ISSN : 2586-8101

ISSN : 2697-6447 (Online)

Sci&Tech RMUTSB วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ

Journal of Science and Technology RMUTSB

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

วารสาร
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มทร.สุวรรณภูมิ

ชื่อหนังสือ วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ (Journal of science and technology RMUTSB)

Print ISSN: 2586-8101

Online ISSN: 2697-6447

เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

วัตถุประสงค์และขอบเขต

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ เป็นวารสารด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ราย 4 เดือน (ปีละ 3 ฉบับ) ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม-เมษายน ฉบับที่ 2 เดือน พฤษภาคม-สิงหาคม ฉบับที่ 3 เดือน กันยายน-ธันวาคม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอดผลงานวิจัยและผลงานวิชาการในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย เรื่องที่จะลงตีพิมพ์ต้องเป็นบทความวิจัย หรือบทความวิชาการ (ภาษาของบทความ ได้แก่ ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ) ที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อน และหรืออยู่ระหว่างการรอพิจารณาจากวารสารอื่น รวมทั้งผู้นิพนธ์ต้องไม่ละเมิดหรือคัดลอกผลงานของผู้อื่นหากนำผลงานของผู้อื่นมาใช้จะต้องมีการจัดทำการอ้างอิงตามรูปแบบที่วารสารกำหนด บทความที่จะลงตีพิมพ์จะได้รับการพิจารณากลั่นกรองแบบปกปิด (Double blinded) โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญในสาขานั้นๆ จากหลากหลายสถาบัน และไม่อยู่ในสังกัดเดียวกันกับผู้นิพนธ์ ทั้งนี้บทความ ข้อความ ภาพประกอบ และตาราง ที่ลงตีพิมพ์ในวารสารเป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้นิพนธ์ กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป และไม่มีส่วนรับผิดชอบใดๆ ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์แต่เพียงผู้เดียว

วารสารนี้ไม่มีค่าธรรมเนียมในการตีพิมพ์ โดยได้รับการสนับสนุนวารสารจาก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

สารจากบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ (Journal of Science and Technology RMUTSB) เป็นวารสารวิชาการที่จัดทำโดยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ก่อตั้งขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอดองค์ความรู้ งานวิจัย และบทความวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเปิดกว้างทั้งนักวิชาการภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ที่สำคัญคือไม่มีค่าใช้จ่ายในการตีพิมพ์ อีกทั้งวารสารยังได้รับการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) กลุ่มที่ 2 ตามผลประเมินคุณภาพรอบที่ 5 พ.ศ. 2568–2572 ซึ่งสะท้อนถึงความมุ่งมั่นของทีมงานในการรักษามาตรฐานวิชาการอย่างต่อเนื่อง

ฉบับปัจจุบันเป็นปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม–สิงหาคม 2568) ประกอบด้วยบทความวิจัย 6 เรื่อง และบทความวิชาการ 1 เรื่อง ครอบคลุมเนื้อหาทางวิชาการที่หลากหลาย ทั้งวิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร วิทยาศาสตร์ประยุกต์ สาธารณสุขศาสตร์ พละศึกษาและวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณิตศาสตร์และสถิติ การศึกษา รวมถึงศาสตร์อื่น ๆ ที่เชื่อมโยงและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในสังคม

ในนามของกองบรรณาธิการ ขอน้อมขอบพระคุณผู้นิพนธ์ทุกท่านที่ ได้ให้ความสนใจส่งผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ ขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ร่วมเป็นพลังสำคัญในการประเมินคุณภาพบทความอย่างเข้มแข็ง โดยให้ความอนุเคราะห์ประเมินคุณภาพบทความมาโดยตลอด ดิฉันเชื่อมั่นว่าวารสารฉบับนี้จะสร้างแรงบันดาลใจและเป็นประโยชน์ต่อวงวิชาการและผู้สนใจทุกท่าน

สุดท้ายนี้ ขอเชิญชวนทุกท่านที่มีผลงานวิจัยหรือบทความวิชาการ ส่งเข้ามาร่วมตีพิมพ์เพื่อขับเคลื่อนความรู้และนวัตกรรมไปข้างหน้าร่วมกัน รายละเอียดเพิ่มเติมสามารถติดตามได้ที่เว็บไซต์: https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/JSciTech

ด้วยความจริงใจและความมุ่งมั่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นฎาภัสส์ คุ้มกลาง

บรรณาธิการ

สารบัญ

สารบัญ (ต่อ)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม 2568-สิงหาคม 2568)

การเปรียบเทียบตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษ

A COMPARISON OF TIME SERIES MODELS FOR FOOD POISONING CASES

ศวิตา ทองขุนวงศ์ *[1] ภัคพล สวัสกมล [2]
Sawita Thongkunwong *[1], Phakkhaphon Sawatkamon [2]

*[1] *โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*
[2] *สาขาวิชาคณิตศาสตร์และภูมิสารสนเทศ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*
*[1] *Suranaree University of Technology Hospital, Suranaree University of Technology*
[2] *School of Mathematical Science and Geoinformatics, Institute of Science, Suranaree University of Technology*
** E-mail sawiphak2424@gmail.com*

วันที่รับบทความ 20 เมษายน 2568 วันแก้ไขบทความ 28 มิถุนายน 2568 วันตอบรับบทความ 25 กรกฎาคม 2568

บทคัดย่อ

โรคอาหารเป็นพิษ เกี่ยวกับโรคทางเดินอาหารอาจเกิดจากผู้บริโภค บริโภคอาหารและเครื่องดื่มที่มีการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคทางเดินอาหาร เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เป็นต้น ปัจจุบันมีผู้ติดเชื้อทางเดินอาหารมาพบแพทย์เพิ่มขึ้น ในเขตจังหวัดนครราชสีมา จึงมีการพัฒนาตัวแบบอนุกรมเวลาเพื่อทำนายจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษ เพื่อใช้วางแผนกำหนดนโยบายการป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อก่อโรคทางเดินอาหารในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เปรียบเทียบตัวแบบทำนายอนุกรมเวลาทั้งหมด 4 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบ AR(p), ตัวแบบ MA(q), ตัวแบบ ARMA(p,q) และตัวแบบ ARIMA(p,q,d) โดยใช้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษรายสัปดาห์ของเขตสุขภาพที่ 9 จำนวน 53 สัปดาห์ ใช้ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ในการประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบ

ผลการศึกษา พบว่า ตัวแบบที่เหมาะสมกับการทำนายจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษของเขตสุขภาพที่ 9 คือ ตัวแบบ ARIMA(1,2,1) ซึ่งตัวแบบให้ค่าค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ เท่ากับ 16.20%
คำสำคัญ: โรคอาหารเป็นพิษ; อนุกรมเวลา; ตัวแบบอารีมา

ABSTRACT

Food poisoning is related to digestive system diseases and can happen when people consume food or drinks contaminated with harmful germs, such as bacteria or viruses. Recently, the number of patients with digestive infections visiting doctors has increased in Nakhon Ratchasima Province. Therefore, a time series forecasting model was developed to predict the number of food poisoning cases. This helps in planning and making effective policies to prevent the spread of digestive system infections in the future, reducing the number of food poisoning patients. This study aims to compare four time series forecasting models: AR(p), MA(q), ARMA(p,q), and ARIMA(p,d,q), based on weekly data of food poisoning cases from Health Region 9 over 53 weeks. The models' performance was evaluated using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

The results indicated that the ARIMA(1,2,1) model was the most appropriate for forecasting food poisoning cases in Health Region 9, achieving a MAPE of 16.20%.
Keywords: Food poisoning; Time series; ARIMA model

1. บทนำ

โรคอาหารเป็นพิษ เกิดจากการบริโภคอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีการปนเปื้อนของเชื้อต่าง ๆ เช่น เชื้อแบคทีเรีย ไวรัส หรือเชื้อปรสิต โดยอาการสามารถเกิดขึ้นได้ภายในไม่กี่ชั่วโมงหลังรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีการปนเปื้อน อาการที่พบบ่อย ได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย ถ่ายเหลว หรือมีมูกเลือด ปวดท้อง และอาจมีไข้ร่วมด้วย [1] การป้องกันโรคสามารถทำได้โดยการเลือกรับประทานอาหารที่สะอาด สุกใหม่ ล้างมือก่อนรับประทานอาหาร และหลีกเหลี่ยงการรับประทานอาหารที่เก็บค้างคืน [2] ซึ่งโรคอาหารเป็นพิษนั้นจัดอยู่ในกลุ่มโรคที่มีอัตราการป่วยสูงของประเทศไทย สามารถเกิดขึ้นได้กับทุก ๆ ช่วงอายุ โดยมักมีการระบาดเป็นกลุ่มก้อนในกรณีที่มีการรับประทานอาหารร่วมกัน [3] จากข้อมูลของกรมควบคุมโรค ในช่วงวันที่ 1 มกราคาม 2568 ถึง 14 มีนาคม 2568 พบผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษสะสม 37,831 ราย คิดเป็นอัตราป่วย 58.28 รายต่อประชาการแสนคน โดยกลุ่มอายุ 5 – 9 ปี เป็นกลุ่มอายุที่มีอัตราการป่วยสูงสุด [4]

การนำตัวแบบอนุกรมเวลามาช่วยในการทำนายจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษนั้น จะสามารถช่วยกำหนดนโยบาย การจัดการทรัพยากรทางการแพทย์ที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับการทำนายจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษ ทั้งหมด 4 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบ AR ตัวแบบ MA ตัวแบบ ARMA และตัวแบบ ARIMA จากนั้นทำการเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดจะใช้ในการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษ

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยเน้นผลงานวิจัยที่นำตัวแบบอนุกรมเวลามาใช้ในการพยากรณ์ทางระบาดวิทยา ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ ดาว สงวนรังศิริกุล และคณะ [5] ได้ศึกษาการพยากรณ์จำนวนประชากรที่เป็นโรคระบาดวิทยาเฝ้าระวังในกรุงเทพมหานคร โดยพิจารณาตัวแบบที่เหมาะสมจากค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย เป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้มและฤดูกาล ในขณะที่วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ เป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีแนวโน้มและฤดูกาล งานวิจัยของ สุมิตรา เมืองขวา [6] ได้ศึกษาการพยากรณ์ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่จำหน่ายออกของโรงพยาบาล ในสังกัดคณะแพทย์ศาสตร์วชิรพยาบาล โดยใช้เทคนิคปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบง่าย ผลการพยากรณ์แสดงให้เห็นว่า ในช่วงปีงบประมาณ 2560-2563 แนวโน้มจำนวนผู้ป่วยไม่น้อยกว่า 608 รายต่อปีงบประมาณ ซึ่งการพยากรณ์ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ เท่ากับ 12.22% งานวิจัยของ ปรีชา เครือสม และคณะ [7] ใช้ตัวแบบระบบเกรย์ GM(1,1) เพื่อพยากรณ์การแพร่ระบาด

ของโรคไข้เลือดออก ในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวแบบสามารถให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำ โดยให้ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ เท่ากับ 6.10% นอกจากนี้ งานวิจัยของ วรียา วงพานิช [8] ได้ประยุกต์ใช้ตัวแบบ ARIMA(1,1,1)x$(1,0,1)^{12}$ ในการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการพยากรณ์พบว่าตัวแบบดังกล่าวมีความเหมาะสมที่สุด โดยให้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSE) เท่ากับ 80.63

3. วิธีการวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิของจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษรายสัปดาห์ในเขตสุขภาพที่ 9 ครอบคลุมช่วงเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2567 จำนวน 53 สัปดาห์ ข้อมูลดังกล่าวได้จากเว็บไซต์ของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดนครราชสีมา [9]

จากนั้นทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชุดข้อมูลสำหรับฝึก (training set) และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ (testing set) ในอัตราส่วน 9 : 1 โดยใช้ข้อมูล 47 สัปดาห์แรกในการสร้างตัวแบบ และใช้ข้อมูลอีก 6 สัปดาห์ที่เหลือในการประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบ

ทั้งนี้ การเลือกแบ่งข้อมูลในอัราส่วน 9 : 1 เป็นผลจากการพิจารณาอย่างรอบคอบของผู้วิจัย เนื่องจากจำนวนข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มีจำกัด จึงเลือกใช้ข้อมูลส่วนใหญ่ในการฝึกแบบจำลอง [11] เพื่อให้แบบจำลองได้เรียนรู้แนวโน้มของข้อมูลได้อย่างเหมาะสม และเก็บข้อมูลส่วนที่เหลือไว้ประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบ โดยเฉพาะกรณีของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ต้องอาศัยความต่อเนื่องของข้อมูล หากใช้ข้อมูลสำหรับการฝึกน้อยเกินไปอาจส่งผลให้แบบจำลองมีข้อจำกัดในการเรียนรู้โครงสร้างของข้อมูลได้

3.2 สร้างตัวแบบอนุกรมเวลา

ในขั้นตอนนี้สร้างตัวแบบอนุกรมเวลาทั้งหมด 5 ตัวแบบ โดยใช้โปรแกรม R version 4.2.0 ประมวลผลบนระบบปฏิบัติการ window 11 สำหรับงานวิจัยนี้จะอธิบายรายละเอียดของแต่ละตัวแบบโดยสังเขป เพื่อแสดงถึงแนวคิดของแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1 ตัวแบบ Autoregressive อันดับที่ p หรือ $\mathrm{AR}(p)$

เป็นตัวแบบที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของอนุกรมเวลากับค่าของมันเองในอดีต กล่าวคือ ค่าของอนุกรมเวลาในช่วงปัจจุบันสามารถอธิบายได้ด้วยค่าของอนุกรมเวลาในช่วงเวลาก่อนหน้า p ลำดับ การกำหนดอันดับของตัวแบบสามารถพิจารณาได้จากกราฟอัตสหสัมพันธ์บางส่วน (Partial Auto Correlation Function: PACF) โดยตัวแบบ $\mathrm{AR}(p)$ แสดงได้ด้วยสมการ

$$Y_t = a_0 + a_1Y_{t-1} + a_2Y_{t-2} + \ldots + a_pY_{t-p} + \varepsilon_t \tag{1}$$

โดยที่ Y_t คือ อนุกรมเวลาในช่วงเวลาที่ t

a_0 คือ ค่าคงที่

$a_1, a_2, \ldots, a_p$ คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

ε_t คือ ตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อน (white noise)

3.2.2) ตัวแบบ Moving Average อันดับที่ q หรือ $\mathrm{MA}(q)$

เป็นตัวแบบที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของอนุกรมเวลา โดยค่าอนุกรมเวลาในช่วงปัจจุบันขึ้นอยู่กับค่าตัวแปรสุ่มคาดเคลื่อน (white noise) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การกำหนดอันดับของตัวแบบสามารถพิจารณาได้จากกราฟอัตสหสัมพันธ์ (Auto Correlation Function: ACF) ซึ่งช่วยระบุจำนวนอันดับของค่าคาดเคลื่อนในอดีตที่ควรนำมาใช้ โดยตัวแบบ $\mathrm{MA}(q)$ แสดงได้ด้วยสมการ

$$Y_t = b_0 + b_1\varepsilon_{t-1} + b_2\varepsilon_{t-2} + \ldots + b_q\varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t \tag{2}$$

โดยที่ Y_t คือ อนุกรมเวลาในช่วงเวลาที่ t

b_0 คือ ค่าคงที่

$b_1, b_2, \ldots, b_q$ คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

ε_t คือ ตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อน (white noise)

3.2.3 ตัวแบบ $\mathrm{ARMA}(p,q)$

เป็นตัวแบบที่แสดงถึงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาขึ้นอยู่กับค่าของมันเองในอดีตและตัวแปรสุ่มคาดเคลื่อนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยที่อันดับของตัวแบบสามารถพิจารณาได้จากค่า Extended Autocorrelation Function (EACF) โดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R version 4.2.0 ผ่านไลบารี TSA ซึ่งตัวแบบแสดงได้ด้วยสมการ

$$Y_t = a_0 + a_1Y_{t-1} + a_2Y_{t-2} + \ldots + a_pY_{t-p} + \varepsilon_t + b_1\varepsilon_{t-1} + b_2\varepsilon_{t-2} + \ldots + b_q\varepsilon_{t-q} \tag{3}$$

โดยที่ Y_t คือ อนุกรมเวลาในช่วงเวลาที่ t

a_0 คือ ค่าคงที่

$b_1, b_2, \ldots, b_q$ คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

ε_t คือ ตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อน (white noise)

3.2.4 ตัวแบบ $\mathrm{ARIMA}(p,d,q)$

ตัวแบบ ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Box-Jenkins ในช่วงปี ค.ศ. 1970 เป็นแบบจำลองอนุกรมเวลาที่นิยมใช้สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลที่ไม่นิ่ง (non-stationary) ซึ่งการทดสอบความนิ่งของข้อมูลในงานวิจัยนี้จะใช้วิธี Augmented Dickey-Fuller (ADF) โดยใช้ไลบรารี tseries ในโปรแกรม R version 4.2.0 โดยมีโครงสร้างประกอบด้วยสามส่วน ได้แก่

- AR (Autoregressive): ความสัมพันธ์ของค่าปัจจุบันกับค่าของอดีต
- I (Integrated): การทำให้ข้อมูลนิ่งด้วยการหาความแตกต่าง
- MA (Moving Average): ความสัมพันธ์ของค่าปัจจุบันกับค่ารบกวนในอดีต

ซึ่งตัวแบบ ARIMA สมารถแสดงได้ด้วยสมการ

$$\left(1-\sum_{i=1}^{p}\phi_i L^i\right)(1-L)^d Y_t = c + \left(1+\sum_{j=1}^{q}\theta_j L^j\right)\varepsilon_t \tag{4}$$

โดยที่ Y_t คือ อนุกรมเวลาในช่วงเวลาที่ t

c คือ ค่าคงที่

ϕ_i และ θ_j คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ AR และ MA ตามลำดับ

L คือ ตัวดำเนินการเลื่อนเวลา (Lag Operator)

d คือ ลำดับของการหาความแตกต่าง (differencing order) เพื่อทำให้ข้อมูลนิ่ง (Stationary)

3.3 การวัดประสิทธิภาพของตัวแบบแต่ละตัวแบบ

ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) เป็นเกณฑ์ประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง ซึ่งจะให้ตัวแบบทั้งหมด 5 ตัวแบบทำการทำนายล่วงหน้า 6 ช่วงเวลา แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าจริงในสัปดาห์ที่ 48 ถึง สัปดาห์ที่ 53 ในปี พ.ศ. 2567 ของข้อมูลชุดทดสอบที่ได้เตรียมไว้ โดยที่ตัวแบบที่ดีจะมีค่า MAPE ที่ต่ำ ซึ่งสามารถคำนวณจากสมการ

$$\mathrm{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{\left|\hat{y}_i - y_i\right|}{y_i}\times 100 \tag{5}$$

เมื่อ y_t แทน อนุกรมเวลา ณ เวลา t

$\hat{y}_t$ แทน ค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

n แทน จำนวนข้อมูลที่ศึกษา

และได้มีเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดความแม่นยำสำหรับการพยากรณ์ดังนี้ ซึ่งอ้างอิงจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ [10]

ถ้าค่า MAPE มีค่าน้อยกว่า 10% หมายถึง ตัวแบบมีความแม่นยำสูง ถ้าค่า MAPE อยู่ระหว่าง 10% - 20% หมายถึง ตัวแบบทำนายได้ดี ถ้าค่า MAPE อยู่ระหว่าง 20% - 50% หมายถึง ตัวแบบทำนายได้ค่อนข้างแม่นยำ และถ้ามากกว่า 50% หมายถึง ตัวแบบไม่มีความแม่นยำในการทำนาย

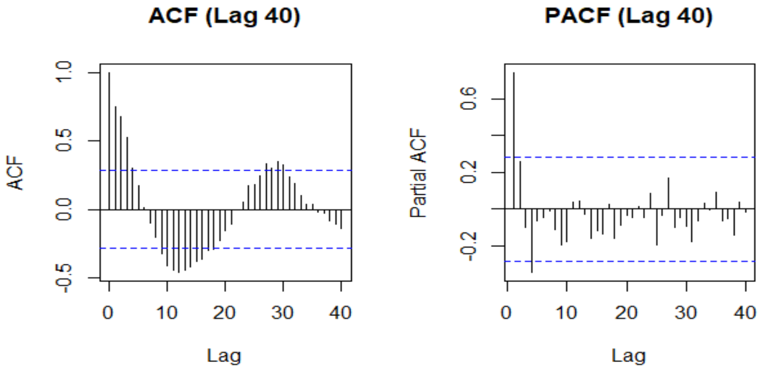
4. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลชุดฝึกหัดของจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษในเขตสุขภาพที่ 9 ของปี พ.ศ. 2567 จำนวนทั้งสิ้น 53 สัปดาห์

สัปดาห์	จำนวนผู้ป่วย	สัปดาห์	จำนวนผู้ป่วย	สัปดาห์	จำนวนผู้ป่วย	สัปดาห์	จำนวนผู้ป่วย
1	540	16	317	31	503	46	266
2	381	17	299	32	475	47	315
3	442	18	295	33	465	48	314
4	444	19	269	34	397	49	320
5	354	20	281	35	331	50	290
6	340	21	292	36	344	51	360
7	296	22	272	37	287	52	385
8	323	23	313	38	334	53	210
9	324	24	325	39	312		
10	304	25	365	40	314		
11	273	26	352	41	277		
12	284	27	396	42	249		
13	279	28	467	43	221		
14	307	29	417	44	267		
15	306	30	500	45	309		

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม 2568-สิงหาคม 2568)

จากข้อมูลในตารางที่ 1 ได้นำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลในตัวเองผ่านการพล็อตกราฟ Autocorrelation Function (ACF) และ กราฟ Partial Autocorrelation Function (PACF) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาและช่วยในการกำหนดอันดับของแบบจำลอง $\mathrm{AR}(p)$ และ $\mathrm{MA}(q)$



ภาพที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ ACF และ PACF

จากภาพที่ 1 การวิเคราะห์ฟังก์ชัน PACF แสดงให้เห็นว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ที่มีนัยสำคัญเฉพาะที่ lag 1 และลดลงอย่างรวดเร็วใน lag ถัดไป ซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะของโมเดล AR(1) ในขณะที่ ACF มีค่าสัมประสิทธิ์ที่มีนัยสำคัญต่อเนื่องถึงประมาณ lag 1–2 ก่อนจะลดลงแบบมีลักษณะเป็นคลื่น การเลือกใช้โมเดล MA(1) หรือ MA(2) อาจจะไม่ใช่ตัวเลือกหลักที่ชัดเจนเมื่อพพิจารณาจากรูปแบบของกราฟ ACF แต่ในงานวิจัยนี้ก็จะนำตัวแบบดังกล่าวมาพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบด้วย หลังจากนั้นทำการสร้างตัวแบบดังกล่าวโดยใช้ ไลบรารี forecast ทำให้ได้ตัวแบบดังต่อไปนี้

ตัวแบบ $\mathrm{AR}(1)$ คือ $Y_t = 343.140 + 0.817Y_{t-1} + \varepsilon_t$ (6)

ตัวแบบ $\mathrm{MA}(1)$ คือ $Y_t = 338.489 + 0.720\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$ (7)

ตัวแบบ $\mathrm{MA}(2)$ คือ $Y_t = 338.423 + 0.645\varepsilon_{t-1} + 0.422\varepsilon_{t-2} + \varepsilon_t$ (8)

ขั้นตอนต่อไปจะสร้างตัวแบบ $\mathrm{ARMA}(p,q)$ โดยจะพิจารณาอันดับของตัวแบบจากค่า Extended Autocorrelation Function (EACF) ในไลบรารี TSA ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 2

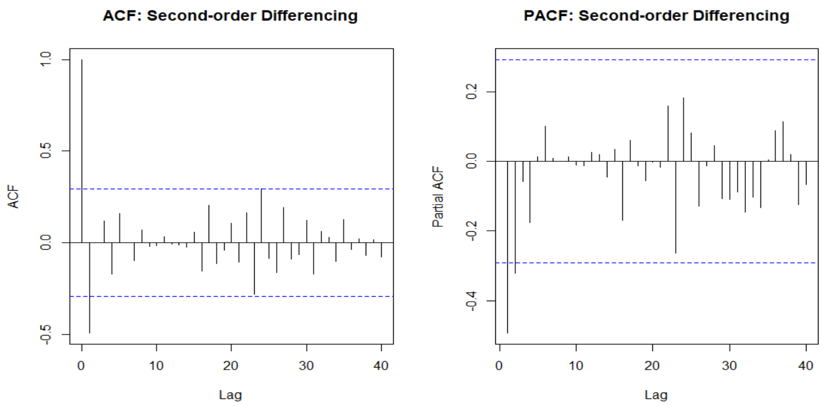
```
AR/MA
  0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
0 x x x o o o o o o x x  x  x  x
1 o o x o o o o o o o o  o  o  o
2 x o o o o o o o o o o  o  o  o
3 o o o o o o o o o o o  o  o  o
4 o o x o o o o o o o o  o  o  o
5 o o o o o o o o o o o  o  o  o
6 x o o o o o o o o o o  o  o  o
7 x x o o o o o o o o o  o  o  o
```

ภาพที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ EACF ของข้อมูลอนุกรมเวลา

จากภาพเราสังเกตได้ว่ามีค่า ESACF ที่เป็นศูนย์ในลักษณะสามเหลี่ยมที่มีจุดยอดอยู่ที่ตำแหน่ง (2,2) ดังนั้นเราควรใช้ตัวแบบ $\mathrm{ARMA}(2,2)$ ใช้ไลบรารี forecast สร้างตัวแบบ จะได้ว่าตัวแบบเป็นดังสมการ

$$Y_t = 343.251 + 1.915Y_{t-1} - 0.962Y_{t-2} - 1.583\varepsilon_{t-1} + 0.583\varepsilon_{t-2} + \varepsilon_t \quad (9)$$

ในขั้นตอนต่อไปจะสร้างตัวแบบ $\mathrm{ARIMA}(p,d,q)$ เริ่มจากการวิเคราะห์ความนิ่งของข้อมูลอนุกรมเวลา ใช้วิธี Augmented Dickey-Fuller (ADF) โดยใช้ไลบรารี tseries ผลการวิเคราะห์พบว่าให้ค่า p-value เท่ากับ 0.2181 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 หมายความว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่นิ่ง จึงทำการแปลงข้อมูลโดยการหาผลต่างของข้อมูลอันดับที่หนึ่ง ผลการวิเคราะห์ พบว่าข้อมูลยังไม่นิ่ง เนื่องจาค่า p-value เท่ากับ 0.2491 จึงได้ทำการหาผลต่างของอันดับที่สอง ซึ่งให้ค่า p-value เท่ากับ 0.01 แสดงว่าข้อมูลมีลักษณะที่นิ่ง (stationary) สามารถนำไปสร้างแบบจำลอง $\mathrm{ARIMA}(p,2,q)$ ซึ่งใช้ค่าพารามิเตอร์ $d=2$



ภาพที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ ACF และ PACF ของข้อมูลที่หาผลต่างอันดับที่ 2

จากภาพที่ 3 การวิเคราะห์ฟังก์ชัน PACF แสดงให้เห็นว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ที่มีนัยสำคัญเฉพาะที่ lag 1 และลดลงอย่างรวดเร็วใน lag ถัดไป ซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะของโมเดล AR(1) ในขณะที่ ACF มีค่าสัมประสิทธิ์ที่มีนัยสำคัญต่อเฉพาะที่ lag 1 ก่อนจะลดลง ซึ่งสนับสนุนแนวคิดของการใช้โมเดล ARIMA(1,2,1) หลังจากนั้นทำการสร้างตัวแบบดังกล่าวโดยใช้ ไลบรารี forecast ทำให้ได้ตัวแบบ ARIMA(1,2,1) ดังสมการ

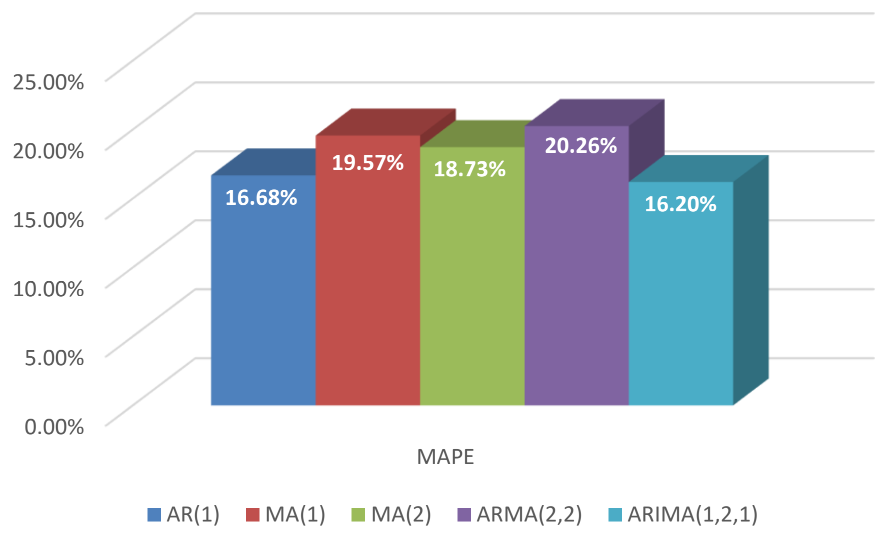
$$(1+0.259L)(1-L)^2 Y_t = (1-L)\varepsilon_t \quad (10)$$

การวัดประสิทธิภาพของตัวแบบจะให้ตัวแบบที่สร้างแต่ละตัวทำการทำนายล่วงหน้า 6 สัปดาห์ เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่ได้แบ่งไว้ในชุดทดสอบ (test data) ซึ่งค่าทำนายของแต่ละตัวแบบและค่าจริงได้แสดงดังตารางที่ 2 โดยค่าทำนายจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษของแต่ละตัวแบบจะปัดให้เป็นจำนวนเต็ม

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม 2568-สิงหาคม 2568)

ตารางที่ 2 แสดงค่าจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษและค่าทำนาย เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพตัวแบบ

ตัวแบบ		สัปดาห์						MAPE (%)
		48	49	50	51	52	53	
	จำนวนผู้ป่วยจริง	314	320	290	360	385	210	
AR(1)	ค่าทำนาย	321	327	331	335	338	341	16.68
	ค่าคลาดเคลื่อน	7	7	41	25	47	131	
	ค่าคลาดเคลื่อน(%)	2.23	2.19	14.14	6.94	12.21	62.38	
MA(1)	ค่าทำนาย	353	344	344	344	344	344	19.57
	ค่าคลาดเคลื่อน	39	24	54	16	41	134	
	ค่าคลาดเคลื่อน(%)	12.40	7.5	18.62	4.44	10.65	63.81	
MA(2)	ค่าทำนาย	290	343	344	344	344	344	18.73
	ค่าคลาดเคลื่อน	24	23	54	16	41	134	
	ค่าคลาดเคลื่อน(%)	7.64	7.19	18.62	4.44	10.65	63.81	
ARMA(2,2)	ค่าทำนาย	321	338	354	370	384	396	20.26
	ค่าคลาดเคลื่อน	7	18	64	10	1	186	
	ค่าคลาดเคลื่อน(%)	2.23	5.63	22.07	2.78	0.26	88.57	
ARIMA(1,2,1)	ค่าทำนาย	302	311	313	317	320	**323**	**16.20**
	ค่าคลาดเคลื่อน	12	9	23	43	65	113	
	ค่าคลาดเคลื่อน(%)	3.82	2.81	7.93	11.94	16.88	53.81	



ภาพที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ของแต่ละตัวแบบ

จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าตัวแบบ ARIMA(1,2,1) เป็นตัวแบบที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 16.20% และมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแบบอื่น ๆ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 10% - 20% อธิบายถึงว่า ตัวแบบมีความสามารถในการทำนายจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษได้ในระดับดี ดังนั้น ตัวแบบที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทำนายจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษรายสัปดาห์ของเขตสุขภาพที่ 9 คือ ตัวแบบ ARIMA(1,2,1)

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาตัวแบบที่จะใช้ในการทำนายผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษของเขตสุขภาพที่ 9 จำนวนทั้งสิ้น 4 ตัวแบบ นั้นคือ ตัวแบบ AR(p) ตัวแบบ MA(q) ตัวแบบ ARMA(p,q) และตัวแบบ ARIMA(p,d,q) ซึ่งใช้ค่าร้อยละเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ในการประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบ ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวแบบที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทำนายจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษของเขตสุขภาพที่ 9 คือ ตัวแบบ ARIMA(1,2,1) ซึ่งผลการวิจัยตรงข้ามกับงานวิจัยของ ดาว สงวนรังศิริกุล และคณะ [5] ที่ได้ศึกษาการพยากรณ์จำนวนประชากรที่เป็นโรคระบาดวิทยาเฝ้าระวังในกรุงเทพมหานคร ซึ่งในงานวิจัยกล่าวว่า วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่ายเป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลโรคอาหารเป็นพิษ โดยตัวแบบให้ค่า MAPE ต่ำสุดเท่ากับ 20.678% นอกจากนี้ ในขณะที่งานวิจัยของวรียา วงพานิช [8] ได้ประยุกต์ใช้ตัวแบบที่มีการวิเคราะห์ฤดูกาลด้วยพบว่าตัวแบบที่เหมาะสมกับจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษในเขตกรุงเทพมหานคร คือ ARIMA(1,1,1)x$(1,0,1)^{12}$ ซึ่งให้ค่า MAPE ตำสุดเท่ากับ 18.18% นอกจากนี้ในการพัฒนาตัวแบบที่จะใช้ทำนายจำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษของเขตสุขภาพที่ 9 ให้มีประสิทธิภาพในการทำนายที่ดี อาจพิจารณาตัวแบบอื่น ๆ เช่น ตัวแบบ ARIMAX เป็นตัวแบบที่ใช้ปัจจัยภายนอกเข้ามาช่วยในการทำนาย เช่น อุณภูมิของอากาศ เป็นต้น หากสามารถทำการเก็บข้อมูลที่สามารถใช้ร่วมในการทำนายได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สันติ กุลพัชรพงศ์. (2565, 24 มิถุนายน). *อาหารเป็นพิษ (Food Poisoning)*. MedPark Hospital. https://www.medparkhospital.com/disease-and-treatment/food-poisoning

[2] ดนัย ลิ้มมธุรสกุล. (2568, 29 มกราคม). *อาหารเป็นพิษ อันตรายที่มากับอาหาร*. โรงพยาบาลรามคำแหง. https://www.ram-hosp.co.th/news_detail/1892

[3] ยุวดี แก้วประดับ. (2564). *การพยากรณ์แนวโน้มการเกิดโรคและรูปแบบของการระบาดแบบกลุ่มก้อนของโรคอาหารเป็นพิษ ในประเทศไทย ปี 2564* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2021/TU_2021_6317030119_14771_19157.pdf

[4] กรมประชาสัมพันธ์. (2568, 26 มีนาคม). *อาหารเป็นพิษ...รู้เร็ว ป้องกันได้ รักษาทันการณ์*. สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี.
https://secretary.prd.go.th/th/content/category/detail/id/9/iid/376205?utm_source=chatgpt.com

[5] ดาว สงวนรังศิริกุล, หรรษา เชี่ยวอนันตวานิช, & มณีรัตน์ แสงเกษม. (2558). *การศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาในกรุงเทพมหานคร*. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ., 38(1), 23–34.

