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องชั่งละเอียดที่มีความไวสูง โดยทั้งหมดจะอยู่ในเตาที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศได้ โดยทำการทดสอบด้วยอัตราการคงที่ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30-600 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนอัตราการไหลของแก๊ส 20 มิลลิตรต่อนาที

ผลการวิจัย

กระบวนการผลิตและกระบวนการเตรียมการพัฒนาและตรวจสอบโพลี PLA/PBS/เส้นใยเปลือกทุเรียน สำหรับประยุกต์ใช้เป็นวัสดุรองนอนสำหรับสัตว์ทดลองในห้องปฏิบัติการ ต้องตรวจสอบ สมบัติทางกายภาพ (Physical properties) สมบัติทางเคมี (Chemical properties) สมบัติเชิงกล (Mechanical properties) และสมบัติทางความร้อน (Thermal properties)

1. ผลการทดสอบดัชนีการไหล (MFI)

การทดสอบดัชนีการไหลของเม็ดโพลีเมอร์เป็นค่าที่บอกถึงการไหลของพลาสติก ซึ่งถ้ามีค่าดัชนีการไหลสูง แสดงว่าพลาสติกนั้นมีความหนืดต่ำและมีมวลโมเลกุลสูง ซึ่งค่าดัชนีการไหลจะมีความสำคัญต่อกระบวนการขึ้นรูปของวัสดุ ค่าที่เหมาะสมกับกระบวนการขึ้นรูปด้วยการฉีด จะมีค่าโดยทั่วไปจะอยู่ที่ 10 กรัม ต่อ 10 นาที จากการทดสอบดัชนีการไหลของโพลีเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคเนตกับเส้นใยเปลือกทุเรียน ในปริมาณ 0 ถึง 15 phr ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D1238 ซึ่งค่าดัชนีการไหลของโพลีเมอร์เชิงประกอบกับเส้นใยเปลือกทุเรียน แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าค่าดัชนีการไหลของโพลีเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดและพอลิบิวทิลีนซัคเนตกับเส้นใยเปลือกทุเรียน ในปริมาณ 0 5 10 และ 15 phr มีค่าเท่ากับ 33.23 ± 0.57 , 35.633 ± 3.95 , 44.20 ± 1.52 , 71.47 ± 3.33 , 103.02 ± 1.11 และ 126.18 ± 2.96 กรัมต่อ 10 นาที ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 10 กรัมต่อ 10 นาที จึงเหมาะ

กับกระบวนการขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดรีด จากผลของการเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน ลงในพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PLA/PBS/DRF) จะทำให้ค่าดัชนีการไหลมีค่าเพิ่มขึ้นหรือมีความหนืดน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน (PLA/PBS) เมื่อปริมาณของเส้นใยเปลือกทุเรียนเพิ่มมากขึ้นจาก 5phr เป็น 10phr และ 15phr จะทำให้ค่าดัชนีการไหลของพอลิเมอร์เชิงประกอบมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง แสดงว่าเมื่อมีการเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน ในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความหนืดของพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดและพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต กับเส้นใยเปลือกทุเรียน มีค่าลดลง เนื่องจากที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เส้นใยเปลือกทุเรียนและพอลิเมอร์ผสมมีสถานะเป็นของไหล จึงทำให้ความหนืดมีค่าลดลง แต่เมื่อปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนเพิ่มขึ้น จะไปเร่งการเสื่อมสภาพ (Acceleration of Degradation) ของสายโซ่พอลิเมอร์ผสมทั้งสองชนิด ทำให้เกิดปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสแบบสุ่ม (Random Degradation) ที่ตำแหน่งหมู่เอสเทอร์ของ พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต และ พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต ทำให้น้ำหนักโมเลกุลลดลง ส่งผลทำให้สายโซ่เกิดการเลื่อนผ่านได้ง่ายขึ้น ค่า MFI จึงมีแนวโน้มที่สูงขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงค่าดัชนีการไหลของเม็ดพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่ไม่เติม และเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน ในปริมาณที่แตกต่างกัน

Sample	Load (Kg)	T(°C)	ค่าดัชนีการไหล (กรัม/10 นาที)
PBS	2.16	190	33.23±0.57
PLA	2.16	190	35.63±3.95
PLA/PBS	2.16	190	44.20±1.52
PLA/PBS/DRF5	2.16	190	71.47±3.33
PLA/PBS/DRF10	2.16	190	103.02±1.11
PLA/PBS/DRF15	2.16	190	126.18±2.96

2. ผลการทดลองความสามารถในการดูดซับ (Absorption)

จากผลการทดสอบความสามารถในการดูดซับของโฟมพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่มีการเติมเส้นใยเปลือกทุเรียนและไม่มีการเติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน ถูกทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D โดยนำตัวอย่างชิ้นงานลักษณะเป็นเม็ดที่ได้จากกระบวนการอัดรีดแล้ว 570 ผ่านการตัดมาแช่ในสารละลายแอมโมเนีย แล้วทำการชั่งน้ำหนักทุกๆ วัน เป็นเวลา สัปดาห์ และทำการคำนวณหา 1 เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการดูดซับของโฟมพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่มีการเติมเส้นใยเปลือกทุเรียนและไม่มีการเติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน จากตารางที่ แสดงความสามารถในการดูดซับของพอลิแลคติกแอซิด พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต เส้นใยเปลือกทุเรียน และพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตกับเส้นใยเปลือกทุเรียน ก่อนและหลังการใช้งาน พบว่า ที่พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต ก่อนใช้งานมีน้ำหนัก 9266.49 กรัม ซึ่งเพิ่มขึ้นถึง 71.24 กรัม และหลังใช้งานหนักเพิ่มขึ้น 15.50 พอลิแลคติกแอซิด ก่อนใช้งานมีน้ำหนัก 40.49 กรัม ซึ่งลดลงถึง 40.49 กรัม และหลังใช้งานน้ำหนักลดลงไป 17

50 เมื่อผสมพอลิแลคติกแอซิดและพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต ก่อนใช้งานมีน้ำหนัก %66.98.กรัม และหลังใช้งาน 00 และพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่มีการเติมเส้น %71.40 กรัมซึ่งเพิ่มขึ้นถึง 36.20 หนักเพิ่มขึ้น 10 5 ใยเปลือกทุเรียน ที่และ 29.50 ก่อนใช้งานมีน้ำหนัก 15, กรัม ตามลำดับ และหลังใช้ 04.50 และ 09.50 71.20 งานหนักเพิ่มขึ้น 10.24% 10.24และ %18.41 กรัม ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นถึง 05.25, และ %12.48 50.ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน จะยิ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการดูด %05 ซับได้ดียิ่งขึ้น แสดงให้เห็นว่า เส้นใยจากเปลือกทุเรียนมีหน้าที่ในการดูดซับของเหลว

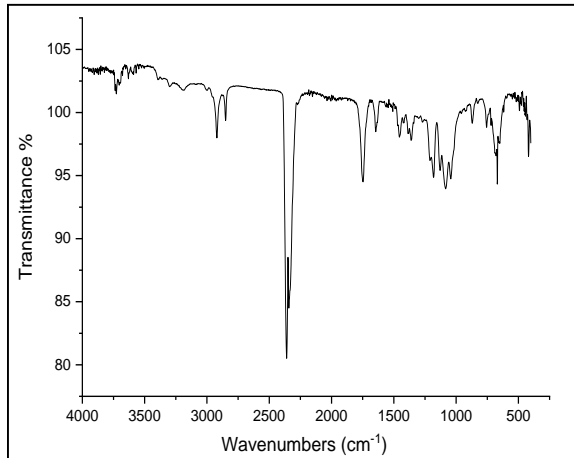
ตารางที่ 2 แสดงความสามารถในการดูดซับของพอลิแลคติกแอซิด พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต เส้นใยเปลือกทุเรียน และพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตกับเส้นใยเปลือกทุเรียน ก่อน และหลังการใช้งาน

Sample	Weight when clean (g)	Weight after use (g)	Weight increase %
PBS	50.15	24.71	49.26
PLA	50.17	-49.40	-98.66
PLA/PBS	50.00	20.36	40.71
PLA/PBS/DRF5	50.29	20.71	41.18
PLA/PBS/DRF10	50.09	24.10	48.12
PLA/PBS/DRF15	50.04	25.05	50.05

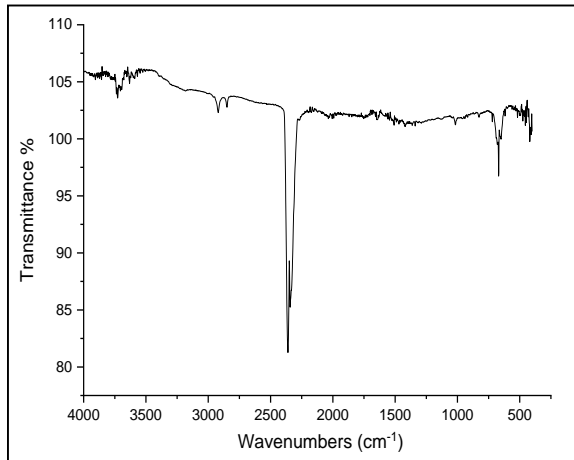
3. ผลการทดสอบการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี (FTIR)

จากผลการทดสอบการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ของโฟมพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตทั้งที่ไม่เติม เส้นใยเปลือกทุเรียน ภาพที่ 4.1 แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของพอลิแลคติกแอซิดที่เลขคลื่น 3299 cm^{-1} คือ การสั่นแบบยืดหดของ O-H (O-H stretching) และที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1749 cm^{-1} คือ การสั่นแบบยืดหด C=O (C=O stretching) จากภาพที่ 4.2 แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3300 cm^{-1} คือ การสั่นแบบยืดหดของ O-H (O-H stretching) ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1712 cm^{-1} คือ การสั่นแบบ ยืดหดของ C=O (C=O stretching) ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1155 cm^{-1} คือ การสั่นแบบยืดหดของ C-O (C-O stretching) และที่ตำแหน่งเลขคลื่น 2919 cm^{-1} คือ การสั่นแบบยืดหดของ C-H (C-H stretching) และจาก ภาพที่ 4.3 แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของเส้นใยเปลือกทุเรียน ที่ผ่านการเตรียมด้วยกระบวนการ ไฮโดรไลซิสด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่เลขคลื่น 3333 cm^{-1} คือ การสั่นแบบยืดหดของ O-H (O-H stretching) ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 2897 cm^{-1} คือ การสั่นแบบยืดหดของ C-H (C-H stretching) และที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1031 cm^{-1} คือ การสั่นแบบยืดหดของ C-O (C-O stretching) สำหรับโฟมพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติก แอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่ไม่เติมและเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน จากภาพที่ 4.4 แสดงการดูดกลืนรังสี อินฟราเรดของพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตทั้งที่ไม่เติมเส้นใยเปลือกทุเรียนและมีการเติมเส้นใย

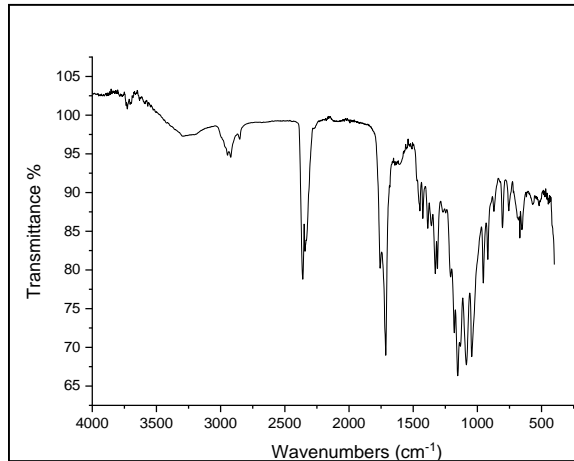
เปลือกทุเรียน ในปริมาณที่ต่างกัน พบตำแหน่งของเลขคลื่นที่ตำแหน่งเดียวกันกับพอลิแลคติกแอซิดและพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต โดยไม่พบตำแหน่งเลขคลื่นที่ตำแหน่งใหม่



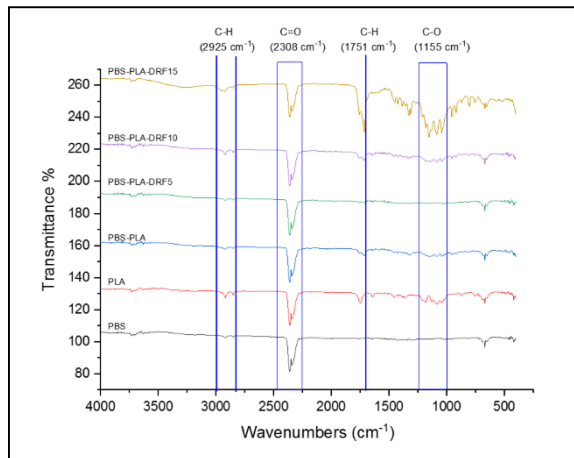
ภาพที่ 1 FTIR สเปกตร้าของโพลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิด



ภาพที่ 2 FTIR สเปกตร้าของโพลิเมอร์เชิงประกอบพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต



ภาพที่ 3 FTIR สเปกตรัมของเส้นใยเปลือกทุเรียน



ภาพที่ 4 FTIR สเปกตรัมของโพลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่ไม่เติมและเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน ในปริมาณที่แตกต่างกัน

4. ผลการทดสอบแรงดึง (Tensile test)

การทดสอบแรงดึงด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ของโพลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่ไม่เติมและเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน จากค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของโพลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตกับเส้นใยเปลือกทุเรียน แสดงดังตารางที่ พบว่าโพลิแลคติกผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต มีค่ามอดูลัสเท่ากับ $3.437.1744 \pm 57.576$ และ 73.98 ± 77.36 MPa ตามลำดับ เมื่อเติมเส้นใยเปลือกทุเรียนในปริมาณ 15 ถึง 5phr พบว่ามีค่ามอดูลัสลดลงเมื่อปริมาณของเส้นใยเปลือกทุเรียนเพิ่มขึ้น ตามลำดับ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่อแรงดึงกับปริมาณพอลิแลคติกแอซิดที่ผสมกับพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่มีการเติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน แสดงค่ามอดูลัส และค่าความต้านทานแรงดึง ของโพลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด (PLA) และพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PBS) ที่ไม่มีและมีการเติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน (DRF) ที่อัตราส่วน 5%,