[6] สุมิตรา เมืองขวา. (2560). *การพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยในที่จำหน่ายกลับบ้านซึ่งป่วยด้วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ที่คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล: การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (วิธีการถัวเฉลี่ยเลขชี้กำลังอย่างง่าย)*. วารสารแพทย์วชิร : วารสารเวชศาสตร์เขตเมือง, 60(4), 277–286.

[7] ปรีชา เครือโสม, เฉลิมชัย ภูริพัฒน์, พิณรัตน์ นุชโพธิ์, & พรวิมล คล่องสั่งสอน. (2566). *นิพนธ์ต้นฉบับ: ตัวแบบระบบเกรย์สำหรับการพยากรณ์การแพร่ระบาดของโรคไข้เลือดออก: กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร*. วารสารควบคุมโรค, 49(2), 183–196.

[8] วรียา วงศ์พานิช. (2564). *การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการแพทย์โดยใช้แบบจำลอง ARIMA*. เวชบันทึกศิริราช, 14(4), 38–49.

[9] สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 นครราชสีมา. (ไม่ปรากฏวันที่). *จำนวนผู้ป่วยโรคอาหารเป็นพิษรายสัปดาห์*. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2568, จาก https://sites.google.com/view/dashboard-ddsr9

[10] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2566). *รายงานวิเคราะห์เกี่ยวกับการว่างงาน 2023* [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ (ไทย): สำนักงานสถิติแห่งชาติ. สืบค้นจาก https://www.nso.go.th/public/e-book/Analytical-Reports/Report_Unemployed_2566/17/

[11] Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and practice* (3rd ed.). OTexts.

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม 2568-สิงหาคม 2568)

ปัจจัยเสี่ยงและมาตรการป้องกันความเจ็บป่วยจากความร้อนในการเล่นกีฬากลางแจ้งของนักเรียน: กรณีศึกษาโรงเรียนวัดหนองใหญ่ สำนักงานเขตสายไหม กรุงเทพมหานคร

RISK FACTORS AND PREVENTIVE MEASURES FOR HEAT-RELATED ILLNESSES IN OUTDOOR SPORTS AMONG STUDENTS: A CASE STUDY OF WAT NONG YAI SCHOOL, SAIMAI DISTRICT, BANGKOK

ธฤษณุ โภคบุญญานนท์*[1], พิมพา ม่วงศิริธรรม[1], ปริณดา ศรีมุณี[1] , ปราณี ธัญญาดี[1]
Thitsanu Phokabunyanon*[1], Pimpa Moungsirithum[1], Parinda Srimunee[1] ,
Pranee Thanyadee1

[*1] คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ
*[*1] Faculty of Education, NorthBangkok University.*
E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): thitsanu.ph@northbkk.ac.th.

วันที่รับบทความ 20 เมษายน 2568 วันแก้ไขบทความ 28 มิถุนายน 2568 วันตอบรับบทความ 25 กรกฎาคม 2568

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดความเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อนในกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวัดหนองใหญ่ สำนักงานเขตสายไหม กรุงเทพมหานคร รวมถึงเพื่อเสนอแนวทางในการดูแลและป้องกันความเจ็บป่วยจากภาวะอากาศร้อนที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนในโรงเรียนขนาดกลาง งานวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-Methods Research) โดยรวบรวมข้อมูลผ่านแบบสอบถามและการสัมภาษณ์เชิงลึกกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 150 คนที่ได้รับการสุ่มแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) และกลุ่มนักเรียน 10 คน สำหรับการสัมภาษณ์เชิงลึก ข้อมูลเชิงปริมาณถูกวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วย Pearson’s Correlation และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA ขณะที่ข้อมูลเชิงคุณภาพถูกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และการวิเคราะห์เชิงธีม (Thematic Analysis)

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนในระดับปานกลาง (56.7%) และมีเพียง 30% เท่านั้นที่มีความรู้ในระดับสูง นอกจากนี้ พฤติกรรมเสี่ยงที่พบ ได้แก่ การไม่ดื่มน้ำก่อนออกกำลังกาย (60%) การออกกำลังกายในช่วงอากาศร้อนจัด (11.00 - 14.00 น.) และการเพิกเฉยต่ออาการผิดปกติจากความร้อน ข้อมูลเชิงปริมาณยังแสดงให้เห็นว่า การดื่มน้ำก่อนเล่นกีฬามีความสัมพันธ์เชิงลบกับภาวะ

เจ็บป่วยจากความร้อน ($r = -0.52$, $p < 0.01$) และการออกกำลังกายในช่วงที่มีอุณหภูมิสูงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเกิดอาการเจ็บป่วย ($r = 0.47$, $p < 0.01$)

จากผลการศึกษานี้ แนวทางการป้องกันที่แนะนำ ได้แก่ การจัดให้มีจุดบริการน้ำดื่มที่เพียงพอ การปรับตารางการเล่นกีฬาให้อยู่ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิไม่สูงจนเกินไป และการให้ความรู้เกี่ยวกับสัญญาณเตือนของภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนแก่ครูและนักเรียน

คำสำคัญ: ความเจ็บป่วยจากความร้อน; การป้องกันภาวะร้อนจัด; กีฬากลางแจ้ง; โรงเรียนขนาดกลาง

ABSTRACT

This study aims to analyze risk factors contributing to heat-related illnesses during outdoor sports activities among lower secondary school students at Wat Nong Yai School, Saimai District, Bangkok, and to propose appropriate preventive measures for students in medium-sized schools. A mixed-methods research design was employed, combining data collection through questionnaires and in-depth interviews.

The study sample consisted of 150 lower secondary school students selected using stratified random sampling and 10 students for in-depth interviews. Quantitative data were analyzed using descriptive and inferential statistics, including percentages, means, standard deviations, Pearson’s correlation, and ANOVA. Qualitative data were analyzed using content analysis and thematic analysis.

The findings revealed that the majority of students had a moderate level of knowledge about heat-related illnesses (56.7%), while only 30% had a high level of knowledge. Risk behaviors included not drinking water before exercise (60%), engaging in physical activities during peak heat hours (11:00 AM - 2:00 PM), and ignoring symptoms of heat illness. Quantitative analysis indicated a significant negative correlation between drinking water before sports and heat-related illnesses ($r = -0.52$, $p < 0.01$), whereas exercising during high temperatures showed a positive correlation with heat-related symptoms ($r = 0.47$, $p < 0.01$).

Based on these findings, recommended preventive measures include providing adequate drinking water stations, adjusting sports schedules to avoid extreme heat periods, and increasing awareness among teachers and students regarding early warning signs of heat-related illnesses.

Keywords: Heat-related illnesses; Outdoor sports; Heat stress prevention; Medium-sized school

1. บทนำ

ในปัจจุบัน การเล่นกีฬากลายเป็นกิจกรรมที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในหมู่นักเรียน โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีการจัดกิจกรรมกลางแจ้งที่เน้นการเสริมสร้างสุขภาพและพัฒนาทักษะการเคลื่อนไหว ทั้งนี้ เนื่องจากกีฬามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจของเด็กและเยาวชน อย่างไรก็ตาม การเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศที่ร้อนจัดอาจนำมาซึ่งความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ไม่อาจมองข้ามได้ ในประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศที่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานตลอดทั้งปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูร้อน ความเสี่ยงจากการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับความร้อน เช่น โรคลมแดด (heat stroke) และอาการอ่อนเพลียจากความร้อน (heat exhaustion) มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากในกลุ่มนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมกีฬากลางแจ้ง

ตามข้อมูลจากการศึกษาพบว่า อาการเจ็บป่วยจากความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ ซึ่งรวมถึงการขาดน้ำ การสัมผัสแสงแดดในระยะเวลานาน และการมีอุณหภูมิร่างกายสูงเกินไป (Epstein & Roberts, 2011)[1] สิ่งเหล่านี้อาจเกิดขึ้นได้ง่ายในบริบทของโรงเรียนที่มีกิจกรรมกีฬากลางแจ้งเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอน โรงเรียนวัดหนองใหญ่ ซึ่งตั้งอยู่ในเขตสายไหม กรุงเทพมหานคร เป็นตัวอย่างของโรงเรียนขนาดกลางที่มีนักเรียนจำนวนมากและมักมีกิจกรรมกีฬากลางแจ้งเป็นประจำ การศึกษานี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจถึงปัจจัยเสี่ยงที่อาจส่งผลให้นักเรียนเกิดอาการเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อน

จากข้อมูลสถิติที่เกี่ยวข้องกับการเจ็บป่วยจากความร้อนพบว่า การเกิดโรคลมแดดในหมู่นักกีฬาหรือผู้ที่ทำกิจกรรมกลางแจ้งในอุณหภูมิสูงนั้นมีแนวโน้มที่สูงขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานาน (Casa et al., 2015)[2] สภาพอากาศในกรุงเทพมหานครและพื้นที่ใกล้เคียงมีลักษณะอากาศที่ร้อนจัด โดยเฉพาะในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม อุณหภูมิมักจะสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ซึ่งการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศเช่นนี้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับความร้อนได้อย่างมาก

ทั้งนี้ ความรู้และความเข้าใจของนักเรียนต่อความเสี่ยงในการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อนยังคงเป็นปัญหาที่ต้องได้รับการพัฒนา นักเรียนหลายคนยังไม่เข้าใจถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการไม่ป้องกันตนเองเมื่อเล่นกีฬากลางแจ้งในช่วงที่อุณหภูมิสูง (Sawka et al., 2011)[3] นอกจากนี้ยังพบว่า การปฏิบัติตนเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากความร้อน เช่น การดื่มน้ำให้เพียงพอ การพักผ่อนในที่ร่ม และการสวมใส่เสื้อผ้าที่เหมาะสมยังไม่เป็นที่ตระหนักรู้ในกลุ่มนักเรียนมากพอ การวิจัยนี้จึงมีความสำคัญในการเสนอมาตรการและแนวทางที่ชัดเจนในการป้องกันและดูแลนักเรียนให้ปลอดภัยจากความเสี่ยงดังกล่าว

แม้ว่าการศึกษาเกี่ยวกับความเสี่ยงจากความร้อนในกิจกรรมกลางแจ้งจะได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในกลุ่มนักกีฬาอาชีพหรือแรงงานกลางแจ้ง แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ยังขาดการศึกษาในบริบทของโรงเรียนระดับพื้นฐานในเขตเมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร ที่มีลักษณะเฉพาะของความเสี่ยงจากเกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island) และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ งานวิจัยที่มีอยู่เดิมมักเน้นการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณในด้านสิ่งแวดล้อมหรือพฤติกรรมเป็นส่วนใหญ่ โดยขาดการใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods) ที่จะสามารถเชื่อมโยงข้อมูลเชิงปริมาณกับข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น ความคิดเห็นและประสบการณ์ของนักเรียน ครู หรือผู้บริหารสถานศึกษา อีกทั้งยังขาดการบูรณาการข้อมูลในมิติสิ่งแวดล้อม พฤติกรรม และนโยบายของโรงเรียน เพื่อสร้างแนวทางมาตรการป้องกันที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายและบริบทเฉพาะ งานวิจัยนี้จึงมีความจำเป็นในการเติมเต็มช่องว่างความรู้ดังกล่าว โดยเน้นการศึกษาปัจจัยเสี่ยงและมาตรการ

ป้องกันความเจ็บป่วยจากความร้อนในกลุ่มนักเรียนโรงเรียนระดับพื้นฐาน ด้วยวิธีวิจัยผสมผสานในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงต่อความร้อนในเขตสายไหม กรุงเทพมหานคร

การศึกษาและการวิจัยในด้านนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อครูผู้สอนและผู้บริหารโรงเรียนในการปรับปรุงนโยบายและการจัดการกิจกรรมกีฬากลางแจ้งให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลจากการวิจัยไปใช้ในการให้ความรู้แก่นักเรียนและผู้ปกครองเกี่ยวกับวิธีการป้องกันความเสี่ยงจากความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้จึงถือเป็นการสร้างความรู้และความเข้าใจใหม่ในประเด็นที่สำคัญ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงและเพิ่มความปลอดภัยในการเล่นกีฬากลางแจ้งของนักเรียนได้อย่างยั่งยืน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดความเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อนในกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวัดหนองใหญ่ สำนักงานเขตสายไหม กรุงเทพมหานคร ซึ่งจะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ พฤติกรรมการเล่นกีฬา และความตระหนักรู้ในการป้องกันตนเองจากความเจ็บป่วยจากความร้อนของนักเรียน

2. เพื่อเสนอแนวทางในการดูแลและป้องกันความเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อนที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนในโรงเรียนขนาดกลาง ข้อมูลที่ได้รับจากการวิจัยจะถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนและสามารถนำไปใช้ในบริบทของโรงเรียนขนาดกลางอื่นๆ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการเล่นกีฬากลางแจ้ง

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการป้องกันและดูแลสุขภาพจากการออกกำลังกายและเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อนในประเทศไทยมีจำนวนมากขึ้นตามแนวโน้มการตระหนักถึงปัญหาสุขภาพที่เกิดจากความร้อน โดยเฉพาะในกลุ่มนักเรียนที่มีกิจกรรมกลางแจ้งมาก งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องได้ทำการศึกษาในหลากหลายบริบททั้งในเรื่องการดูแลสุขภาพ การให้ความรู้เกี่ยวกับความร้อน และการจัดการสภาพแวดล้อมเพื่อลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคลมแดดและอาการอ่อนเพลียจากความร้อน

สุรีรัตน์ และคณะ (2560)[4] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการสภาพแวดล้อมในการเล่นกีฬาและการให้ความรู้แก่นักเรียนในระดับมัธยมศึกษา เพื่อป้องกันการเกิดอาการลมแดดและอาการอ่อนเพลียจากความร้อน ผลการวิจัยพบว่า การให้ความรู้เรื่องการดื่มน้ำ การปรับตัวต่อความร้อน และการสวมใส่เสื้อผ้าที่ระบายอากาศได้ดีช่วยลดอัตราการเกิดอาการเจ็บป่วยจากความร้อนได้อย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการให้ความรู้และการจัดการสิ่งแวดล้อมในการป้องกันการเกิดปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับอากาศร้อนในกลุ่มนักเรียน

วราภรณ์ (2563)[5] ยังได้เน้นถึงการฝึกอบรมครูและบุคลากรทางการศึกษาในการสังเกตอาการของนักเรียนที่อาจเกิดอาการเจ็บป่วยจากความร้อน รวมถึงการจัดการสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนเพื่อลดความเสี่ยงจากอากาศร้อน เช่น การติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนและการให้ร่มเงาในพื้นที่ที่นักเรียนเล่นกีฬากลางแจ้ง การศึกษา

นี้พบว่าการฝึกอบรมบุคลากรและการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีสามารถลดจำนวนการเกิดอาการเจ็บป่วยจากความร้อนในกลุ่มนักเรียนได้

สมชายและคณะ (2561)[6] ได้ศึกษาความเสี่ยงของการเกิดอาการลมแดดในนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรมกีฬากลางแจ้งในช่วงฤดูร้อน พบว่าอุณหภูมิสูงเกินกว่า 35 องศาเซลเซียสมีผลต่อการลดสมรรถภาพทางกายและการตัดสินใจของนักเรียน ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าควรมีการปรับตารางการออกกำลังกายในช่วงเวลาที่อุณหภูมิไม่สูงเกินไป และควรมีจุดพักและการดื่มน้ำระหว่างการเล่นกีฬาเพื่อป้องกันการเกิดโรคลมแดดและอาการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความร้อน

พิมพ์ชนกและคณะ (2564)[7] ได้ทำการสำรวจประสิทธิภาพของการจัดโปรแกรมการฝึกอบรมเกี่ยวกับการป้องกันอาการเจ็บป่วยจากความร้อนในกลุ่มครูพละศึกษาในโรงเรียนประถมศึกษาในเขตปริมณฑล ผลการศึกษาพบว่า ครูที่ได้รับการฝึกอบรมมีความสามารถในการสอนและแนะนำวิธีการป้องกันอาการเจ็บป่วยจากความร้อนได้ดีขึ้น รวมทั้งสามารถดูแลและเฝ้าระวังนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมกีฬากลางแจ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติพงษ์ (2560) [8] ยังได้ศึกษาการจัดการสภาพแวดล้อมในโรงเรียนเพื่อลดความเสี่ยงจากความร้อนโดยศึกษาการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน เช่น การจัดพื้นที่พักผ่อนในร่มและการจัดหาแหล่งน้ำสะอาดเพื่อให้บริการระหว่างกิจกรรมกีฬากลางแจ้งในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่าการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนช่วยลดอัตราการเกิดอาการลมแดดและอาการอ่อนเพลียจากความร้อนได้อย่างมีนัยสำคัญ

กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี (Theoretical Framework)

งานวิจัยนี้สามารถวางกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีโดยอาศัยการบูรณาการทฤษฎีสำคัญ 3 ส่วนหลัก เพื่ออธิบายและวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงและมาตรการป้องกันความเจ็บป่วยจากความร้อน ดังนี้

1.ทฤษฎีสิ่งแวดล้อม-สุขภาพ (Environmental Health Theory)

อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อม (เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ลักษณะพื้นที่ ความเข้มของแสงแดด) กับผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะในกลุ่มเปราะบาง เช่น เด็กนักเรียน ซึ่งเมื่อสัมผัสสภาพแวดล้อมที่มีความร้อนสูงเป็นเวลานาน อาจเกิดความเจ็บป่วยจากความร้อน (เช่น โรคลมแดด โรคลมร้อน)

2.ทฤษฎีพฤติกรรมสุขภาพ (Health Belief Model - HBM)

ทฤษฎีนี้เน้นความเชื่อของบุคคลที่มีต่อความเสี่ยงของตนเองและความรุนแรงของปัญหา รวมถึงการรับรู้ประโยชน์และอุปสรรคในการปฏิบัติพฤติกรรมเพื่อป้องกันปัญหา

3.ทฤษฎีการจัดการความเสี่ยงในสถานศึกษา (School Risk Management Theory)

แนวคิดการจัดการความเสี่ยงมุ่งเน้นการระบุ วิเคราะห์ ประเมิน และจัดการความเสี่ยงเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนการสอนและกิจกรรมกลางแจ้ง

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แนวทางการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-Methods) เป็นการวิเคราะห์และพัฒนาแนวทางการดูแลและป้องกันความเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อน โดยมุ่งเน้นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสุขภาพของนักเรียนโรงเรียนวัดหนองใหญ่ สำนักงานเขตสายไหม กรุงเทพมหานคร การดำเนินการวิจัยนี้มีขั้นตอนที่ชัดเจนและครอบคลุมตามหลักวิจัย เพื่อให้การศึกษาเป็นไปอย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ รวมถึง

สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมความปลอดภัยในการเล่นกีฬาและป้องกันความเสี่ยงจากสภาพอากาศที่ร้อนจัด ผู้วิจัยมีการดำเนินงานตามลำดับขั้นตอนรายละเอียด ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (มัธยมศึกษาปีที่ 1-3) โรงเรียนวัดหนองใหญ่ สำนักงานเขตสายไหม กรุงเทพมหานคร จำนวนทั้งหมด 429 คน ประกอบด้วยนักเรียนชายและหญิงที่มีอายุระหว่าง 12-15 ปี

กลุ่มตัวอย่าง

ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณตามสูตรของ Taro Yamane (1967) โดยประชากรคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1–3 โรงเรียนวัดหนองใหญ่ จำนวน 429 คน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และค่าความคลาดเคลื่อน ±5% จากนั้นจึงใช้การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling)

กลุ่มตัวอย่างถูกเลือกโดยการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) แบ่งตามระดับชั้นและเพศของนักเรียน เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้มีจำนวน 150 คน โดยการสุ่มคัดเลือกนักเรียนจากแต่ละระดับชั้นในสัดส่วนที่เหมาะสม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูล 2 ประเภท ได้แก่

แบบสอบถาม

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยนี้ถูกออกแบบมาเพื่อสำรวจระดับความรู้และความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อน รวมถึงพฤติกรรมการเล่นกีฬาและมาตรการป้องกันความเสี่ยงจากความร้อน แบบสอบถามประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่

1.ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (เช่น อายุ เพศ ชั้นเรียน)

2.ความรู้และความตระหนักรู้เกี่ยวกับความเสี่ยงในการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อน

3.พฤติกรรมและการปฏิบัติตัวเพื่อป้องกันการเจ็บป่วยจากความร้อน

แบบสอบถามนี้ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และมีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธีการของ Cronbach's Alpha โดยผลการทดสอบแสดงค่าสูงกว่า 0.7 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่น่าเชื่อถือ

การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview)

การสัมภาษณ์จะถูกใช้เพื่อให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับประสบการณ์ของนักเรียนในการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อน ความรู้สึกต่อการเจ็บป่วยที่เคยเกิดขึ้น รวมถึงการปฏิบัติตนเพื่อป้องกันและดูแลตัวเองจากความร้อน ข้อมูลที่ได้รับจากการสัมภาษณ์จะถูกนำมาประกอบการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้จะดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

การแจกแบบสอบถาม

แบบสอบถามจะถูกแจกให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 150 คน โดยนักวิจัยจะอธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัยและวิธีการตอบแบบสอบถามอย่างละเอียด หลังจากนั้นจะให้เวลานักเรียนในการตอบแบบสอบถามประมาณ 30 นาที ซึ่งนักเรียนจะตอบแบบสอบถามในห้องเรียนที่จัดเตรียมไว้

การสัมภาษณ์เชิงลึก

การสัมภาษณ์จะดำเนินการกับนักเรียนที่เคยมีประสบการณ์การเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อนหรือมีพฤติกรรมที่น่าสนใจในแง่ของการป้องกันและดูแลตัวเองจากความร้อน การสัมภาษณ์จะใช้เวลาประมาณ 20-30 นาทีต่อคน ข้อมูลจากการสัมภาษณ์จะถูกบันทึกด้วยการจดบันทึกและการอัดเสียงเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล งานวิจัยนี้จะดำเนินการโดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) เพื่อป้องกันความลำเอียงในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง (Selection Bias) โดยจัดสัดส่วนตามระดับชั้นและเพศของนักเรียนอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ จะมีการจัดทำรายชื่อประชากรและใช้วิธีสุ่มด้วยเครื่องมือที่เป็นมาตรฐาน เช่น ตารางสุ่มหรือตัวช่วยคอมพิวเตอร์และเพื่อป้องกันอคติในการตอบแบบสอบถาม (Response Bias) จะมีการใช้เครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น และออกแบบคำถามอย่างเป็นกลาง ไม่มีถ้อยคำชี้นำ นอกจากนี้ผู้เก็บข้อมูลจะได้รับการฝึกอบรมเพื่อให้ปฏิบัติงานอย่างเป็นกลาง และข้อมูลจะถูกเก็บอย่างนิรนาม เพื่อส่งเสริมให้ผู้ตอบให้ข้อมูลอย่างซื่อสัตย์และลดแรงกดดันทางสังคม

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพดังนี้

การวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจะถูกป้อนเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติ (เช่น SPSS) เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ การวิเคราะห์จะใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เช่น ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อสรุปลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และใช้สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) เช่น การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงและการเกิดความเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อน

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจะถูกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยนักวิจัยจะทำการจัดหมวดหมู่ของข้อมูลเชิงคุณภาพและหาประเด็นสำคัญที่สะท้อนถึงประสบการณ์และความรู้สึกของนักเรียนเกี่ยวกับการป้องกันความเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อน

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว จะมีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของชุดข้อมูลเพื่อตรวจหาข้อมูลสูญหาย (Missing Data) โดยจะวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลสูญหายว่าเป็นแบบ Missing Completely at Random (MCAR), Missing at Random (MAR) หรือ Missing Not at Random (MNAR) หากพบข้อมูลสูญหายในระดับที่น้อยกว่า 5% จะใช้วิธีการแทนค่าข้อมูลสูญหายด้วยค่าเฉลี่ยหรือค่ามัธยฐานของตัวแปรนั้น หรือใช้การแทนค่าแบบกลุ่มย่อยที่เกี่ยวข้อง แต่หากข้อมูลสูญหายเกิน 5% จะพิจารณาใช้วิธี Multiple Imputation หรือเทคนิคทางสถิติที่สามารถจัดการกับข้อมูลสูญหายโดยตรง เพื่อรักษาความสมบูรณ์และความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

ใช้ในการอธิบายลักษณะทั่วไปของประชากร เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าร้อยละ (Percentage) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่ออธิบายลักษณะข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากแบบสอบถาม

สถิติทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing Statistics)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสถิติ Pearson's Correlation ใช้สำหรับทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยง เช่น สภาพแวดล้อมและพฤติกรรมการเล่นกีฬา กับการเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้ง

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการเกิดความเจ็บป่วยในกลุ่มนักเรียนที่มีพฤติกรรมการป้องกันตัวเองที่แตกต่างกัน

4. ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทนี้ แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

การวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจะถูกนำเสนอผ่านตาราง พร้อมสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เช่น ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เช่น การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วย Pearson's Correlation และการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจะถูกวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และการวิเคราะห์เชิงธีม (Thematic Analysis) เพื่อจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับการดูแลและป้องกันการเจ็บป่วยจากความร้อนของนักเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวัดหนองใหญ่ จำนวน 150 คน ซึ่งแบ่งเป็น

นักเรียนชาย 75 คน (50%)

นักเรียนหญิง 75 คน (50%)

อายุเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 13.5 ปี (SD=1.02)

ร้อยละ 85 ของกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมกิจกรรมกีฬากลางแจ้งเป็นประจำ

จากการเก็บข้อมูล พบว่า 85% ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมกิจกรรมกีฬากลางแจ้งเป็นประจำ โดยกีฬาที่ได้รับความนิยม ได้แก่ ฟุตบอล (40%) บาสเกตบอล (25%) วิ่ง (20%) และกีฬาอื่น ๆ (15%) นอกจากนี้ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมกลางแจ้งมากกว่า 4 วันต่อสัปดาห์ มีแนวโน้มที่จะมีความทนทานต่อสภาพอากาศร้อนมากกว่าผู้ที่ออกกำลังกายเพียง 1-2 วันต่อสัปดาห์

2. ระดับความรู้เกี่ยวกับความเจ็บป่วยจากความร้อน

ตารางที่ 1 ระดับความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับภาวะความร้อนและแนวทางการป้องกัน

ระดับความรู้	N	ร้อยละ (%)
ต่ำ	20	13.3
ปานกลาง	85	56.7
สูง	45	30.0
รวม	150	100.0

จากผลการวัดระดับความรู้ตามที่แสดงในตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (56.7%) มีความรู้ในระดับปานกลางเกี่ยวกับอาการเจ็บป่วยจากความร้อน และมีเพียง 30% เท่านั้นที่มีความรู้ในระดับสูง การวิเคราะห์เชิงลึกพบว่า นักเรียนที่มีความรู้ระดับสูงส่วนใหญ่มาจากกลุ่มที่เคย เข้าร่วมการอบรมเกี่ยวกับการป้องกันความร้อน ($p<0.05$) ซึ่งบ่งชี้ว่า การให้ความรู้มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มระดับความตระหนักรู้เกี่ยวกับอันตรายของความร้อน

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงและภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงและภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนโดยใช้ Pearson’s Correlation

ตัวแปร	r	p
การดื่มน้ำก่อนเล่นกีฬา	-0.52	< 0.01
เวลาเล่นกีฬา (ช่วง 11.00 - 14.00 น.)	0.47	< 0.01
ระยะเวลาการออกกำลังกาย (มากกว่า 60 นาที)	0.38	< 0.05

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงและภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน พบว่า พฤติกรรมการดื่มน้ำก่อนเล่นกีฬา มีความสัมพันธ์เชิงลบกับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน ($r=-0.52$, $p<0.01$) หมายความว่า นักเรียนที่ดื่มน้ำก่อนเล่นกีฬามีโอกาสเกิดอาการเจ็บป่วยจากความร้อนลดลง

การออกกำลังกายในช่วง 11.00 - 14.00 น. มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเจ็บป่วยจากความร้อน ($r=0.47$, $p<0.01$) บ่งชี้ว่า ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่มีความเสี่ยงสูง

การออกกำลังกายต่อเนื่องเกิน 60 นาที มีความสัมพันธ์กับภาวะอ่อนเพลียจากความร้อน ($r=0.38$, $p<0.05$) แสดงให้เห็นว่าความยาวนานของการออกกำลังกายส่งผลต่อภาวะร่างกายเมื่อเผชิญกับอุณหภูมิสูง

4. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพในงานวิจัยนี้ดำเนินการโดย การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) กับนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมกีฬากลางแจ้งในโรงเรียนวัดหนองใหญ่ จำนวน 10 คน (รหัสผู้ให้สัมภาษณ์ P1 - P10) โดยใช้ แนวคำถามกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) ซึ่งครอบคลุมประเด็นเกี่ยวกับ (1) ความเข้าใจเกี่ยวกับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน (2) พฤติกรรมขณะเล่นกีฬา (3) แนวทางการป้องกันที่นักเรียนมองว่าเหมาะสม และ (4) อุปสรรคในการดำเนินมาตรการป้องกัน

ข้อมูลที่ได้รับจากการสัมภาษณ์ถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้ การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และการวิเคราะห์เชิงธีม (Thematic Analysis) เพื่อนำเสนอข้อมูลในลักษณะของแนวโน้ม ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะของนักเรียนเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงและแนวทางป้องกันการเจ็บป่วยจากความร้อนในการเล่นกีฬากลางแจ้ง

4.1 ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน

จากการสัมภาษณ์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับสาเหตุ อาการ และวิธีป้องกันภาวะลมแดด (Heat Stroke) และภาวะอ่อนเพลียจากความร้อน (Heat Exhaustion) ซึ่งเป็นภาวะที่พบได้บ่อยในการเล่นกีฬากลางแจ้ง

ตัวอย่างความคิดเห็นของนักเรียน

- *"เคยรู้สึกเวียนหัวตอนเล่นฟุตบอล แต่คิดว่าเป็นเพราะเหนื่อยมากกว่าจากอากาศร้อน*" (P4)
- "*ไม่คิดว่าคนที่แข็งแรงจะเป็นลมแดดได้ เพราะคิดว่าโรคนี้เกิดขึ้นกับคนที่ร่างกายอ่อนแอเท่านั้น*" (P7)
- "*ผมเคยหน้ามืดตอนออกกำลังกายกลางแจ้ง แต่คิดว่าเป็นเพราะไม่ได้กินข้าวมากกว่า*" (P9)

4.2 พฤติกรรมเสี่ยงของนักเรียนที่เพิ่มโอกาสในการเกิดภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน

ผลการสัมภาษณ์แสดงให้เห็นว่า นักเรียนบางส่วนมีพฤติกรรมที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน โดยพฤติกรรมที่พบมาก ได้แก่

4.2.1 การไม่ดื่มน้ำให้เพียงพอ นักเรียนบางคนไม่ได้ให้ความสำคัญกับการดื่มน้ำก่อนและระหว่างเล่นกีฬา หรือบางคนดื่มน้ำเพียงเล็กน้อย เพราะกลัวต้องเข้าห้องน้ำบ่อย หรือไม่มีเวลาพักดื่มน้ำ

ตัวอย่างความคิดเห็น

- *"ผมมักจะดื่มน้ำแค่ตอนรู้สึกกระหาย แต่บางครั้งก็ลืมไปเลย"* (P3)
- "*รู้ว่าต้องดื่มน้ำเยอะ ๆ แต่บางทีไม่มีเวลาพักก็เลยไม่ได้ดื่ม*" (P6)

4.2.2 การฝืนเล่นกีฬาทั้งที่รู้สึกไม่สบาย นักเรียนหลายคนยังคงเล่นกีฬาแม้จะรู้สึกเวียนศีรษะ อ่อนเพลีย หรือหน้ามืด เพราะไม่อยากให้เพื่อนมองว่าอ่อนแอ และบางคนคิดว่าการหยุดเล่นกีฬาเป็นเรื่องที่ทำให้ทีมเสียเปรียบ

ตัวอย่างความคิดเห็น

- "*ผมเคยรู้สึกเวียนหัว แต่ก็เล่นต่อ เพราะกลัวโดนเพื่อนล้อว่าไม่อึด*" (P8)
- "*เวลาซ้อมฟุตบอล ถ้าหยุดเล่นกลางคัน โค้ชอาจจะไม่พอใจ*" (P5)

4.2.3 การสวมเสื้อผ้าที่ไม่เหมาะสม นักเรียนบางคนเลือกใส่เสื้อผ้าที่ไม่ระบายอากาศ เช่น เสื้อผ้าหนา หรือสีเข้ม และบางคนเข้าใจผิดว่าเสื้อผ้าหนา ๆ จะช่วยดูดซับเหงื่อได้ดีขึ้น

ตัวอย่างความคิดเห็น

- "*ผมใส่เสื้อแขนยาวเพราะคิดว่าช่วยกันแดดได้ แต่กลับทำให้ร้อนมากขึ้น*" (P2)

4.3 แนวทางการป้องกันที่นักเรียนเสนอแนะ

นักเรียนได้เสนอแนวทางที่คิดว่าสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนได้ ดังนี้

4.3.1 การเพิ่มจุดบริการน้ำดื่ม ควรมีจุดบริการน้ำดื่มในสนามกีฬา พร้อมป้ายเตือนให้ดื่มน้ำเป็นระยะ และควรมีถังน้ำแข็งหรือน้ำเย็นให้บริการ

4.3.2 การให้ความรู้เกี่ยวกับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน นักเรียนเสนอให้มีการให้ความรู้ผ่านสื่อ เช่น วิดีโอสั้น หรือป้ายประชาสัมพันธ์ และการสอนเกี่ยวกับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนในวิชาพลศึกษา

4.3.3 การกำหนดช่วงเวลาการเล่นกีฬาให้เหมาะสม ควรมีการเลื่อนเวลาฝึกซ้อมกีฬาไปอยู่ในช่วงเช้าหรือเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

4.4 อุปสรรคในการดำเนินมาตรการป้องกัน

แม้จะมีแนวทางป้องกันที่เป็นประโยชน์ แต่ยังมีอุปสรรคที่อาจทำให้มาตรการป้องกันดำเนินการได้ไม่เต็มที่

4.4.1 การขาดการบังคับใช้นโยบายที่ชัดเจน แม้ว่าครูบางท่านจะเตือนให้นักเรียนดื่มน้ำ แต่ไม่มีมาตรการที่เข้มงวด

4.4.2 ความไม่ตระหนักของนักเรียนเอง นักเรียนบางคนมองว่า ภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนไม่ใช่เรื่องร้ายแรง และไม่คิดว่าตนเองจะได้รับผลกระทบ

4.4.3 ข้อจำกัดด้านงบประมาณของโรงเรียน โรงเรียนอาจไม่มีงบประมาณในการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน

สรุปผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

จากการสัมภาษณ์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนและมีพฤติกรรมเสี่ยง เช่น การไม่ดื่มน้ำให้เพียงพอ และการฝืนเล่นกีฬาทั้งที่รู้สึกไม่สบาย นักเรียนเสนอแนะให้เพิ่มจุดบริการน้ำดื่ม ให้ความรู้เกี่ยวกับโรคลมแดดและกำหนดช่วงเวลาเล่นกีฬาที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ยังพบอุปสรรคในการดำเนินมาตรการ เช่น การขาดการบังคับใช้นโยบายที่ชัดเจน ความไม่ตระหนักของนักเรียน และข้อจำกัดด้านงบประมาณของโรงเรียน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ควรได้รับการแก้ไขต่อไป

5. การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีมาตรการป้องกันและไม่มีมาตรการป้องกัน

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ ANOVA เพื่อเปรียบเทียบระดับอาการเจ็บป่วยระหว่าง กลุ่มที่มีมาตรการป้องกันและไม่มีมาตรการป้องกัน

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยของอาการเจ็บป่วย	F	p
มีมาตรการป้องกัน	2.4	5.67	< 0.05
ไม่มีมาตรการป้องกัน	4.8		

จากตารางที่ 3 พบว่า กลุ่มที่มีมาตรการป้องกัน เช่น การดื่มน้ำเพียงพอ และสวมเสื้อผ้าที่เหมาะสม มีค่าเฉลี่ยของอาการเจ็บป่วยต่ำกว่า (2.4 เทียบกับ 4.8)

ค่า $F=5.67$, $p<0.05$ แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป นักเรียนที่มีมาตรการป้องกันมีความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยจากความร้อนต่ำกว่ากลุ่มที่ ไม่มีมาตรการอย่างมีนัยสำคัญ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม 2568-สิงหาคม 2568)

ข้อสรุปจากการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีอัตราการเข้าร่วมกิจกรรมกีฬากลางแจ้งสูง และส่วนใหญ่ออกกำลังกายเป็นประจำ

2. ระดับความรู้เกี่ยวกับความเจ็บป่วยจากความร้อน

มีเพียง 30% ของนักเรียนที่มีความรู้ในระดับสูง ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการจัดอบรมให้มากขึ้น

3. ปัจจัยเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน

นักเรียนที่ออกกำลังกายในช่วงแดดจัด และเล่นกีฬาเป็นเวลานาน มีความเสี่ยงสูงขึ้น

การดื่มน้ำก่อนเล่นกีฬาเป็นปัจจัยที่ช่วยลดโอกาสเกิดอาการเจ็บป่วย

4. พฤติกรรมเสี่ยงที่พบจากการสัมภาษณ์

นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ตระหนักถึงสัญญาณเตือนของภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน

การจัดอบรมและการเพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น จุดบริการน้ำดื่ม เป็นแนวทางที่ได้รับข้อเสนอแนะ

5. ผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีมาตรการป้องกันและไม่มีมาตรการป้องกัน

นักเรียนที่มีมาตรการป้องกันมีโอกาสเจ็บป่วยจากความร้อนต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่มีมาตรการป้องกันอย่างมีนัยสำคัญ

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดความเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อนในกลุ่มนักเรียนโรงเรียนวัดหนองใหญ่ และเพื่อเสนอแนวทางในการดูแลและป้องกันความเจ็บป่วยที่เหมาะสม ข้อมูลได้มาจากการเก็บรวบรวมผ่านแบบสอบถามและการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ ได้แก่ (1) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดความเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อนในกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวัดหนองใหญ่ สำนักงานเขตสายไหม กรุงเทพมหานคร และ (2) เพื่อเสนอแนวทางในการดูแลและป้องกันความเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อนที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนในโรงเรียนขนาดกลาง การอภิปรายผลการวิจัยจะพิจารณาในแต่ละวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. อภิปรายผลเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดความเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อน

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญต่อการเกิดภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนในนักเรียนที่เล่นกีฬากลางแจ้ง ประกอบด้วยปัจจัย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านพฤติกรรมการเล่นกีฬา และด้านระดับความตระหนักรู้ในการป้องกันตนเอง

1.1 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยสำคัญที่เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน นักเรียนที่ทำกิจกรรมกลางแจ้งในช่วง 11.00 - 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงสุดของวัน มีแนวโน้มเกิดภาวะลมแดด (Heat Stroke) และภาวะอ่อนเพลียจากความร้อน (Heat Exhaustion) มากกว่าช่วงเวลาอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ คาซา และคณะ (Casa et al., 2015) [2] ที่ระบุว่า การออกกำลังกายในช่วงที่มีอุณหภูมิสูงสุดของวันเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน

1.2 พฤติกรรมการเล่นกีฬา

พฤติกรรมที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน ได้แก่

การขาดน้ำก่อนและระหว่างการออกกำลังกาย ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมากกว่า 60% ไม่ดื่มน้ำให้เพียงพอก่อนเล่นกีฬา และเลือกดื่มเครื่องดื่มที่มีน้ำตาลสูงแทน ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดภาวะขาดน้ำ (Dehydration) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ร่างกายไม่สามารถระบายความร้อนได้ดีและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคลมแดด สอดคล้องกับ ยิปเทน และโรเบิร์ต (Epstein & Roberts, 2011) [1] ที่ระบุว่า การขาดน้ำส่งผลให้การไหลเวียนเลือดลดลงและหัวใจต้องทำงานหนักขึ้น

การออกกำลังกายต่อเนื่องโดยไม่พัก นักเรียนบางส่วนมีพฤติกรรมเล่นกีฬาต่อเนื่องเกิน 60 นาที โดยไม่มีการพัก ส่งผลให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้นและเสี่ยงต่อการเกิดภาวะอ่อนเพลียจากความร้อน ซึ่งสนับสนุนงานวิจัยของ เสวก้า และคณะ (Sawka et al., 2011) [3] ที่พบว่า การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องในสภาวะอากาศร้อนโดยไม่มีช่วงเวลาพักเพียงพอ ทำให้ร่างกายไม่สามารถระบายความร้อนได้ทันและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะลมแดด

1.3 ระดับความตระหนักรู้และการป้องกันตนเอง

ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีระดับความรู้เกี่ยวกับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนในระดับสูง มีแนวโน้มที่จะปฏิบัติตามแนวทางป้องกัน เช่น ดื่มน้ำให้เพียงพอ เลือกเวลาออกกำลังกายที่เหมาะสม และสวมเสื้อผ้าที่ช่วยระบายความร้อนได้ดี ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน ในขณะที่นักเรียนที่มีระดับความรู้ต่ำมักจะละเลยมาตรการป้องกันตนเอง ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาร์มสตรอง และคณะ (Armstrong et al., 2007) [9] ที่พบว่า การให้ความรู้เกี่ยวกับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนสามารถช่วยลดอัตราการเกิดอาการเจ็บป่วยจากความร้อนได้

2. อภิปรายผลเกี่ยวกับแนวทางการดูแลและป้องกันความเจ็บป่วยจากการเล่นกีฬากลางแจ้งในสภาวะอากาศร้อน

จากผลการศึกษา พบว่าแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการดูแลและป้องกันความเจ็บป่วยจากความร้อนสำหรับนักเรียนโรงเรียนวัดหนองใหญ่ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) การให้ความรู้และสร้างความตระหนักรู้ (2) การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการออกกำลังกาย และ (3) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียน

2.1 การให้ความรู้และสร้างความตระหนักรู้

จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ นักเรียนบางส่วนไม่สามารถระบุสัญญาณเตือนของภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนได้อย่างถูกต้อง ทำให้พวกเขาไม่สามารถป้องกันตนเองได้อย่างเหมาะสม งานวิจัยของ เบอร์จีรอน และคณะ (Bergeron et al., 2008) [10] ชี้ให้เห็นว่า การให้ความรู้เกี่ยวกับสัญญาณของภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนแก่บุคลากรในโรงเรียนสามารถช่วยลดอุบัติการณ์ของภาวะฉุกเฉินที่เกี่ยวข้องกับความร้อนได้

2.2 การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการออกกำลังกาย

ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เช่น หลีกเลี่ยงการเล่นกีฬากลางแจ้งในช่วงเวลาที่แดดจัด ดื่มน้ำให้เพียงพอ และมีช่วงเวลาพักระหว่างการเล่นกีฬา มีความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยจากความร้อนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยของ อาร์มสตรอง และคณะ (Armstrong et al., 2007) [9] สนับสนุนว่า การปรับพฤติกรรมโดยให้มีช่วงเวลาพักและการดื่มน้ำระหว่างเล่นกีฬา สามารถลดอุณหภูมิร่างกายและป้องกันการเกิดภาวะลมแดดได้

2.3 การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียน

นักเรียนเสนอให้มีจุดบริการน้ำดื่มในสนามกีฬาและจัดพื้นที่ร่มสำหรับพักระหว่างเล่นกีฬา ผลการศึกษาของ เวนท์ และคณะ (Wendt et al., 2007) [11] ระบุว่า การจัดเตรียมสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น จุดบริการน้ำดื่ม และพื้นที่ร่มสามารถช่วยลดความเสี่ยงจากความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการอภิปราย

1. อภิปรายผลเชิงทฤษฎี

ผลการวิจัยสะท้อนความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และลักษณะของพื้นที่เล่นกีฬา กับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคความร้อนในนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีสิ่งแวดล้อม-สุขภาพ (Environmental Health Theory) ที่ชี้ให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางกายภาพส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะกลุ่มเปราะบางอย่างเด็กและเยาวชน นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสนับสนุนทฤษฎีพฤติกรรมสุขภาพ (Health Belief Model) ที่แสดงให้เห็นว่า ความเชื่อและการรับรู้ถึงความเสี่ยง มีผลต่อการยอมรับและการนำมาตรการป้องกันมาใช้ ซึ่งสะท้อนในพฤติกรรมของนักเรียน ครู และผู้บริหารสถานศึกษาในการป้องกันโรคความร้อน การวิจัยนี้ยังได้ขยายขอบเขตทฤษฎีการจัดการความเสี่ยงในสถานศึกษา (School Risk Management Theory) โดยนำเสนอรูปแบบการจัดการที่บูรณาการทั้งการวางนโยบาย การปรับสภาพแวดล้อม และการสร้างความรู้ความเข้าใจให้กับผู้เกี่ยวข้อง เพื่อจัดการปัญหาความร้อนอย่างเป็นระบบและยั่งยืน

2. อภิปรายผลเชิงปฏิบัติ

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการปรับปรุงสภาพแวดล้อม เช่น การเพิ่มพื้นที่ร่มเงา การจัดเวลาเล่นกีฬาในช่วงเวลาที่มีความร้อนน้อย การให้ความรู้แก่ครูและนักเรียนเกี่ยวกับสัญญาณเตือนโรคความร้อน เป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพในการลดความเสี่ยง นอกจากนี้ การจัดกิจกรรมที่เหมาะสมกับสภาพอากาศและการเตรียมความพร้อมทางร่างกายของนักเรียนยังช่วยลดโอกาสเกิดโรคความร้อนได้อย่างชัดเจน สำหรับโรงเรียนและผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ งานวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษาที่ชัดเจนในการนำเสนอแนวทางจัดการความเสี่ยงที่เหมาะสมในบริบทของโรงเรียนเขตเมืองใหญ่ที่มีปัญหาเกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island) ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงเรียนอื่น ๆ ที่มีบริบทใกล้เคียงกันได้

จากการอภิปรายผลข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การเจ็บป่วยจากความร้อนมีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม พฤติกรรม และระดับความรู้ของนักเรียน โดยการให้ความรู้เกี่ยวกับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนและการปรับพฤติกรรมสามารถช่วยลดความเสี่ยงได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในโรงเรียน เช่น การเพิ่มจุดบริการน้ำดื่มและพื้นที่พัก สามารถช่วยป้องกันภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนในนักเรียนได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนมาตรการป้องกันความร้อนสำหรับโรงเรียนขนาดกลางในบริบทที่คล้ายคลึงกัน เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการเล่นกีฬากลางแจ้งของนักเรียนต่อไป

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในบริบทโรงเรียนแห่งเดียวในเขตสายไหม ซึ่งอาจจำกัดการทั่วไปผลการศึกษาไปยังโรงเรียนอื่นที่มีบริบททางภูมิศาสตร์หรือสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน

2. การเก็บข้อมูลพฤติกรรมและมาตรการป้องกันเป็นข้อมูลที่รายงานโดยตัวนักเรียนและครู อาจมีอคติจากการตอบแบบสอบถาม (response bias)

3. ขนาดตัวอย่างที่ใช้แม้จะคำนวณตามหลักสถิติแล้ว แต่การสุ่มในแต่ละชั้นปีอาจมีความไม่สมดุลในบางกลุ่มย่อย ส่งผลต่อความแม่นยำของผลในระดับย่อย

4. การศึกษาไม่ได้รวมการวัดทางกายภาพเชิงลึก เช่น การวัดอุณหภูมิผิวหนัง หรือตัวชี้วัดทางชีวภาพอื่น ๆ ที่สามารถยืนยันภาวะความร้อนได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาสามารถเสนอแนวทางในการป้องกันและดูแลนักเรียนจากความเจ็บป่วยจากความร้อนได้ ดังนี้

1. การให้ความรู้แก่นักเรียนและครูควรมีการจัดอบรมเกี่ยวกับภาวะเจ็บป่วยจากความร้อนให้กับนักเรียนและบุคลากรของโรงเรียน รวมไปถึงใช้สื่อประชาสัมพันธ์ เช่น โปสเตอร์หรืออินโฟกราฟิกเกี่ยวกับสัญญาณเตือนของภาวะเจ็บป่วยจากความร้อน

2. การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการออกกำลังกายแนะนำให้นักเรียนดื่มน้ำก่อนและระหว่างการออกกำลังกาย และหลีกเลี่ยงการเล่นกีฬากลางแจ้งในช่วงแดดจัด (11.00 - 14.00 น.)

3. การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในโรงเรียนควรมีจุดบริการน้ำดื่มในบริเวณสนามกีฬา และจัดเตรียมพื้นที่ร่มสำหรับการพักระหว่างเล่นกีฬา

แผนพัฒนางานวิจัยในอนาคต

1. ขยายการศึกษาครอบคลุมโรงเรียนในพื้นที่อื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบและยืนยันผลในบริบทภูมิศาสตร์และสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย

2. ใช้วิธีวิจัยเชิงทดลองหรือกึ่งทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิผลของมาตรการป้องกันที่พัฒนาขึ้นอย่างมีระบบ

3. รวมการวัดทางชีวภาพและกายภาพที่มีความแม่นยำสูง เช่น อุณหภูมิผิวหนัง อัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล

4. พัฒนาชุดเครื่องมือให้ความรู้และฝึกอบรมสำหรับครูและนักเรียน เพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมสุขภาพที่ยั่งยืน

5. ศึกษาผลกระทบระยะยาวของมาตรการป้องกันและการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่อสุขภาพนักเรียน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Epstein, Y., & Roberts, W. O. (2011). The pathophysiology of heat stroke: An integrative view of the final common pathway. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 21(6), 742-748. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01333.x

[2] Casa, D. J., DeMartini, J. K., Bergeron, M. F., Csillan, D., Eichner, E. R., Lopez, R. M., & Yeargin, S. W. (2015). National athletic trainers' association position statement: Exertional heat illnesses. Journal of Athletic Training, 50(9), 986-1000. https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.9.07

[3] Sawka, M. N., Leon, L. R., Montain, S. J., & Sonna, L. A. (2011). Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. Comprehensive Physiology, 1(4), 1883-1928. https://doi.org/10.1002/cphy.c100082

[4] สุรีรัตน์ มณีรัตน์, และคณะ. (2560). การจัดการสิ่งแวดล้อมและการให้ความรู้เพื่อป้องกันอาการลมแดดในนักเรียนมัธยมศึกษา. วารสารวิชาการศึกษา, 23(2), 101-115.

[5] วราภรณ์ มนัสฤทัย. (2563). การฝึกอบรมครูและการจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อป้องกันการเจ็บป่วยจากความร้อนในโรงเรียน. วารสารการศึกษาเพื่อพัฒนาท้องถิ่น, 11(1), 75-88.

[6] สมชาย ใจดี, & คณะ. (2561). ผลของการออกกำลังกายในสภาวะอากาศร้อนต่อสมรรถภาพทางกายในนักเรียนชั้นประถมศึกษา. วารสารวิชาการการศึกษาและวิจัยสุขภาพ, 3(1), 45-60.

[7] พิมพ์ชนก ดำรงค์ดี, & คณะ. (2564). การฝึกอบรมครูพละศึกษาเกี่ยวกับการป้องกันอาการเจ็บป่วยจากความร้อนในโรงเรียนประถมศึกษา. วารสารการบริหารการศึกษา, 5(3), 145-160.

[8] กิตติพงษ์ แสนดี. (2560). การจัดการสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนเพื่อลดความเสี่ยงจากความร้อนในกิจกรรมกีฬากลางแจ้ง. วารสารวิจัยและพัฒนาการศึกษา, 12(1), 33-48.

[9] Armstrong, L. E., Casa, D. J., Millard-Stafford, M., Moran, D. S., Pyne, S. W., & Roberts, W. O. (2007). American College of Sports Medicine position stand: Exertional heat illness during training and competition. Medicine and Science in Sports and Exercise, 39(3), 556-572. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802fa199

[10] Bergeron, M. F. (2008). Heat cramps: Fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat. Journal of Science and Medicine in Sport, 11(3), 240-243.

[11]Wendt, D., van Loon, L. J., & Lichtenbelt, W. D. (2007). Thermoregulation during exercise in the heat. Sports Medicine, 37(8), 669-682.

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม 2568-สิงหาคม 2568)

นวัตกรรมตู้ตากสมุนไพรควบคุมความร้อนด้วยเทคโนโลยี IoT พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อการผลิตสินค้าอัตลักษณ์ชุมชนตำบลหนองโสน อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี

Innovative IoT and Solar-Powered Herb Drying Cabinet with Temperature Control for Production of Community Identity Products of Nongsano Sub-district, Laokhwan District, Kanchanaburi Province

มณีรัตน์ ภารนันท์*[1] จินตนา แสงดี[2]
Maneerat Paranan*[1], Jintana Sangdee[2]

[1]สาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
[2]ศูนย์เรียนรู้สมุนไพร 999 ชนิด โคกหนองนาสวนไผ่ไฮเทคเพื่อพัฒนาสัมมาชีพ ตำบลหนองโสน
อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี
[1]Program in Information System, Faculty of Business Administration and Information Technology,
Rajamangala University of Technology Tawan-ok
[2]999 Herbal Learning Center, Khok Nong Na High-Tech Bamboo Garden for Developing
Livelihoods, Nongsano Sub-district, Lao Khwan District, Kanchanaburi Province
** E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): m.paranan@mail.com*

วันที่รับบทความ 26 กรกฎาคม 2568 วันแก้ไขบทความ 26 สิงหาคม 2568 วันตอบรับบทความ 27 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนานวัตกรรมตู้ตากสมุนไพรควบคุมความร้อนด้วยเทคโนโลยี IoT พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อการผลิตสินค้าสมุนไพรมูลค่าสูง (2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้น (3) เพื่อศึกษาผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการถ่ายทอดความรู้การใช้นวัตกรรมตู้ตากสมุนไพรควบคุมความร้อนด้วยเทคโนโลยี IoT พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตสินค้าสมุนไพรมูลค่าสูง 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ชาดอกโสน โลชั่นบำรุงผิวดอกโสนกลิ่นตะไคร้หอม และครีมกันแดดดอกโสนสำหรับผิวหน้า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) หมวดอุปกรณ์ IoT ประกอบด้วย NodeMCU ESP8266, DHT sensor, LDR sensor, Relay ใช้กับไฟ DC 12V DC, พัดลมระบายความร้อน DC จำนวน 3 เครื่อง, หลอดไฟทำความร้อน 75 W จำนวน 2 หลอด, Sonoff TH Elite สำหรับตรวจสอบความร้อนภายในตู้คอนโทรล, แผงโซล่าเซลล์ 200w, คอนโทรลชาร์จเจอร์ 12/24Vpwm 30A, แบตเตอรี่ 12v ความจุ 100 แอมป์,อินเวอร์เตอร์ 3000W 12v to200-220V, เบรกเกอร์ 30 แอมป์ 2) แบบทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรม 3) แบบประเมินผลลัพธ์การถ่ายทอดนวัตกรรมเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้รับการอบรมและการใช้ประโยชน์จากนวัตกรรมหลังการถ่ายทอดความรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นครูและนักเรียนโรงเรียนบ้านหนองโสน จำนวน 150 คน ผลการวิจัยพบว่า นวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.50, SD=0.50) ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นหลังการถ่ายทอดความรู้ให้กับกลุ่มตัวอย่าง พบว่าความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.40, SD=0.46)

นักเรียนสามารถต่อยอดความรู้และนำนวัตกรรมไปใช้แปรรูปสมุนไพรพัฒนาผลิตภัณฑ์ 3 ผลิตภัณฑ์ ได้อย่างต่อเนื่อง สามารถสร้างรายได้ให้กับโรงเรียนเพื่อนำไปสมทบทุนทำกิจกรรมต่าง ๆ ของนักเรียน

คำสำคัญ: นวัตกรรมตู้ตากสมุนไพร; ควบคุมความร้อน; เทคโนโลยีไอโอที; พลังงานแสงอาทิตย์; ผลิตภัณฑ์สมุนไพรมูลค่าสูง

ABSTRACT

This research aimed to: (1) develop Innovative IoT and Solar-Powered Herb Drying Cabinet with Temperature Control for Production of Community Identity Products of Nongsano Sub-district, Laokhwan; (2) test the efficiency of the developed innovation; and (3) study the outcomes of knowledge transfer regarding the use of this solar-powered, IoT-controlled herbal drying cabinet in producing three high-value herbal products: Nong Sano flower tea, Nong Sano flower and citronella scented lotion, and Nong Sano flower facial sunscreen. The research tools included: 1) IoT equipment, comprising NodeMCU ESP8266, DHT sensor, LDR sensor, Relay (for 12V DC), three DC cooling fans, two 75W heating lamps, Sonoff TH Elite for monitoring internal cabinet temperature, a 200W solar panel, a 12/24V PWM 30A charge controller, a 12V 100Ah battery, a 3000W 12V to 200-220V inverter, and a 30A breaker. 2) An innovation efficiency test. 3) An evaluation form for the knowledge transfer outcomes, assessing trainees' satisfaction and the practical application of the innovation after knowledge dissemination. The sample group consisted of 150 teachers and students from Baan Nong Sano School. The research findings revealed that the developed innovation was highly efficient (X= 4.50, SD=0.50). The outcomes after knowledge transfer to the sample group showed highest satisfaction (X= 4.40, SD=0.46). Students were able to further their knowledge and continuously use the innovation to process herbs and develop three products. This allowed them to generate income for the school to fund various student activities.