10% และ 15% โดยน้ำหนัก พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต ในพอลิเมอร์ผสมมากขึ้น แนวโน้มของค่ามอดูลัสและค่าความต้านทานแรงดึงมีแนวโน้มที่ลดลง เนื่องจากคุณสมบัติของพอลิแลกติกแอซิด ที่มีความแข็งแรงสูง รวมถึงคุณสมบัติของพอลิ บิวทิลีนซัคซิเนต ที่มีความเหนียวที่สูงกว่า นอกเหนือจากนั้น เมื่อพิจารณาผลของการ เติมน้ำหนักจากเปลือกทุเรียนพบว่าที่อัตราส่วนเส้นใยจากเปลือกทุเรียนที่มากกว่า แนวโน้มของค่ามอดูลัสและค่าความต้านทานแรงดึงมีแนวโน้มที่ลดลงที่ 10% และ 15% โดยน้ำหนัก และกลับมีค่าสูงสุดที่ปริมาณ 5% โดยน้ำหนัก นั้นแสดงให้เห็นว่า เส้นใยจากเปลือกทุเรียนเกิดแรงยึดเหนี่ยวกับพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตได้ไม่ดี (Poor Adhesion) ส่งผลทำให้ค่ามอดูลัสและค่าความต้านทานแรงดึงมีแนวโน้มที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลของค่าความต้านทานแรงกระแทกที่มีค่าที่เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่เมื่อเติมน้ำหนักจากเปลือกทุเรียนที่ 5% โดยน้ำหนัก อนุภาคของเส้นใยจากเปลือกทุเรียนที่มีความแข็งที่มากกว่า จะไปทำให้ค่ามอดูลัสเพิ่มสูงขึ้น และไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของสายโซ่ในระหว่างกระบวนการทดสอบ จึงทำให้ค่ามอดูลัสและค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น ค่ามอดูลัสมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยจากเปลือกทุเรียนที่สูงขึ้น นั้น แสดงให้เห็นว่าพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิด เป็นพอลิเมอร์ที่มีความเข้ากันกับเส้นใยจากเปลือกทุเรียนได้ไม่ดี เนื่องจากอนุภาคของเส้นใยจากเปลือกทุเรียนโดยทั่วไป ซึ่งทำให้เส้นใยจากเปลือกทุเรียนเป็นอนุภาคที่มีความเป็นขั้วที่สูง (High Polarity) แต่พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต เป็นโครงสร้างที่มีสภาพขั้วที่ต่ำกว่า จึงทำให้เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยจากเปลือกทุเรียนมากขึ้น ค่ามอดูลัสลดลง

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบแรงดึงของโพลีเมอร์เชิงประกอบพอลิแลกติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต ที่ไม่เติมและเติมน้ำหนักเปลือกทุเรียนในปริมาณที่แตกต่างกัน

Sample	Modulus (MPa)	Ultimate Stress (MPa)	Elongation at Break (mm)
PBS	576.57±36.77	41.74±1.24	16.27±0.26
PLA	1744.37±98.73	54.80±4.62	3.99±0.27
PLA/PBS	878.10±112.53	38.43±2.44	17.31±0.79
PLA/PBS-DRF5	908.27±86.07	38.08±1.83	7.72±0.2
PLA/PBS-DRF10	878.76±97.26	30.10±0.51	6.066±0.41
PLA/PBS-DRF15	857.71±85.68	35.37±3.87	10.75±5.48

5. ความต้านทานต่อแรงกระแทก (Impact Strength)

จากตารางที่) แสดงค่าความต้านทานต่อแรงกระแทก (Impact Strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิด และพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่ไม่เติมและมีการเติมน้ำหนักจากเปลือกทุเรียน พบว่า ค่าความต้านทานแรงกระแทกของ neat PLA และ neat PBS จะอยู่ที่ 91.1±59.0kJ/m² และ 01.2± 52.0kJ/m² ตามลำดับ ค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกไม่มีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญและเมื่อเพิ่มปริมาณของเส้นใยจากเปลือกทุเรียนที่ ในสัดส่วนที่มากขึ้นในพอลิเมอร์ผสมพบว่า ค่าความต้านทานแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสมมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ปริมาณเส้นใยจากเปลือกทุเรียนที่ 5%, 10% และ 15% โดยน้ำหนัก เมื่อ

เปรียบเทียบกับที่ไม่มี การเติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน แต่กลับมีแนวโน้มของค่าความต้านทานแรงกระแทกที่เพิ่มขึ้น ของพอลิเมอร์ผสมไม่สามารถกระจายแรงภายในเนื้อพอลิเมอร์ผสมได้เนื่องจากมีเกาะกลุ่มกันของเส้นใยจากเปลือกทุเรียน จึงส่งผ่านแรงภายในพอลิเมอร์ผสมได้ไม่ดี

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบแรงกระแทกของโพลีพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดผสม พอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่ไม่เติมและเติมเส้นใยเปลือกทุเรียนในปริมาณที่แตกต่างกัน

Sample	Break (KJ/m ²)	Str.1 (KJ/m ²)	Str.2 (J/m)
PBS	0.079±0.3	2.01±0.52	26.07±6.72
PLA	0.09±0.02	1.91±0.59	24.32±7.69
PLA/PBS	0.14±0.02	3.36±0.47	43.69±6.19
PLA/PBS-DRF5	0.09±0.03	2.08±0.67	26.96±8.61
PLA/PBS-DRF10	0.09±0.03	2.02±0.61	30.62±18.03
PLA/PBS-DRF15	0.07±0.02	1.72±0.59	20.71±6.24

6. ผลการทดสอบค่าความต่างความร้อนของสาร (DSC)

จากการทดสอบค่าความต่างความร้อนของสารของพอลิแลคติกแอซิด พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต เส้นใยเปลือกทุเรียน พอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่ไม่ได้เติมและเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน ในปริมาณที่แตกต่างกัน ด้วยเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติทางความร้อน (DSC) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของตัวอย่าง โดยวัดพลังงานความร้อนของตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบกับตัวอย่างอ้างอิงภายใต้อุณหภูมิเดียวกัน ซึ่งวัสดุจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การหลอมเหลว หรือการเปลี่ยนรูปผลึก แล้วเกิดการคายความร้อนหรือดูดความร้อนจากระบบ วัสดุพอลิเมอร์ที่มีผลึกเมื่อได้รับความร้อน ผลึกจะถูกทำลายทำให้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลว การทำลายโครงสร้างผลึกนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบดูดความร้อน พิกของช่วงอุณหภูมิที่เกิดการดูดความร้อนนั้นสามารถรายงานเป็นอุณหภูมิหลอมเหลวของพอลิเมอร์ ซึ่งพอลิเมอร์แต่ละชนิดนั้นมีอุณหภูมิในการหลอมเหลวไม่เท่ากัน นอกจากนี้พื้นที่ใต้กราฟระหว่างการถ่ายเทความร้อนของตัวอย่าง (Heat flow) กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถบอกถึงปริมาณความร้อนที่ตัวอย่างใช้ในการหลอมเหลวหรือการเกิดผลึกได้ โดยการทดสอบนี้ทดสอบเริ่มที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ถึง 200 องศาเซลเซียส ใช้อัตราการเพิ่มความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ผลที่ได้จากการทดสอบนี้แสดงดังตารางที่ 4.5 จากตารางที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของพอลิแลคติกแอซิดมีอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วเท่ากับ 60.3 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิการหลอมเหลวเท่ากับ 152.9 องศาเซลเซียส พอลิบิวทิลีนซัคซิเนตมีอุณหภูมิการหลอมเหลวเท่ากับ 115.6 องศาเซลเซียส สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด (PLA) และพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PBS) ที่ไม่มีและมีการเติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน ที่อัตราส่วน 5%, 10% และ 15% โดยน้ำหนัก พบว่า เมื่อพิจารณาพอลิเมอร์ผสมที่ไม่มี การเติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน จะพบอุณหภูมิ Glass Transition ใน neat PLA และ พอลิเมอร์ผสมที่มีการ

เติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน นั้นแสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะจากแข็งคล้ายแก้วเป็นอ่อนนิ่มคล้ายยางของพอลิแลกติกแอซิดลดลง เมื่อพิจารณาอุณหภูมิของการตกผลึกของพอลิเมอร์ผสมในระหว่างกระบวนการ Cooling พบว่าจะไม่พบช่วงอุณหภูมิในการตกผลึก (Crystallization Temperature; T_c) ของ neat PLA แต่เมื่อเติมพอลิবিทิลีนซัคซิเนต ในพอลิเมอร์ผสมกลับพบว่า มีการปรากฏขึ้นของอุณหภูมิในการตกผลึก นั้นแสดงให้เห็นว่า neat PLA มีการตกผลึกที่ยากกว่า พอลิবিทิลีนซัคซิเนต ในระหว่างขั้นตอนการเย็นตัว และเมื่อพิจารณาอุณหภูมิในการตกผลึกซ้ำ (Cold Crystallization Temperature; T_{cc}) และอุณหภูมิในการหลอมเหลวของพอลิเมอร์ผสม (Melting Temperature; T_m) ในระหว่างกระบวนการขึ้นตอนให้ความร้อนครั้งที่ 2 (2nd Heating) พบว่า จะปรากฏตำแหน่งพิก T_{cc} อยู่ 2 ช่วงตำแหน่งในช่วงอุณหภูมิ 95-104 องศาเซลเซียส และ 115-120 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นลักษณะ (Characteristic) การตกผลึกซ้ำของพอลิแลกติกแอซิด และพอลิবিทิลีนซัคซิเนต ตามลำดับ รวมถึงปรากฏตำแหน่งพิก T_m อยู่ 2 ช่วงตำแหน่งเช่นกัน ในช่วง

ตารางที่ 5 แสดงอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว อุณหภูมิในการหลอมเหลว และความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของพอลิแลกติกแอซิด พอลิবিทิลีนซัคซิเนต และพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลกติกแอซิดผสมพอลิবিทิลีนซัคซิเนตที่เติมและไม่เติมเส้นใยเปลือกทุเรียน

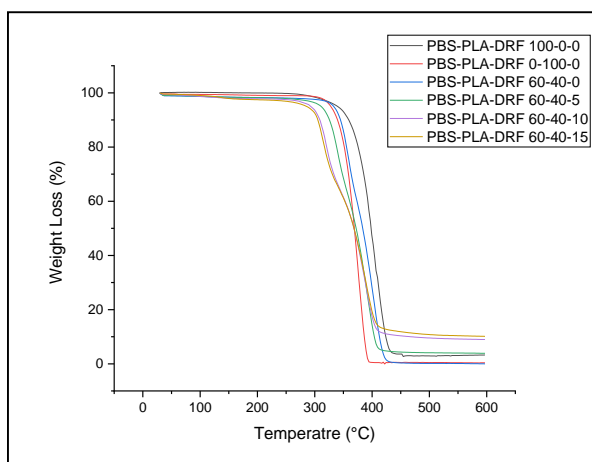
Sample	T_g	T_c	T_{cc1}	T_{m1}	% X_{c1}	T_{cc2}	T_{m2}	% X_{c2}	% X_c
PBS	-	66.3	95.0	115.6	79.81	-	-	-	79.81
PLA	60.3	-	-	-	-	123.4	152.9	1.55	1.55
PLA/PBS	60.3	79.8	101.7	117.9	11.41	-	150.5	29.12	40.52
PLA/PBS/DRF5	56.3	78.5	96	118.3	19.44	128.2	156.1	40.29	59.73
PLA/PBS/DRF10	55.9	76.6	102.7	118.5	59.25	125.3	156.9	40.75	100.00
PLA/PBS/DRF15	49.1	79.2	103.8	117.3	23.71	122.5	156.2	55.38	79.09

อุณหภูมิ 116-120 องศาเซลเซียส และ 150-157 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นลักษณะของพอลิแลกติกแอซิดและพอลิবিทิลีนซัคซิเนต ตามลำดับ นั้นแสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิดกับพอลิবিทิลีนซัคซิเนตไม่ได้ส่งผลต่ออุณหภูมิการหลอมเหลวของผลึก พอลิแลกติกแอซิดและพอลิবিทิลีนซัคซิเนต นอกเหนือจากนั้น พอลิแลกติกแอซิดและพอลิবিทิลีนซัคซิเนต มีความเข้ากันได้ไม่ดี (Immiscible) จึงทำให้มีการปรากฏของพิกทั้งสองเกิดขึ้น นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาปริมาณผลึก (%Crystallinity) พบว่าปริมาณผลึกของ neat PLA และ neat PBS จะมีปริมาณอยู่ที่ 79% 81% ตามลำดับ นั้นแสดงให้เห็นว่าพอลิแลกติกแอซิดมีการตกผลึกได้ยากกว่าพอลิবিทิลีนซัคซิเนต แต่เมื่อพิจารณาพอลิเมอร์ผสมกลับพบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยจากเปลือกทุเรียน ในพอลิเมอร์ผสม ปริมาณผลึกของพอลิবিทิลีนซัคซิเนต มีแนวโน้มลดลงที่อัตราส่วน 5% และ 10% การตกผลึกของพอลิเมอร์ผสม จะถูกขัดขวางจากเส้นใยจากเปลือกทุเรียน ทำให้ปริมาณผลึกในพอลิเมอร์ผสม มีปริมาณผลึกที่ลดลง แต่เมื่อเพิ่มเส้นใยจากเปลือกทุเรียนที่อัตราส่วน 15% และ 10% นั้นแสดงให้เห็นว่า