Keywords: Innovative Herbal Drying Cabinet; Temperature Control; IoT Technology; Solar Energy; High-Value Herbal Products

1. บทนำ

วิสาหกิจชุมชนโคกหนองนาสวนไผ่ไฮเทคเพื่อพัฒนาสัมมาชีพ ตั้งอยู่ในตำบลหนองโสน อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นพื้นที่โมเดลต้นแบบที่สามารถพลิกฟื้นที่ดินแห้งแล้งได้สำเร็จ เป็นศูนย์เรียนรู้สมุนไพร 999 ชนิด [1] ที่มีการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT), การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics), ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI), เทคโนโลยีความจริงเสมือน (Augmented Reality: AR) และนวัตกรรมเศรษฐกิจชีวภาพ (Bio-Circular-Green Economy: BCG) ต่าง ๆ มาใช้พัฒนาผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสมุนไพรมูลค่าสูง ตั้งอยู่ที่บ้านหนองไก่ต่อ ตำบลหนองโสน อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี ด้วยการใช้เทคโนโลยี IoT ในการเพาะปลูก แปรรูป สมุนไพร ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสมุนไพรมากถึง 40 ชนิด [2] และเป็นแหล่งเรียนรู้ศึกษาดูงานของนักท่องเที่ยว ที่มุ่งเน้นการท่องเที่ยวเพื่อการเรียนรู้และการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ได้รับรางวัลรองชนะเลิศการประกวดศูนย์เรียนรู้ระดับจังหวัดโครงการ 1 จังหวัด 1 ศูนย์เรียนรู้โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริต้นแบบระดับจังหวัด [3] และได้รับคัดเลือกให้เป็น Success Case โมเดลต้นแบบด้านการทำเกษตรและเป็นต้นแบบนวัตกรรมการแปรรูปเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร ในรายงานข้อเสนอเชิงนโยบายและแนวทางการแก้ไขปัญหาเกษตรกรและการพัฒนาเกษตรกรรมของสำนักงานสภาพเกษตรกรจังหวัดกาญจนบุรี เสนอต่อสภาเกษตรกรแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2568 [4] มีการถ่ายทอดความรู้ไปแล้วให้ผู้นำชุมชน ผู้ประกอบการ หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน อสม. ประชาชน เด็ก เยาวชน ผู้สูงอายุ ผู้พิการ ทั้งในและนอกพื้นที่ [5] ซึ่งโรงเรียนบ้านหนองโสน และองค์การบริหารส่วนตำบลหนองโสน อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี ได้รับการสนับสนุนให้เพาะปลูกสมุนไพร โดยเฉพาะดอกโสน เพื่อสร้างวัตถุดิบที่เป็นอัตลักษณ์ของตำบลหนองโสน ผู้วิจัยได้ทำการแจกเมล็ดพันธุ์ให้กับผู้นำชุมชน และผู้อำนวยการโรงเรียนไปเพาะปลูก

ภาพที่ 1 ภาพแจกเมล็ดพันธุ์ดอกโสน และภาพผลผลิตดอกโสนที่ได้จากการเพาะปลูก

ผลผลิตดอกโสนออกจำนวนมาก นำมาสู่แนวคิดในการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการแปรรูปสมุนไพรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ จึงพัฒนานวัตกรรมต้นแบบตู้ตากสมุนไพรที่สามารถควบคุมอุณหภูมิความร้อนและความชื้น

สัมพัทธ์ด้วยเทคโนโลยี IoT สามาถใช้สมาร์ทโฟน Monitor ค่าต่าง ๆ ได้ Real-time ควบคุมเปิดปิดพัดลมและเครื่องทำความร้อนได้ผ่านสมาร์ทโฟน ใช้งานได้แม้ในเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เก็บสำรองพลังงานจากแสงอาทิตย์ในแบตเตอรี่ รองรับการตากสมุนไพรทั้งกลางวันและกลางคืน แก้ปัญหาสมุนไพรเกิดเชื้อรา งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ ได้แก่ 1) เพื่อพัฒนาต้นแบบตู้ตากสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ เปิดปิดพัดลมและเครื่องทำความร้อนได้ผ่านสมาร์ทโฟน ด้วยเทคโนโลยี IoT ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เก็บสำรองพลังในแบตเตอรี่ รองรับการตากสมุนไพรทั้งกลางวันและกลางคืน สามารถใช้งานได้ในเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงอาทิตย์ และพัฒนาระบบวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมในการตากสมุนไพรแต่ละชนิดให้ได้คุณภาพ (สี กลิ่น ความชื้น ความแห้ง ไม่มีเชื้อรา) 2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของสมุนไพรที่ผ่านการอบแห้งด้วยตู้ตากสมุนไพรควบคุมความร้อนด้วยเทคโนโลยี IoT ใช้ พลังงานแสงอาทิตย์ แก้ปัญหาสมุนไพรเกิดเชื้อรา เพื่อการผลิตสินค้าสมุนไพรมูลค่าสูง และ 3) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้กระบวนการพัฒนาตู้ตากสมุนไพรควบคุมความร้อนด้วยเทคโนโลยี IoT ใช้ พลังงานแสงอาทิตย์

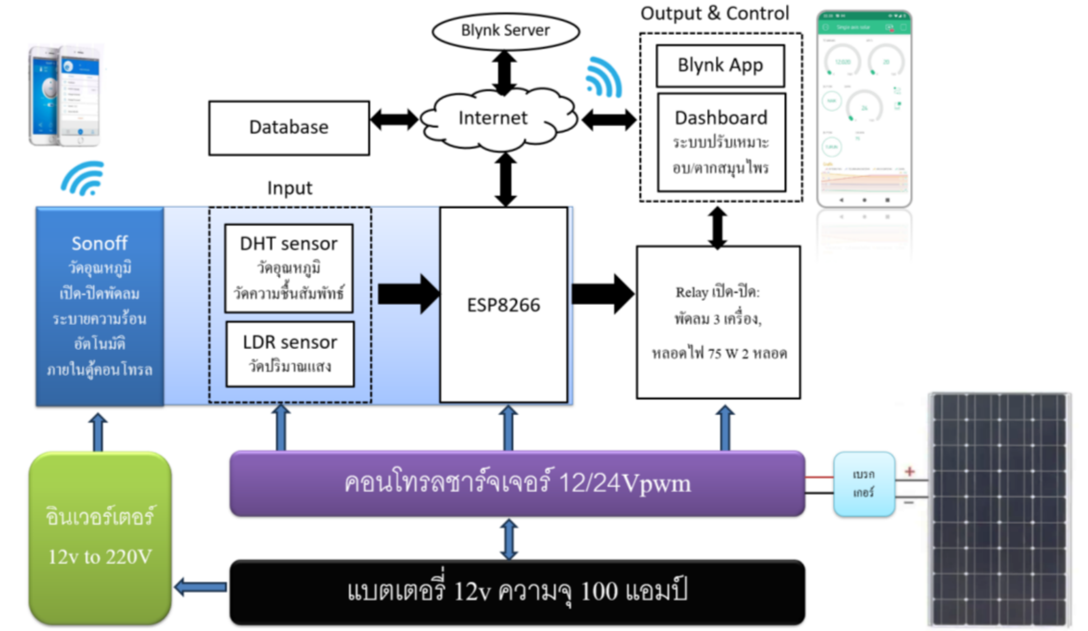
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องผลของการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณสารไมทราไจนีนของใบกระท่อมผลของการอบแห้งใบกระท่อมสายพันธุ์ก้านแดง ก้านเขียว และหางกั้ง ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70°C ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีและปริมาณสารไมทาไจนีน พบว่า คุณภาพด้านสีของใบกระท่อมมีดัชนีการเปลี่ยนสีน้ำตาล (BI) ที่สูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้ง โดยมีค่าความสว่าง (L*) ที่ต่ำ และมีค่าสีแดง (a*) ที่สูงขึ้น ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40 °C มีปริมาณสารไมทราไจนีนสูงสุดของกระท่อมพันธุ์ก้านแดง ก้านเขียว และหางกั้ง เท่ากับ 7.18,8.23และ 7.21 mg/g ตามลำดับ [6] ดังนั้นการให้ความร้อนกับสมุนไพรแต่ละประเภทจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม จึงเป็นที่มาของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT และพัฒนาระบบปรับเหมาะอุณหภูมิที่เป็นกึ่ง AI ซึ่งใช้เครื่องมืออุปกรณ์ IoT ประกอบด้วย NodeMCU ESP8266, DHT sensor, LDR sensor, Relay ใช้กับไฟ DC 12V DC, พัดลมระบายความร้อน DC จำนวน 3 เครื่อง, หลอดไฟทำความร้อน 75 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทักษิณ วังสิงห์ จิณณวัตร เสมกัน และ นิพิฐพนธ์ ฤชา [7] เรื่องตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะด้วยระบบเทคโนโลยีการเชื่อมต่อของสรรพสิ่ง รองรับกระแสไฟฟ้าได้สองระบบ คือ กระแสไฟฟ้า DC จากแผงโซล่าเซลล์ และ กระแสไฟฟ้า AC 220 V มีการใช้ Node MCU จอ LCD ขนาด 16x2 เซนติเมตร เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DHT22 (Sensor) เครื่องปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์ (Heater) 300 วัตต์ 220 V รีเลย์ 5 V 2 แชนเนล (Relay) โมดูล LM2596 (Module) พัดลมเครส (Fan case) ขนาด 12 เซนติเมตร แผงโซล่าเซลล์โพลีคริสตัลไลน์ 20 วัตต์ 12 V แผ่นพีวีซี (PVC Sheet) ไวไฟสวิตซ์ TH10/TH16 (Wifi Swich) ด้านบนปิดด้วยแผ่นพีวีซี โดยใช้เป็นหลังคาเพราะแผ่นพีวีซีสามารถใช้งานได้ในอุณหภูมิที่สูงถึง 150 องศาเซลเซียส ออกแบบให้มีหลังคาโค้งเพื่อให้สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดียิ่งขึ้น ได้ทดสอบตากกล้วย พริก มะม่วง พบว่า อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการอบด้วยทั้ง 2 แบบ จะต่างกัน ผลการทดลองโดย ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่า และใช้ระยะเวลาที่น้อยกว่า เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ อภิญญา สายศรีแก้ว อัษฎา วรรณกายนต์ อภิชัย ไพรสินธุ์ และ สุชาติ ดุมนิล เรื่อง การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things [8] มีขนาดความ กว้าง 60 ยาว 90 และสูง 140 เซนติเมตร หลังคาทรงโค้งทำจากวัสดุใส ทำให้แสงอาทิตย์สามารถส่องผ่านได้ดี สามารถอบแห้งได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ อบเฉพาะแสงแดด อบเฉพาะหลอดไฟ และอบได้ทั้ง 2 รูปแบบพร้อมกัน มีพัดลมดูดอากาศเพื่อลดความชื้น นำระบบ IoT เข้ามาใช้ใน การ

ตรวจวัด และควบคุมอุณหภูมิ รวมไปถึงมีแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ใน ระบบได้แก่ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ วัดความชื้นอากาศด้วย DHT21 เข้าที่บอร์ด Arduino NodeMCU ESP8266 และ การต่อ พาวเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับจาก 220 โวลต์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 5-12 โวลต์ เพื่อให้กระแสไฟกับ Relay (รีเลย์) สั่งการไปยัง Magnetic Contactor (เมเนติก) ในการควบคุม การเปิด-ปิดหลอดไฟเพื่อใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในตู้อบเพื่อให้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด

3. วิธีการวิจัย

1) ออกแบบสถาปัตยกรรมตู้ตากสมุนไพรควบคุมอุณหภูมิความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ เปิดปิดพัดลมและเครื่องทำความร้อนได้ผ่านสมาร์ทโฟน ด้วยเทคโนโลยี IoT ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เก็บสำรองพลังในแบตเตอรี่ รองรับการตากสมุนไพรทั้งกลางวันและกลางคืน สามารถใช้งานได้ในเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงอาทิตย์ และพัฒนาระบบวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมในการตากสมุนไพรแต่ละชนิดให้ได้คุณภาพ

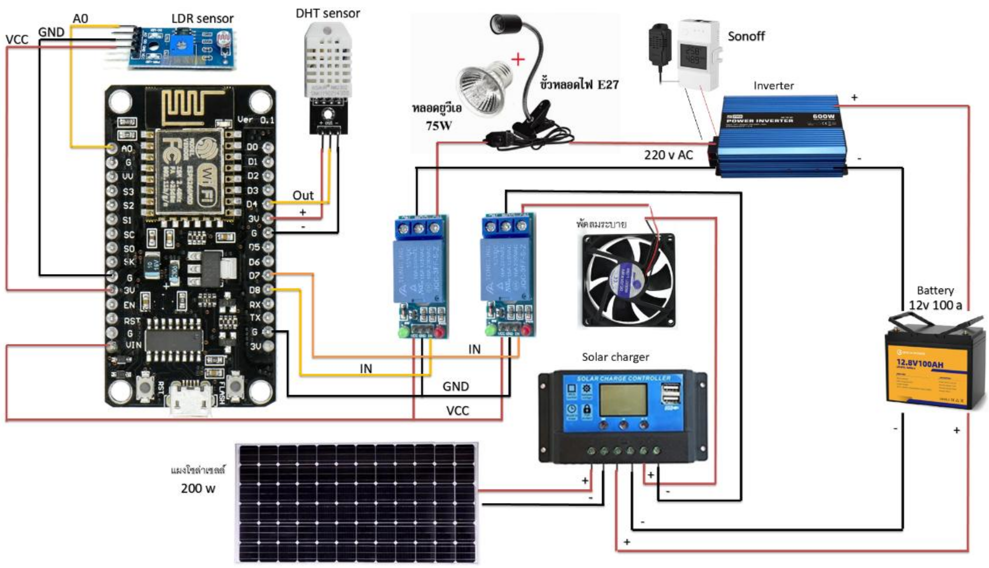


ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมตู้ตากสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ด้วย IoT

2) พัฒนาตู้ตากสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์ โครงสร้างใช้เหล็กขนาด 1 นิ้ว แผ่นโพลีคาร์บอเนต ลูกฟูก 6 มม. 1.22X2.44 ม. สีใส ความกว้าง 120 เซนติเมตร ความยาว 80 เซนติเมตร ความสูงภายในตู้ตาก 40 เซนติเมตร ความสูงของโต๊ะ 75 เซนติเมตร แผงโซล่าเซลล์ 200w, คอนโทรลชาร์จเจอร์ 12/24Vpwm 30A, แบตเตอรี่ 12v ความจุ 100 แอมป์,อินเวอร์เตอร์ 3000W 12v ->220V, เบรกเกอร์ 30 แอมป์

ภาพที่ 3 ประกอบตู้ตากสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์

3) พัฒนาอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ เปิดปิดพัดลมและเครื่องทำความร้อนได้ผ่านสมาร์ทโฟน ด้วยเทคโนโลยี IoT โดยใช้บอร์ด อุปกรณ์ชิ้นส่วน IoT ประกอบด้วย NodeMCU ESP8266, DHT sensor, LDR sensor, Relay ใช้กับไฟ DC 12V DC, พัดลมระบายความร้อน DC จำนวน 3 เครื่อง, หลอดไฟทำความร้อน 75 W จำนวน 2 หลอด, Sonoff TH Elite สำหรับตรวจสอบความร้อนภายในตู้คอนโทรล



ภาพที่ 4 พัฒนาชุดอุปกรณ์ IoT ควบคุมอุณหภูมิความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ เปิดปิดพัดลม เครื่องทำความร้อน

4) พัฒนาแอพพลิเคชั่นสำหรับแสดงผลข้อมูลแบบ real time และควบคุมเปิดปิดพัดลมระบายอากาศ เปิดปิดดวงไฟให้ความร้อน ด้วยแอปพลิเคชัน Blynk และสามารถวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมในการตากสมุนไพรแต่ละชนิดให้ได้คุณภาพ (สี กลิ่น ความชื้น ความแห้ง ไม่มีเชื้อรา) เป็นระบบกึ่ง AI ที่ใช้กระบวนการพิจารณาจากชนิดของสมุนไพรแต่ละชนิด ดังนี้ สมุนไพรส่วนของดอก ใบ และพืชล้มลุก (ทั้งต้น) จะใช้อุณหภูมิ 20-40 องศาเซลเซียส, สมุนไพรส่วนของเปลือกต้น ราก และกิ่ง ใช้อุณหภูมิ 30-65 องศาเซลเซียส, สมุนไพรส่วนของผลและเมล็ด ใช้อุณหภูมิ 70-90 องศาเซลเซียส และสมุนไพรที่มีสารระเหยง่าย ใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ข้อมูลจากศูนย์ข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล [9]

5) ประเมินประสิทธิภาพของตู้ตากสมุนไพร และตรวจสอบคุณภาพของสมุนไพรที่ผ่านการอบแห้งด้วยตู้ตากสมุนไพรควบคุมความร้อนด้วยเทคโนโลยี IoT ใช้ พลังงานแสงอาทิตย์ แก้ปัญหาสมุนไพรเกิดเชื้อรา เพื่อการผลิตสินค้าสมุนไพรมูลค่าสูง รวบรวมสมุนไพรตากแห้งด้วยตู้ตากที่พัฒนาขึ้นแต่ละครัวเรือน แต่ละชนิดนำมาบดและร่อนโดยใช้แร่งเบอร์ 100 แล้วตรวจวิเคราะห์คุณภาพ (สี กลิ่น ความชื้น ความแห้ง ไม่มีเชื้อรา) เมื่อได้วัตถุดิบที่อบแห้งดีมีคุณภาพ แล้วนำมาผลิตเป็นสินค้าสมุนไพรมูลค่าสูง Prototype เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบสำหรับถ่ายทอดความรู้ให้ประชาชน ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 40 ชนิด

ภาพที่ 5 ตากสมุนไพรด้วยตู้ตากที่พัฒนาขึ้น แล้วนำสมุนไพรมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง

6) อบรมถ่ายทอดองค์ความรู้กระบวนการพัฒนาตู้ตากสมุนไพรควบคุมความร้อนด้วยเทคโนโลยี IoT ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ให้กับกลุ่มตัวอย่าง ครูและนักเรียนโรงเรียนบ้านหนองโสนจำนวน 150 คน และถ่ายทอดความรู้การใช้ตู้ตากเพื่อแปรรูปสมุนไพร เพื่อเป็นวัตถุดิบที่มีคุณภาพสำหรับผลิตสินค้าจำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ชาดอกโสน โลชั่นบำรุงผิวดอกโสนกลิ่นตะไคร้หอม และครีมกันแดดดอกโสนสำหรับผิวหน้า

ภาพที่ 6 กิจกรรมถ่ายทอดความรู้ให้กับครูและนักเรียนโรงเรียนบ้านหนองโสน

4. ผลการวิจัย

1) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมตู้ตากสมุนไพรควบคุมความร้อนด้วยเทคโนโลยี IoT พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อการผลิตสินค้าสมุนไพรมูลค่าสูง แสดงค่าเฉลี่ยดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 1 แสดงประสิทธิภาพของนวัตกรรมตู้ตากสมุนไพรที่พัฒนาขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผลลัพธ์
1. อุณหภูมิความร้อนภายในตู้ตากสามารถเพิ่มหรือลดได้ด้วยการควบคุมการเปิดปิดดวงไฟฮีสเตอร์ ด้วยเทคโนโลยี IoT	4.60	0.55	มากที่สุด
2. ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ตากสามารถเพิ่มหรือลดได้ด้วยการควบคุมเปิดปิดพัดลมระบาย ด้วยเทคโนโลยี IoT	4.80	0.45	มากที่สุด
3. ขนาดของแบตเตอร์รี่ เหมาะสมกับขนาดของแผงโซล่าเซลล์	4.40	0.55	มากที่สุด
4. ปริมาณไฟสำรองในแบตเตอรี่ เหมาะสมและเพียงพอต่ออุปกรณ์ต่อพ่วงทั้งหมดของนวัตกรรมตู้ตากสมุนไพร	4.20	0.45	มาก
ค่าเฉลี่ยทุกข้อ	4.50	0.50	มากที่สุด

นวัตกรรมตู้ตากสมุนไพรควบคุมความร้อนด้วยเทคโนโลยี IoT พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อการผลิตสินค้าสมุนไพรมูลค่าสูง มีประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด (x = 4.50, SD=0.50) สามารถเก็บสำรองพลังในแบตเตอรี่รองรับการตากสมุนไพรทั้งกลางวันและกลางคืน สามารถใช้งานได้ในเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงอาทิตย์ และพัฒนาระบบวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมในการตากสมุนไพรแต่ละชนิดให้ได้คุณภาพ (สี กลิ่น ความชื้น ความแห้ง ไม่มีเชื้อรา) มีข้อแนะนำเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มจำนวนเซนเซอร์ DHT ภายในตู้ตาก ให้มี 2 จุด เพื่อให้การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แม่นยำครอบคลุมทั่วทั้งตู้

2) ผลการประเมินผลลัพธ์การถ่ายทอดนวัตกรรม ระดับความพึงพอใจของครูและนักเรียนโรงเรียนบ้านหนองโสน จำนวน 150 คน ผลการวิจัยพบว่า นวัตกรรมตู้ตากสมุนไพรที่พัฒนาขึ้น แสดงดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 2 ระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อตู้ตากสมุนไพร

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผลลัพธ์
ขนาดของตู้ตากสมุนไพร ความกว้าง ความยาว ความสูง เหมาะสม	4.80	0.41	มากที่สุด
น้ำหนักของตู้ตากสมุนไพร เหมาะสม สามารถยกย้ายเคลื่อนที่ได้ง่าย	4.67	0.61	มากที่สุด
ปริมาณสมุนไพรที่ตากในตู้ตาก รองรับได้เหมาะสมกับการผลิตต่อรอบ	4.00	0.00	มาก
จำนวนดวงไฟฮีสเตอร์ให้ความร้อน เพียงพอเหมาะสม	3.67	0.84	มาก
จำนวนพัดลมระบาย เพียงพอเหมาะสม	4.87	0.35	มากที่สุด
แอปพลิเคชันสำหรับควบคุมและแสดงผลค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณแสง ภายในตู้ตากสมุนไพร ใช้งานได้ง่าย สะดวก ไม่ซับซ้อน	4.80	0.41	มากที่สุด
การควบคุมความร้อนภายในตู้ตากสมุนไพร ทำได้ง่าย ผ่านสมาร์ทโฟน	4.00	0.64	มาก
การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ตากสมุนไพร ทำได้ง่าย ผ่านสมาร์ทโฟน	4.00	0.64	มาก

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม 2568-สิงหาคม 2568)

นวัตกรรมตู้ตากสมุนไพร ทำให้สมุนไพรแห้งเร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการตากภายนอกทั่วไป	4.90	0.31	มากที่สุด
นวัตกรรมตู้ตากสมุนไพร ทำให้สีของสมุนไพรสวยงาม ไม่เป็นสีน้ำตาลไหม้	4.77	0.43	มากที่สุด
นวัตกรรมตู้ตากสมุนไพร ทำให้น้ำมันหอมระเหยของสมุนไพร (เฉพาะชนิดที่มีน้ำมันหอมระเหย) ยังคงอยู่	3.60	0.81	มาก
นวัตกรรมตู้ตากสมุนไพร ทำให้สมุนไพรมีความแห้งสนิท ไม่ก่อให้เกิดเชื้อราภายหลังการเก็บรักษา	4.97	0.18	มากที่สุด
ความพึงพอใจภาพรวมที่มีต่อนวัตกรรมตู้ตากสมุนไพรที่พัฒนาขึ้น	4.20	0.41	มาก
ค่าเฉลี่ยทุกข้อ	4.40	0.46	มากที่สุด

เกณฑ์การแปลผล ดังนี้

1.00-1.80 มีความพึงพอใจน้อยที่สุด,

1.81-2.60 มีความพึงพอใจน้อย,

2.61-3.40 มีความพึงพอใจปานกลาง,

3.41-4.20 มีความพึงพอใจมาก,

4.20-5.00 มีความพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนโรงเรียนบ้านหนองโสน อยู่ที่ระดับมากที่สุด (x = 4.40, SD=0.46) และการใช้ประโยชน์จากนวัตกรรมหลังการถ่ายทอดความรู้ นักเรียนสามารถต่อยอดความรู้และนำนวัตกรรมไปใช้แปรรูปสมุนไพรพัฒนาผลิตภัณฑ์ 3 ผลิตภัณฑ์ ได้อย่างต่อเนื่อง

ภาพที่ 7 สินค้าอัตลักษณ์ชุมชนตำบลหนองโสน 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ชาดอกโสน โลชั่นดอกโสนกลิ่นตะไคร้หอม และครีมกันแดดดอกโสนสำหรับผิวหน้า

จากการถ่ายทอดนวัตกรรมและองค์ความรู้ในการแปรรูปดอกโสนเป็นผลิตภัณฑ์อัตลักษณ์ชุมชนของตำบลหนองโสน พบว่า สามารถสร้างอาชีพเสริมและสร้างรายได้ให้กับนักเรียนและผู้ปกครองได้ 10 ครัวเรือน ซึ่งเป็นรายได้เสริมและเป็นการสร้างการรับรู้ถึงประโยชน์ของดอกโสนและสมุนไพรใกล้ตัว ส่งผลให้เกิดห่วงโซ่อุปทานในชุมชนตั้งแต่ เกษตรกรผู้ปลูกดอกโสนมีเพิ่มมากขึ้น ผู้แปรรูปเพิ่มมูลค่าดอกโสนมีมากขึ้น และสร้างตัวแทนจำหน่ายสินค้าที่เป็นเยาวชนและผู้ปกครองของนักเรียน โดยมีการตั้งกลุ่มสตรีพัฒนาสัมมาชีพของตำบลขึ้น และผลิตสินค้า

อย่างต่อเนื่อง มีผลการดำเนินกิจการของกลุ่มในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา (มกราคม-มิถุนายน พ.ศ.2568) ดังนี้ ผลิตและจำหน่ายชาดอกโสนในราคา ซองละ 69 บาท ได้จำนวน 200 ซอง ผลิตและจำหน่ายโลชั่นดอกโสนกลิ่นตะไคร้หอม ราคาขวดละ 59 บาท ได้จำนวน 500 ขวด และผลิตครีมกันแดดดอกโสนสำหรับผิวหน้า จำหน่ายในราคาหลอดละ 79 บาท ได้จำนวน 200 หลอด รวมรายได้ที่เกิดขึ้นทั้งหมดในช่วง 6 เดือน ประมาณ 59,100 บาท เฉลี่ยเดือนละเกือบหนึ่งหมื่นบาท

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

การพัฒนานวัตกรรมตู้ตากสมุนไพรควบคุมความร้อนด้วยเทคโนโลยี IoT พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อการผลิตสินค้าสมุนไพรมูลค่าสูง และถ่ายทอดองค์ความรู้การใช้นวัตกรรมตู้ตากสมุนไพรให้กับนักเรียนเยาวชนจำนวน 30 คน จนสามารถต่อยอดนำไปผลิตสินค้าสมุนไพรมูลค่าสูง 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ชาดอกโสน โลชั่นบำรุงผิวดอกโสนกลิ่นตะไคร้หอม และครีมกันแดดดอกโสนสำหรับผิวหน้า เป็นการส่งเสริมให้เกิดการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรไทย กระตุ้นให้เกษตรกรในชุมชนมีการเพาะปลูกสมุนไพรดอกโสนมากยิ่งขึ้น ซึ่งดอกโสนมีผู้วิจัยตรวจวัดปริมาณสาระสำคัญพบว่ามีสารเควอเซทิน ไกลโคไซด์ (Quercetin 3-2 (G)-rhamnosylrutinoside) เป็นองค์ประกอบสำคัญ สารดังกล่าวเป็นสารฟลาโวนอยด์ที่สำคัญ มีฤทธิ์ต้านการก่อกลายพันธุ์ในเซลล์เพาะเลี้ยงในห้องทดลอง การศึกษาฤทธิ์ชีวภาพของเควอเซทินจากงานวิจัยพบว่า เควอเซทินมีฤทธิ์กระตุ้นให้เซลล์มะเร็งตายด้วยกระบวนการอะพ็อปโทซิส (apoptosis) หยุดยั้งการแบ่งเซลล์ของเซลล์มะเร็ง ระงับการอักเสบ และป้องกันอันตรายของเซลล์ปกติต่อความเครียดจากกระบวนการต้านอนุมูลอิสระ ส่วนสรรพคุณทางการแพทย์แผนไทย ดอกโสนมีรสจืด มันเย็น สรรพคุณแก้พิษร้อน ถอนพิษไข้ (สรรพคุณเดียวกันกับดอกแค) สรรพคุณทางโภชนาการ ดอกโสนให้ธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัสบำรุงกระดูกบำรุงสมอง มีเหล็กบำรุงเลือด ให้วิตามินเอไว้ต่อต้านโรคภัยไข้เจ็บอีก และมีวิตามินบี 1 บี 2 ไนอะซิน และวิตามินซี [10] มีการศึกษาองค์ประกอบทางพฤกษเคมีและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดอกโสน พบว่าสารสกัดดอกโสนด้วย Ethanol มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด โดยให้ค่า IC50 เท่ากับ 124.5 μg/ml เมื่อทำการทดสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่าสารสกัดดอกโสนด้วย 99.8% Ethanol พบสารพฤกษเคมีหลายชนิดที่เป็นองค์ประกอบ คือแอลคาลอยด์, ฟลาโวนอยด์, สเตียรอยด์ [11] มีการนำดอกโสนสดและดอกโสนตากแห้งมาผลิตเป็นเครื่องดื่มสมุนไพร โดยมีการตรวจวัดค่า PH จุลินทรีย์ทั้งหมด, โคลิฟอร์ม, อีโคไล, ยีสต์ และราในผลิตภัณฑ์ และลักษณะทางกายภาพของเครื่องดื่มดอกโสน พบว่า ดอกโสนสดมีค่าสี L*11.084, a*-29.4 และ b*2.102 ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองอมเขียวอ่อน ดอกโสนแห้งมี ค่าสี L*11.953, a*-53.4 และ b*2.430 ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองเข้ม (L* หมายถึง ค่าความสว่าง 0 มีค่าความสว่างน้อยและ 100 มีค่าความสว่างมาก, a * หมายถึง ค่าสีแดงและสีเขียว a+= สีแดง, a-= สีเขียว, b* หมายถึง ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน b+= สีเหลือง, b-= สีน้ำเงิน) ดอกโสนสดมีค่า pH เท่ากับ 9.38, ดอกโสนอบแห้งมีค่า pH เท่ากับ 7.68 ไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด, โคลิฟอร์ม, อีโคไล, ยีสต์ และราในผลิตภัณฑ์ เมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาเครื่องดื่มจากดอกโสนพบว่าสามารถเก็บที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ได้นาน 15 วัน [12] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งต่อคุณภาพของดอกโสน โดยการแปรระดับอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60, 120, 180, 240, 300 และ 360 นาที พบว่า การอบแห้งดอกโสนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 360 นาที สามารถรักษาลักษณะปรากฏของสารสีเหลืองแคโรทีนและปริมาณเบต้าแคโรทีน

คงเหลือมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 5,709.12 IU/100 กรัม หรือ 10,286.69 μg/100 กรัม [13] ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือสำหรับแปรรูปดอกโสน ด้วยกระบวนการตากแห้ง ที่จะยังคงคุณภาพของสมุนไพรไว้ให้ได้มากที่สุด ตั้งอาศัยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิคการให้อุณหภูมิในการตากสมุนไพรแต่ละประเภท เช่น สมุนไพรส่วนของดอก ใบ และพืชล้มลุก (ทั้งต้น) จะใช้อุณหภูมิ 20-40 องศาเซลเซียส, สมุนไพรส่วนของเปลือกต้น ราก และกิ่ง ใช้อุณหภูมิ 30-65 องศาเซลเซียส, สมุนไพรส่วนของผลและเมล็ด ใช้อุณหภูมิ 70-90 องศาเซลเซียส และสมุนไพรที่มีสารระเหยง่าย ใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส [9] จึงเกิดนวัตกรรมตู้ตากสมุนไพรนี้ขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชราภรณ์ อินริราย ธวัลรัตน์ สัมฤทธิ์ วรลักษณ์ สุริวงษ์ และ สุรินทราพร ชั่งไชย [14] เรื่อง การศึกษาการอบแห้งขมิ้นชันด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเครื่องที่สร้างสามารถทำงานได้ 2 ระบบ คือระบบ Passive และระบบ Active ซึ่งสามารถทำอุณหภูมิอากาศภายในเครื่องเฉลี่ยได้ไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในการอบขมิ้นชัน หรือพืชจำพวกสมุนไพร ทั้งนี้ในที่ระยะเวลาในการอบแห้งเท่ากับ 7 ชั่วโมง และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ จันทิมา ชั่งสิริพร พฤกระยา พงศ์ยี่หล้า และ นิรณา ชัยฤกษ์ [6] เรื่องผลของการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณสารไมทราไจนีนของใบกระท่อมผลของการอบแห้งใบกระท่อมสายพันธุ์ก้านแดง ก้านเขียว และหางกั้ง ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีและปริมาณสารไมทาไจนีน พบว่า คุณภาพด้านสีของใบกระท่อมมีดัชนีการเปลี่ยนสีน้ำตาล (BI) ที่สูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้ง โดยมีค่าความสว่าง (L*) ที่ต่ำ และมีค่าสีแดง (a*) ที่สูงขึ้น ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารไมทราไจนีนสูงสุดของกระท่อมพันธุ์ก้านแดง ก้านเขียว และหางกั้งเท่ากับ 7.18, 8.23และ 7.21 mg/g ตามลำดับ ดังนั้นการให้ความร้อนกับสมุนไพรแต่ละประเภทจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม จึงเป็นที่มาของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT และพัฒนาระบบปรับเหมาะอุณหภูมิที่เป็นกึ่ง AI ซึ่งใช้เครื่องมืออุปกรณ์ IoT ประกอบด้วย NodeMCU ESP8266, DHT sensor, LDR sensor, Relay ใช้กับไฟ DC 12V DC, พัดลมระบายความร้อน DC จำนวน 3 เครื่อง, หลอดไฟทำความร้อน 75 W จำนวน 2 หลอด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทักษิณ วังสิงห์ จิณณวัตร เสมกัน และ นิพิฐพนธ์ ฤๅชา [7] เรื่องตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะด้วยระบบเทคโนโลยีการเชื่อมต่อของสรรพสิ่ง รองรับกระแสไฟฟ้าได้สองระบบ คือ กระแสไฟฟ้า DC จากแผงโซล่าเซลล์ และกระแสไฟฟ้า AC 220 V มีการใช้ Node MCU จอ LCD ขนาด 16x2 เซนติเมตร เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DHT22 เครื่องปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์ (Heater) 300 วัตต์ 220 V รีเลย์ 5 V 2 แชนเนล (Relay) โมดูล LM2596 (Module) พัดลมเครส (Fan case) ขนาด 12 เซนติเมตร แผงโซล่าเซลล์โพลีคริสตัลไลน์ 20 วัตต์ 12 V แผ่นพีวีซี (PVC Sheet) ไวไฟสวิตซ์ TH10/TH16 (Wifi Swich) ด้านบนปิดด้วยแผ่นพีวีซี โดยใช้เป็นหลังคาเพราะแผ่นพีวีซีสามารถใช้งานได้ในอุณหภูมิที่สูงถึง 150 องศาเซลเซียส ออกแบบให้มีหลังคาโค้งเพื่อให้สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดียิ่งขึ้น ได้ทดสอบตากกล้วย พริก มะม่วง พบว่า อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการอบด้วยทั้ง 2 แบบ จะต่างกัน ผลการทดลองโดย ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่า และใช้ระยะเวลาที่น้อยกว่า เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ อภิญญา สายศรีแก้ว อัษฎา วรรณกายนต์ อภิชัย ไพรสินธุ์ และ สุชาติ ดุมนิล [8] เรื่อง การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things มีขนาดความ กว้าง 80 ยาว 120 และสูง 140 เซนติเมตร หลังคาทรงโค้ง ทำจากวัสดุใส ทำให้แสงอาทิตย์สามารถส่องผ่านได้ดี สามารถอบแห้งได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ อบเฉพาะแสงแดด อบเฉพาะหลอดไฟ และอบได้ทั้ง 2 รูปแบบพร้อมกัน มีพัดลมดูดอากาศเพื่อลดความชื้น นำระบบ IoT เข้ามาใช้ใน การตรวจวัด และควบคุมอุณหภูมิ รวมไปถึง

มีแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ใน ระบบ ได้แก่ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ วัดความชื้นอากาศด้วย DHT21 เข้าที่บอร์ด Arduino NodeMCU ESP8266 และ การต่อ พาวเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับจาก 220 โวลต์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 5-12 โวลต์ เพื่อให้กระแสไฟกับ Relay (รีเลย์) สั่งการไปยัง Magnetic Contactor (เมเนติก) ในการควบคุม การเปิด-ปิดหลอดไฟเพื่อใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิภายในตู้อบเพื่อให้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด งานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นการนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ แต่ยังคงต้องควบคุมด้วยคน ซึ่งผู้ควบคุมจำเป็นจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระดับความร้อนที่เหมาะสมกับสมุนไพรแต่ละชนิด จึงทำให้งานวิจัยฉบับนี้สามารถแก้ไขช่องว่างที่เกิดขึ้นได้ด้วยการพัฒนาแอปพลิเคชันปรับเหมาะอุณหภูมิอัตโนมัติสำหรับสมุนไพรแต่ละประเภท ทำให้ผู้ใช้ลดความกังวลว่าอุณหภูมิจะสูงไปหรือต่ำไปสำหรับสมุนไพรที่ต้องการตาก

6. เอกสารอ้างอิง

[1] มณีรัตน์ ภารนันท์, & จินตนาแสงดี. (2566). ต้นแบบการทำเกษตรมูลค่าสูงแบบผสมผสานในพื้นที่น้ำน้อย โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีศึกษา ข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านสมุนไพรไทย. ใน การประชุมวิชาการแลกเปลี่ยนเรียนรู้การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ พ.ศ. 2566 การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพเพื่อสุขภาวะแห่งอนาคตอย่างยั่งยืน โอกาส และความท้าทาย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 9-10 สิงหาคม 2566 (หน้า 285-296.)

[2] มณีรัตน์ ภารนันท์, จินตนา แสงดี, วิชัย ปัทมวิภาค, & ขวัญชีวา ไตรพิริยะ. (2567). การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางสมุนไพรกลิ่นมะลิของวิสาหกิจชุมชนโคกหนองนาสวนไผ่ไฮเทคเพื่อลดความเครียดและเพิ่มคุณภาพการนอนหลับ. ใน การประชุมวิชาการระดับประเทศ ครั้งที่ 1 ประจำปี 2567 หัวข้อ นวัตกรรมสุขภาพ สมอง จิตใจเพื่อวิถีชีวิต แห่งอนาคตที่ยั่งยืน 23 -24 พฤษภาคม 2567 (หน้า p. 99-103).

[3] สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดกาญจนบุรี. (29 มีนาคม 2568). โครงการ 1 จังหวัด 1 ศูนย์เรียนรู้โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริต้นแบบระดับจังหวัด. เข้าถึงได้จาก kanchanaburi: https://kanchanaburi.prd.go.th/ th/content/category/detail/id/57/iid/319796

[4] สภาเกษตรกรจังหวัดกาญจนบุรี. (31 ธันวาคม 2567). โครงการจัดทำข้อเสนอฯ ด้านการแก้ไขปัญหาภัยพิบัติภาคเกษตรกรรม. เข้าถึงได้จาก สภาเกษตรกรจังหวัดกาญจนบุรี: https://www.facebook.com/ story.php?story_fbid= 876952711293285& id=100069356913187&_rdr

[5] มณีรัตน์ ภารนันท์, & คณะ. (2568). การส่งเสริมศักยภาพคนพิการผ่านการถ่ายทอดเทคโนโลยี หลักสูตรผู้ประกอบการด้านสมุนไพรในยุค จังหวัดสมุทรปราการ. ใน การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 12 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 10 มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ วันที่ 24 พฤษภาคม 2568 (หน้า 475-487).

[6] จันทิมา ชั่งสิริพร, พฤกระยา พงศ์ยี่หล้า, & นิรณา ชัยฤกษ์. (2566). ผลของการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณสารไมทราไจนีนของใบกระท่อม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 12(2), 1-8.

[7] ทักษิณ วังสิงห์, จิณณวัตร เสมกัน, & นิพิฐพนธ์ ฤชา. (2564). ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะด้วยระบบเทคโนโลยีการเชื่อมต่อของสรรพสิ่ง. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 1 วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2564 (หน้า 1015-1026).

[8] อภิญญา สายศรีแก้ว, อัษฎา วรรณกายนต์, อภิชัย ไพรสินธุ์, & สุชาติ ดุมนิล. (2565). การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT). Industrial Technology Journal, 7(2), 42-52.

[9] ศูนย์ข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (1 มิถุนายน 2567). การอบสมุนไพร. เข้าถึงได้จาก medplant: https://medplant.mahidol.ac.th/user/reply.asp?id=7205

[10] กรณ์กาญจน์ ภมรประวัติธนะ. (1 มีนาคม 2568). ดอกโสนบ้านนา. เข้าถึงได้จาก medplant: https://www.doctor.or.th/article/detail/10269

[11] ธวัชชัย เหล็กดี, สุคนธ์ทิพย์ อนุพันธ์, & สุวนันท์ ผองแก้ว. (2566). การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระของดอกโสน. Kochchasarn Journal of Science, 45(2), 1-7.

[12] วรรณา ขันธชัย. (1 มิถุนายน 2567). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากดอกโสน. เข้าถึงได้จาก https://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2557/2557239875590.pdf

[13] วรรณิภา พาณิชกรกุล. (2559). ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณภาพของดอกโสนและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง. วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์, 11(1), 47-55.

[14] พัชราภรณ์ อินริราย, ธวัลรัตน์ สัมฤทธิ์, วรลักษณ์ สุริวงษ์, & สุรินทราพร ชั่งไชย. (2564). การศึกษาการอบแห้งขมิ้นชันด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารเกษตรพระวรุณ, 18(2), 87 – 96.

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

THE DEVELOPMENT OF PROBLEM-BASED LEARNING VIA GAMIFICATION TO ENHANCE MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING ABILITY FOR GRADE 5 STUDENTS

รวี น้อยพิทักษ์*[1] , วินัย เพ็งภิญโญ[2] , จรินทร อุ่มไกร[3]
Rawee Noypitag*[1] , Winai Phengpinyo[2], Charinthorn Aumgri[3]

[1,2,3] สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[1,2,3] Department of Computer Education Faculty of Science and Technology
Nakhon Pathom Rajabhat University
E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): youza270@gmail.com

วันที่รับบทความ 3 กรกฎาคม 2568 วันแก้ไขบทความ 26 สิงหาคม 2568 วันตอบรับบทความ 27 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 รวมทั้งเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมดังกล่าว กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านบางประแดง (เลาหดิลกราษฎร์) จำนวน 30 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ สื่อการสอนผ่าน Google Site แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และแบบสอบถามความพึงพอใจ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาและการทดสอบ t-test ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมที่พัฒนามีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.52/78.33 สูงกว่าเกณฑ์ 75/75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมในระดับดีมาก

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน; เกมมิฟิเคชัน; ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ABSTRACT

The objective of this research was to develop and evaluate the effectiveness of problem-based learning activities integrated with gamification to enhance mathematical problem-solving ability among Grade 5 students. The study also aimed to compare students' academic achievement and problem-solving ability before and after the intervention, as well as to investigate their level of satisfaction with the learning activities. The target group consisted of 30 Grade 5 students from Ban Bang Pradang School (Laohadilokrat), selected through purposive sampling. The research instruments included instructional plans, online learning media via Google Site, academic achievement tests, mathematical problem-solving assessments, and a satisfaction questionnaire. Data were analyzed using descriptive statistics and t-tests. The findings revealed that the developed learning activities achieved an effectiveness score of 78.52/78.33, which exceeded the predetermined criterion of 75/75 with statistical significance at the .05 level. Both the students' academic achievement and problem-solving ability significantly improved after participating in the learning activities. Additionally, the students reported a very high level of satisfaction with the learning experience.

Keywords: Problem-Based Learning; Gamification; Mathematical Problem-Solving Ability

1. บทนำ

โลกในปัจจุบันของเรามีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างก้าวกระโดด ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และด้านการศึกษา เป็นต้น ซึ่งหนึ่งปัจจัยหลักมาจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมที่เข้ามาพัฒนาประเทศไทยของเราให้มีความเจริญก้าวหน้า ซึ่งสิ่งสำคัญที่สุด นับว่าเป็นรากฐานของการพัฒนาประเทศนั้น คือ การพัฒนาคนในประเทศให้มีคุณภาพ การที่ผู้คนจะพัฒนาจนเป็นคนที่มีคุณภาพนั่นหมายถึง การพัฒนาเรื่องของระบบการศึกษา ดังนั้น การศึกษาจึงเป็นหัวใจสำคัญที่สุดในการขับเคลื่อนประเทศไทยของเราให้ก้าวไปสู่ประเทศที่มีศักยภาพและยั่งยืน พร้อมรับต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคต [1] จึงมีการเปลี่ยนแปลงแนวทางการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อสอดคล้องกับตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พุทธศักราช 2553 มาตรา 24 (2) กล่าวถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้ว่า ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิด การแก้ไขปัญหา การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้ และมาตรา 24 (3) มีจุดเน้นที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่าน และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง [2]

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยสิ่งที่อยากเรียนรู้ หรือปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เด็กสนใจ หรือสิ่งที่พบในชีวิตประจำวันที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน โดยบทบาทหน้าที่ของครูผู้สอนจะต้องเตรียมความพร้อมในการปรับเปลี่ยนแผนการจัดการเรียนรู้ตามความสนใจของผู้เรียน ครูผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความสัมพันธ์กับปัญหานั้น ๆ ซึ่งในการจัดการเรียนรู้บางครั้งอาจเป็นปัญหาของสังคม

ที่เป็นสถานการณ์ปัจจุบัน ครูผู้สอนต้องกระตุ้นผู้เรียนให้เด็กคิดจากสถานการณ์ข่าว เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ผู้เรียนต้องเรียนรู้จากการเรียน มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนภายในกลุ่มเกิดเป็นการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างผู้เรียน ซึ่งนำไปสู่การค้นคว้าหาคำตอบหรือสร้างความรู้ใหม่บนฐานความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีมาก่อนหน้านี้ [3]

เกมมิฟิเคชัน คือการประยุกต์นำเอาหลักการพื้นฐานกลไกลของการเล่นเกม เช่น แต้มสะสม (points) , ระดับขั้น (levels) , การได้รับรางวัล (rewards) , กระดานผู้นำ (leaderboards) หรือจัดการแข่งขันระหว่างผู้เข้าร่วม (competition) เป็นต้น มาประยุกต์ใช้ในบริบทอื่น ๆ โดยจำลองสภาพแวดล้อมให้เสมือนการเล่นเกม เช่น ผู้เข้าร่วมทุกคนจะได้รับแต้ม คะแนนสะสม หรือรางวัล เมื่อปฏิบัติภารกิจที่กำหนดสำเร็จ โดยทุกคนสามารถตรวจสอบแต้มสะสมของตน ได้มีการเลื่อนระดับขั้นเมื่อผู้เล่นทำแต้มถึงระดับที่กำหนด หรือจัดให้มีการแข่งขันระหว่างกัน รวมทั้งอาจมีการเชิญชวนให้ผู้อื่นมาล้มแชมป์ เป็นต้น จากที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีการประยุกต์นำความรู้เรื่องเกมมิฟิเคชันมาปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพราะส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ และช่วยให้นักเรียนมีแรงจูงในการเรียนมากยิ่งขึ้น [4] จากการบูรณาการเกมมิฟิเคชันในการจัดการเรียนรู้พบว่า สามารถช่วยกระตุ้นการมีส่วนร่วมของนักเรียน สามารถเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนและส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกัน (collaborative learning) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเมื่อนำเสนอผ่านสื่อการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์หรือการเล่าเรื่องแบบมีปฏิสัมพันธ์ นักเรียนจะได้รับประสบการณ์ที่มีความหมายมากขึ้น และพัฒนาทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการคิดวิเคราะห์ การใช้เทคโนโลยี และการแก้ปัญหา [5]

เมื่อพิจารณาการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในปัจจุบัน เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีครูเป็นศูนย์กลางโดยที่ครูทำหน้าที่บอกเล่าความรู้เพียงผู้เดียวแล้วให้นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติตาม และยังเน้นการท่องจำ ไม่ส่งเสริมการทำงานกลุ่ม นักเรียนไม่สามารถตั้งคำถาม หรือตั้งประเด็นในหัวข้อที่สนใจเรียนได้ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างแท้จริง เป็นการปิดกั้น ไม่เปิดโอกาสให้เขาเรียนรู้ได้อย่างแท้จริง ซึ่งปัจจุบันพบว่าปัญหาของการจัดการเรียนรู้ของประเทศไทยเรานี้ยังไม่ประสบความสำเร็จ เมื่อพิจารณผลของการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O – NET) ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในรายวิชาคณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านบางประแดง พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ ต่ำกว่า50 คะแนน และมีแนวโน้มคะแนนเฉลี่ยลดลงอย่างต่อเนื่อง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนไม่เป็นไปตามค่าเป้าหมายที่กำหนด เมื่อพิจารณาในด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนยังขาดทักษะความสามารถในการแก้ไขปัญหาทางการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นทักษะกระบวนการที่เป็นหัวใจของการเรียนการสอน ซึ่งควรได้รับการการฝึกฝน และการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ [6]

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีความเหมาะสมกับบริบทของสถานศึกษา เพื่อนักเรียนมีผมสัมฤทธิ์ที่สูงขึ้น นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน ฝึกทักษะการคิด การแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทบทวนบทเรียนอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งเกิดเจตคติที่ดีในการเรียน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาต่าง ๆ โดยสร้างองค์ความรู้จากกิจกรรมกระบวนการทำงานกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับชีวิตประจำวัน ซึ่งปัญหาที่กำหนดขึ้นจะเป็นแนวทางสำคัญในการกำหนดกระบวนการเรียนรู้ และเป็นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาที่มีเหตุผล และทักษะการสืบค้นข้อมูล การจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนพัฒนาในด้านทักษะและกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนมีการฝึกฝนทักษะและการสร้างองค์ความรู้ใหม่ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา [7]

การจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐาน คือรูปแบบวิธีการสอนที่มุ่งนำเสนอสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันที่มีรูปแบบแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลายที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ รวมทั้งพัฒนาทักษะการค้นหาข้อมูลและใช้กระบวนการกลุ่มในการทำกิจกรรมเข้ามาผสมผสานในการฝึกการสร้างองค์ความรู้ ทักษะการคิดระดับสูง ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการทำงานเป็นทีม [8]

การจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐาน หมายความว่า การจัดสภาพแวดล้อมในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ เป็นเครื่องมือเพื่อให้นักเรียนบรรลุตามเป้าหมายสามารถจัดให้นักเรียนเจอกับสถานการณ์ปัญหาจริง หรือครูจัดสภาพการณ์เพื่อฝึกทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์และทักษะการแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในปัญหาพร้อมทั้งเล็งเห็นทางเลือกวิธีการในการแก้ปัญหา ทักษะการคิดการทำงานเป็นทีม [9]

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นการจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือการจัดสภาพแวดล้อมบรรยายกาศการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ไขปัญหา ทักษะที่ใช้เหตุผล ทักษะการเรียนรู้และการฝึกฝนทักษะ ผ่านระบบกิจกรรมกลุ่มเพื่อการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะการเรียนรู้อย่างยั่งยืน

2.2 ความหมายของเกมมิฟิเคชัน

เกมมิฟิเคชัน หมายถึง การนำกระบวนการของเกม ระบบ แนวคิดของเกม และองค์ประกอบของเกมมาใช้กระตุ้นให้กลุ่มเป้าหมายเกิดพฤติกรรม การมีส่วนร่วมในการทำงาน และการแก้ปัญหา [10]

เกมมิฟิเคชัน คือ การนำหลักการกลไกของเกมมาเป็นฐาน และประยุกต์ใช้ในบริบทที่ไม่ใช่เกมเพื่อสร้างความผูกพันปลุกเร้าความสนใจส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ปัญหา [11]

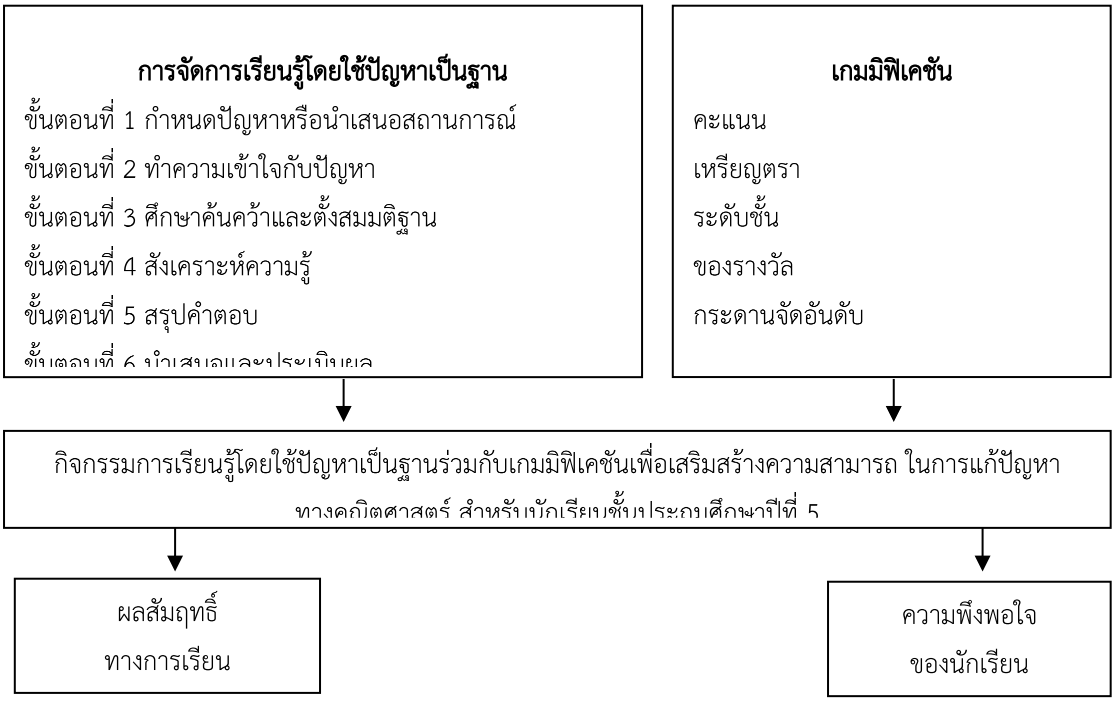
เกมมิฟิเคชัน คือ การนำรูปแบบกลไกหรือวิธีคิดแบบในเกมมาประยุกต์ใช้ในสิ่งที่ไม่ใช่เกม เพื่อให้เกิดความสนุกสนาน ความน่าสนใจน่าติดตามซึ่งสามารถสร้างความผูกพันเป็นอย่างมาก [12]

เกมมิฟิเคชัน หมายถึง การนำหลักการพื้นฐานในการออกแบบเกม กลไกของเกมมาใช้ในบริบทอื่นที่ไม่ใช่การเล่นเกม โดยช่วยเพิ่มความผูกพันแก่ผู้เข้าร่วมกิจกรรม สามารถสร้างแรงจูงใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี [13]

เกมมิฟิเคชัน คือ การนำแนวคิดกลไก และหลักการของเกมมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อสร้างแรงจูงใจและส่งเสริมให้ผู้ใช้เกิดพฤติกรรมที่ต้องการ [14]

จากการศึกษาความหมายของเกมมิฟิเคชันข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าการนำรูปแบบแนวคิดกลไกของเกมใช้ในสถานการณ์ที่ไม่ใช่การเล่นเกม เพื่อให้ผู้เรียนอยู่ในสถานการณ์นั้นรู้สึกสนุกสนาน น่าสนใจ อยากมีส่วนร่วม นำไปสู่การสร้างแรงจูงใจแก่ผู้เรียน จนนำไปสู่พฤติกรรมที่คาดหวังได้

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และเกมมิฟิเคชัน ได้ออกแบบกรอบแนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งกรอบแนวคิดการวิจัยสามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากกรอบแนวคิดการวิจัยสามารถอธิบายขั้นตอนการเรียนรู้ของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อเสริมสร้างความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดปัญหาหรือนำเสนอสถานการณ์ ครูผู้สอนนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ จากนั้นแบ่งกลุ่มผู้เรียน กลุ่มละ 2-3 คน เพื่อร่วมกันระบุปัญหาที่ได้รับมอบหมายให้มีความชัดเจน

ขั้นตอนที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะเชื่อมโยงปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และร่วมกันวางแผนการดำเนินการศึกษาค้นคว้าตามประเด็นปัญหาที่ครูตั้งขึ้น และประเด็นปัญหาอื่น ๆ ที่ต้องการศึกษา

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาค้นคว้าและตั้งสมมติฐาน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเอกสารต่าง ๆ ภายในเว็บไซต์ เว็บไซต์ Math Fun Fine ที่พัฒนาขึ้นมา และร่วมกันหารูปแบบแนวคิดในการแก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ (ตั้งสมมติฐาน)

ขั้นตอนที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ นักเรียนแต่ละคนนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในกลุ่มเพื่อแก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ โดยที่ครูผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น จนเกิดเป็นความคิดรวบยอดหรือองค์ความรู้

ขั้นตอนที่ 5 สรุปคำตอบ นักเรียนในกลุ่มนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับสมาชิกภายในกลุ่ม และให้นักเรียนทำใบงานหรือแบบฝึกหัด เพื่อแก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ หากกลุ่มใดทำงานเสร็จหมด เป็นกลุ่มแรกจะได้ได้รับคะแนน (Point) จำนวน 5 คะแนน กลุ่มที่เหลือจะได้รับคะแนน (Point) เป็น 4 , 3 และ 2 ตามลำดับ และครูผู้สอนจัดเตรียมโจทย์ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนได้ท้าทายความสามารถของตนเอง หากนักเรียนสามารถทำได้ จะได้รับเหรียญตราเพื่อบ่งบอกถึงความสามารถพิเศษในการแก้ไขปัญหา และนักเรียนกลุ่มใดสามารถเก็บคะแนนได้ตามที่กำหนด จะได้รับของรางวัล (Reward) เป็นของรางวัล และได้เลื่อนระดับชั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอและประเมินผล ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอชิ้นงานภาระงาน หรือผลการดำเนินการศึกษาหน้าชั้นเรียน โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน ทั้งงานของกลุ่มตนเอง และของเพื่อนที่นำเสนอ และครูผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ความเข้าใจให้แก่นักเรียนมากยิ่งขึ้น ครูผู้สอนนำผลคะแนนที่ได้ของแต่ละกลุ่มมาแสดงในลักษณะของกระดาน จัดอันดับ (Leaderboard) โดยผู้เรียนสามารถรับรู้ผลคะแนนผ่าน เว็บไซต์ Math Fun Fine

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติพิชญ์ เลิศสงคราม, สมใจ ภูครองทุ่ง และปรัศนีย์ วิจารย์ขันธ์ [15] ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังจากได้เรียนรู้ในรูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับรูปแบบการสอนโดยใช้เทคนิค KWDL กับเกณฑ์ร้อยละ 70
2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียนในรูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับรูปแบบการสอนโดยใช้เทคนิค KWDL มีกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย จำนวน 41 คน ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวังสามหมอวิทยาคาร ซึ่งได้มาจากวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับรูปแบบการสอนโดยใช้เทคนิค KWDL จำนวน 8 แผน แผนละ 60 นาที และแบบทดสอบในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ สถิติในการวิเคราะห์หาข้อมูลในครั้งนี้ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ Paired Sample t-test พบว่า 1) นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ได้หลังจากจัดการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 74.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในรายวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ฟ้าใส สวัสดี, สมพล พวงสั้น และอรนิชา แม่นทรง [16] ได้ศึกษาเรื่องการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สถิติ และแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเกมมิฟิเคชันเรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามเกณฑ์ 70/70
2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สถิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเกมมิฟิเคชันกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 3) ศึกษาแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเกมมิฟิเคชัน การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนพนมสารคาม “พนมอดุลวิทยา” ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 38 คน สุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเกมมิฟิเคชัน จำนวน 6 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สถิติ และแบบวัดแรงจูงใจในการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบ t-test พบว่า 1) การจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเกมมิฟิเคชัน เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 72.11/74.61 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สถิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเกมมิฟิเคชันสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) แรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเกมมิฟิเคชันอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$ = 3.94 และ S.D. = 1.04)

รลินตา แก้วจาด และศิริพร พึ่งเพ็ชร์ [17] ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคเกมมิฟิเคชัน (Gamification) มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคเกมมิฟิเคชัน 2) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ร่วมกับเทคนิคเกมมิฟิเคชัน และ 3) ศึกษาระดับความพึงพอใจ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคเกมมิฟิเคชัน เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบ One Group Pretest-Posttest Design กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนปลูกปัญญา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 28 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ร่วมกับเทคนิคเกมมิฟิเคชัน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ 3) แบบประเมินความพึงพอใจ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้ t-test for Dependent และ t-test for One Sample ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียน หน่วยการเรียนรู้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.64 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.14
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์ร้อยละ 60 และ 3) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคเกมมิฟิเคชันอยู่ที่ระดับมาก

Ana, Z. S. & Stevanus, B. W. [18] ได้ศึกษาเรื่องความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ผ่านการเรียนรู้จากปัญหาเป็นฐาน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษางานวิจัย ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเป็นฐาน

และรูปแบบการเรียนรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า 1) การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานนั้น มีแนวโน้มในการประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมากยิ่งขึ้น

Meena, D. & Lubna, A. M. [19] ได้ศึกษาเรื่องผลของวิธีการจัดการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาในรัฐทมิฬ นาฑู ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของวิธีการจัดการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชันต่อการเสริมสร้างการเรียนรู้ด้านการคำนวณ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นประถมศึกษา จำนวน 30 คน อายุ 6-7 ปี จากโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่งในรัฐทมิฬ นาฑู วิธีการในการวิจัย คือการออกแบบกึ่งทดลอง โดยทดลองสอนโดยวิธีสอนแบบเกมมิฟิเคชันและโดยวิธีดั้งเดิม มีนักเรียน 15 คนเป็นกลุ่มทดลอง และ 15 คนเป็นกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่าการทดสอบ t -test แบบอิสระพบว่าผลของวิธีการจัดการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชันเพิ่มการเรียนรู้การคิดเลข แรงจูงใจและการมีส่วนร่วม