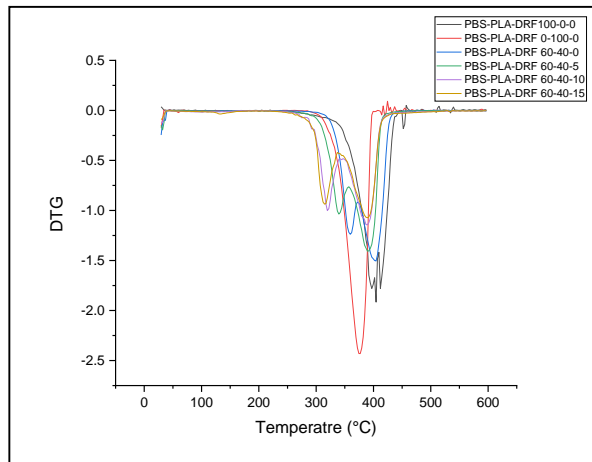
พอลิเมอร์ผสมมีการตกผลึกเพิ่มขึ้น โดย เส้นใยจากเปลือกทุเรียนจะทำหน้าที่เป็น Nucleating Site สำหรับพอลิแลกติกแอซิด และพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต จึงมีการตกผลึกเพิ่มขึ้น ในพอลิเมอร์ผสมเพิ่ม

7. Thermogravimetric Analysis (TGA)

จากภาพที่ 4 แสดงค่าน้ำหนักที่หายไป (Weight Loss) และภาพที่ 5 Derivative Thermogravimetric (DTG) เทียบกับอุณหภูมิ (Temperature) ของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตกับพอลิแลกติกแอซิดที่ไม่มีและมีการเติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน พบว่า พอลิแลกติกแอซิดมีอุณหภูมิในการสลายตัวสูงสุดที่ 407 องศาเซลเซียส และพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต มีอุณหภูมิในการสลายตัวสูงสุดอยู่ที่ 376 องศาเซลเซียส นั้นแสดงให้เห็นว่า พอลิแลกติกแอซิดมีเสถียรภาพทางความร้อน (Thermal Stability) ที่สูงกว่าพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเริ่มต้นในการสลายตัว (Onset Temperature) พบว่าพอลิแลกติกแอซิด และพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต มีอุณหภูมิเริ่มต้นในการสลายตัวที่ 323 องศาเซลเซียสและ 320 องศาเซลเซียส ตามลำดับ นอกเหนือจากนั้น เมื่อพิจารณาอุณหภูมิสุดท้ายในการสลายตัว (End Temperature) พบว่าพอลิแลกติกแอซิดและพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต มีอุณหภูมิสุดท้ายในการสลายตัวที่ 386 องศาเซลเซียส และ 420 องศาเซลเซียส นั้นแสดงให้เห็นว่า ช่วงอุณหภูมิในการสลายตัวของพอลิแลกติกแอซิด มีช่วงอุณหภูมิในการสลายตัวที่แคบกว่าพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต และเมื่อพิจารณาพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิดและพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต ที่มีการเติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนแตกต่างกัน พบว่าตำแหน่งของอุณหภูมิการสลายตัวสูงสุดในพอลิแลกติกแอซิด และพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต อยู่ในช่วง 360-376 องศาเซลเซียส และ 393-407 องศาเซลเซียส นอกเหนือจากนั้นจะพบลักษณะของ Peak DTG ที่มีลักษณะค่าความสูงของกราฟที่สามารถบอกถึงปริมาณพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต และพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตในพอลิเมอร์ผสมได้



ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักคงเหลือ (%Weight Residue) กับอุณหภูมิ (Temperature) ของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตกับพอลิแลกติกแอซิดที่ไม่มีและมีการเติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน



ภาพที่ 6 แสดง Derivative Thermogravimetry (DTG) ของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตกับพอลิแลคติกแอซิดที่ไม่มีและมีการเติมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตโฟมเชิงประกอบจากพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตกับเส้นใยเปลือกทุเรียน ในปริมาณที่แตกต่างกันเพื่อประยุกต์ใช้เป็นวัสดุรองนอนสำหรับสัตว์ทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการใส่เส้นใยเปลือกทุเรียน เพื่อเสริมแรงและเพิ่มความต้านทานทางความร้อน โฟมเชิงประกอบเตรียมโดยการหลอมผสมด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวทวนคู่ (Twin screw extruder) และนำไปฉีดขึ้นรูปโฟมโดยใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารก่อโฟมให้กับกระบวนการผลิตวัสดุรองนอน เพื่อนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ โดยผลของการเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน ในปริมาณที่แตกต่างกันสามารถสรุปได้ ดังนี้ 1) ผลการทดสอบแรงดึง พบว่าการเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน ในโฟมพอลิเมอร์ผสม ทำให้ค่าความทนต่อแรงดึง และค่ามอดูลัสเพิ่มมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าการเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน จะช่วยเสริมแรงให้กับโฟมพอลิเมอร์ผสมทำให้โฟมมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น พบว่าค่าความต้านทานแรงดึง และค่าร้อยละการยืดตัว ณ จุดขาดลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับโฟมพอลิเมอร์ผสมที่ไม่มีการเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน 2) ผลจากการทดสอบดัชนีการไหล (MFI) พบว่าเมื่อเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน ในพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตทำให้ค่าดัชนีการไหลเพิ่มขึ้น หรือมีความหนืดน้อยลงไหลได้ดีมากขึ้น 3) ผลการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี โดยใช้ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) พบว่าการผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดกับพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตเสริมแรงด้วยเส้นใยเปลือกทุเรียน ไม่พบหมู่ฟังก์ชันใหม่เกิดขึ้น 4) ผลการทดสอบค่าความต่างความร้อนของสาร พบว่าการเติมเส้นใยเปลือกทุเรียน ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วและอุณหภูมิการหลอมเหลวมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเปรียบเทียบกับก่อนใส่เส้นใยเปลือกทุเรียน 5) โฟมพอลิเมอร์เชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตกับเส้นใยเปลือกทุเรียนในปริมาณ 15 phr (15 PLA/PBS-DRF) มีสมบัติต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับสัตว์ทดลองในห้องปฏิบัติการ ผลจากการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการทำงานวิจัยในอนาคต คือ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใส่เส้นใยเปลือกทุเรียน ในโฟมเชิงประกอบจากพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตในปริมาณที่มากขึ้น ศึกษาฝุ่นละอองของวัสดุรองนอนสัตว์ก่อนและหลังการใช้

งาน และนำไปศึกษากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) เพื่อดูพื้นผิวของวัสดุรองนอนจากโฟมซึ่งประกอบจากพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตกับเส้นใยเปลือกทุเรียน ในปริมาณที่แตกต่างกันว่ามีการสร้างเป็นแบบโฟมเซลล์เปิด (Open-Cell Foam) เป็นโฟมที่มีรูพรุนภายในเนื้อพลาสติกแต่ละเซลล์มีช่องทางเชื่อมต่อระหว่างกัน จากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งอย่างที่ต้องการหรือไม่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ชिरารุณี เพชรเย็น อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดีโดยตลอด ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิจัยสัตว์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และสำนักงานเครื่องมือชั้นสูง ในการให้คำแนะนำเกี่ยวกับงานวิจัย และงบประมาณสนับสนุนในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณทางตลาดไอยรา ในการให้วัสดุและอุปกรณ์ในการทำงานวิจัย และประสานงานในการขนส่งเปลือกทุเรียนในงานวิจัย ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง และ คณะอาจารย์ที่ช่วยเหลือในงานวิจัย และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือเครื่องใช้ในการวิจัย ตลอดจนให้ข้อมูลแนะนำต่างๆ เป็นอย่างดี

References

- Beg, M.D.H. & Pickering, K.L. (2008). Accelerated weathering of unbleached and bleached Kraft wood fibre reinforced polypropylene composites. **Polymer Degradation and Stability**, **93**(10), 1939-1946.
- Beg, M. D. H. & Pickering, K. L. (2008). Mechanical performance of Kraft fibre reinforced polypropylene composites: Influence of fibre length, fibre beating and hygrothermal ageing. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **39**(11), 1748-1755.
- Bhatia, A., Gupta, R.K. Bhattacharya, S. & Choi, H.J. (2007). Compatibility of Biodegradable Poly (lactic acid) (PLA) and Poly (butylene succinate) (PBS) Blends for Packaging Application. **Korea-Australia Rheology Journal**, **19**(3), 125-131.
- Mengxia, D., Shan, Y., Jishuai, S., Haixin, J., Jianbo, Z., Cailing, T., Yaqin, H., Jie, P. & Chunhua, W. (2021). Development and characterization of electrospun nanofibers based on pullulan/chitin nanofibers containing curcumin and anthocyanins for active-intelligent food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, **187**, 332-340.
- Joseph, P.V., Marcelo, S.R., Mattoso, L., Kuruvilla, J. & Sabu, T. (2002). Environmental effects on the degradation behaviour of sisal fibre reinforced polypropylene composites. **Composites Science and Technology**, **62**, 1357-1372.
- Kaliste, E., Linnainmaa, M., Meklin, T., Torvinen, E. & Nevalainen, A. (2004). The bedding of laboratory animals as a source of airborne contaminants. **Laboratory Animals Ltd. Laboratory Animals**, **38**, 25-37.
- Patpen, P., Russly, B., Rosnita, A. & Khalina, A. (2014). Extraction and Characterization of Cellulose from Durian Rind. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, **2**, 237-243.
- Vorawongsagul, S., Pratumpong, P. & Pechyen, C. (2021). Preparation and foaming behavior of poly (lactic acid)/poly (butylene succinate)/cellulose fiber composite for hot cups packaging application. **Food Packaging and Shelf Life**, **27**, 100608.
- Peng, Y., Hao, Y.M., An, H., Li, H.G., Bin, Y.C., Tai, R.K., Wen, J.M. & Xiang, F.P. (2015). Effect of Poly (butylenes succinate) on Poly(lactic acid) Foaming Behavior: Formation of Open Cell Structure. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, **54**(23), 6199-6207.



เซนเซอร์สำหรับตรวจวัดโฮโมซิสเตอินเพื่อบ่งชี้ภาวะโรคหัวใจและหลอดเลือด

Sensor for Homocysteine Measurement in the Indicate Cardiovascular Disease

ศุภฤกษ์ อุ่นจิตร*

Suparek Oonchit

หยาดนภา ผาเจริญ**

Yardnapar Parcharoen

เบญญา เชิดหิรัญกร***

Benya Cherdhirunkorn

ชिरาวุฒิ เพชรเย็น***

Chiravoot Pechyen

Received : May 29, 2023

Revised : May 21, 2024

Accepted : June 30, 2024

บทคัดย่อ

โรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นโรคเรื้อรังที่มีความอันตรายเป็นอันดับต้น ซึ่งตัวบ่งชี้ภาวะโรคหัวใจและหลอดเลือดที่สามารถแสดงถึงอาการกล้ามเนื้อหัวใจอักเสบได้นั้นคือโฮโมซิสเตอินเนื่องจากมีความจำเพาะและความไวต่ออาการโรค ในปัจจุบันนี้ วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโฮโมซิสเตอินจะใช้ระบบโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงที่ใช้ฟลูออเรสเซนส์เป็นตัวตรวจวัด หรือการวิเคราะห์โดยระบบอิมมูโนซึ่งใช้แอนติบอดีต่อโฮโมซิสเตอิน วิธีเหล่านี้ให้ผลการวิเคราะห์โฮโมซิสเตอินที่มีความถูกต้องเป็นที่ยอมรับ แต่มีข้อด้อยคือใช้เวลาในการวิเคราะห์ เครื่องมือมีราคาสูง และไม่สามารถนำไปใช้งานในภาคสนามหรือจุดบริการทางการแพทย์ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีการสังเคราะห์ไบโอรีเซพเตอร์เทียมสำหรับตรวจวัดโฮโมซิสเตอิน ด้วยวิธีการปรับปรุงพื้นผิวอิเล็กโทรดด้วยวัสดุเชิงประกอบมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์ที่ปริมาณ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 กรัม ร่วมกับโคโคซานที่ปริมาณ 0.2 กรัม ทุกๆ อัตราส่วน โดยกล่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดได้ถูกนำมาใช้เพื่อ

*นักศึกษาลัทธิศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุและสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Master of Science Program Student Materials and Textile Technology Faculty of Science and Technology Thammasat University

**อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Lecturer at Faculty of Industrial Technology Kamphaeng Phet Rajabhat University

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุและสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Lecturer in Materials and Textile Technology Faculty of Science and Technology Thammasat University(Corresponding Author) e-mail: Chiravoot.p@gmail.com

ยืนยันผลการปรับปรุงพื้นผิวด้วยวัสดุนาโนและการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีไฟฟ้าด้วยวิธีไซคลิกโวลแทมเมตรี ผลการทดลองพบว่าพื้นผิวที่ปรับปรุงด้วยวัสดุนาโนนั้นจะมีความสามารถในการตรวจวัดโฮโมซิสเตอีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เสถียรภาพและใช้เวลาในการวิเคราะห์ผลที่รวดเร็ว และหวังว่าเซนเซอร์ที่ออกแบบนี้จะสามารถนำไปใช้เป็นไบโอรีเซพเตอร์รูปแบบใหม่สำหรับตรวจหาโปรตีนที่มีโครงสร้างซับซ้อนในซีรัมตัวอย่างได้

คำสำคัญ : โรคหัวใจและหลอดเลือด / เซนเซอร์ / โฮโมซิสเตอีน

ABSTRACT

Cardiovascular diseases are top-mortal chronic disease. The indicator of cardiac diseases that can show myocarditis is homocysteine (Hcy) because of its specificity and susceptibility. Currently, the method for quantity analysis of homocysteine uses a high-performance liquid chromatography system that uses fluorescence as a detector or an analysis by immune system using antibodies to homocysteine. These methods acceptable exact homocysteine analysis results but the disadvantage is that it takes time to analyze, the tool is expensive, and cannot be used in the field or at medical service points. Thus, in this research, an artificial bioreceptor has been synthesized for binding homocysteine by the surface modification of the electrode with composite material of multi-wall carbon nanotubes at the amount of 0.25, 0.5, 0.75 and 1 gram together with chitosan at the amount of 0.2 gram in every ratio. The SEM has been confirm the surface modification with nanocomposite and the analysis of electrochemical properties with Cyclic voltammetry (CV). Results revealed that the surface modification with nanocomposite is capable of effective homocysteine detection, stability and fast analysis time. This sensor design will be employed as a new bioreceptor for detect complex protein structures on serum samples.