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศ และต่างประเทศข้างต้น ในประเด็นการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชัน ที่นำไปใช้ในการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ถึงแม้จะไม่ใช่กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยตรง แต่ผู้วิจัยเห็นว่า สามารถนำไปรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและเกมมิฟิเคชันมาประยุกต์ปรับใช้ได้ เนื่องจากผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ขณะเดียวกันก็เสริมทักษะที่ผู้เรียนควรจะมีในศตวรรษที่ 21 และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และสามารถกระตุ้นแรงจูงใจและความสนใจของผู้เรียน

3. วิธีการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองกลุ่มเดียววัด ก่อนเรียนและหลังเรียน (The One Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งมีรูปแบบดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการวิจัย One Group Pretest-Posttest Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T_1	X	T_2

เมื่อ

E แทน กลุ่มทดลอง

T_1 แทน การทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบก่อนการเรียนรู้

X แทน การทดลองด้วยการสอน โดยใช้รูปแบบที่ได้พัฒนาขึ้น

T_2 แทน การทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบหลังการเรียนรู้

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในกลุ่มโรงเรียนท่าจีนก้าวหน้า สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครปฐม เขต 2 อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม จำนวน 10 โรงเรียน จำนวนทั้งสิ้น 283 คน

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งกำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนบ้านบางประแดง (เลาหดิลกราษฎร์) จำนวน 30 คน โดยเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling)

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาตามรูปแบบกระบวนการของ ADDIE Model โดยมีขั้นตอน 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis)

1.1 การวิเคราะห์สภาพปัญหา และความต้องการในการเรียนการสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ โดยวิธีการไปสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ในกลุ่มโรงเรียนท่าจีนก้าวหน้า จำนวน 10 ท่าน เพื่อให้ทราบสภาพปัญหาและแนวทางส่งเสริมการจัดการเรียนรู้

1.2 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์นักเรียน ความต้องการ มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เพื่อการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และสื่อการสอนเว็บบทเรียนออนไลน์

1.3 ผู้วิจัยทำการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน และการพัฒนาเว็บบทเรียนออนไลน์ รวมทั้งพิจารณาถึงทรัพยากรของสถานศึกษา และอุปสรรคต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น

1.4 วิเคราะห์เนื้อหาที่นำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และแบ่งเนื้อหาอย่างไรจึงจะเหมาะสม

1.5 วิเคราะห์รูปแบบของเว็บบทเรียนออนไลน์ ให้มีสอดคล้องกับความสามารถในการใช้เทคโนโลยีของนักเรียน

2. ขั้นการออกแบบ (Design)

2.1 กำหนดเนื้อหาที่นำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1.1 สร้างแผนภูมิการระดมสมอง (Brainstorm chart) เพื่อค้นหาหัวเรื่องที่ควรจะจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มโรงเรียนท่าจีนก้าวหน้า จำนวน 10 ท่าน ตลอดจนศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหาจากเอกสารหนังสือวารสารตลอดจนขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา

2.2.2 จัดทำแผนภูมิหัวเรื่องที่สัมพันธ์กัน (concept chart) เป็นการพิจารณาประเด็นแนวคิดที่ได้จากการสัมภาษณ์ และรวบรวมหัวข้อเรื่องที่มีความสัมพันธ์ในกลุ่มเดียวกัน

2.2.3 แผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (content network) ใช้วิธีการเดียวกับ network analysis เป็นการกำหนดรูปแบบการไหลของเนื้อหา ซึ่งก็คือการกำหนดหัวข้อก่อนและหลังของเนื้อหา

2.2 ออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จากการสังเคราะห์งานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ โดยพิจารณาจากความถี่ที่มีความสอดคล้องกัน

2.3 การออกแบบสื่อการสอนเว็บบทเรียนออนไลน์ ได้แก่ หน้าแรก คำอธิบายรายวิชา ตารางจัดอันดับ

3. ขั้นการพัฒนา (Development)

3.1 นำกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการสังเคราะห์มาดำเนินการพัฒนาร่วมกับสื่อการสอนเว็บบทเรียนออนไลน์ โดยใช้โปรแกรม google site , liveworksheet และ google form แล้วนำให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบเป็นระยะ เพื่อปรับปรุงแก้ไขสื่อให้มีความเหมาะสม

จากนั้นนำสื่อไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคอมพิวเตอร์ศึกษา จำนวน 3 ท่าน ประเมินผลจากการประเมินสื่อที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.61 , S.D. = 0.48)

4. ขั้นการนำไปใช้ (Implementation)

4.1 การประเมินแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (one to one evaluation) ลักษณะการประเมินเป็นการร่วมกิจกรรมเพื่อทดสอบคุณภาพของสื่อการนำเสนอ โดยใช้นักเรียนจากประชากร จำนวน 3 คน แล้วนำผลที่ได้หาประสิทธิภาพเสร็จแล้วนำมาปรับปรุง

4.2 การประเมินแบบกลุ่มเล็ก (small group evaluation) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงโดยไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่ประชากร จำนวน 9 คน จากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

4.3 การทดลองภาคสนาม (field trial) โดยนำกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ร่วมกับสื่อการสอนเว็บบทเรียนออนไลน์ไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่ประชากร เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนก่อนนำไปใช้จริง รวมทั้งนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

5. ขั้นการประเมินผล (Evaluation)

ผู้วิจัยนำกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ร่วมกับสื่อการสอนเว็บบทเรียนออนไลน์ทดลองกับกลุ่มทดลอง จนอยู่ในเกณฑ์ 75/75 เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และหาค่าความพึงพอใจ

4. ผลการวิจัย

4.1 คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

รายการที่ประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. จุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
2. สาระสำคัญ /สาระการเรียนรู้	4.67	0.39	ดีมาก
3. กิจกรรมการเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
4. ใบงาน/แบบฝึกหัด	4.84	0.29	ดีมาก
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้	4.92	0.15	ดีมาก
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4.33	0.44	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.79**	**0.21**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่ามีค่าเฉลี่ยทุกด้านเท่ากับ 4.79 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.21 อยู่ในระดับดีมาก โดยผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์จำนวน 3 ท่าน ก่อนนำแผนการเรียนการสอนไปใช้จริง เพื่อให้มั่นใจในความถูกต้อง และช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและพัฒนาทักษะตามเป้าหมายดียิ่งขึ้น

4.2 คุณภาพของการพัฒนาสื่อการสอนเว็บบทเรียนออนไลน์ ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพของการพัฒนาสื่อการสอนเว็บบทเรียนออนไลน์ ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม

รายการที่ประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ส่วนของโปรแกรม	4.67	0.58	ดีมาก
2. ส่วนของระบบการจัดการเรียนรู้	4.78	0.38	ดีมาก
3. ส่วนของรูปภาพ	4.41	0.58	ดี
4. ส่วนของตัวอักษร	4.61	0.39	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.61**	**0.48**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพของการพัฒนาสื่อการสอนเว็บบทเรียนออนไลน์ ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม พบว่ามีค่าเฉลี่ยทุกด้านเท่ากับ 4.61 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.48 อยู่ในระดับดีมาก โดยผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านคอมพิวเตอร์จำนวน 3 ท่าน ก่อนนำสื่อไปใช้จริง เพื่อสร้างความมั่นในเว็บบทเรียนออนไลน์รวมทั้งช่วยให้ผู้เรียนเกิดประสิทธิภาพสูงสุดตามเป้าหมายการเรียนรู้

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ประเภทคะแนน	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ประสิทธิภาพ
คะแนนระหว่างเรียน E1	30	120	94.23	1.10	78.52
คะแนนสอบหลังเรียน E2	30	30	23.50	2.69	78.33

จากตารางที่ 4 พบว่า การจัดการการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.52/78.33 ซึ่งมากกว่าตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 75/75

4.4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ก่อนและหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา เป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ก่อนและหลังใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ทดสอบ	คะแนนเต็ม	N	$\bar{X}$	S.D.	df	t-test	Sig*
ก่อนเรียน	30	30	11.67	2.02	29	18.98	0.00
หลังเรียน	30	30	23.50	2.69			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 5 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.02 หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.69 และจากผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.5 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ก่อนและหลังใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ก่อนและหลังใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ทดสอบ	คะแนนเต็ม	N	$\bar{X}$	S.D.	df	t-test	Sig*
ก่อนเรียน	80	30	30.80	6.29	29	26.09	0.00
หลังเรียน	80	30	67.03	4.28			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 5 พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.29 และหลังเรียนผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 67.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.28 และจากผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.6 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

รายการที่ประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. จุดประสงค์การเรียนรู้	4.55	0.66	ดีมาก
2. เนื้อหา	4.46	0.61	ดี
3. การนำเสนอ	4.53	0.50	ดีมาก
4. การวัดและการประเมินผล	4.57	0.51	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.52**	**0.57**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 6 สรุปผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.52 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.57 อยู่ในระดับดีมาก

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สามารถอภิปรายผลดังนี้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ส่งผลเชิงบวกต่อผู้เรียนอาจเป็นเพราะรูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ ผ่านการทำงานกลุ่มและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของพรทิพย์ ดิษฐปัญญา [1] ที่พบว่า PBL สามารถพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาและความมั่นใจในตนเองของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และงานวิจัยของกิตติพิชญ์ เลิศสงคราม, สมใจ ภูครองทุ่ง และปรัศนีย์ วิจารย์ขันธ์ [15] ที่ใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับ PBL สามารถเสริมสร้างความสามารถในการแก้ไขโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

2. ในด้านเกมมิฟิเคชัน กลไกของเกม เช่น แต้มสะสม การเลื่อนระดับ และกระดานผู้นำ มีส่วนช่วยสร้างแรงจูงใจ ความสนุก และการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งสนับสนุนผลการวิจัยของ Aumgri.C and Apirating.K [5] ที่ชี้ว่าการนำเกมมิฟิเคชันมาบูรณาการกับสื่อการเล่าเรื่องแบบออนไลน์ สามารถพัฒนาทักษะดิจิทัลและแรงจูงใจของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวนั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของฟ้าใส สวัสดี, สมพล พวงสั้น และอรนิชา แม่นทรง [16] ซึ่งพบว่าการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชัน นั้นสามารถช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแรงจูงใจในวิชาสถิติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าการใช้เกมมิฟิเคชันในกิจกรรมการเรียนรู้แบบออนไลน์ เช่น ของเกษกานดา สุรรัตน์ และอังคณา อ่อนธานี [20] ที่สามารถเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาได้อย่างชัดเจน รวมถึงการศึกษาของพิชญ์สินี ทองเหลืองและคณะ [21] ที่ยืนยันว่าการใช้ PBL ร่วมกับกลไกเกมมิฟิเคชันนั้นช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและยั่งยืน

โดยสรุปกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้สามารถตอบสนองทั้งด้านเนื้อหา วิธีการ และแรงจูงใจของนักเรียนได้อย่างครอบคลุม เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในระดับประถมศึกษา โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยทักษะการคิดขั้นสูงและการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน ครูผู้สอนต้องชี้แจงรายละเอียดของ คะแนน เหรียญตรา ระดับชั้น ของรางวัล และกระดานจัดอันดับให้กับนักเรียน ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีเป้าหมายในการเรียนรู้

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญต่อการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในการวิจัยครั้งต่อไป นักวิชาการหรือนักวิจัยที่สนใจในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาอื่น ๆ หรืออาจวิจัยศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ

2.2 ควรมีการนำเทคโนโลยีใหม่ที่เกิดขึ้นตลอดเวลา เช่น เครื่องมือเครือข่ายทางสังคม (Social Network Tool) ที่เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในขณะนั้นมาปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้จะทำให้การเรียนน่าสนใจมากขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] พรทิพย์ ดิษฐปัญญา. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความมั่นใจในตนเองของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิชาการอุตสหกรรมศึกษา, 14*(2), 1-4.

[2] ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). *การพัฒนาการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 4). เทคนิคพริ้นติ้ง.

[3] สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มศว. (7 เมษายน 2558). *การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PROBLEM-BASED LEARNING).* https://candmbsri.wordpress.com

[4] เบญจภัค จงหมื่นไวย์, กริช กองศรีมา, แสงเพ็ชร พระฉาย, สายสุนีย์ จับโจร และอรัญ ซุยกระเดื่อง. (2561). เกมมิฟิเคชันเพื่อการเรียนรู้. *วารสารโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. 4*(2), 34-43.

[5] Aumgri, C., & Apirating, K. (2023). Model component analysis of online storytelling media via gamification to enhance the digital literacy skills of students in computer education, Thailand. *International Journal of Information and Education Technology, 13*(7), 1101–1108.

[6] โรงเรียนบ้านบางประแดง (เลาหดิลกราษฎร์). (2565). *รายงานผลการประเมินตนเองของสถานศึกษา (Self Assessment Report : SAR) ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประจำปีการศึกษา 2564*. โรงเรียนบ้านบางประแดง (เลาหดิลกราษฎร์).

[7] สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน.* ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

[8] ราตรี เกตบุตตา. (2546). *ผลของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา* [วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[9] ทิศนา แขมมณี. (2551). *ศาสตร์การสอน.* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[10] Zichermann, G. (2015). *Gamification revolution*. McGraw-Hill.

[11] Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education.* Pfeiffer.

[12] วรวิสุทธิ์ ภิญโญยาง. (2556). *Marketing idea ไอเดียการพลิกโลก*. กรุงเทพธุรกิจ.

[13] ชนัตถ์ พูนเดช และธนิตา เลิศพรกุลรัตน. (2551). แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเกมมิฟิเคชัน. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 18*(3), 331-339.

[14] พิชญะ โชคพล. (2558). *การส่งเสริมพฤติกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเกมิฟิเคชันสำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนผดุงนารี* [วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา]. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

[15] กิตติพิชญ์ เลิศสงคราม, สมใจ ภูครองทุ่ง และปรัศนีย์ วิจารย์ขันธ์. (2567). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 3*(1), 22-36.

[16] ฟ้าใส สวัสดี, สมพล พวงสั้น และอรนิชา แม่นทรง. (2568). การจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สถิติ และแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์, 12*(5), 25-34.

[17] รลินตา แก้วจาด และศิริพร พึ่งเพ็ชร์ (2566). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคเกมมิฟิเคชัน (Gamification). *วารสารวิจัยวิชาการ, 6*(6), 161-172.

[18] Ana, Z. S., & Stevanus, B. W. (2024). Students' mathematical literacy ability through the problem based learning model. *Jurnal Pendidikan Matematika, 1*(2), 1–2.

[19] Meena, D., & Lubna, A. M. (2024). The effects of gamification teaching method in enhancing numeracy learning among primary school students in Tamil Nadu. *International Journal of Emerging Issues in Social Science, Arts, and Humanities, 2*(2), 22–23.

[20] เกษกานดา สุรรัตน์ และอังคณา อ่อนธานี. (2566). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันแบบออนไลน์ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแรงจูงใจในการเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารร้อยแก่นสาร, 8*(10), 509–533.

[21] พิชญ์สินี ทองเหลือง, สมถวิล ขันเขตต์ และปริญา ปริพุฒ. (2568). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารบัณฑิตวิทยาลัย พิชญทรรศน์, 20*(1), 115–126.

การสร้างเสริมจรรยาบรรณวิชาชีพแก่นักศึกษาในระดับอุดมศึกษา

PROMOTING PROFESSIONAL ETHICS AMONG STUDENTS IN HIGHER EDUCATION

ประดิษฐ์ สงค์แสงยศ[1] สุจรรยา สมบัติธีระ*[2] ดาวรุ่ง วัชรินทร์รัตน์ [2] ณรงค์ วิชัยรัตน์ [2] และขยัน จันทรสถาพร [1]
Pradit Songsangyos[1], Sujanya Sombatteera*[2], Dowroong Watcharinrat [2] Narong Wichairat [2]
and Kayun Chantarasathaporn[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยชินวัตร
[2] คณะคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยชินวัตร
[1] Faculty of Engineering and Technology, Shinawatra University
[2] Faculty of Education, Shinawatra University
** E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): sujanya.s@siu.ac.th*

วันที่รับบทความ 10 สิงหาคม 2568 วันแก้ไขบทความ 28 สิงหาคม 2568 วันตอบรับบทความ 31 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ

การผลิตบัณฑิตในระดับอุดมศึกษา นอกเหนือจากการสอนให้นักศึกษามีความรู้และประสบการณ์ในสาขาวิชาแล้ว ควรมีการสร้างเสริมคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษา โดยการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาจริยธรรมและรายวิชาอื่น ๆ ทั้งในหลักสูตรและเสริมหลักสูตร ส่งเสริมพฤติกรรมจริยธรรมด้านจิตสาธารณะ คำนึงถึงส่วนรวมและสังคม ทั้งนี้ผู้บริหาร อาจารย์และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจะต้องปฏิบัติตัวให้เป็นตัวอย่างที่ดี เพื่อให้นักศึกษาคุ้นชินกับสิ่งแวดล้อมที่ดี มีคุณธรรม จริยธรรมและเกิดความละอายต่อการกระทำผิด และมีการติดตามพฤติกรรมจริยธรรมของนักศึกษาเพื่อติดตามการคงอยู่และการพัฒนาพฤติกรรมจริยธรรมอย่างต่อเนื่อง คุณธรรมจริยธรรมในวิชาชีพนับว่ามีความสำคัญกับวิชาชีพที่ประกอบนั้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบกับผู้เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพเฉพาะทางนั้นได้ จึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเสริมสร้างคุณธรรมจริยธรรมในสาขาวิชาชีพ คุณธรรมจริยธรรมในอาจารย์และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งจัดเป็นสภาพแวดล้อมที่จะมีส่วนในการเสริมสร้างคุณธรรมจริยธรรมในนักเรียน นักศึกษา และพนักงานในองค์กรต่อไป

คำสำคัญ: จรรยาบรรณวิชาชีพ; คุณธรรม; นักศึกษา; อุดมศึกษา

ABSTRACT

Teaching students to have knowledge and experience in their fields, morality and ethics should be fostered for students by managing teaching and learning in ethics courses and other courses in the curriculum and supplementary courses. Promote ethical behavior in the public mind, taking into account the collective and society. Lecturers and stakeholders must behave as good examples. To help students get used to a good environment. There is morality, ethics and shame for wrongdoing, and the ethical behavior of students is monitored to monitor the persistence and continuous development of ethical behavior. Ethics in the profession are considered critical to the profession that is assembled, which may affect those involved in that specialized professional field. Therefore, more studies should be conducted on strengthening morality and ethics in the professional field. Morality and ethics in teachers and stakeholders, which is classified as an environment that will contribute to strengthening morality and ethics in students. Students and employees in the organization will continue to be present.

Keywords: Professional Ethics; Moral; Students; Higher education

1. บทนำ

การผลิตบัณฑิตในระดับอุดมศึกษา นอกเหนือจากการสอนให้นักศึกษามีความรู้และประสบการณ์ในสาขาวิชาแล้ว ควรมีการสร้างเสริมคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาเพื่อการอยู่ร่วมกันในมหาวิทยาลัย สังคมและสถานประกอบการ ตั้งแต่การฝึกประสบการณ์วิชาชีพร่วมกับสถานประกอบการในระหว่างกำลังศึกษา กระทั่งสำเร็จการศึกษาแล้วไปทำงานในสถานประกอบการ และการอยู่ร่วมเป็นส่วนหนึ่งของสังคมเพื่อการพัฒนาสังคมและประเทศชาติต่อไป ทั้งนี้ผู้สอนจักต้องทำการพัฒนาหลักสูตรและกิจกรรมต่างๆ ให้เกิดการสร้างเสริมคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษา ตลอดจนผู้สอนและสภาพแวดล้อมจะต้องเป็นแบบอย่างที่ดีให้กับนักศึกษาในระดับอุดมศึกษาเพื่อให้เห็นและนำไปสู่การปฏิบัติตนตามได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ผู้วิจัยจึงได้ศึกษา เรียบเรียงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเสริมคุณธรรมและจรรยาบรรณวิชาชีพแก่นักศึกษาในระดับอุดมศึกษา ทำการสรุปและวิเคราะห์เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดสร้างเป็นหลักสูตรหรือรายวิชาบูรณาการ เพื่อสร้างเสริมคุณธรรมและจริยธรรมให้กับนักศึกษาในมหาวิทยาลัยต่อไป

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คำนิยามของ จรรยาบรรณวิชาชีพ

อัจฉรา ไชยูปถัมภ์ [1] ได้ให้คำนิยามว่า การมีจรรยาบรรณวิชาชีพ หมายถึง การประพฤติและปฏิบัติตามประมวลความประพฤติข้อบังคับ มารยาทที่ผู้ประกอบวิชาชีพแต่ละสาขากำหนดขึ้น เพื่อเป็นการรักษาและส่งเสริมเกียรติคุณ ชื่อเสียงในฐานะของสมาชิก ความดีงาม รวมทั้งก่อให้เกิดความสุข สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา [2] จรรยาบรรณวิชาชีพ หมายถึง การประพฤติปฏิบัติของบุคคลที่มีการควบคุมดูแลเมื่อประกอบอาชีพ ซึ่งจรรยาบรรณวิชาชีพ จะถูกสร้างขึ้นมาเป็นแนวบรรทัดฐานจากประสบการณ์ และเพื่อให้เป็นที่ยอมรับกันในหมู่ผู้

ประกอบวิชาชีพนั้นๆ เป็นเบื้องต้น เพื่อต่อไปจะได้ถือเป็นแนวปฏิบัติอย่างเข้มงวดของแต่ละวิชาชีพ กุลลดา อารีย์วงศ์และคณะ [3] จรรยาบรรณวิชาชีพ คือ หลักประพฤติปฏิบัติอันเหมาะสม แสดงถึงคุณธรรมและจริยธรรมที่พึงปฏิบัติในการประกอบวิชาชีพนั้น ๆ ซึ่งความสำคัญของจรรยาบรรณวิชาชีพมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่วิชาชีพต่าง ๆ จะต้องมีจรรยาบรรณของตนเอง จรรยาบรรณเป็นเครื่องมืออันสำคัญที่จะช่วยให้ผู้ประกอบวิชาชีพมีหลักการและแนวทางปฏิบัติตามที่ถูกต้องเหมาะสม อันจะนำมาซึ่งประสิทธิภาพและประสิทธิผล ในการปฏิบัติงาน รวมทั้งได้รับความเลื่อมใสศรัทธาจากผู้ที่เชื่อมั่นและผู้ที่เกี่ยวข้อง

สรุปได้ว่า จรรยาบรรณวิชาชีพ เป็นหลักประพฤติปฏิบัติอันเหมาะสมที่มีการควบคุมดูแลเมื่อประกอบอาชีพเพื่อเป็นการรักษาและส่งเสริมเกียรติคุณ ชื่อเสียง ความดีงาม รวมทั้งก่อให้เกิดความสุข ทั้งต่อผู้ประพฤติปฏิบัติตลอดจนสังคม

2.2 การปลูกฝังคุณธรรมจริยธรรม

วิธีการปลูกฝังคุณธรรมจริยธรรม สามารถดำเนินการได้ 2 แนวทางย่อย คือ การศึกษาเพื่อการปลูกฝังคุณธรรมและจริยธรรม โดยการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาจริยธรรมและรายวิชาอื่น ๆ ที่จะต้องกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ด้านคุณธรรมจริยธรรมร่วมด้วยกับเนื้อหาความรู้ในแต่ละรายวิชา และการพัฒนาคุณธรรมและจริยธรรมด้วยการปลูกฝังค่านิยม ปาริชาติ ธีระวิทย์ [4] จากการวิจัยของ นภัสกรณ์ วิทูรเมธา, วารินทร์ บินโฮเซ็น, & วิลาวรรณ เทียนทอง [5] ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ควรพิจารณาปรับกระบวนเรียนการสอนทั้งในหลักสูตรและเสริมหลักสูตรเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมจริยธรรมด้านจิตสาธารณะ คำนึงถึงส่วนรวมและสังคม ให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น และควรวิจัยติดตามพฤติกรรมจริยธรรมของนักศึกษาในแต่ละชั้นปี เพื่อติดตามการคงอยู่และการพัฒนาพฤติกรรมจริยธรรมอย่างต่อเนื่อง จากการศึกษาของ Goetze [6] นักวิจัยปรับใช้กรอบการทำงานจากการศึกษาข้ามสาขาวิชาที่จัดหมวดหมู่เป็น สหวิทยาการ หรือสหวิทยาการ ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับของการบูรณาการ ดังนั้นจึงเน้นย้ำถึงคุณสมบัติเพิ่มเติม ของการสอนข้ามสาขาวิชาที่ต้องพิจารณา เมื่อวางแผนโปรแกรมจริยธรรมคอมพิวเตอร์ จากการศึกษาของ Juwono et al. [7] ได้จำแนกนักเรียนออกเป็นสองกลุ่ม: ผู้ที่ได้รับการยอมรับให้ทำงานในบริษัทแล้วและผู้ที่ยังไม่ได้ทำงาน คะแนนก่อนการทดสอบของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม หลังการจัดการคะแนนหลังการทดสอบของทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างทั้งสองกลุ่ม ผลการวิจัยระบุว่าจริยธรรมสามารถสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพในกลุ่มต่างๆ ซึ่งได้คะแนนสูงเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาโดย Hassan et al. [8] พบว่าทักษะด้านค่านิยมและจริยธรรมควรได้รับการสอน ด้วยวิธีการที่เป็นทางการหรือไม่เป็นทางการ เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการให้นักเรียนหรือพนักงานได้สัมผัสกับความสำคัญของค่านิยมจริยธรรม ศีลธรรม และประเด็นที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาโดย Zhou และ Huang [9] วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในการศึกษาจรรยาบรรณวิชาชีพ โดยหลักมาจากสามด้าน ได้แก่ ครู นักเรียนประจำ และมหาวิทยาลัย ได้นำเสนอข้อเสนอแนะสำหรับการแก้ไขปัญหาการศึกษาจรรยาบรรณวิชาชีพสำหรับนักเรียนทั่วไป ดังนี้ ประการแรก โรงเรียนควรให้ความสำคัญกับการศึกษาจรรยาบรรณวิชาชีพในหมู่นักเรียน ประการที่สองนักเรียนควรได้รับความเข้าใจอย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้นเกี่ยวกับจรรยาบรรณวิชาชีพและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการปฏิบัติทางการศึกษาอย่างแข็งขัน การศึกษาโดย Tribelhorn และ Nuxoll [10] พบว่านักเรียนสามารถรับรู้ได้ว่าการกระทำของพวกเขาในฐานะนักเทคโนโลยีอาจก่อให้เกิดข้อกังวลด้านจริยธรรมและ พิจารณาข้อกังวลเกี่ยวกับการตัดสินใจด้านการออกแบบเหล่านี้ได้อย่างไร การให้หลักสูตรนี้

ปฏิบัติตาม พื้นฐานที่จำเป็นช่วยให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปใช้กับหัวข้อที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้นในสาขาที่พวกเขาสนใจ การตอบสนองที่ได้รับคะแนนสูงสุดเชื่อมโยงกับผลลัพธ์ของโปรแกรม ABET ตระหนักถึงความรับผิดชอบทางวิชาชีพ และตัดสินอย่างชาญฉลาดในการปฏิบัติด้านคอมพิวเตอร์ตามหลักการทางกฎหมายและจริยธรรม การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการออกแบบหลักสูตรมีส่วนช่วยในวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่สำคัญอย่างมีประสิทธิภาพ ผลลัพธ์เหล่านี้ยังสนับสนุนการส่งมอบหลักสูตรที่เน้นจริยธรรมแทนการรวมรวมหัวข้อเหล่านี้ทั้งหมดไว้ในหน่วยย่อยของหลักสูตร การศึกษาโดย Snieder และ Zhu [11] พบว่านักเรียนมักจะคิดถึงจุดประสงค์ในชีวิตและเชื่อมโยงความทะเยอทะยานทางวิชาชีพกับการเจริญก้าวหน้าส่วนบุคคลและค่านิยม นอกจากนี้ในฐานะนักการศึกษาด้านจริยธรรม จะได้แนวทางที่ช่วยให้นักเรียนค้นพบค่านิยมและลำดับความสำคัญของตนต่อไป การศึกษาโดย Stekelenburg et al. [12] พบว่า นักเรียนมุ่งมั่นที่จะเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านศีลธรรม แต่พวกเขามีปัญหาในการรับรู้และอธิบายแง่มุมทางศีลธรรมของบทบาททางวิชาชีพของพวกเขา พวกเขาขาดคำนิยามและความรู้ทางศีลธรรมเพื่อแสดงความมุ่งมั่นและให้ข้อโต้แย้งเพื่อพิสูจน์หรือทำให้พฤติกรรมทางศีลธรรม ของพวกเขาถูกต้องและเป็นไปตามกฎหมาย ในขณะที่นักเรียนส่วนใหญ่วิพากษ์วิจารณ์การสนับสนุนที่ได้รับจากมหาวิทยาลัย แต่พวกเขาระบุว่าแบบอย่างอื่น ๆ และประสบการณ์การทำงาน มีอิทธิพลอย่างมาก และเป็นบวกต่อการพัฒนาศีลธรรมของพวกเขา นักเรียนส่วนใหญ่ (93.72%) มีเกณฑ์ที่ชัดเจนในการทำความเข้าใจความหมายแฝงทางศีลธรรม และนักเรียนหญิงมีวัตถุประสงค์ มีเหตุผล และถูกต้องมากกว่านักเรียนชาย [13] นักเรียนสามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนถึงวิธีสร้างสมดุลระหว่างความสนใจและจริยธรรมในสภาพแวดล้อมทางวิชาชีพ เมื่อต้องเผชิญกับสิ่งล่อใจในการฝึกงานและงานพิเศษนอกเวลาปกตินักเรียนส่วนใหญ่แสดงว่า พวกเขาจะยึดมั่นในหลักการของความซื่อสัตย์สุจริตและปฏิเสธวิธีการชดเชยที่ไม่เหมาะสม [14] ผู้บริหาร อาจารย์และบุคลากรจะต้องปฏิบัติตัวให้เป็นตัวอย่างที่ดีแก่นักศึกษาในด้านความมีคุณธรรมจริยธรรม เช่น การแต่งกายสุภาพ ความตรงต่อเวลา ความมีเหตุผลเพื่อให้นักศึกษาคุ้นชินกับสิ่งแวดล้อมที่มีแต่ความดีมีคุณธรรมจริยธรรม และเกิดความละอายต่อการกระทำผิด ปรับปรุงหลักสูตรการศึกษาให้มีความเหมาะสมมีการสอดแทรกด้านคุณธรรมจริยธรรม ทั้งภายในหลักสูตรและภายนอกหลักสูตรการศึกษา ตลอดจนการศึกษาผ่านการจัดโครงการหรือกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งอาจจะเป็นโครงการที่ส่งเสริมคุณธรรมและจริยธรรมแก่นักศึกษาทั้งทางตรงและหรือทางอ้อม [1]

จรรยาบรรณวิชาชีพเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการสร้างสังคมนิยมที่มีความทันสมัย ในระบบการศึกษาของจีน นักเรียนจะต้องผ่านเกณฑ์การศึกษาจรรยาบรรณวิชาชีพ อย่างไรก็ตามพบว่าผู้สำเร็จการศึกษาประสบความล้มเหลวในการศึกษาจรรยาบรรณวิชาชีพ ในบริบทของจีน นักเรียนจีนจะสงวนพื้นที่สำหรับการตัดสินใจด้วยตนเอง แม้ว่าพวกเขาจะอยู่ในกลุ่มที่แตกต่างกันก็ตาม ดังนั้นพวกเขาจึงมีความสามารถในการพัฒนาที่สะท้อนถึงการประสานระหว่างศีลธรรมทางสังคม คุณธรรมส่วนบุคคลและกฎหมายในเชิงบวก นับว่าเป็นลักษณะเด่นของจีน [15]

2.3 คุณธรรมจริยธรรมในสาขาวิชาชีพ

คุณธรรมจริยธรรมในวิชาชีพนับว่ามีความสำคัญกับวิชาชีพที่ประกอบนั้น เช่น ในแวดวงวิศวกรรม และอาชีวศึกษา ซึ่งอาจส่งผลกระทบกับผู้เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพเฉพาะทางนั้นได้ จึงได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณธรรมจริยธรรมในสาขาวิชาชีพ ดังนี้

การบูรณาการระหว่างอุตสาหกรรมและการศึกษาสามารถเสริมสร้างความเชื่อมโยงระหว่างก่อนเข้ารับราชการและหลังเข้ารับราชการ ซึ่งเป็นวิธีสำคัญสำหรับวิทยาลัยอาชีวศึกษาระดับอุดมศึกษาในการเสริมสร้าง

การศึกษา จริยธรรมวิชาชีพของนักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษา การเรียนรู้ทางวิชาชีพที่มุ่งเน้นการปฏิบัติ สามารถรับประกันการผสมผสานระหว่างทฤษฎีและการปฏิบัติ ซึ่งจะช่วยปรับปรุงคุณภาพวิชาชีพของนักเรียน [16]) ความเจริญในวิชาชีพและสังคมเมื่อต้องเผชิญกับผลที่ตามมาของการดำเนินการทางวิศวกรรม (ทางตรงหรือทางอ้อมผ่านทางเศรษฐกิจ) กล่าวคือในระดับสังคมและสิ่งแวดล้อมและบทบาทที่ได้รับมอบหมาย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมต้องใช้ค่านิยมทางจริยธรรมและสิทธิมนุษยชนในการทำงานและรับผิดชอบต่อการตัดสินใจที่มีผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างมาก การศึกษานี้ให้ความเข้าใจในเชิงลึกและเหตุผล ในการหลอมรวมการศึกษาด้านจริยธรรมเข้ากับหลักสูตรวิศวกรรม โดยมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมการปฏิบัติทางวิชาชีพที่มีความรับผิดชอบต่อไปในอนาคต [17] แม้ว่าจริยธรรมในวิชาชีพวิศวกรรมจะทำสืบต่อกันมาเป็นประเพณีอันยาวนาน แต่ก็ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของ หลักสูตรวิศวกรรมมากนัก บางครั้งเราอาจพบว่าหลักสูตรดังกล่าวเป็นเพียงทางเลือกเท่านั้น จึง ควรจัดเป็นหลักสูตรบังคับที่เชื่อมโยงกัน อย่างใกล้ชิดกับหลักสูตรแกนทางวิศวกรรมสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อเป็นประสบการณ์ที่แตกต่างจากสิ่งที่พบได้ในหลักสูตรแกนทางวิศวกรรม คณิตศาสตร์ และฟิสิกส์ บทบาทของมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ควรได้รับการปรับปรุงให้หลอมรวมเข้ากับการการศึกษาด้านวิศวกรรมศาสตร์ [18] Ferdman และ Ratti [19] กล่าวถึงความซับซ้อนของการบูรณาการจริยธรรมเข้ากับการศึกษาด้านวิศวกรรม โดยเสนอกรอบไตรภาคีที่แยกความแตกต่างระหว่างมิติทางจริยธรรม ศีลธรรม และการเมือง กรอบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ความชัดเจน ในการวิเคราะห์ และการฝึกอบรมทางจริยธรรมที่ครอบคลุมช่วยให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลเกี่ยวกับประเด็นทางศีลธรรมอย่างเป็นนามธรรม ในขณะที่ปรับบริบทการแก้ปัญหาทางสังคม แม้ว่าจะมุ่งเน้นไปที่วิศวกรรม โดยเน้นย้ำถึงความจำเป็นใน วัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจนและความแตกต่างของจริยธรรมความประพฤติของแต่ละบุคคลจากจริยธรรมระดับสังคม การศึกษาโดย Martin, Conlon และ Bowe [20] พบว่าสามหัวข้อที่สอดคล้องกับการนำจริยธรรมไปใช้ในทั้งหลักสูตร (ได้แก่ ความยั่งยืน สุขภาพและความปลอดภัย และกฎหมาย) ทั้งยังพบอยู่ในหลักสูตรต่างๆ ตลอดจนในตำแหน่งงานอีกด้วย หัวข้อหลักสูตรของจรรยาบรรณวิชาชีพ ความรับผิดชอบ และบริบททางสังคมของวิศวกรรมมีบทบาทอย่างมากในหลักสูตรทางวิชาชีพ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการปรับตัวให้นักเรียนเข้าสู่วิชาชีพวิศวกรรมและบรรทัดฐาน ดังนั้นข้อสรุปหลักของการศึกษาจึงเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการนำจริยธรรมไปใช้แบบผสมผสานกับทั้งหลักสูตร ตลอดจนในโมดูลเดี่ยว เพื่อส่งเสริมการศึกษาจริยธรรมทางวิศวกรรมที่ครอบคลุม

3. สรุปและอภิปราย

การศึกษาเพื่อการปลูกฝังคุณธรรมและจริยธรรม โดยการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาจริยธรรมและรายวิชาอื่น ๆ ทั้งในหลักสูตรและเสริมหลักสูตร ด้วยวิธีการที่เป็นทางการหรือไม่เป็นทางการ ด้วยการให้นักศึกษาได้สัมผัสกับความสำคัญของค่านิยม จริยธรรม ศีลธรรมและประเด็นที่เกี่ยวข้อง ส่งเสริมพฤติกรรมจริยธรรมด้านจิตสาธารณะ คำนึงถึงส่วนรวมและสังคมให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น และมีการติดตามพฤติกรรมจริยธรรมของนักศึกษาเพื่อติดตามการคงอยู่และการพัฒนาพฤติกรรมจริยธรรมอย่างต่อเนื่อง ผู้บริหาร อาจารย์และบุคลากรจะต้องปฏิบัติตัวให้เป็นตัวอย่างที่ดีแก่นักศึกษาในด้านความมีคุณธรรมจริยธรรม คุณธรรมจริยธรรมในวิชาชีพนับว่ามีความสำคัญกับวิชาชีพที่ประกอบนั้น เช่น ในแวดวงวิศวกรรมและอาชีวศึกษา ซึ่งอาจส่งผลกระทบกับผู้เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพเฉพาะทางนั้นได้

4. องค์ความรู้ใหม่

การส่งเสริมให้นักศึกษาในระดับอุดมศึกษามีจรรยาบรรณวิชาชีพ ควรปรับปรุงหลักสูตรการศึกษาให้มีความเหมาะสมมีการสอดแทรกด้านคุณธรรมจริยธรรม ทั้งภายในหลักสูตรและภายนอกหลักสูตรการศึกษา ผู้บริหาร อาจารย์และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจะต้องปฏิบัติตัวให้เป็นตัวอย่างที่ดีแก่นักศึกษาในด้านความมีคุณธรรมจริยธรรม เพื่อให้นักศึกษาคุ้นชินกับสิ่งแวดล้อมที่ดี มีคุณธรรม จริยธรรมและเกิดความละอายต่อการกระทำผิด

คุณธรรมจริยธรรมในวิชาชีพอาจส่งผลกระทบกับผู้เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพเฉพาะทางนั้นได้ จึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการสอนที่สามารถสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรมในหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะสาขาวิชา เช่น ด้านวิศวกรรม อาชีวศึกษา แพทย์และพยาบาล ศึกษาวิธีการสอนที่สามารถสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรมของนักศึกษาระดับอุดมศึกษาที่กำลังศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหรือด้านสังคมศาสตร์ การจัดกิจกรรมที่มีการสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรมในหลักสูตร วิธีการสร้างความร่วมมือระหว่างภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรมในการเสริมสร้างคุณธรรมจริยธรรมในวิชาชีพ ตลอดจนการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณธรรมจริยธรรมในอาจารย์และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งจัดเป็นสภาพแวดล้อมที่จะมีส่วนในการเสริมสร้างคุณธรรมจริยธรรมในนักเรียน นักศึกษา และพนักงานในองค์กร

6. เอกสารอ้างอิง

[1] อัจฉรา ไชยูปถัมภ์ (2561) การพัฒนาตัวบ่งชี้คุณธรรมจริยธรรมและแนวทางปฏิบัติเพื่อเสริมสร้างความเป็นบัณฑิตที่พึงประสงค์ของสถาบันอุดมศึกษาในเครือข่ายสถาบันอุดมศึกษาเขตภาคกลาง วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 46 (3) หน้า 268-286

[2] สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา. (2550). สารานุกรมวิชาชีพครู เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 พรรษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

[3] กุลลดา อารีย์วงศ์และคณะ. (2564). การปฏิบัติตนตามจรรยาบรรณวิชาชีพของผู้บริหารสถานศึกษาที่ดีในยุคนิวนอร์มัล. วารสารคุณภาพชีวิตกับกฎหมาย, 17(2), หน้า 33-43.

[4] ปาริชาติ ธีระวิทย์ (2561) การเสริมสร้างคุณธรรมจริยธรรมสำหรับนักศึกษาระดับอุดมศึกษาในศตวรรษที่ 21 วารสารเทคโนโลยีภาคใต้ 11 (1) หน้า 31-39.

[5] นภัสกรณ์ วิฑูรเมธา, วารินทร์ บินโฮเซ็น, & วิลาวรรณ เทียนทอง. (2565). พฤติกรรมจริยธรรมของนักศึกษา คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต, 16(1), 83-101.

[6] Goetze, T. S. (2023). "Integrating Ethics into Computer Science Education Multi-, Inter-, and Transdisciplinary Approaches". Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, 1, pp. 645 – 651. https://doi.org/10.1145/3545945.3569792

[7] Juwono, T. et al. (2019). "Teach Ethics in Vocational Education: An Experimental Research". Advances in Social Science, Education and Humanities Research, volume 330, 126-128.

[8] Hassan, R. et al. (2022). "The Challenges in The Development of Ethics and Moral Values Among Technical and Vocational Education and Training (TVET) Undergraduate Students". Journal of Positive School Psychology, 6(3), pp. 4973– 4981.

[9] Zhou, Y. & Huang, Y. (2022). "On the Problems and Solutions of Professional Ethics Education of Normal Students from Educational Narrative Research". English Language Teaching, 15(12), pp. 98-113.

[10] Tribelhorn, B. & Nuxoll, A. (2023). "A Course Model for Ethics Education in Computer Science". Journal of Computing Sciences in Colleges, 39(1), pp. 48 – 55.Ferdman, A. & Ratti, E. (2024). " What Do We Teach to Engineering Students: Embedded Ethics, Morality, and Politics". Science and Engineering Ethics, 30(7), 1-26. https://doi.org/10.1007/s11948-024-00469-1

[11] Snieder, R. & Zhu, Q. (2020). " Connecting to the Heart: Teaching Value-Based Professional Ethics". Sci Eng Ethics, 26, pp. 2235–2254. https://doi.org/10.1007/s11948-020-00216-2

[12] Stekelenburg, V. et al. (2020). " What do you mean by ethical compass? Bachelor students' ideas about being a moral professional". Empirical Res Voc Ed Train, 12(11), pp. 1-20. https://doi.org/10.1186/s40461- 020-00097-6

[13] Fu, R. et al. (2021). "The Current Situation of Vocational College Students' Moral Orientation and Its Influencing Factors Based on the Different Population Variables". Proceedings of the 2021 International Conference on Education, Information Management and Service Science, pp. 46-49. https://doi.org/10.1109/EIMSS53851. 2021. 00018

[14] Duan., L. (2025). "Exploration into the Shaping of Integrity Concepts among Vocational College Students by the Yongjia School of Thought". International Journal of Social Science and Education Research, 8(3), pp. 91-98. https://doi.org/10.6918/IJOSSER.202503_8 (3).0013

[15] Peng, Z.et al. (2021). " Ethical and Moral Competences of Upper Secondary Students: A Comparative Study". ECNU Review of Education, 4(4), pp. 686 – 706. https://doi.org/10.1177/2096531120973958

[16] Zhao, D. (2020). " Research on the Collaborative Education of Higher Vocational College Students' Professional Ethics Education—Take Anyang Preschool Education Collegeas an Example". TEST engineering and management, pp. 3748-3754.

[17] Monteiro, F. & Sousa, A. (2023). "The need to include ethics education in engineering courses: looking to the role of engineering," 2023 5th International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE), Guimarães, Portugal, pp. 1-5, doi: 10.1109/CISPEE58593.2023.10227621.

[18] Lhotska, L. (2022). "Ethics in Engineering Education," 2022 31st Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE), Coimbra, Portugal, pp. 1-5, doi: 10.1109/EAEEIE54893.2022.9820462.

[19] Ferdman, A. & Ratti, E. (2024). "What Do We Teach to Engineering Students: Embedded Ethics, Morality, and Politics". Science and Engineering Ethics, 30(7), 1-26. https://doi.org/10.1007/s11948-024-00469-1

[20] Martin, D. A., Conlon, E. & Bowe, B. (2020). "Exploring the curricular content of engineering ethics education in Ireland," 2020 IFEES World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC), Cape Town, South Africa, pp. 1 - 5, https://doi.org/10.1109/WEEF-GEDC49885.2020. 9293664.

การศึกษาเพื่อพัฒนามาตรการป้องกันการนำเข้าผักและผลไม้จากโรงคัดบรรจุที่มีประวัติสารพิษตกค้างไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

A STUDY FOR THE DEVELOPMENT OF PREVENTIVE MEASURES FOR IMPORTED FRUITS AND VEGETABLES FROM PACKING HOUSES WITH A HISTORY OF NON-COMPLIANCE WITH PESTICIDE RESIDUE STANDARDS

พิชญพร อำนาจวรประเสริฐ
Pitchayaporn Amnajvaraprasert
กองด่านอาหารและยา สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข
Import and Export Inspection Division Food and Drug Administration Ministry of Public Healt
** E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): Pitchayaporn.amnajvaraprasert@gmail.com*

วันที่รับบทความ 3 สิงหาคม 2568 วันแก้ไขบทความ 1 กันยายน 2568 วันตอบรับบทความ 1 กันยายน 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ของโรงคัดบรรจุผักและผลไม้นำเข้าที่มีประวัติไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านสารพิษตกค้าง และเพื่อพัฒนามาตรการป้องกันการนำเข้าให้มีความเข้มงวด และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การศึกษานี้ใช้รูปแบบวิจัยเชิงพรรณนาแบบตัดขวาง โดยรวบรวมข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างจากโรงคัดบรรจุ ระหว่างปีงบประมาณ 2565–2567 รวม 131 โรงคัดบรรจุ จำแนกเป็นกลุ่มที่เก็บตัวอย่าง 1 ชนิด และมากกว่า 1 ชนิด โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา การทดสอบไคสแควร์ และไบโนเมียลเทส ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของสัดส่วนการผ่านมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่าแนวโน้มโรงคัดบรรจุที่ไม่ผ่านมาตรฐานมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในปี 2567 ที่มีสัดส่วนการไม่ผ่านมากกว่า 5 ตัวอย่าง สูงถึงร้อยละ 68.75 ในบางกลุ่ม สะท้อนถึงความไม่เพียงพอของมาตรการสุ่มตรวจแบบเดิม การวิเคราะห์ยังพบว่ากลุ่มที่เก็บตัวอย่างเพียง 1 ชนิดมีความเสี่ยงสูงกว่ากลุ่มที่เก็บมากกว่า 1 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จึงเสนอแนวทางพัฒนามาตรการเฝ้าระวัง 4 ประการ ได้แก่ การประเมินความเสี่ยงรายโรง การส่งเสริมมาตรฐาน GAP Plus ณ ต้นทาง การเชื่อมโยงข้อมูลดิจิทัลข้ามหน่วยงาน และการบังคับใช้บทลงโทษอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดความเสี่ยงในการนำเข้าสินค้าเกษตรที่ไม่ปลอดภัย และยกระดับการคุ้มครองผู้บริโภคไทยอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: สารพิษตกค้าง; การนำเข้าผักและผลไม้; การเฝ้าระวังเชิงระบบ

ABSTRACT

This study aimed to analyze the situation of imported fruit and vegetable packing houses with a history of non-compliance with pesticide residue standards and to develop more rigorous and effective preventive measures. A cross-sectional descriptive study design was employed, covering data from fiscal years 2022 to 2024, comprising 131 companies categorized by the number of commodity types sampled. Descriptive statistics, chi-square tests, and binomial tests were applied to examine differences in compliance rates. The results revealed a steadily increasing trend in non-compliance, with packing houses exceeding five failed samples rising to 68.75% in FY2024 in some categories. Notably, packing houses with only one type of commodity sampled exhibited statistically higher risk than those with multiple commodities ($p < 0.05$), suggesting a vulnerability linked to reliance on single suppliers and limited traceability systems. High-risk packing houses were repeatedly non-compliant, highlighting weaknesses in the current import control system. To address this, four integrated risk-based policy recommendations are proposed: (1) implementing a risk-based surveillance system using historical non-compliance data; (2) promoting GAP Plus certification and requiring verified certificates of analysis (COA); (3) integrating inspection data with the national customs digital platform in real-time; and (4) enhancing legal enforcement mechanisms and exporter accountability. These recommendations aim to strengthen the national food safety control system and ensure sustainable consumer protection.

Keywords: pesticide residues; imported fruits and vegetables; risk-based surveillance

1. บทนำ

ผักและผลไม้เป็นอาหารที่สำคัญในชีวิตประจำวันของประชาชนทุกครัวเรือน ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดปริมาณการบริโภคที่เหมาะสมต่อวันเพื่อส่งเสริมสุขภาพ อย่างไรก็ตามยังมีการตรวจพบปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษตกค้างจากวัตถุอันตรายทางการเกษตรในผักและผลไม้หลายชนิดเกินค่ามาตรฐานเป็นระยะ [1] ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยด้านอาหารและสุขภาพของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก ด้วยเหตุผลดังกล่าว สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา โดยกองด่านอาหารและยา จึงได้ดำเนินมาตรการเฝ้าระวังผักและผลไม้นำเข้าที่อาจมีสารพิษตกค้างตั้งแต่ปีงบประมาณ 2563 พร้อมทั้งกำหนดมาตรฐานปริมาณสารพิษตกค้างตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 387) พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม โดยมีการจัดกลุ่มผักและผลไม้ตามความเสี่ยงของการตรวจพบสารพิษตกค้างเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มความเสี่ยงสูงมาก (Very high risk) กลุ่มความเสี่ยงสูง (High risk) และกลุ่มความเสี่ยงต่ำ (Low risk) ซึ่งมีแนวทางการตรวจสอบแตกต่างกันตามระดับความเสี่ยง [2] อย่างไรก็ตาม ผลการสุ่มตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผัก และผลไม้กลุ่ม High risk และ Low risk ระหว่างปีงบประมาณ 2565 – 2567 พบอัตราการไม่ผ่านมาตรฐานที่ร้อยละ

27.76, 25.7 และ 34.9 ตามลำดับ [3] สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มการพบสารพิษตกค้างที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [3], [4] ซึ่งอาจส่งผลให้มีการนำเข้าผัก และผลไม้ที่ไม่ปลอดภัยเข้าสู่ประเทศ ซึ่งเป็นความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนอย่างร้ายแรง ทั้งนี้ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้มีความพยายามปรับปรุงระบบการควบคุมความปลอดภัยของผัก และผลไม้นำเข้าให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าการตกค้างของสารพิษฯ ในกลุ่มผักและผลไม้ที่มีประวัติไม่เป็นไปตามข้อกำหนดยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการการศึกษาเพื่อพัฒนามาตรการป้องกันการนำเข้าผัก และผลไม้จากโรงคัดบรรจุที่มีประวัติสารพิษตกค้างไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เพื่อนำข้อมูลมาสนับสนุนการพัฒนามาตรการป้องกันการนำเข้าให้มีความเข้มงวด และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อันจะนำไปสู่การคุ้มครองความปลอดภัยของผู้บริโภคได้อย่างยั่งยืน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผักและผลไม้เป็นแหล่งอาหารสำคัญในการได้รับวิตามิน แร่ธาตุ และสารอาหารที่จำเป็นต่อสุขภาพ โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้แนะนำให้ประชากรทั่วโลกรับประทานผักและผลไม้อย่างน้อย 400 กรัมต่อวัน เพื่อลดความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง [5] นอกจากนี้ ในธุรกิจอาหารต่าง ๆ ในประเทศก็มีความต้องการผัก และผลไม้ในปริมาณที่สูง และต่างชนิดกันไปตามบริบทพื้นที่ ทำให้ประเทศไทยที่แม้จะมีความหลากหลายทางการเกษตร แต่ยังคงต้องนำเข้าผัก และผลไม้จากต่างประเทศเนื่องจากปัจจัยด้านฤดูกาลที่ไม่สามารถปลูกพืชบางชนิดที่เป็นที่ต้องการของตลาดได้ตลอดปี ความต้องการสินค้าที่หลากหลายของผู้บริโภค รวมถึงความต้องการสินค้าคุณภาพสูงหรือมีสายพันธุ์เฉพาะจากต่างประเทศ [6] อย่างไรก็ตาม การผลิตผักและผลไม้ส่วนใหญ่ต้องอาศัยสารเคมีทางการเกษตรเพื่อควบคุมศัตรูพืช และเพิ่มผลผลิต ส่งผลให้เสี่ยงต่อการตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตร [7]

ในประเทศไทย สถานการณ์การตรวจพบสารพิษตกค้างในผัก และผลไม้ยังคงเป็นปัญหาสำคัญ โดยมีรายงานการตรวจพบการปนเปื้อนของสารเคมีหลายชนิดเกินค่ามาตรฐานอยู่เป็นระยะ [4] ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความมั่นใจของผู้บริโภค และความปลอดภัยด้านอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผัก และผลไม้นำเข้าที่ต้องผ่านกระบวนการคัดบรรจุภายในประเทศต้นทางก่อนส่งออก สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ได้ดำเนินการเฝ้าระวังและกำหนดมาตรการควบคุมสารพิษตกค้างในผัก และผลไม้อย่างต่อเนื่อง เช่น การกำหนดมาตรฐานปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits: MRLs) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 387) พ.ศ. 2560 รวมถึงมาตรการจัดกลุ่มความเสี่ยงของผัก และผลไม้เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบเชิงระบบ [2] ทั้งนี้ยังมีการศึกษาล่าสุดที่ชี้ให้เห็นความสำคัญของระบบการประเมินความเสี่ยง (Risk-Based Assessment) ในการกำกับดูแลความปลอดภัยของอาหาร โดยเฉพาะในบริบทของประเทศที่กำลังพัฒนา และพึ่งพาการนำเข้าอาหาร ซึ่งยังไม่มีระบบเฝ้าระวังสารตกค้างที่ครอบคลุม และเข้มงวดเทียบเท่ากับประเทศพัฒนาแล้ว งานวิจัยนี้ใช้ระบบประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ ในการตรวจสอบปริมาณสารพิษตกค้างในผัก และผลไม้ พร้อมทั้งคำนวณ ค่าดัชนีความเสี่ยง (Hazard Index: HI) โดยเปรียบเทียบปริมาณสารตกค้างที่ประชากรได้รับจากการบริโภค (Estimated Daily Intake: EDI) กับค่าปลอดภัยที่กำหนดไว้ในมาตรฐานสากล (Acceptable Daily Intake: ADI) ซึ่งเป็นวิธีการที่สะท้อนถึงการวิเคราะห์แบบมีหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ (evidence-based) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลไม้นำเข้าจำนวนมากมีการตกค้างของสารเคมีที่ไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในสหภาพยุโรป แต่ยังสามารถส่งมายังประเทศกำลังพัฒนาได้ภายใต้เกณฑ์ของ Codex Alimentarius ซึ่งทำให้เกิดความเหลื่อมล้ำด้านกฎระเบียบ (regulatory asymmetry) ที่

อาจเป็นช่องโหว่สำคัญของระบบความปลอดภัยในอาหารระดับโลก การมีระบบประเมินความเสี่ยงอย่างรอบด้านจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการตัดสินใจทางนโยบาย เพื่อปกป้องผู้บริโภคจากสารอันตรายที่อาจแฝงมากับสินค้านำเข้า [8] และยังมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบวิเคราะห์อัจฉริยะ PRIAS (Pesticide Residue Intelligent Analysis System) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้เทคโนโลยีฐานข้อมูลกลางร่วมกับการวิเคราะห์แบบเรียลไทม์ เพื่อจัดการข้อมูลสารพิษตกค้างในผัก ผลไม้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายแหล่ง และเปรียบเทียบกับมาตรฐาน MRL (Maximum Residue Limits) ช่วยให้การวิเคราะห์สารตกค้างทำได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง เช่น อัลกอริทึม Apriori เพื่อคาดการณ์ความเสี่ยงล่วงหน้า และสามารถเชื่อมต่อกับระบบศุลกากร เพื่อเร่งการปล่อยสินค้าโดยไม่ลดมาตรฐานความปลอดภัย ช่วยลดความล่าช้าในการนำเข้าสินค้าเกษตร พร้อมเสริมระบบเฝ้าระวังเชิงรุกที่ใช้ข้อมูลจริงในการตัดสินใจ [9]

เพื่อตอบสนองต่อความท้าทายดังกล่าว สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ได้ดำเนินการเฝ้าระวังและกำหนดมาตรการควบคุมสารพิษตกค้างในผัก และผลไม้อย่างต่อเนื่อง โดยเริ่มใช้มาตรการเฝ้าระวังผักและผลไม้นำเข้าตั้งแต่ปีงบประมาณ 2563 อย่างเต็มรูปแบบในวันที่ 1 สิงหาคม 2563 ตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง การตรวจสอบอาหารที่นำเข้ามาในราชอาณาจักร และประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่องคำชี้แจงมาตรการเฝ้าระวังผักและผลไม้ที่อาจมีสารพิษตกค้างทางการเกษตร โดยได้จัดแบ่งความเสี่ยงออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Very high risk, High risk และ Low risk ซึ่งแต่ละกลุ่มมีแนวทางการสุ่มเก็บตัวอย่างตรวจวิเคราะห์แตกต่างกันตามระดับความเสี่ยง นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มรายการสารวิเคราะห์จากเดิม 132 รายการ เป็น 134 รายการ โดยเพิ่มพาราควอตและไกลโฟเสต ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2563 เป็นต้นมา [2] สำหรับกลุ่ม Very high risk ซึ่งหมายถึงผักและผลไม้จากโรงคัดบรรจุที่มีประวัติไม่ผ่านมาตรฐาน จะมีรายชื่ออยู่ในระบบกักกัน และถูกดำเนินการในระบบกักกันอย่างเข้มงวด โดยทำการอายัดสินค้า การตรวจสอบ COA (Certificate of Analysis) และอาจตรวจวิเคราะห์ซ้ำแม้จะมี COA ก็ตาม โดยหากพบว่ายังไม่เป็นไปตามข้อกำหนดจะดำเนินการทางกฎหมาย และไม่นำรายชื่อออกจากระบบกักกัน ด้านเกณฑ์มาตรฐานการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในอาหารของประเทศไทย ได้ถูกกำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 387 พ.ศ. 2560 [10] และมีการแก้ไขเพิ่มเติมโดยประกาศ ฉบับที่ 393 พ.ศ. 2563 [11] และ ฉบับที่ 419 พ.ศ. 2563 [12] และ ฉบับที่ 449 พ.ศ. 2567 [13] ซึ่งครอบคลุมทั้งวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 (เช่น คลอร์ไพริฟอส และพาราควอต) และสารพิษตกค้างชนิดอื่น โดยอิงค่ามาตรฐาน MRLs จากบัญชีแนบท้ายประกาศ และCodex Alimentarius Commission รวมทั้งมีการกำหนด default limit ในกรณีไม่มีค่า MRL เฉพาะ

อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อเสนอในการยกระดับมาตรการควบคุม ณ โรงคัดบรรจุ ซึ่งเป็นจุดสำคัญในการลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนสารพิษตกค้างในกระบวนการนำเข้า การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและปัจจัยเสี่ยงของโรงคัดบรรจุที่มีประวัติสารพิษตกค้างไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนามาตรการป้องกันการนำเข้าให้มีความเข้มงวด และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนามาตรการป้องกันที่มีความเข้มงวด และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควบคุมความปลอดภัยอันจะนำไปสู่การคุ้มครองความปลอดภัยของผู้บริโภคได้อย่างยั่งยืน

3. วิธีการวิจัย

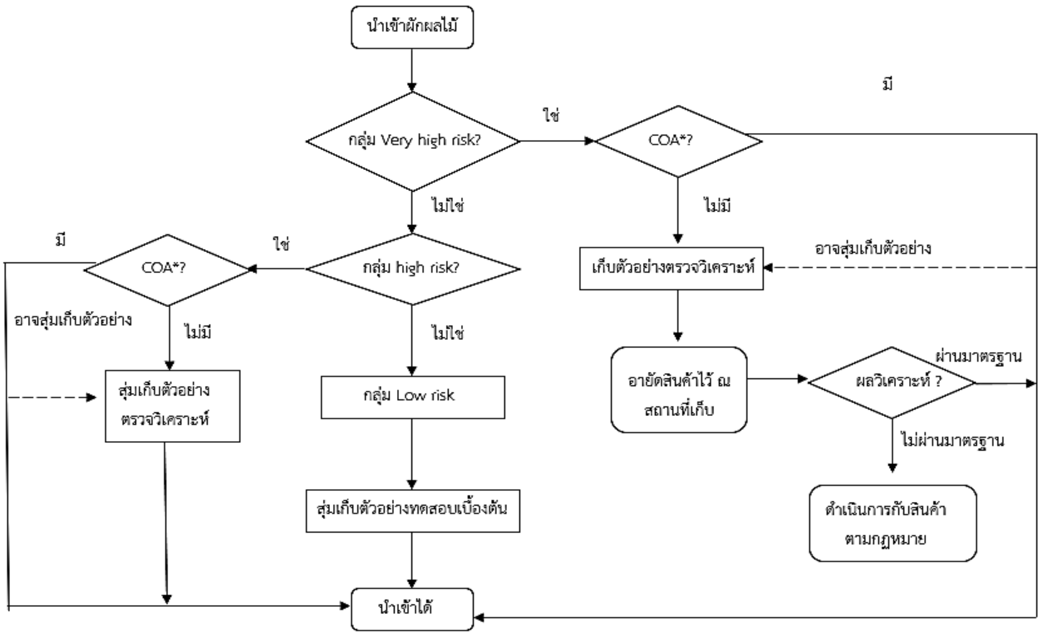
การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบตัดขวาง (Cross-sectional Descriptive Study) โดยใช้ข้อมูลจากกองด่านอาหารและยา ในช่วง ระหว่างปีงบประมาณ 2565 – 2567 ระยะเวลาการศึกษาวิจัย 12 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 – ตุลาคม พ.ศ. 2568 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ของโรงคัดบรรจุผักและผลไม้นำเข้าที่มีประวัติไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านสารพิษตกค้าง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนามาตรการเฝ้าระวัง และป้องกันการนำเข้าให้มีความเข้มงวดและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1. การทบทวนเอกสารและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ศึกษากฎหมาย ระเบียบ ข้อกำหนด และประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมสารพิษตกค้างในผักและผลไม้ ตลอดจนแนวทางการเฝ้าระวัง ณ ด่านอาหารและยา เพื่อทำความเข้าใจแนวทางการดำเนินการในปัจจุบันและช่องว่างของระบบ