Keywords : Cardiovascular Diseases / Sensor / Homocysteine

บทนำ

ปัจจุบันสัดส่วนประชากรสูงอายุของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นเป็นลำดับ การมีประชากรสูงอายุมากขึ้นจะมีอุบัติการณ์ของโรคในกลุ่มไม่ติดต่อ(Non-communicable diseases: NCDs) โรคที่มีความสำคัญในกลุ่มนี้คือโรคเกี่ยวข้องกับโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับลักษณะทางพันธุกรรม รวมถึงการมีอายุที่สูงขึ้น ซึ่งระบบการดูแลสุขภาพของประชากรที่ดีสามารถป้องกันไม่ให้เกิดความผิดปกติเหล่านี้ขึ้นได้

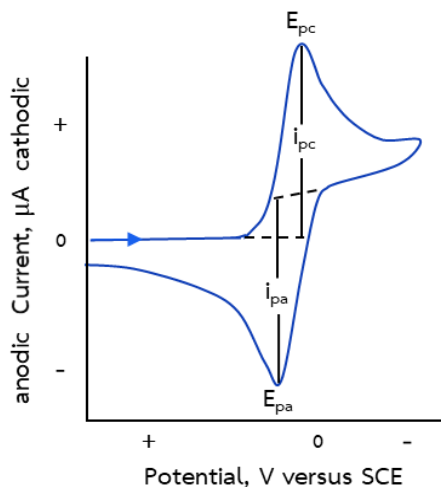
สำหรับโรคหัวใจและหลอดเลือดเป็นปัญหาคุณภาพของประชากรอย่างมาก จากรายงานขององค์การอนามัยโลก (WHO) ในปี 2559 พบทั่วโลกมีผู้เสียชีวิตปีละประมาณ 57 ล้านคน โดยโรคหัวใจขาดเลือดเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 1 มีผู้เสียชีวิตประมาณ 9.2 ล้านคน สำหรับประเทศไทยในปี 2560 พบว่าคนไทย

มีแนวโน้มการป่วยด้วยโรคหัวใจขาดเลือดถึง 326,946 คน และเสียชีวิตจากโรคหัวใจขาดเลือดถึง 20,746 คน เฉลี่ยเสียชีวิตวันละ 57 คน และมีแนวโน้มการป่วยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลจากองค์การอนามัยโลกระบุว่า ตลอดช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา โรคหัวใจและหลอดเลือดเป็นสาเหตุการตายอันดับหนึ่งของคนไทย ซึ่งส่วนใหญ่เสียชีวิตก่อนอายุ 60 ปี แม้ว่าพันธุกรรม เพศ และอายุจะเป็นสาเหตุหนึ่งในการเกิดโรค ซึ่งเพศชายจะมีความเสี่ยงมากกว่าเพศหญิง โดยเพศชายจะมีความเสี่ยงตั้งแต่อายุ 35 ปีขึ้นไป และเพศหญิงจะมีความเสี่ยงตั้งแต่อายุ 55 ปีขึ้นไป แต่ประมาณร้อยละ 80-90 ของผู้ป่วยมีปัจจัยเสี่ยงเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็น ความเครียด ความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน การกินอาหาร ไขมันในเลือดสูง การออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ รวมไปถึงการสูบบุหรี่เป็นประจำ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีแนวโน้มทำให้คนเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มมากขึ้น แต่มีการพบว่า 25-30 เปอร์เซ็นต์ของผู้ป่วยโรคนี้ที่รับตัวไว้ในโรงพยาบาล มีไขมันในเลือดปกติ ความดันปกติ ไม่สูบบุหรี่ โดยมีการพบว่ามีปัจจัยเสี่ยงชนิดหนึ่งที่บางคนไม่รู้ซึ่งเป็นสารอันตรายที่มีชื่อว่า โฮโมซิสเตอีน (Homocysteine) สารอันตรายนี้เป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้โรคหัวใจเป็นโรคที่อันตรายอย่างมาก แต่ก็สามารถป้องกันได้โดยการรักษาสุขภาพ หลีกเลี่ยงปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียด และปัจจัยที่ไดกล่าวไว้ข้างต้น

โฮโมซิสเตอีนเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งที่มีอะตอมของกำมะถันเป็นองค์ประกอบสามารถพบได้ในร่างกายของมนุษย์ โดยเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนเมไทโอนีน (methionine) ซึ่งในคนปกติจะมีระดับโฮโมซิสเตอีนในพลาสมา 5-15 ไมโครโมลาร์ หากระดับโฮโมซิสเตอีนในพลาสมาสูงขึ้นเกินกว่าปกติ (hyperhomocysteinemia) (Avinash Kumar et al, 2017) จะเป็นพิษต่อผนังเซลล์หลอดเลือดได้ โดยจะไปทำลายผนังด้านในของหลอดเลือดโดยเฉพาะหลอดเลือดขนาดเล็ก เช่น หลอดเลือดหัวใจ หลอดเลือดที่อยู่ ในสมอง มีรายงานจากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าปริมาณโฮโมซิสเตอีนในพลาสมาที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Dan Rong, et al., 2020) ตัวอย่างเช่น ภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) เกิดเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณโฮโมซิสเตอีนสูงขึ้น (Ubbink, J.B., et al, 1991 and A Von Eckardstein, et al, 1994) ดังนั้นจึงมีแนวโน้มการใช้โฮโมซิสเตอีนเป็นตัวบ่งชี้ความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดสูงขึ้น (Per M Ueland, et al, 2000; Earl S Ford, et al. and David S Wald, et al, 2002) การวิเคราะห์โฮโมซิสเตอีนทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปใช้ระบบโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (high-performance liquid chromatography) ที่ใช้ฟลูออเรสเซนส์เป็นดีเทคเตอร์ การวิเคราะห์โดยระบบอิมมูโน โดยมากจะใช้แอนติบอดีต่อโฮโมซิสเตอีนหรือแก๊สโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (gas chromatography-mass spectrophotometry, GC-MS) (Yoshihiko Shinohara, et al. (2001) and Jens Pietzsch, et al, 1997), Chemiluminescence immunoassay (CMLA) (Christophe Chassaing, et al, 1999), enzyme-linked immunoassay (EIA) หรือ fluorescence polarization immunoassay (FPIA) (Kuanping Gong, et al, 2004) วิธีเหล่านี้ให้ผลการวิเคราะห์โฮโมซิสเตอีนที่มีความถูกต้องเป็นที่ยอมรับ แต่มีข้อด้อยคือใช้เวลานาน การวิเคราะห์ที่ค่อนข้างนาน เครื่องมือมีราคาสูง และไม่สามารถนำไปใช้งานในภาคสนามหรือจุดบริการทางการแพทย์ได้ สำหรับทางการแพทย์การวิจัยพัฒนาไบโอเซนเซอร์เพื่อตรวจวัดโฮโมซิสเตอีนยังมีค่อนข้างจำกัด

ไบโอเซนเซอร์ส่วนใหญ่ใช้เอนไซม์เป็นสารทางชีวภาพ อย่างไรก็ตามไบโอเซนเซอร์ที่สร้างขึ้นด้วยวิธีนี้ยังมีข้อจำกัดของความไวในการตรวจวัด ซึ่งยังคงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องได้รับการพัฒนา การตรวจวัดนั้นได้มีวิวัฒนาการของการตรวจสอบสารเคมีในปัจจุบันที่มีการตรวจถึงระดับบอกรักษาของโรคโดยมีการนำเทคโนโลยีด้านข้อมูลข่าวสารมาใช้ในการวิเคราะห์สารหลายชนิดและอ้างอิงกับฐานข้อมูลเพื่อเทียบบอกถึงความเสี่ยงและอาการก่อเกิดของโรคที่ยังไม่แสดงอาการ เพื่อทดแทนข้อจำกัดวิธีการวิเคราะห์แบบเดิม ไม่ว่าจะเป็นวิธี Gas chromatography (GC), Microsphere-based arrays (MBA), Radioimmunoassay (RIA) และวิธีอื่นๆ ที่ได้กล่าวไปข้างต้น ซึ่งต่างก็มีข้อจำกัดในแง่ของระยะเวลาการตรวจวัด ขั้นตอนที่ยุ่งยาก และเกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีอันตราย จึงทำให้นักวิทยาศาสตร์คิดวิเคราะห์หาเทคนิควิธี กระบวนการใหม่ๆมาประยุกต์ใช้

สำหรับการตรวจวัดปริมาณไฮโมซิสเตอินในปัจจุบันนิยมใช้เครื่องมือคือ การวิเคราะห์สมมติทางเคมีไฟฟ้าด้วยวิธีไซคลิกโวลแทมเมตรี (Cyclic voltammetry: CV) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ตรวจวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เสถียรภาพและใช้เวลาในการวิเคราะห์ผลที่รวดเร็ว ในงานวิจัยนี้จะพัฒนาไบโอเซนเซอร์ที่สามารถวัดปริมาณไฮโมซิสเตอินที่วิเคราะห์ด้วยวิธีไซคลิกโวลแทมเมตรีให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาที่จะปรับปรุงขั้วไฟฟ้าโดยจะทำการสังเคราะห์วัสดุเชิงประกอบคาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับไคโตซาน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นไบโอเซนเซอร์



ภาพที่ 1 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี

ดังนั้นในงานวิจัยที่จะดำเนินการจึงเป็นการพัฒนาวัสดุไบโอเซนเซอร์โดยการใช้วัสดุเชิงประกอบคาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับไคโตซานมาปรับปรุงพื้นผิวอิเล็กโทรด ซึ่งถูกปรับปรุงให้มีความว่องไวต่อการวิเคราะห์ปริมาณไฮโมซิสเตอิน และเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าได้ดี ด้วยหลักการดังกล่าวจะทำให้ความว่องไวของการวิเคราะห์เพิ่มสูงขึ้น และสามารถใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโมซิสเตอินได้

วิธีดำเนินการวิจัย

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

คาร์บอนนาโนทิวบ์ (Multiwall carbon nanotube; MWCNT; Nano generation Co., Ltd, Chiang Mai, Thailand; purity, 99.99%), ไคโตซาน (Chitosan; CS; Aldrich, Steinheim, Germany; low molecular weight), โฮโมซิสเตอีน (Homocysteine; Hcy; Sigma, Buchs, Switzerland; titration, 98%), กรดอะซิติก (Acetic acid: CH₃COOH; RCI Labscan Limited, Bangkok, Thailand; Glacial AR., 99.8%), โซเดียมโดเดซิลเบนซีนซัลโฟเนต (sodium dodecylbenzene sulfonate; NaDDBS; Aldrich, Steinheim, Germany; technical grade) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy; SEM) และเครื่องตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้า (Potentiostat)

การสังเคราะห์คาร์บอนนาโนทิวบ์

นำผงคาร์บอนนาโนทิวบ์ (เส้นผ่าศูนย์กลาง 20-50 นาโนเมตร) ปริมาณ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1.00 กรัม ตามลำดับ ผสมกับร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของโซเดียมโดเดซิลเบนซีนซัลโฟเนต จากนั้นผสมกับน้ำ DI แล้วนำไปสันผสมด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายมาเติมเอทานอล แล้วนำไปกวนพร้อมใส่แท่งแม่เหล็ก กวนสารเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ได้เป็นสารละลายคาร์บอนนาโนทิวบ์

การสังเคราะห์ไคโตซาน

นำผงไคโตซานปริมาณ 0.2 กรัม มาละลายในกรดอะซิติกเข้มข้น 3% แล้วนำไปกวนพร้อมใส่แท่งแม่เหล็ก กวนสารที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ค่อยๆ ใส่ไคโตซานทีละน้อยลงในกรดอะซิติกระหว่างกวนสารจนหมด) ได้เป็นสารละลายไคโตซาน

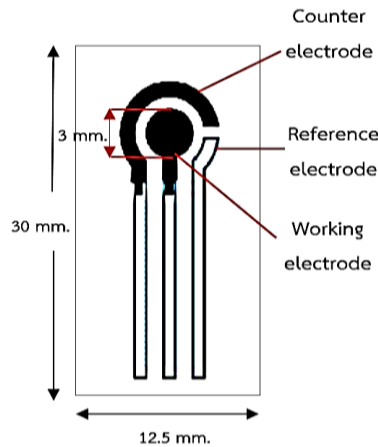
การสังเคราะห์วัสดุเชิงประกอบคาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับไคโตซาน

1. นำสารละลายไคโตซานผสมลงในสารละลายคาร์บอนนาโนทิวบ์ ภายใต้การกวนสารละลายคาร์บอนนาโนทิวบ์อยู่ เติมสารละลายไคโตซานลงไปช้าๆ จนหมด จากนั้นกวนสารละลายผสมให้เข้ากัน ที่อุณหภูมิห้อง

2. นำสารละลายผสมที่ได้มาหยดแอมโมเนีย จนสารละลายผสมมีค่า pH ประมาณ 9-10 หลังจากนั้นเติมเอทานอล 3 มิลลิลิตร และกวนสารละลายผสมอีก 30 นาที

ขั้วไฟฟ้า

ขนาดของอิเล็กโทรดจะมีความกว้าง 12.5 มิลลิเมตร และความยาว 30 มิลลิเมตร โดยที่ขั้วไฟฟ้าใช้งาน (Working electrode) และขั้วไฟฟ้าช่วย (Counter electrode) จะมีการเคลือบคาร์บอน ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference electrode) จะมีการเคลือบซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์ โดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขั้วไฟฟ้าใช้งานจะมีขนาด 3 มิลลิเมตร พื้นที่ขนาด 7.065 ตารางมิลลิเมตร และวัสดุพื้นผิวจะใช้เป็นแผ่นพลาสติกหรืออลูมินา โดยจะแสดงองค์ประกอบของขั้วไฟฟ้าอิเล็กโทรด ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 องค์ประกอบของขั้วไฟฟ้า

การปรับปรุงขั้วไฟฟ้าใช้งานด้วยวัสดุเชิงประกอบคาร์บอนนาโนทิวร่วมกับไคโตซาน

นำสารละลายวัสดุเชิงประกอบคาร์บอนนาโนทิวร่วมกับไคโตซานที่ผ่านการกวนแล้ว นำมาหยดลงบนขั้วไฟฟ้าใช้งาน โดยใช้ปริมาตรสาร 0.5 ไมโครลิตร และนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หรือวางไว้ที่อุณหภูมิห้องจนแห้ง

การเตรียมสารละลายเพื่อนำไปทดสอบคุณภาพการนำไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าใช้งานที่ปรับปรุงโดยวัสดุเชิงประกอบคาร์บอนนาโนทิวร่วมกับไคโตซาน

1. เตรียมโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 โมลลาร์, โพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์-เรตความเข้มข้น 5 มิลลิโมลลาร์ และโพแทสเซียมเพอร์โรไซยาไนด์ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลลาร์
2. ผสมโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรตและโพแทสเซียมเพอร์โรไซยาไนด์เข้าด้วยกัน แล้วนำมาละลายในโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.1 โมลลาร์

การทดสอบคุณภาพการนำไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าใช้งานที่ปรับปรุงโดยวัสดุเชิงประกอบคาร์บอนนาโนทิวร่วมกับไคโตซาน

1. ติดตั้งเครื่องตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้าโพเทนชิโอสแตตกับคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม PSTrace software 5.9 ในการวิเคราะห์ที่ไซคลิกโวลแทมเมตรี
2. นำขั้วไฟฟ้ามาต่อกับวงจรและนำสารละลายที่เตรียมจากข้อก่อนหน้ามา 100 ไมโครลิตร หยดสารละลายให้ครอบคลุมขั้วไฟฟ้าใช้งาน ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงและขั้วไฟฟ้าช่วย
3. ทำการวิเคราะห์ไซคลิกโวลแทมเมตรีโดยเปรียบเทียบคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของขั้วระหว่างขั้วไฟฟ้าที่ปรับปรุงโดยวัสดุเชิงประกอบคาร์บอนนาโนทิวร่วมกับไคโตซานและขั้วไฟฟ้าเปล่า

การทดสอบประสิทธิภาพการตอบสนองต่อไฮโมซิสเตอิน

นำสารละลายไฮโมซิสเตอินมาตรฐานมาหยดลงบนขั้วไฟฟ้าใช้งาน จากนั้นทำการวิเคราะห์ไซคลิกโวลแทมเมตรีโดยทดสอบประสิทธิภาพการตอบสนองต่อไฮโมซิสเตอิน เปรียบเทียบระหว่างขั้วไฟฟ้าที่ปรับปรุงโดยวัสดุเชิงประกอบคาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับไคโตซานและขั้วไฟฟ้าเปล่า

การวิเคราะห์และทดสอบขั้วอิเล็กโทรดที่ได้จากการปรับปรุงผิวหน้าด้วยวัสดุเชิงประกอบ

หลังจากสังเคราะห์วัสดุเชิงประกอบมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์/ไคโตซาน และปรับปรุงพื้นผิวขั้วอิเล็กโทรดแล้ว จากนั้นจะนำวัสดุเชิงประกอบและขั้วอิเล็กโทรดที่สัดส่วนต่างๆ มาทดสอบสมบัติทางกายภาพสมบัติทางเคมีไฟฟ้า ที่ได้รับการทดลอง ดังนี้

1. การวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าเคมี โดยการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าที่ต้องให้ศักย์ไฟฟ้าที่คงที่ใส่เข้าไปในวงจรและวัดกระแสที่เกิดขึ้นได้จากการทำปฏิกิริยากันของสารละลาย โดยเครื่องจะมีองค์ประกอบสำคัญอยู่คือ โปเทนชิโอสแตต (Potentiostat) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าเคมี ในการควบคุมการจ่ายความต่างศักย์และการวัดกระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องวิเคราะห์ของ PalmSens BV

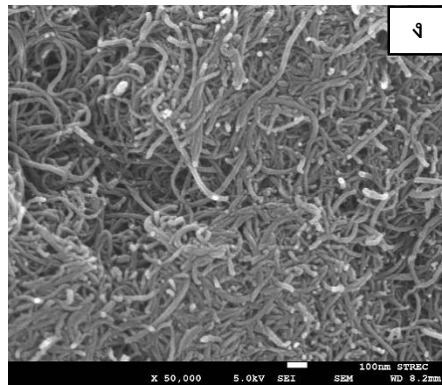
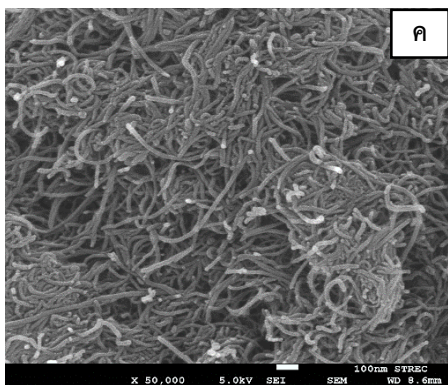
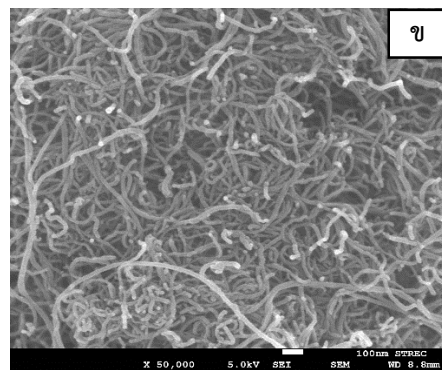
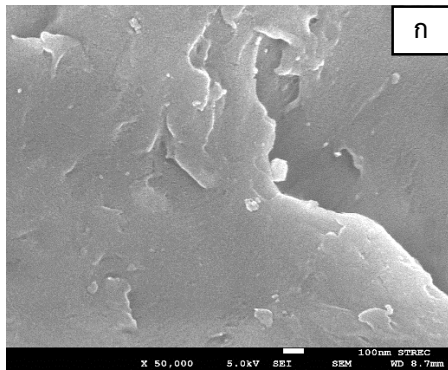
2. การวิเคราะห์สมบัติเชิงเคมี โดยการศึกษาโครงสร้างของผลึกของวัสดุเชิงประกอบมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับไคโตซานโดยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของสารด้วยการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction: XRD)

3. ลักษณะปรากฏทางกายภาพ โดยการศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุเชิงประกอบมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับไคโตซานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดพิวอิมิชชั่น (Field Emission Scanning Electron Microscope: FESEM) (JEOL, JSM-7610F)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาลักษณะปรากฏทางกายภาพ (Microstructure)

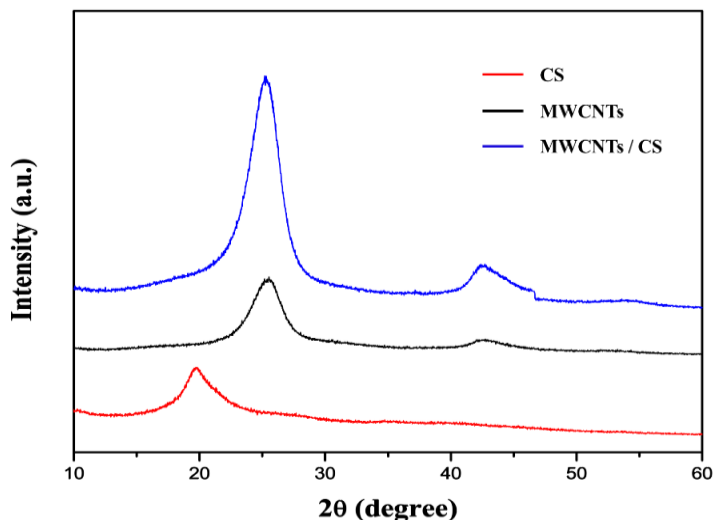
การวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดชนิดพิวอิมิชชั่น (Field Emission Scanning Electron Microscope: FESEM) แสดงดังภาพที่ 3 โดยจากภาพที่ 3(ก) แสดงภาพของสารไคโตซาน พบว่าไคโตซานมีลักษณะเป็นแผ่นเกาะผืนกันขนาดใหญ่ ไม่มีรูพรุน และเนื้อเยื่อเรียบ ภาพที่ 3(ข) แสดงภาพของมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์มีลักษณะเป็นเส้นร่างแหยาวที่ซ้อนกันอยู่ และภาพที่ 3(ค-ง) เป็นภาพลักษณะสัณฐานวิทยาของมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์เกาะติดอยู่บนไคโตซานที่ซ้อนทับกันเป็นกลุ่มก้อนและอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 100 นาโนเมตร ถ้าอัตราส่วนของไคโตซานมากกว่ามัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์นั้น ลักษณะจะมีการเกาะกันเป็นแผ่นหรือกลุ่มก้อนที่มีขนาดใหญ่และชัดเจนขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสังเคราะห์วัสดุเชิงประกอบของมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับไคโตซานนี้เป็นผลอันดี



ภาพที่ 3 โครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดชนิดฟิวอิมิชชั่นของสารที่สังเคราะห์ (ก) ไคโตซาน (CS), (ข) มัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์ (MWCNTs), (ค, ง) สารเชิงประกอบมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์/ไคโตซาน (MWCNTs/CS) ที่สัดส่วน 1.0 : 0.2 และ 0.75 : 0.2 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงเคมี

การวิเคราะห์โครงสร้างของผลึกของวัสดุเชิงประกอบมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับไคโตซาน ด้วยเครื่องวิเคราะห์ห่องค์ประกอบของสารด้วยการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction: XRD) ใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็น $\text{CuK}\alpha$ แสดงดังภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างความเป็นผลึกของไคโตซาน มัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์ และวัสดุเชิงประกอบมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับไคโตซาน พบว่ามัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์พีคที่ตำแหน่ง 2θ คือ 25.5° และ 42.7° แสดงถึงระนาบ (002) และ (100) ตามลำดับ มีโครงสร้างผลึกแบบ Hexagonal ส่วนไคโตซานแสดงตำแหน่งที่เกิดผลึก 2θ คือ 19.7° แสดงถึงระนาบ (220) และวัสดุเชิงประกอบมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับไคโตซานแสดงตำแหน่งที่เกิดผลึก 2θ คือ 25.2° และ 42.7° จะสังเกตได้ว่าพีคที่ 25.2° มีความเป็นผลึกสูงที่สุด แต่ไม่สามารถระบุตำแหน่งพีคของไคโตซานได้ชัดเจน เนื่องจากปริมาณความเข้มข้นของไคโตซานมีน้อยกว่ามัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์



ภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างความเป็นผลึกของไคโตซาน (CS), มัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์ (MWCNTs) และวัสดุเชิงประกอบมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับไคโตซาน (MWCNTs/CS)

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าเคมี

การวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าเคมีของขั้วอิเล็กโทรดที่ปรับปรุงผิวหน้าด้วยวัสดุเชิงประกอบมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์ร่วมกับไคโตซานด้วยเครื่องวิเคราะห์ของ PalmSens BV โดยติดตั้งโปรแกรม PSTrace 5.9 สำหรับทำการวิเคราะห์สาร.....

จากผลการทดลอง พบว่าโครงสร้างทางจุลภาคของมัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์เกาะติดอยู่บนไคโตซานที่ซ้อนทับกันเป็นกลุ่มก้อนและอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 100 นาโนเมตร โครงสร้างผลึกจะสังเกตได้ว่าพิกที่ 25.2° มีความเป็นผลึกสูงที่สุด แต่ไม่สามารถระบุตำแหน่งพิกของไคโตซานได้ชัดเจน เนื่องจากปริมาณความเข้มของไคโตซานมีน้อยกว่ามัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวบ์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณกองทุนวิจัยวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ที่ได้มอบ “ทุนสนับสนุนงานวิจัยทั่วไป ประเภทพัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2562”

References

- Avinash, K., Henry, A.P., Rashmi, P., Philip, J.K., Thomas, W.G. & Subramanyam, N.M. (2017). The metabolism and significance of homocysteine in nutrition and health. **Nutr Metab (Lond)**, **14**, 78.
- A Von, E., Malinow, M.R., Upson, B., Heinrich, J., Schulte, H., Schönfeld, R., Köhler, E. & Assmann, G. (1994). Effects of age, lipoproteins, and hemostatic parameters on the role of homocyst(e)inemia as a cardiovascular risk factor in men. **A Journal of Vascular Biology**, **14(3)**, 460-464.
- Christophe, C., Joyce, G., Christopher, S.W. & Irving, W.W. (1999). Determination of reduced and oxidized homocysteine and related thiols in plasma by thiol-specific pre-column derivatization and capillary electrophoresis with laser-induced fluorescence detection. **Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications**, **735(2)**, 219-227.
- Dan, R., Weihang, L., Yangyang, G., Jie, L., Guoyi, S., Feng, L., Jiang, X., Xin, J., Hongpeng, Z., Xiaohui, M., Xiaoping, L. & Wei, G. (2020). Associations between elevated plasma total homocysteine level and risk of thromboangiitis obliterans in a Chinese population : A matched case-control study. **Annals of Vascular Surgery**, **62**, 335-341.
- David, S.W., Malcolm, L. & Joan K.M. (2002). Homocysteine and cardiovascular disease: evidence on causality from a meta-analysis. **BMJ(Clinical research ed.)**, **325(7374)**, 1202.
- Earl, S.F., Smith, S.J., Donna, F.S., Karen, K.S., Patricia, W.M. & Stephen, B.T. (2002). Homocyst(e)ine and cardiovascular disease: a systematic review of the evidence with special emphasis on case-control studies and nested case-control studies. **International Journal of Epidemiology**, **31(1)**, 59-70.
- Pietzsch, J., Julius, U. & Hanefeld, M. (1997). Rapid determination of total homocysteine in human plasma by using N(O,S)-ethoxycarbonyl ethyl ester derivatives and gas chromatography-mass spectrometry. **Clinical Chemistry**, **43(10)**, 2001-2004.
- Kuanping, G., Yu, D., Shaoxiang, X., Yi, C. & Lanqun, M. (2004). Novel electrochemical method for sensitive determination of homocysteine with carbon nanotube-based electrodes. **Biosensors and Bioelectronics**, **20(2)**, 253-259.

- Ueland, P.M., Refsum, H., Beresford, S.A. & Vollset, S.E. (2000). The controversy over homocysteine and cardiovascular risk. **The American Journal of Clinical Nutrition**, **72**(2), 324-332.
- Ubbink, J.B., Vermaak, W.J., Bennett, J.M., Becker, P.J., Staden, D.A. & Bissbort, S. (1991). The prevalence of homocysteinemia and hypercholesterolemia in angiographically defined coronary heart disease. **Journal of Molecular Medicine**, **69**(12), 527-534.
- Shinohara, Y., Hasegawa, H., Tagoku, K. & Hashimoto, T. (2001). Simultaneous determination of methionine and total homocysteine in human plasma by gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications**, **758**(2), 283-288.

คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรมีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์ ผลงานวิจัย ผลงานสร้างสรรค์ และผลงานวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์การอาหาร เทคโนโลยีการเกษตร วิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยี สาธารณสุข เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมศึกษา เผยแพร่แก่นักวิชาการและบุคคลทั่วไป ปีละ 2 ฉบับ บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารจะต้องผ่านการตรวจพิจารณาจาก กองบรรณาธิการ และผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน/บทความ โดยใช้การ Peer-review เป็นแบบ double blinded หากมีความเห็นว่าจะต้องมีการปรับ แก้ไขทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเพื่อแก้ไขและขอสงวนสิทธิ์การพิจารณาไม่ลงพิมพ์เมื่อไม่ผ่านการพิจารณา (ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจพิจารณาบทความจะไม่อยู่ในสังกัดเดียวกันกับผู้แต่ง) สำหรับการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความ จำนวน 4,500 บาท/เรื่อง ทางวารสารจะเรียกเก็บค่าธรรมเนียมในขั้นตอน Peer Review ผู้ที่มีความประสงค์จะส่งบทความเพื่อรับการพิจารณาตีพิมพ์ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำ ดังต่อไปนี้

การส่งต้นฉบับและการพิมพ์บทความ

หลักเกณฑ์การส่งต้นฉบับและการพิมพ์บทความ

1. ต้นฉบับต้องพิมพ์ตามรูปแบบและคำแนะนำในการเขียนบทความของวารสารนี้เท่านั้น
2. ต้นฉบับที่ส่งมาให้พิจารณาตีพิมพ์จะต้องไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่นมาก่อน และจะต้องไม่ส่งตีพิมพ์ซ้ำซ้อนในวารสารหลายฉบับในเวลาเดียวกัน
3. การตีพิมพ์บทความลงในวารสาร จะเรียงตามลำดับก่อนหลังตามวันที่ได้รับเรื่อง
4. กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการพิจารณาและตีพิมพ์บทความทุกเรื่องรวมทั้งการปรับปรุงบทความบางส่วนตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นผู้อ่านบทความ
5. กรณีเป็นบทความวิจัยหรือบทความวิชาการของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กองบรรณาธิการจะคัดเลือกบทความที่นักศึกษาส่งซึ่งอาจไม่ได้ตีพิมพ์ทุกบทความ
6. บทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสาร ถือเป็นผลงานทางวิชาการหรืองานวิจัยของคณะผู้เขียนไม่ใช่ความคิดเห็นของกองบรรณาธิการ ผู้เขียนและคณะต้องรับผิดชอบต่อบทความของตน
7. บทความที่ได้ผ่านการพิจารณาแล้ว ทางกองบรรณาธิการจะแจ้งผลการพิจารณาให้ทราบเป็นลายลักษณ์อักษร

การส่งต้นฉบับ

ส่งต้นฉบับเอกสารพร้อมไฟล์ข้อมูลมาที่ http://research.kpru.ac.th/old/journal_science/ และสามารถสอบถามรายละเอียดได้ที่ สถาบันวิจัยและพัฒนา อาคาร 1 ชั้น 2 มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000 โทรศัพท์ 0 5572 1879, 0 5572 2500 ต่อ 1760 หรือนายทวิช ปิ่นวิเศษ โทรศัพท์ 08 4593 9223


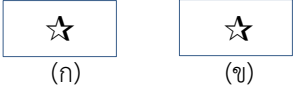
รูปแบบการพิมพ์บทความ

1. ให้พิมพ์ลงบนกระดาษ ตั้งค่ากระดาษเป็น B5 (JIS) โดยจำนวนหน้าของเนื้อหาและเอกสารอ้างอิง รวมทั้งสิ้นไม่เกิน 10 หน้า ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK และแต่ละหน้าไม่เกิน 30 บรรทัด

2. ข้อปฏิบัติการพิมพ์แต่ละหัวข้อ/ส่วนประกอบ มีดังนี้

ที่	หัวข้อ/ส่วนประกอบ	คำอธิบาย
1	ชื่อบทความ	ระบุชื่อบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 16 พอยท์ ตัวหนา ไว้กึ่งกลางหน้ากระดาษ
2	ชื่อผู้เขียนบทความ	ระบุชื่อผู้วิจัย, ผู้ร่วมวิจัย (ถ้ามี), อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์, กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทุกคนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์ ตัวหนา ไว้กึ่งกลางหน้ากระดาษ
3	สังกัดผู้เขียนบทความ	ระบุวุฒิการศึกษา ชื่อสถาบันการศึกษา ตำแหน่งทางวิชาการ หน่วยงานที่สังกัดทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ขนาดตัวอักษร 12 พอยท์ ไว้ที่เชิงอรรถท้ายหน้า
4	บทคัดย่อ (Abstract)	บทคัดย่อมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เนื้อความของบทคัดย่อไม่เกิน 10 บรรทัดและภาษาอังกฤษไม่เกิน 300 คำ เป็นการเขียนข้อสรุปหลักของผลการวิจัยทั้งหมดแบบสรุป กระชับ และได้ใจความ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์
5	คำสำคัญ (Keywords)	ระบุคำสำคัญ 2-5 คำทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไว้ท้ายบทคัดย่อ ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์
6	เนื้อหา (Content)	ทุกหัวข้อ ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์ ตัวหนา วางไว้ชิดขอบซ้าย ส่วนรายละเอียด ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์ ประกอบด้วย <ol style="list-style-type: none">บทนำ (Introduction) เขียนแสดงที่มาและความสำคัญของปัญหา แนวคิดและทฤษฎี วัตถุประสงค์ ไม่ควรคัดลอกข้อความ เนื้อหาของเอกสารอื่นมาอ้างอิงทั้งข้อความ และไม่ควรรีใช้เอกสารอ้างอิงที่เกิน 10 ปีวิธีดำเนินการวิจัย (Objectives) อธิบายเกี่ยวกับประชากร และกลุ่มตัวอย่างหรือแหล่งข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเขียนให้กระชับและชัดเจน

(ต่อ)

ที่	หัวข้อ/ส่วนประกอบ	คำอธิบาย						
	เนื้อหา (Content) (ต่อ)	<p>3. ผลการวิจัย (Conclusion) รายงานผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ควรมีตารางและภาพประกอบได้ ใช้คำที่เข้าใจง่าย และชัดเจน ไม่ซ้ำซ้อน ภาพเป็นไฟล์ .JPEG</p> <p>4. อภิปรายผล (Discussion) วิเคราะห์ผลการวิจัยเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหลักวิชาการ อาจมีข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตและแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์</p> <p>5. บทสรุป สรุปประเด็นที่พบและประเด็นการศึกษาและหากเป็นบทความวิชาการจะมี 3 หัวข้อ คือ บทนำ เนื้อหา และการอ้างอิงแหล่งสารสนเทศ และสรุป</p>						
7	กิตติกรรมประกาศ	ควรมีเพื่อแสดงคำขอบคุณ สำหรับแหล่งทุนสนับสนุนหรือผู้ช่วยเหลืองานวิจัยและเตรียมเอกสาร						
8	รูปภาพ ตาราง และสมการ (ถ้ามี)	<p>รูปภาพ</p> <p>คำอธิบายรูปภาพให้พิมพ์ไว้ใต้รูปภาพและอยู่กึ่งกลางคอลัมน์หรือกึ่งหน้ากระดาษ หากรูปภาพแบ่งเป็น 2 ส่วน ให้มีการระบุคำอธิบายของแต่ละส่วน โดยใช้ตัวอักษรในการวงเล็บเรียงลำดับ เช่น (ก) (ข) หรือ (A) (B)</p> <p>ตัวอย่างรูปภาพ</p> <div style="text-align: center;"> ภาพที่ 1</div> <div style="text-align: center;"> ภาพที่ 2</div> <p>ตาราง</p> <p>ตารางที่แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลใช้ตารางแบบเส้นคู่เปิด-ปิดตาราง ดังตัวอย่าง</p> <p>ตารางที่ 1</p> <table border="1" data-bbox="592 1657 1226 1761"><tbody><tr><td data-bbox="592 1657 803 1707">A</td><td data-bbox="803 1657 1012 1707">B</td><td data-bbox="1012 1657 1226 1707">C</td></tr><tr><td data-bbox="592 1707 803 1761">1</td><td data-bbox="803 1707 1012 1761">2</td><td data-bbox="1012 1707 1226 1761">3</td></tr></tbody></table>	A	B	C	1	2	3
A	B	C						
1	2	3						

(ต่อ)

ที่	หัวข้อ/ส่วนประกอบ	คำอธิบาย
		การระบุหมายเลขลำดับรูปภาพและตารางในบทความควรระบุเป็นภาพที่ และตารางที่ เช่น ภาพที่ 1 และตารางที่ 1 สมการ การเขียนสมการให้เขียนไว้กลางคอลัมน์ เว้นบรรทัดบนและล่างอย่างละ 1 บรรทัดและมีการระบุลำดับของสมการโดยใช้ตัวเลขที่พิมพ์อยู่ในวงเล็บ เช่น (1) (2) ตำแหน่งของหมายเลขสมการจะต้องอยู่ชิดด้านขวาของคอลัมน์ ดังตัวอย่าง $A + B = C \qquad (1)$
9	การอ้างอิงในเนื้อหา	ลงรายการ (ชื่อผู้แต่ง, ปี) ตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในวารสารนี้ (ยึดรูปแบบ APA)
10	เอกสารอ้างอิง (References)	การอ้างอิงในเนื้อหาทุกรายการต้องนำไปใส่ไว้ในเอกสารอ้างอิงท้ายบทความในรูปแบบการลงรายการบรรณานุกรมที่กำหนดไว้ในวารสารนี้ (ยึดรูปแบบ APA)

รูปแบบการอ้างอิงในเนื้อหาและบรรณานุกรม

หนังสือ

รูปแบบการลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมหนังสือ

อ้างอิง	ภาษาไทย	(ชื่อ, ปี)
	ภาษาอังกฤษ	(นามสกุล, ตัวอักษรแรกของชื่อ., ปี)
บรรณานุกรม	ภาษาไทย	ชื่อ/นามสกุล./ (ปีที่พิมพ์). /ชื่อเรื่อง./ (ครั้งที่พิมพ์). /สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.
	ภาษาอังกฤษ	นามสกุล./อักษรย่อชื่อแรก ชื่อกลาง (ปีที่พิมพ์). /ชื่อเรื่อง/ครั้งที่พิมพ์./สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.

1. ผู้แต่งคนเดียว

(สมพงษ์, 2548)

สมพงษ์ ชูมาก. (2548). กฎหมายระหว่างประเทศแผนกคดีเมือง. (พิมพ์ครั้งที่ 3).

กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

(สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา, 2531)

กัลยานิวัฒนา, สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้า. (2531). **เจ้านายเล็กๆ ยุวกษัตริย์.**

(พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์.

(Wilson, 2007)

Wilson, K. (2007). **Smart choice.** (2 nd ed). London : Oxford University Press.

2. ผู้แต่งมากกว่า 3 คน

(อวยพร และคนอื่นๆ, 2548)

อวยพร พานิช และคนอื่นๆ. (2548). **ภาษาและหลักการเขียนเพื่อการสื่อสาร.**

กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

(Crouhy, et al., 2006)

Crouhy, M., et al. (2006). **The essentials of risk management.** New York :

McGraw-Hill.

3. ผู้แต่งเป็นหน่วยงาน

(มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2546)

สุโขทัยธรรมมาธิราช, มหาวิทยาลัย. (2546). **เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาการ**

วิจัยการบริหารการศึกษา. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

(สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2541)

การศึกษาแห่งชาติ, สำนักงานคณะกรรมการ. (2541). **การปฏิรูปการเรียนรู้ตามแนวคิด**

5 ทฤษฎี. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไอดีเอสแควร์,

(Ministry, 2002)

Education, Ministry of. (2002). **Chiangmai : Nop Bueri Si Nakon Ping.**

Bangkok : Ministry of Education.

4. วิทยานิพนธ์

(เขวงศักดิ์, 2543)

เขวงศักดิ์ เขียวเงิน. (2543). **การดำเนินงานการประกันคุณภาพการศึกษาของ**

สถาบันราชภัฏกำแพงเพชร. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันราชภัฏกำแพงเพชร.

(โอภามา, 2550)

โอภามา จำแกะ. (2550). **การจัดการตลาดทางเลือกเกษตรอินทรีย์ : กรณีศึกษา**

สหกรณ์การเกษตรยั่งยืนแม่ทาจำกัด ตำบลแม่ทา กิ่งอำเภอแม่อน

จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์พัฒนาชุมชนมหาบัณฑิต

คณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

(Almeida, 1990)

Almeida, D.M. (1990). **Father's participation in family work : Consequences for fathers' stress and father child relation.** Master's thesis, University of Victoria.

5. รายงานการประชุม

(นิทัศน์, 2540)

นิทัศน์ ภัทรโยธิน. (2540). **ตลาดซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า ในการประชุม นักบัญชีทั่วประเทศ ครั้งที่ 15 วิสัยทัศน์นักบัญชีไทย.** วันที่ 27-28 มิถุนายน พ.ศ. 2540 (หน้า 19-35). กรุงเทพฯ : สมาคมนักบัญชีและผู้สอบบัญชีรับอนุญาตแห่งประเทศไทย.

(Paitoon, 1995)

Paitoon Sinlarat. (1995). Success and failure of facility in Thai university. In Somwang Pitiyanuwat, et al. (Eds), **Preparing teachers for All the World's Children: An Era of Transformation Proceedings of International Conference, Bangkok 1992.** (pp. 217-233). Bangkok : UNICEF.

วารสาร

รูปแบบการลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมวารสาร การลงรายการชื่อผู้แต่งเหมือนหนังสือ

อ้างอิง (ชื่อ/ปีที่พิมพ์)

บรรณานุกรม ชื่อ/นามสกุล/(ปี/เดือน/วัน)/ชื่อบทความ/**ชื่อวารสาร**,/ปีที่(ฉบับที่)/หน้า (มัลลวีร์, นิตย และวิลาวลัย, 2549)

มัลลวีร์ อุดลวัฒน์ศิริ, นิตย บุษงามงคล และวิลาวลัย จตุรอำรง. (2549, กรกฎาคม-ธันวาคม). การศึกษาและพัฒนาพฤติกรรมทางจริยธรรมของเยาวชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **วารสารศึกษาศาสตร์**, 29(3-4), 83-92.

(Bekerian, 1993)

Bekerian, D.A. (1993, June). In search of the typical eyewitness. **American Psychologist**, 48, 574-576.

หนังสือพิมพ์

รูปแบบการลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมหนังสือพิมพ์ การลงรายการชื่อผู้แต่งเหมือนหนังสือ

อ้างอิง (ชื่อ/ปี)

บรรณานุกรม ชื่อ/นามสกุล./ปี./เดือน/วัน). ชื่อบทความหรือพาดหัวข่าว./
ชื่อหนังสือพิมพ์./หน้า.

(สมศรี, 2550)

สมศรี หาญอนันตสุข. (2550, มิถุนายน 26). ภาครัฐธรรมนุญใหม่จะสร้าง
มิติใหม่ให้สังคมพุทธ. **มติชน**, หน้า 7.

(Krishman, 2007)

Krishman, E. (2007, June 26). Rebuilding self-esteem

Bangkok post, p.1, 12.

จุลสาร

รูปแบบการอ้างอิงและบรรณานุกรมจุลสาร แผ่นพับ แผ่นปลิว

อ้างอิง (ชื่อผู้แต่งหรือหน่วยงานที่ผลิต./ปี)

บรรณานุกรม ชื่อผู้แต่งหรือหน่วยงานที่ผลิต./ปี)./ชื่อเรื่อง./[แผ่นพับ]/สถานที่พิมพ์:/
ผู้แต่งหรือหน่วยงานที่ผลิต.

(การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2541)

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2541). **ท่องเที่ยวสงขลา**. [แผ่นพับ].

สงขลา : การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย.

(Research and Training Center on Independent Living, 1993)

Research and Training Center on Independent Living. (1993).

Guidelines for reporting and writing about

people with disabilities. [Brochure]. Lawrence :

Research and Training Center on Independent Living.

โสตทัศนวัสดุ

รูปแบบการลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมโสตทัศนวัสดุ

อ้างอิง (ชื่อผู้สร้างหรือผู้ผลิต./ปี)

บรรณานุกรม ชื่อผู้สร้างหรือผู้ผลิต./ปี)./ชื่อเรื่อง./[ประเภทโสตทัศนวัสดุ]/สถานที่ผลิต:/
หน่วยงานหรือบริษัทที่ผลิต.

(ยุพดี, 2530)

ยุพดี พยัฆพันธ์ (ผู้บรรยาย). (2530). **ยาสมุนไพร**. [แถบบันทึกเสียง].

กรุงเทพฯ : องค์การวิทยาศาสตร์การแพทย์.

ซีดีรอม

รูปแบบการลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมซีดี-รอม (CD-ROM)

อ้างอิง (ชื่อผู้แต่ง./ปี)

บรรณานุกรม ชื่อผู้แต่ง./ปี./ชื่อเรื่อง./[CD-ROM]./Available:/แหล่งที่มา./[ปี./เดือน/วันที่สืบค้น].
(อุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร, 2543)

อุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร. (2543). [CD-ROM]. Available :
ฐานข้อมูลไปคูให้เต็มดลล้าค่าความเป็นไทย. [2544, มิถุนายน 23].
(Social Science Index, 1999)

Social Science Index. (1999). [CD-ROM]. Available : UMI/Social
Science Index. [2005, June 26].

เอกสารอิเล็กทรอนิกส์

1. การลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

อ้างอิง (ชื่อผู้แต่ง./ปี)

บรรณานุกรม ชื่อผู้แต่ง./ปี./ชื่อเรื่อง./[Online]. Available : แหล่งที่มา./
[ปี, เดือน/วันที่สืบค้น].

(อรรถศิษฐ์, 2542).

อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์. (2542). ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. [Online].

Available : [http://158.108.200.11/soil009hom-1/009421/
chap1.htm#era1](http://158.108.200.11/soil009hom-1/009421/chap1.htm#era1). [2550, กุมภาพันธ์ 20].

(Abell, 2002)

Abell, S.K. (2002). **Science teacher education : An international
perspeetive**. [Online]. Available : [http://ebook.Springkerlink.
com/Search/Search Results.aspx?](http://ebook.Springkerlink.com/Search/Search Results.aspx?) [2007, June 30].

2. การลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมวารสารอิเล็กทรอนิกส์

อ้างอิง (ชื่อผู้แต่ง./ปี)

บรรณานุกรม ชื่อผู้แต่ง./ปี./บทความ./ชื่อวารสาร [Online], /ปีที่./ฉบับที่).

Available:/แหล่งที่มา./[ปี./เดือน/วันที่สืบค้น].

(Kenneth, 1998)

Kenneth, I. (1998). A Buddhist response to the nature of human
rights. **Journal of Buddhist Ethies** [Online], 2, (9).

Available : <http://www.cac.psu.edu/Jbe/twocont.html>.
[2006, August 12].

3. การลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมหนังสือพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์

- อ้างอิง** (ชื่อผู้แต่ง, วัน/เดือน/ปี)
- บรรณานุกรม** ชื่อผู้แต่ง./ (ปี./เดือน/วัน)./บทความหรือพาดหัวข่าว ใน **ชื่อหนังสือพิมพ์**
[Online]. Available : แหล่งที่มา [ปี, เดือน วันที่สืบค้น].
(ชุม, (นามแฝง), 25 ตุลาคม 2542)
ชุม. (นามแฝง). (2542, ตุลาคม 25). บุญของคนไทย ใน **ไทยรัฐ**. [Online].
Available : <http://www.thairath.co.th>. [2542, ตุลาคม 25].
(ศธ. ยุติการถ่ายโอนสถานศึกษาบัญชี 2, 2550)
ศธ. ยุติการถ่ายโอนสถานศึกษาบัญชี 2. (2550, มิถุนายน 23). ใน **ไทยรัฐ**.
[Online]. Available : <http://www.thairath.co.th>. [2550, มิถุนายน 30].

4. การลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมจากเว็บไซต์เว็บ (www.)

- อ้างอิง** (ชื่อผู้แต่ง./ปี)
- บรรณานุกรม** ชื่อผู้แต่ง./ (ปี)./ชื่อเรื่องหรือหัวข้อเรื่อง./[Online]./Available:/แหล่งที่มา./
[ปี./เดือน/วันที่สืบค้น].
(ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, ม.ป.ป.)
เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, ศูนย์. (ม.ป.ป.).
การจัดการศึกษาทางไกล. [Online]. Available : <http://www.nectec.or.th/courseware/cai/0015.htm>. [2550, กรกฎาคม 1].
(Ministry of Education, 2005)
Education, Ministry of. (2005). **The Regional Seminar on Higher Education in Southeast Asian Countries**. [Online].
Available : <http://www.inter.mua.go.th/news/News%20January%202005.htm>. [2006, January 5].

การสัมภาษณ์

การลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมจากการสัมภาษณ์

- อ้างอิง** (ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์./ปี/เดือน/วันที่สัมภาษณ์)
- บรรณานุกรม** ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์./ (ปี./เดือน/วันที่สัมภาษณ์)./ตำแหน่ง./สัมภาษณ์.
(ดิลก, 2543)
ดิลก บุญเรืองรอด. (2543, กรกฎาคม 14). อธิการบดี, สถาบันราชภัฏ
สวนสุนันทา. สัมภาษณ์.
(Page, 1991)
Page, O. (1991, March 5). President, Austin Peay State University. Interview.

แบบฟอร์มการส่งบทความเพื่อเผยแพร่ใน สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

1. ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....
2. ระดับการศึกษาสูงสุด.....ตำแหน่งทางวิชาการ.....
3. สถานะภาพของผู้ส่งบทความ อาจารย์ บุคคลทั่วไป
4. ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก
.....
โทรศัพท์.....E-mail.....
5. ประเภทบทความ บทความวิจัย บทความวิชาการ
6. ชื่อบทความ
(ภาษาไทย).....
(ภาษาอังกฤษ).....
7. บทความฉบับนี้มีการอ้างอิงบทความจาก สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน.....บทความ โดยเป็นบทความของอาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จำนวน.....บทความ หรืออ้างอิงบทความของอาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จากวารสารอื่นๆ จำนวน.....บทความ
8. บทความฉบับนี้มิได้คัดลอกผลงาน มิได้ละเมิดลิขสิทธิ์ และไม่ขัดต่อกฎหมายใดๆ ซึ่งผู้เขียนบทความเขียนโดยใช้ความรู้ ความสามารถและการสังเคราะห์ของตนเอง
9. ผู้เขียนบทความยินยิตใช้ค่าเสียหายใดๆ ที่อาจมีผู้เรียกร้องหรือฟ้องร้องตามกฎหมายทุกประการ โดยไม่เกี่ยวข้องกับพิจารณาตีพิมพ์บทความของกองบรรณาธิการหรือเจ้าของวารสาร
10. กรณีบทความที่มีผู้เขียนบทความมากกว่า 1 คน ผู้เขียนบทความทุกคนได้ลงชื่อยืนยันการเป็นผู้เขียนบทความ โดยยอมรับและปฏิบัติตามเงื่อนไขของวารสารนี้ทุกประการ

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ไม่เคยตีพิมพ์ในวารสาร รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ รวมทั้งไม่อยู่ระหว่างยื่นขอตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และยินยอมว่าบทความที่ตีพิมพ์ลงใน สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรในการนี้ข้าพเจ้าดำเนินการจัดพิมพ์ตามรูปแบบการเขียนบทความที่มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้กำหนดไว้ทุกประการ และได้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตามรายการตรวจสอบบทความ และข้าพเจ้าได้ส่งบทความในระบบ Online ที่ <http://research.kpru.ac.th/sendjournal/> เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ลงชื่อ.....
(.....)

ผู้เขียนบทความ

ลงชื่อ.....
(.....)

ผู้เขียนบทความ

ลงชื่อ.....
(.....)

ผู้ส่งบทความ

ลงชื่อ.....
(.....)

ผู้ส่งบทความ

ลงชื่อ.....
(.....)

ผู้ส่งบทความ

- หมายเหตุ**
- 1.ถ้ามีผู้เขียนบทความมากกว่า 1 คน ขอให้ลงชื่อเป็นผู้ส่งบทความทุกคน
 - 2.บทความที่ส่งมาโดยไม่มีใบรายการตรวจสอบบทความหรือไม่ครบหรือไม่ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ จะไม่ดำเนินการในขั้นตอนใดๆ จนกว่าจะมีการส่งรายการตรวจสอบบทความดังกล่าว ผู้เขียนบทความสามารถ download แบบฟอร์มรายการตรวจสอบบทความได้จาก http://research.kpru.ac.th/old/journal_science/

แบบฟอร์มรายการตรวจสอบบทความเพื่อนำส่งตีพิมพ์ในวารสาร

“สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี”

คำชี้แจง : ผู้เขียนบทความโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงหน้ารายการที่ท่านได้ตรวจสอบบทความของท่านในรายการที่พบว่ามีปรากฏในบทความของท่านอย่างครบถ้วนถูกต้องแล้วตามคำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความที่วารสารได้กำหนดไว้

- เป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
- ไม่ได้เป็นบทความที่อยู่ระหว่างการพิจารณาของวารสารหรือการประชุมทางวิชาการอื่นๆ
- ไฟล์ที่ส่งได้จัดทำตามรูปแบบที่ระบุในคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับเท่านั้น อยู่ในรูปแบบของ

Word และใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK เท่านั้น

- รูปภาพประกอบเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล .JPEG เท่านั้น

บทความวิชาการมีหัวข้อตามที่กำหนด ดังนี้

- ชื่อเรื่อง/บทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ชื่อ/ที่อยู่ผู้เขียน มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- คำสำคัญ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทนำ
- เนื้อหา
- สรุป
- เอกสารอ้างอิง

บทความวิจัยมีหัวข้อตามที่กำหนด ดังนี้

- ชื่อบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ชื่อ/ที่อยู่ผู้เขียนบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- คำสำคัญ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทนำ
- วิธีดำเนินการวิจัย
- ผลการวิจัย
- อภิปรายผล
- กิตติกรรมประกาศ
- เอกสารอ้างอิง

แบบฟอร์มการส่งบทความเพื่อเผยแพร่ใน สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

1. ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....

ตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี).....

2. กำหนดการที่คาดว่าจะสำเร็จการศึกษา วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

3. ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

เลขที่.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....

รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....

E-mail.....

4. ประเภทบทความ บทความวิจัย บทความวิชาการ

5. ชื่อบทความ

(ภาษาไทย).....

(ภาษาอังกฤษ).....

6. บทความฉบับนี้มีการอ้างอิงบทความจาก สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน.....บทความ

7. อ้างอิงบทความของอาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จำนวน.....บทความ

8. อ้างอิงบทความของอาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จากวารสารอื่นๆ จำนวน.....บทความ

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และยินยอมว่าบทความที่ตีพิมพ์ลงใน สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ในการนี้ข้าพเจ้าดำเนินการจัดพิมพ์ตามรูปแบบการเขียนบทความที่มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้กำหนดไว้ทุกประการ และได้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตามรายการตรวจสอบบทความเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ลงชื่อ.....

(.....)

ความคิดเห็นของประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ผู้เขียนบทความ

“พิจารณาบทความแล้วเห็นสมควรเผยแพร่ได้”

ลงชื่อ.....

.....

(.....)

(.....)

ผู้เขียนบทความ

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เขียนบทความ

หมายเหตุ 1. ถ้ามีผู้เขียนบทความมากกว่า 1 คน ขอให้ลงชื่อเป็นผู้เขียนบทความทุกคน

2. บทความที่ส่งมาโดยไม่มีใบรายการตรวจสอบบทความหรือมีไม่ครบฝ่ายจัดการวารสารจะไม่ดำเนินการในขั้นตอนใดๆ

จนกว่าจะมีการส่งรายการตรวจสอบบทความดังกล่าว ผู้เขียนบทความสามารถ download

แบบฟอร์มรายการตรวจสอบบทความได้จาก http://research.kpru.ac.th/old/journal_science/

แบบฟอร์มรายการตรวจสอบบทความเพื่อนำส่งตีพิมพ์ในวารสาร

“สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี”

คำชี้แจง : ผู้เขียนบทความโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงหน้ารายการที่ท่านได้ตรวจสอบบทความของท่านในรายการที่พบว่ามีปรากฏในบทความของท่านอย่างครบถ้วนถูกต้องแล้วตามคำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความที่วารสารได้กำหนดไว้

- เป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
- ไม่ได้เป็นบทความที่อยู่ระหว่างการพิจารณาของวารสารหรือการประชุมทางวิชาการอื่นๆ
- ไฟล์ที่ส่งได้จัดทำตามรูปแบบที่ระบุในคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับเท่านั้น อยู่ในรูปแบบของ

Word และใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK เท่านั้น

- รูปภาพประกอบเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล .JPEG เท่านั้น

บทความวิชาการมีหัวข้อตามที่กำหนด ดังนี้

- ชื่อเรื่อง/บทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ชื่อ/ที่อยู่ผู้เขียน มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- คำสำคัญ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทนำ
- เนื้อหา
- สรุป
- เอกสารอ้างอิง

บทความวิจัยมีหัวข้อตามที่กำหนด ดังนี้

- ชื่อบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ชื่อ/ที่อยู่ผู้เขียนบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- คำสำคัญ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทนำ
- วิธีดำเนินการวิจัย
- ผลการวิจัย
- อภิปรายผล
- กิตติกรรมประกาศ
- เอกสารอ้างอิง

แบบฟอร์มค่าใช้จ่ายในการตีพิมพ์บทความเพื่อเผยแพร่ในวารสาร

สังกัด : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ข้อมูลผู้ส่งบทความ

ชื่อ นางสาว/นาง/นาย

เบอร์โทร..... e-mail

ที่อยู่จัดส่งใบเสร็จรับเงิน เลขที่.....ตำบล.....อำเภอ.....

จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....

2. ค่าดำเนินการตรวจประเมินบทความ บทความละ 4,500 บาท

3. ค่าสมัครสมาชิกวารสาร ปีละ 1,000 บาท

มีความประสงค์สมัครสมาชิก ไม่มีความประสงค์สมัครสมาชิก

4. การชำระเงิน

โอนเงินเข้าบัญชีธนาคารกรุงไทย สาขาซากงราว จำนวน.....บาท

เลขบัญชี 347-0-60979-9

ชื่อบัญชี สังกัด : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

แจ้งหลักฐานการชำระเงินทางระบบส่งบทความ

ลงชื่อผู้ส่งบทความ.....

(.....)

...../...../.....

หมายเหตุ : กรณีบทความไม่ได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ลงในวารสาร สังกัด : วารสารวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี ทางกองบรรณาธิการจะไม่คืนค่าใช้จ่ายในการตีพิมพ์ของท่าน

จริยธรรมในการตีพิมพ์ในวารสาร “สักทอง” (Publication Ethics)

การเผยแพร่ผลงานวิชาการ ผลงานสร้างสรรค์ในปัจจุบันมีหลายลักษณะ ซึ่งประกอบด้วย หนังสือ ตำรา เอกสารประกอบการสอน งานแปล บทความวิชาการ บทความวิจัย งานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ งานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการ งานประดิษฐ์หรืองานสร้างสรรค์ วารสาร “สักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” มุ่งมั่นที่จะรักษามาตรฐานด้านจริยธรรมในการตีพิมพ์อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องจะต้องปฏิบัติตามหลักการและมาตรฐานด้านจริยธรรมในการตีพิมพ์ (Publication Ethics) อย่างเคร่งครัด ดังนี้

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการและกองบรรณาธิการ (Duties of Editors)

1. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องรักษามาตรฐานของวารสาร รวมทั้งพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพ และทันสมัยอยู่เสมอ
2. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้พิมพ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ และจะต้องไม่นำบทความหรือวารสารไปใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจ และนำไปเป็นผลงานของตนเอง
3. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการพิจารณาคุณภาพของบทความอย่างเคร่งครัด
4. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาและตรวจสอบบทความที่ส่งมาเพื่อขอลงตีพิมพ์ในวารสารทุกบทความ โดยพิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหา กับเป้าหมายและขอบเขตของวารสาร รวมทั้งตรวจสอบคุณภาพของบทความก่อนตีพิมพ์
5. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องไม่แก้ไขผลการประเมินบทความของผู้ทรงคุณวุฒิ
6. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องใช้เหตุผลทางวิชาการในการพิจารณาบทความทุกครั้งโดยปราศจากอคติที่มีต่อบทความ ผู้พิมพ์ และสังกัดของผู้พิมพ์
7. หากบรรณาธิการและกองบรรณาธิการตรวจสอบพบว่าบทความที่ตรวจพิจารณา มีการคัดลอกผลงาน บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องแจ้งให้ผู้พิมพ์ทราบทันที และปฏิเสธการตีพิมพ์บทความนั้น
8. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้พิมพ์ ให้แก่บุคคลอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง
9. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการจะไม่รับบทความที่เคยตีพิมพ์เผยแพร่แล้ว

บทบาทและหน้าที่ของผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินบทความ (Duties of Reviewers)

1. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องคำนึงถึงคุณภาพบทความเป็นหลัก โดยพิจารณาบทความด้วยหลักการและเหตุผลทางวิชาการ โดยปราศจากอคติ และไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์
2. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องรักษาระยะเวลาในการตรวจประเมินตามกรอบเวลาที่กำหนด และไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความให้ผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง
3. ผู้ทรงคุณวุฒิควรประเมินบทความในสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญโดยพิจารณาความสำคัญของเนื้อหาในบทความที่จะมีต่อสาขาวิชานั้นๆ คุณภาพของการวิเคราะห์ และความเข้มข้นของผลงาน ไม่ควรใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลรองรับมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินบทความวิจัย
4. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่แสวงหาผลประโยชน์จากบทความที่ตรวจประเมินโดยเด็ดขาด
5. หากผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบพบว่าบทความที่ตรวจพิจารณา มีการคัดลอกผลงานจากที่อื่นๆ ผู้ทรงคุณวุฒิต้องแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบทันที หรือปฏิเสธบทความนั้น โดยการประเมินให้ “ไม่ผ่าน”

บทบาทและหน้าที่ของผู้นิพนธ์ (Duties of Authors)

1. บทความของผู้นิพนธ์ต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
2. ชื่อผู้นิพนธ์ที่ปรากฏในบทความต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในการเรียบเรียงบทความนี้จริง
3. ผู้นิพนธ์ต้องไม่คัดลอกผลงานของผู้อื่น และต้องมีการอ้างอิงทุกครั้งเมื่อนำผลงานของผู้อื่นมาเสนอหรืออ้างอิงในเนื้อหาและท้ายบทความของตนเอง ถ้าวารสารทราบว่าบทความของผู้นิพนธ์มีการคัดลอกผลงานของผู้อื่น ทางวารสารจะไม่ขอรับผิดชอบ และให้เอาผิดจากผู้นิพนธ์ทุกประการ
4. ผู้นิพนธ์ต้องไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จในบทความ
5. ผู้นิพนธ์ต้องเขียนบทความให้ตรงตามรูปแบบที่วารสารกำหนดไว้ในคำแนะนำของวารสารอย่างถูกต้อง รวมทั้งต้องไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จในบทความ
6. ผู้นิพนธ์ต้องยินยอมโอนลิขสิทธิ์ให้แก่วารสารก่อนการตีพิมพ์ และไม่นำบทความไปเผยแพร่หรือตีพิมพ์กับแหล่งอื่นๆ หลังจากที่ได้รับการตีพิมพ์แล้ว



ประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
เรื่อง การเรียกเก็บและการเบิกจ่ายเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความในวารสาร
ค่าสมัครสมาชิกวารสาร และค่าเล่มวารสาร พ.ศ. ๒๕๖๒

ตามที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรมีการจัดทำวารสารเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย ผลงานสร้างสรรค์ และผลงานวิชาการในสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และสักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินการดังกล่าวเป็นไปด้วยความเรียบร้อย อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๑ แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ ประกอบกับข้อ ๕.๒ และข้อ ๖ แห่งข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรว่าด้วยการจัดบริการวิชาการและจัดหารายได้ พ.ศ. ๒๕๕๙ และที่แก้ไขเพิ่มเติม และมติที่ประชุมคณะกรรมการบริหารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ ๒/๒๕๖๒ เมื่อวันที่ ๑๒ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๒ จึงออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า “ประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เรื่อง การเรียกเก็บและการเบิกจ่ายเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความในวารสาร ค่าสมัครสมาชิกวารสาร และค่าเล่มวารสาร พ.ศ. ๒๕๖๒”

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันที่ ๒๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๒ เป็นต้นไป

ข้อ ๓ ในประกาศนี้

“มหาวิทยาลัย” หมายความว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

“อธิการบดี” หมายความว่า อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

“สถาบันวิจัยและพัฒนา” หมายความว่า สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏ

กำแพงเพชร

“วารสาร” หมายความว่า วารสารของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้แก่ สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ หรือสักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

“บุคลากรภายใน” หมายความว่า ข้าราชการพลเรือน พนักงานมหาวิทยาลัย พนักงานราชการ ลูกจ้างชั่วคราว สังกัดมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร และนักศึกษาซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

“บุคคลภายนอก” หมายความว่า บุคคลอื่นใดที่ไม่ได้สังกัดมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

“ผู้ทรงคุณวุฒิ” หมายความว่า ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาขาอื่นๆ ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร

“สมาชิก” หมายความว่า บุคลากรภายในหรือบุคคลภายนอกที่สมัครเป็นสมาชิกวารสาร

ข้อ ๔ มหาวิทยาลัยเรียกเก็บเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความ ค่าสมาชิกวารสาร และค่าเล่มวารสารจากบุคลากรภายในและบุคคลภายนอก ดังนี้

๔.๑ ค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความในวารสาร บทความละ ๔,๕๐๐ บาท

๔.๒ ค่าสมัครสมาชิกวารสาร ปีละ ๑,๐๐๐ บาท

๔.๓ ค่าเล่มวารสาร เล่มละ ๕๐๐ บาท

ข้อ ๕ เงินค่าธรรมเนียมที่เรียกเก็บจากการตีพิมพ์บทความ ค่าสมาชิกวารสาร และค่าเล่มวารสาร จากบุคลากรภายในและบุคลากรภายนอก ในข้อ ๔ ให้ดำเนินการดังนี้

๕.๑ ใช้ใบเสร็จเบ็ดเตล็ดของมหาวิทยาลัยเป็นใบเสร็จรับเงินที่เรียกเก็บตามประกาศนี้

๕.๒ นำเงินฝากธนาคารกรุงไทย สาขาซากังราว ในชื่อบัญชี สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ของมหาวิทยาลัย

๕.๓ เมื่อสิ้นปีงบประมาณหากมีเงินเหลือให้สมทบเป็นเงินรายได้เงินฝากถอนคืนวารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ของสถาบันวิจัยและพัฒนา

ข้อ ๖ สถาบันวิจัยและพัฒนาเบิกจ่ายเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความ ค่าสมาชิกวารสาร และค่าเล่มวารสาร ในข้อ ๔ ดังนี้

๖.๑ จัดสรรเป็นเงินรายได้ประเภทเงินฝากถอนคืนของมหาวิทยาลัย ร้อยละ ๑๐

๖.๒ จัดสรรเป็นเงินรายได้ประเภทเงินฝากถอนคืนของสถาบันวิจัยและพัฒนา ไม่เกินร้อยละ ๑๐

๖.๓ ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจบทความ คนละ ๑,๐๐๐ บาท ต่อ ๑ บทความ

๖.๔ ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจบทความย่อและบรรณานุกรมภาษาอังกฤษ บทความละ

๓๐๐ บาท

๖.๕ ค่าใช้สอยในการประชุมกองบรรณาธิการ ไม่เกินครั้งละ ๑,๐๐๐ บาท

๖.๖ ค่าใช้สอยในการจัดส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่เกินบทความละ ๒๐๐ บาท

การเบิกจ่ายเพื่อจัดสรรเป็นเงินรายได้ในข้อ ๖.๑ และ ๖.๒ ให้เป็นหน้าที่ของเจ้าหน้าที่การเงินเป็นผู้เบิกจ่าย

ข้อ ๗ ค่าใช้จ่ายอื่นที่นอกเหนือจากที่ระบุไว้ในข้อ ๖ ให้เบิกจ่ายตามระเบียบกระทรวงการคลัง หรือระเบียบมหาวิทยาลัย

ข้อ ๘ ให้อธิการบดีเป็นผู้รักษาการตามประกาศนี้ ในกรณีที่เกิดปัญหาจากการปฏิบัติตามประกาศนี้ ให้อธิการบดีมีอำนาจตีความและวินิจฉัยชี้ขาด การวินิจฉัยชี้ขาดของอธิการบดีถือเป็นที่สุด

ประกาศ ณ วันที่ ๒๑ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๒



(รองศาสตราจารย์สุวิทย์ วงษ์บุญมาก)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร



<https://research.kpru.ac.th/>