3.2. การรวบรวมและวิเคราะห์ปัญหาจากการดำเนินงานจริง

การคัดเลือกกลุ่มโรงคัดบรรจุใช้วิธีการ เลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยอ้างอิงจากฐานข้อมูลโรงคัดบรรจุที่ อย. กำหนดให้เป็นกลุ่มที่มีประวัติไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านสารพิษตกค้าง ในปีงบประมาณ 2565–2567 โดยเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวกับผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักและผลไม้นำเข้าที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เพื่อวิเคราะห์จุดอ่อนของมาตรการปัจจุบัน



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการปฏิบัติงานตามแนวทางการดำเนินการตามมาตรการเฝ้าระวังผักและผลไม้นำเข้าที่อาจมีสารพิษตกค้างจากวัตถุอันตรายทางการเกษตร

3.3 การรวบรวมข้อมูลสถานการณ์ของโรงคัดบรรจุ

เก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2565 – 30 กันยายน พ.ศ. 2567 จากฐานข้อมูลของกลุ่มปราบปรามและประสานการนำเข้า-ส่งออก กองด่านอาหารและยา โดยศึกษารายงานผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของโรงคัดบรรจุที่มีประวัติไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

3.4. การออกแบบเครื่องมือวิจัย

พัฒนาแบบฟอร์มเก็บข้อมูลที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยรวบรวมข้อมูลที่สำคัญ ได้แก่ รายชื่อโรงคัดบรรจุ ประเทศต้นทางของผักและผลไม้ จำนวนการสุ่มเก็บตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่างที่ผ่านและไม่ผ่านมาตรฐาน

3.5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ เพื่ออธิบายสถานการณ์ทั่วไปของโรงคัดบรรจุผัก และผลไม้นำเข้าในแต่ละกลุ่ม และใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วนการผ่านมาตรฐานระหว่างกลุ่มผู้ผลิตที่มีประวัติผ่าน และไม่ผ่านข้อกำหนด ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วนการผ่านมาตรฐานของผู้ผลิตในแต่ละกลุ่ม ดำเนินการวิเคราะห์โดยใช้สถิติ Chi-square test (χ^2) และไบโนเมียลเทส (Binomial Test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เพื่อพิจารณาว่าความแตกต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

3.6. การจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์มาตรการโดยใช้ข้อมูลเชิงสถิติและการวิเคราะห์ SWOT ของโรงคัดบรรจุที่มีความเสี่ยงสูง ร่วมกับการทบทวนกฎหมายและมาตรการที่มีอยู่ เพื่อสรุปผลการศึกษาพร้อมวิเคราะห์แนวโน้ม และจัดทำข้อเสนอแนะเชิงมาตรการสำหรับการพัฒนาแนวทางการเฝ้าระวังผัก และผลไม้นำเข้าให้มีความเข้มงวด และแม่นยำมากยิ่งขึ้น เพื่อสังเคราะห์เป็นข้อเสนอเชิงนโยบายที่สามารถนำไปใช้ได้จริง

4. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 โรงคัดบรรจุที่เก็บตัวอย่าง 1 ชนิดและไม่ผ่านมาตรฐาน ในปี 2565 -2567

ผลการตรวจวิเคราะห์	2565		2566		2567	
จำนวนที่ไม่ผ่านมาตรฐาน	**จำนวน (โรงคัดบรรจุ)**	**ร้อยละ**	**จำนวน (โรงคัดบรรจุ)**	**ร้อยละ**	**จำนวน (โรงคัดบรรจุ)**	**ร้อยละ**
1 ตัวอย่าง	36	35.64	36	49.32	2	6.25
2 ตัวอย่าง	30	29.70	8	10.96	1	3.12
3 ตัวอย่าง	12	11.88	10	13.70	4	12.5
4 ตัวอย่าง	12	11.88	9	12.33	3	9.38
≥ 5 ตัวอย่าง	11	10.89	10	13.70	22	68.75

ตารางที่ 2 โรงคัดบรรจุที่เก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ชนิดและไม่ผ่านมาตรฐาน ในปี 2565 -2567

ผลการตรวจวิเคราะห์	**2565**		**2566**		**2567**	
จำนวนที่ไม่ผ่านมาตรฐาน	**จำนวน (โรงคัดบรรจุ)**	**ร้อยละ**	**จำนวน (โรงคัดบรรจุ)**	**ร้อยละ**	**จำนวน (โรงคัดบรรจุ)**	**ร้อยละ**
1 ตัวอย่าง	16	36.36	24	38.10	0	0.00
2 ตัวอย่าง	11	25.00	12	19.05	2	1.68
3 ตัวอย่าง	8	18.18	9	14.29	30	25.21
4 ตัวอย่าง	6	13.64	6	9.52	17	14.29
≥ 5 ตัวอย่าง	3	6.82	12	19.05	70	58.82

จากนั้นผู้วิจัย ได้จำแนกข้อมูลโรงคัดบรรจุที่มีการทดสอบสารครบทั้ง 134 สาร มาทำการศึกษาต่อ โดยพบว่า โรงคัดบรรจุที่มีการเก็บตัวอย่างผักและผลไม้ 1 ชนิด มีจำนวนทั้งหมด 79 โรงคัดบรรจุ มีร้อยละของการผ่านมาตรฐานการตรวจหาสารตกค้างในผักและผลไม้แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (χ^2 = 20.076, $p < 0.05$) โดยมีจำนวนโรงคัดบรรจุที่ผ่านมาตรฐานร้อยละ 100 จำนวน 32 โรงคัดบรรจุ ดังแสดงในตารางที่ 3 และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 จำนวน 6 โรงคัดบรรจุได้แก่ โรงคัดบรรจุ K3 โรงคัดบรรจุ K7 โรงคัดบรรจุ L1 โรงคัดบรรจุ P4 โรงคัดบรรจุ Q2 และโรงคัดบรรจุ T6 ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยจำนวนโรงคัดบรรจุที่ตัวอย่างผ่านมาตรฐานทั้งหมด 32 โรงคัดบรรจุ คิดเป็นร้อยละ 40.51 ไม่ผ่านมาตรฐานมากกว่าร้อยละ 50 มี 39 โรงคัดบรรจุ คิดเป็นร้อยละ 49.37 ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 3 ร้อยละของการผ่านมาตรฐานการตรวจหาสารตกค้างของโรงคัดบรรจุที่มีการเก็บตัวอย่างผักและผลไม้ 1 ชนิด ที่มีการทดสอบสารครบทั้ง 134 สารที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ร้อยละของการผ่านมาตรฐาน	**จำนวนโรงคัดบรรจุ**	χ^2
ไม่เกิน 50	39	20.076*
50.01-99.99	8	
100	32	
รวม	**79**	

ตารางที่ 4 ผลการตรวจสอบสารตกค้างในผักและผลไม้รายผู้ผลิตต่างประเทศจำนวน 79 ราย ที่มีการเก็บตัวอย่าง 1 ชนิด ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (ใช้สัญลักษณ์แทนชื่อโรงคัดบรรจุด้วยเหตุผลทางกฎหมาย)

No.	ผู้ผลิต	Sig.	No.	ผู้ผลิต	Sig.	No.	ผู้ผลิต	Sig.	No.	ผู้ผลิต	Sig.
1	A1	0.640	21	H4	0.640	41	N2	0.360	61	S9	0.410
2	A2	0.640	22	I1	0.423	42	N3	0.360	62	T1	0.640
3	A3	0.640	23	J1	0.181	43	N4	0.360	63	T2	0.640
4	A4	0.640	24	J2	0.360	44	P1	0.210	64	T3	0.360
5	B1	0.262	25	J3	0.640	45	P2	0.410	65	T4	0.672
6	B2	0.640	26	J4	0.640	46	P3	0.104	66	T5	0.640
7	C1	0.410	27	J5	0.640	47	P4	0.033*	67	T6	0.000*

8	C2	0.640	28	K1	0.640	48	Q1	0.360	68	W1	0.640
9	C3	0.360	29	K2	0.210	49	Q2	0.033*	69	W2	0.410
10	E1	0.262	30	K3	0.000*	50	Q3	0.512	70	W3	0.360
11	E2	0.640	31	K4	0.488	51	Q4	0.640	71	X1	0.360
12	F1	0.640	32	K5	0.590	52	R1	0.640	72	X2	0.360
13	F2	0.640	33	K6	0.360	53	S1	0.640	73	Y1	0.058
14	F3	0.512	34	K7	0.027*	54	S2	0.640	74	Y2	0.360
15	F4	0.488	35	L1	0.005*	55	S3	0.410	75	Y3	0.104
16	G1	0.512	36	L2	0.640	56	S4	0.512	76	Y4	0.640
17	G2	0.262	37	M1	0.360	57	S5	0.640	77	Y5	0.410
18	H1	0.640	38	M2	0.360	58	S6	0.640	78	Y6	0.360
19	H2	0.058	39	M3	0.640	59	S7	0.640	79	Z1	0.360
20	H3	0.512	40	N1	0.640	60	S8	0.360			

ตารางที่ 5 แสดงสถานการณ์ของโรงคัดบรรจุผักและผลไม้ที่มีการเก็บตัวอย่างผักและผลไม้ 1 ชนิด และไม่ผ่านมาตรฐาน

ผลการตรวจวิเคราะห์ผักและผลไม้นำเข้าของโรงคัดบรรจุผักและผลไม้ที่มีการเก็บตัวอย่าง 1 ชนิด	**จำนวน (โรงคัดบรรจุ)**	**ร้อยละ**
ตัวอย่างผ่านมาตรฐานทั้งหมด	32	40.51
ตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐานน้อยกว่าร้อยละ 50	8	10.12
ตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐานมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50	39	49.37
รวม	**79**	**100**

สำหรับโรงคัดบรรจุที่มีการเก็บตัวอย่างผักและผลไม้มากกว่า 1 ชนิด มีจำนวนทั้งหมด 52 โรงคัดบรรจุ มีร้อยละของการผ่านมาตรฐานการตรวจหาสารตกค้างในผักและผลไม้ ดังแสดงในตารางที่ 6 โดยพบว่า ผู้ผลิตที่มีการเก็บตัวอย่างผักและผลไม้มากกว่า 1 ชนิด และตรวจสารตกค้างครบทั้ง 134 สาร จำนวน 52 ราย มีการกระจายของร้อยละการผ่านมาตรฐานแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม แต่ผลการทดสอบไคสแควร์ (χ^2 = 2.462) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ กลุ่มร้อยละการผ่านมาตรฐานของผู้ผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเกิดจากจำนวนผู้ผลิตที่ผ่านและไม่ผ่านในแต่ละกลุ่มมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน หรือกลุ่มตัวอย่างไม่เพียงพอในการแสดงความแตกต่าง โดยมีจำนวนโรงคัดบรรจุที่ผ่านมาตรฐานร้อยละ 100 จำนวน 20 โรงคัดบรรจุ ดังแสดงในตารางที่ 6 และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 จำนวน 6 โรงคัดบรรจุได้แก่ โรงคัดบรรจุ CC1, KK4, SS3, SS$, YY1 และ YY8 ดังแสดงในตารางที่ 7 โดยจำนวนโรงคัดบรรจุ ที่ตัวอย่างผ่านมาตรฐานทั้งหมด 20 โรงคัดบรรจุ คิดเป็นร้อยละ 38.46 ไม่ผ่านมาตรฐานมากกว่าร้อยละ 50 มี 20 โรงคัดบรรจุ คิดเป็นร้อยละ 38.46 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 6 ร้อยละของการผ่านมาตรฐานการตรวจหาสารตกค้างของโรงคัดบรรจุที่มีการเก็บตัวอย่างผักและผลไม้มากกว่า 1 ชนิด ที่มีการทดสอบสารครบทั้ง 134 สารที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ร้อยละของการผ่านมาตรฐาน	**จำนวนผู้ผลิต**	χ^2
ไม่เกิน 50	20	2.462
50.01-99.99	12	
100	20	
รวม	**52**	

กลุ่มโรงคัดบรรจุที่เก็บตัวอย่างเก็บตัวอย่างผักและผลไม้ 1 ชนิด (ตารางที่ 5) ร้อยละ 49.4 ผ่านมาตรฐานไม่ถึงร้อยละ 50.0 ของจำนวนตัวอย่าง จัดเป็น“กลุ่มเสี่ยงสูง” ที่เหลืออีกร้อยละ 40.5 ผ่านมาตรฐาน 100 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตัวอย่าง จัดเป็น “กลุ่มเสี่ยงต่ำ” ลักษณะข้อมูลที่มีการกระจุกตัวแสดงให้เห็นว่า การสุ่มตรวจโดยการเก็บตัวอย่างเพียง 1 ชนิด มีความเสี่ยงสูงกว่า การเก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ชนิด ที่ข้อมูลแสดงให้เห็นถึงการกระจายความเสี่ยงอย่างสม่ำเสมอ ไม่พบความแตกต่างเชิงสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 9 แสดงว่าแต่ละโรงคัดบรรจุมีโอกาสไม่ผ่านมาตรฐานใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเกิดจาก (1) ระบบควบคุมคุณภาพที่หลากหลาย, (2) การกระจายประเภทสินค้าช่วยลดความเสี่ยงรวม

ตารางที่ 7 ผลการตรวจสอบสารตกค้างในผักและผลไม้รายผู้ผลิตต่างประเทศจำนวน 52 ราย ที่มีการเก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ชนิด ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (ใช้สัญลักษณ์แทนชื่อโรงคัดบรรจุด้วยเหตุผลทางกฎหมาย)

No.	ผู้ผลิต	Sig.	No.	ผู้ผลิต	Sig.	No.	ผู้ผลิต	Sig.	No.	ผู้ผลิต	Sig.
1	AA1	0.512	14	JJ3	0.512	27	SS1	0.360	40	XX1	0.640
2	AA2	0.360	15	JJ4	0.640	28	SS2	0.488	41	YY1	0.033*
3	BB1	0.512	16	KK1	0.624	29	SS3	0.010*	42	YY2	0.104
4	CC1	0.017*	17	KK2	0.181	30	SS4	0.027*	43	YY3	0.640
5	EE1	0.210	18	KK3	0.263	31	SS5	0.672	44	YY4	0.590
6	FF1	0.512	19	KK4	0.017*	32	TT1	0.640	45	YY5	0.640
7	GG1	0.503	20	KK5	0.672	33	TT2	0.512	46	YY6	0.640
8	GG2	0.360	21	KK6	0.086	34	TT3	0.345	47	YY7	0.050
9	GG3	0.640	22	LL1	0.640	35	TT4	0.410	48	YY8	0.007*
10	HH1	0.058	23	QQ1	0.512	36	TT5	0.410	49	YY9	0.056
11	II1	0.322	24	QQ2	0.488	37	TT6	0.640	50	YY10	0.360
12	JJ1	0.210	25	QQ3	0.640	38	TT7	0.640	51	YY11	0.640
13	JJ2	0.640	26	QQ4	0.640	39	WW1	0.640	52	YY12	0.360

ตารางที่ 8 แสดงสถานการณ์ของโรงคัดบรรจุผักและผลไม้ที่มีการเก็บตัวอย่างผักและผลไม้มากกว่า 1 ชนิด และไม่ผ่านมาตรฐาน

ผลการตรวจวิเคราะห์ผักและผลไม้นำเข้าของโรงคัดบรรจุผักและผลไม้ที่มีการเก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ชนิด	**จำนวน (โรงคัดบรรจุ)**	**ร้อยละ**
ตัวอย่างผ่านมาตรฐานทั้งหมด	20	38.46
ตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐานน้อยกว่าร้อยละ 50	12	23.08
ตัวอย่างไม่ผ่านมาตรฐานมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50	20	38.46
รวม	**52**	**100**

ตารางที่ 9 ภาพรวมของผลการวิเคราะห์

กลุ่มโรงคัดบรรจุ	**จำนวนโรงคัดบรรจุ (n)**	χ^2	**ระดับนัยสำคัญ**	**การแปลผล**
เก็บตัวอย่างชนิดเดียว	79	20.076	$p < 0.05$	สัดส่วนการผ่านมาตรฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (มีความเสี่ยงกระจุกตัวในบางกลุ่ม)
เก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ชนิด	52	2.462	$p > 0.05$	สัดส่วนการผ่านมาตรฐานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ความเสี่ยงกระจายสม่ำเสมอ)

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

จากผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าผักและผลไม้จากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก และพบปัญหาสารพิษตกค้างเกินเกณฑ์ (MRLs) ในบางประเภทอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดข้อกังวลต่อความปลอดภัยอาหารและภาระงานเฝ้าระวังของด่านอาหารและยา งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์สถานการณ์และแนวโน้มการผ่านมาตรฐาน และไม่ผ่านมาตรฐานของโรงคัดบรรจุที่มีการนำเข้าในช่วง 1 ตุลาคม 2565 – 30 กันยายน 2567 โดยเปรียบเทียบความเสี่ยงระหว่างโรงคัดบรรจุที่เก็บตัวอย่าง 1 ชนิด และมากกว่า 1 ชนิด ในการคัดกรองโรงคัดบรรจุความเสี่ยงสูงเพื่อเสนอมาตรการเฝ้าระวังเชิงระบบ ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นชัดเจนถึงแนวโน้มของปัญหาที่รุนแรงขึ้น โดยเฉพาะปีงบ 2567 ที่สัดส่วนโรงคัดบรรจุ “ไม่ผ่าน” อย่างน้อย 5 ตัวอย่างเพิ่มขึ้นจากช่วง 11–14 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2565 ถึง 2566 เป็น 60–70 เปอร์เซ็นต์ทั้งในกลุ่มที่เก็บตัวอย่าง 1 ชนิดและมากกว่า 1 ชนิด ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ามาตรการสุ่มตรวจแบบเดิมอาจไม่เพียงพอในภาวะการค้าเปิดหลังโควิด เมื่อเจาะเฉพาะโรงคัดบรรจุที่ตรวจครบ 134 สาร พบว่ากลุ่มที่เก็บตัวอย่างเพียง 1 ชนิดมีสัดส่วน “ผ่านไม่ถึง 50 เปอร์เซ็นต์” สูงกว่ากลุ่มที่เก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (χ^2 = 20.076, $p < 0.05$) บ่งชี้ว่าการเก็บตัวอย่างเพียง 1 ชนิด โดยขาดระบบตรวจสอบย้อนกลับเป็นตัวเร่งความเสี่ยง เนื่องจากเมื่อตัวอย่างน้อยและไม่มีข้อมูลย้อนกลับ ระบบจะไม่สามารถตรวจพบแหล่งเสี่ยงที่แท้จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจทำให้เกิด “False Negative” คือ สินค้าที่สุ่มผ่านการตรวจในชนิดเดียว แต่อีกชนิดที่ไม่ได้สุ่มอาจมีสารตกค้าง ส่งผลให้สินค้าปนเปื้อนสามารถหลุดรอดเข้าสู่ประเทศได้ และผู้ประกอบการอาจจะใช้ช่องว่างนี้หลีกเลี่ยงการตรวจที่เข้มงวด นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่า การคัดกรองรายชื่อพบโรงคัดบรรจุกลุ่มเสี่ยงสูง (เช่น K3, K7, L1, P4 ในกลุ่ม เก็บตัวอย่าง 1 ชนิด และ CC1, KK4 ในกลุ่มที่เก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ชนิด) ซึ่งล้วนมีประวัติ “ไม่ผ่านซ้ำ” ข้อมูลนี้

สะท้อนถึงจุดอ่อนในระบบควบคุมปัจจุบันที่ยังไม่สามารถป้องกันการนำเข้าจากแหล่งเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีความจำเป็นในการยกระดับมาตรการป้องกันการนำเข้าให้ "มีความเข้มงวดและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น" โดยงานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางการพัฒนามาตรการเชิงระบบ 4 ประการ ดังนี้:

1) พัฒนาระบบเฝ้าระวังเชิงความเสี่ยง (Risk-based Surveillance): โดยใช้ข้อมูลประวัติการไม่ผ่านมาตรฐานของโรงคัดบรรจุเป็นเกณฑ์ปรับระดับความถี่ในการสุ่มตรวจ และจัดลำดับความเสี่ยงรายประเทศ/รายโรงคัดบรรจุ โดยมีการจัดลำดับความเสี่ยง (Risk ranking) ตามประวัติผลการตรวจ เช่น โรงคัดบรรจุ ชนิดเดียว ที่ผ่านมาตรฐานน้อยกว่าร้อยละ 50 ให้ถูกจัดเป็นกลุ่มความเสี่ยงสูง (High-risk list) และโรงคัดบรรจุที่ผ่านมาตรฐานร้อยละ 100 อาจได้รับการลดความถี่ตรวจ (incentive-based surveillance) เพื่อสร้างแรงจูงใจ

2) ส่งเสริมระบบการรับรองคุณภาพโรงคัดบรรจุในประเทศต้นทาง: โดยบังคับใช้มาตรฐาน GAP Plus และกำหนดให้แสดงใบรับรองผลการวิเคราะห์ (COA) จากห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานไทย

3) บังคับใช้แผนการดำเนินการแก้ไข (Corrective Action Plan (CAP)) โรงคัดบรรจุที่ตกในกลุ่มเสี่ยงสูงต้องจัดทำแผน CAP ครอบคลุมการตรวจย้อนกลับซัพพลายเออร์ การอบรมผู้ปฏิบัติงานด้านสารเคมีเกษตร และการยืนยันวัตถุดิบปลอดภัยด้วยใบรับรอง GMP

4) บูรณาการข้อมูลระหว่างหน่วยงานผ่านระบบดิจิทัล [14]: โดยเชื่อมโยงฐานข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) กับระบบระบบตรวจปล่อยสินค้าล่วงหน้า (Pre-arrival processing system) ของกรมศุลกากร เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงสินค้าและผู้นำเข้าแบบอัตโนมัติในกระบวนการนำเข้าสินค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบเอกสารนำเข้าเชิงลึก คัดกรองสินค้าที่มีความเสี่ยง เช่น สินค้าควบคุม สินค้าผิดกฎหมาย หรือสินค้าทางสุขภาพที่อาจปนเปื้อน โดยสนับสนุนการทำงานแบบ Risk-based inspection ระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ระบบนี้จะประเมินความเสี่ยงแบบเรียลไทม์ (Real-time Risk Profiling) โดยใช้ข้อมูลจากหลายแหล่ง เพื่อล็อกการนำเข้าอัตโนมัติ กรณีโรงคัดบรรจุถูกขึ้นบัญชีดำ หรือยังไม่ส่งหลักฐานการแก้ไข ช่วยเพิ่มความโปร่งใสและลดช่องว่างในการตรวจสอบ

5) เสริมสร้างสมรรถนะและกลไกควบคุมในเชิงลงโทษ: โดยจัดอบรมโรงคัดบรรจุ และผู้นำเข้า พร้อมกำหนดบทลงโทษเชิงปกครอง และทางแพ่งสำหรับผู้ที่มีการส่งออกสินค้าที่มีสารพิษตกค้างเกินมาตรฐานอย่างต่อเนื่อง

แนวทางทั้งหมดนี้มุ่งเสริมความเข้มแข็งของระบบควบคุมความปลอดภัยอาหารทั้งต้นน้ำและปลายน้ำของกระทรวงสาธารณสุข เพื่อให้การนำเข้าผักและผลไม้มีความปลอดภัยมากขึ้นในเชิงป้องกัน (preventive control) และนำไปสู่ การคุ้มครองสุขภาพของผู้บริโภคไทยได้อย่างยั่งยืน [15] ตามเป้าหมายหลักของการวิจัยครั้งนี้ นอกจากมาตรการที่เสนอแล้ว งานวิจัยนี้ยังเปิดโอกาสให้เกิดการศึกษาต่อยอดในอนาคต เช่น การศึกษาเชิงคุณภาพเพื่อทำความเข้าใจปัจจัยที่ทำให้โรงคัดบรรจุบางแห่งมีปัญหาซ้ำ การพัฒนาแบบจำลองเชิงคาดการณ์ (predictive model) เพื่อประเมินความเสี่ยงของโรงคัดบรรจุใหม่ การวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐกิจจากการนำมาตรการใหม่ไปใช้ รวมถึงการพัฒนาระบบฐานข้อมูลและแดชบอร์ดเพื่อติดตามสถานการณ์แบบเรียลไทม์ ทั้งนี้จะช่วยยกระดับความครอบคลุมและความยั่งยืนของระบบเฝ้าระวังเชิงป้องกันในอนาคต

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Suntudrob, J., Jongmevasna, W., Payanan, T., Srikote, R., & Wittayanan, W. (2018). Monitoring of pesticide residues in domestic vegetables in Thailand during 2015. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology, 23*(4), 1–8.

[2] กองด่านอาหารและยา. (2565). *มาตรการเฝ้าระวังผักผลไม้นำเข้า ปีงบประมาณ 2565*. กระทรวงสาธารณสุข. สืบค้นจาก https://logistics.fda.moph.go.th/precautions-for-vegetables-and-fruits/surveillance-measures-for-imported-fresh-vegetables-and-fruits-that-may-contain-agricultural-pestici

[3] กองด่านอาหารและยา. (2567). *ผลการทดสอบผักและผลไม้นำเข้าที่เก็บเฝ้าระวังตามแผน 134 สาร ปีงบประมาณ 2565–2567* [เอกสารภายในได้รับอนุญาตให้ใช้ประกอบงานวิจัย]. กระทรวงสาธารณสุข.

[4] Suwannaporn, P., & Linn, D. (2016). Food safety in Thailand 4: Comparison of pesticide residues found in vegetables from fresh markets and supermarkets. *PeerJ, 4*, e2478.

[5] World Health Organization. (9 August 2023). *Increasing fruit and vegetable consumption to reduce the risk of noncommunicable diseases*. WHO. https://www.who.int/tools/elena/interventions/fruit-vegetables-ncds

[6] Kasikorn Research Center. (30 Jun 2023). *Thailand's fruit exports in 2023 have grown, but production costs and volatile weather conditions continue to put pressure on businesses*. Bangkok: KBank. https://www.kasikornresearch.com/en/analysis/k-econ/business/Pages/Fruit-Export-CIS3418-B-30-06-2023.aspx

[7] Laohaudomchok, W., Nankongnab, N., Siriruttanapruk, S., Klaimala, P., Lianchamroon, W., Ousap, P., ... & Woskie, S. (2020). Pesticide use in Thailand: Current situation, health risks, and gaps in research and policy. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 27*(5), 1147-1169.

[8] Acosta-Dacal, A., Díaz-Díaz, R., Alonso-González, P., Bernal-Suárez, M. D. M., Parga-Dans, E., Serra-Majem, L., ... & Luzardo, O. P. (2025). Pesticide Residues in Fruits and Vegetables from Cape Verde: A Multi-Year Monitoring and Dietary Risk Assessment Study. *Foods, 14*(15), 2639

[9] Chen, Y., Dou, H., Chang, Q., & Fan, C. (2022). PRIAS: an intelligent analysis system for pesticide residue detection data and its application in food safety supervision. *Foods, 11*(6), 780.

[10] กระทรวงสาธารณสุข. (2560). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง.* ราชกิจจานุเบกษา, 134(ตอนพิเศษ 228 ง), 1–4. (ลงวันที่ 18 กันยายน 2560)

[11] กระทรวงสาธารณสุข. (2561). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 393 พ.ศ. 2561 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง (ฉบับที่ 2).* ราชกิจจานุเบกษา, 135 (ตอนพิเศษ 264 ง), 1–4. (ลงวันที่ 24 กันยายน 2561)

[12] กระทรวงสาธารณสุข. (2563). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 419) พ.ศ. 2563 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง (ฉบับที่ 3).* ราชกิจจานุเบกษา, 137(ตอนพิเศษ 257 ง), 1–3. (2 พฤศจิกายน 2563).

[13] กระทรวงสาธารณสุข. (2567). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 449) พ.ศ. 2567 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง (ฉบับที่ 4).* ราชกิจจานุเบกษา, 141(ตอนพิเศษ 158 ง), 1–3. (11 พฤศจิกายน 2567).

[14] Lin, S., Shi, Q., & Zhou, N. (2022). Construction of a traceability system for food industry chain safety information based on Internet of Things technology. *Frontiers in Public Health, 10*, 857039.

[15] Sawyer, W. E., Nabebe, G., & Izah, S. C. (2024). Public health implications of pesticide residues in food: Risks, regulations, and interventions. *Greener Journal of Biomedical and Health Sciences, 7(*1), 31–46. https://www.gjournals.org/2024/11/19/102024144-sawyer-et-al/

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดอย่างรวดเร็วของอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากฐานถั่งเช่าสีทอง ด้วยวิธีอัลตราโซนิกโดยใช้ตัวทำละลายที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

OPTIMAL CONDITIONS FOR RAPID ULTRASONIC-ASSISTED EXTRACTION OF ADENOSINE AND CORDYCEPIN FROM *CORDYCEPS MILITARIS* SPENT MUSHROOM SUBSTRATE USING ECO-FRIENDLY SOLVENTS

สุนทรา เฟื่องฟุ้ง[1]* สามารถ ต่ายขาว[1] ชวัลวิทย์ คุ้มทรัพย์[1] สุธิษา เละเซ็น[1]
พนิดา หล่อวงศ์ตระกูล[1] พิชญ์ ตั้งสมบัติวิจิตร[1]
Suntara Fueangfung[1]*, Samart Taikhao[1], Chawanwit Kumsapaya[1], Suthisa Leasen[1],
Panida Lorwongtragool[1], Pitchaya Tangsombatvichit[1]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
[1] Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi
**E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): suntara.f@rmutsb.ac.th*

วันที่รับบทความ 16 สิงหาคม 2568 วันแก้ไขบทความ 1 กันยายน 2568 วันตอบรับบทความ 1 กันยายน 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินอย่างรวดเร็วจากฐานถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris* spent mushroom substrate; SMSs) ด้วยวิธีอัลตราโซนิกโดยใช้ตัวทำละลายที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยทำการศึกษาอัตราส่วนตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ เอทานอล:น้ำ (0:100, 1:99, 2:98, 3:97, 4:96, และ 95:5) ระยะเวลาในการสกัด (15, 20, 25, และ30 นาที) และอุณหภูมิในการสกัด (25, 40, 60, และ 80 องศาเซลเซียส) ภายใต้คลื่นความถี่อัลตราโซนิก 45 กิโลเฮิรตซ์ พบว่าเอทานอล:น้ำ 4:96 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ให้ผลการสกัดอะดิโนซีนสูงสุดที่ 4.16 ± 0.02 mg/kg น้ำหนักแห้ง และและคอร์ไดเซปินได้สูงสุดที่ 640.31 ± 0.15 mg/kg น้ำหนักแห้ง สภาวะการสกัดดังกล่าวช่วยลดระยะเวลา ลดการใช้ตัวทำละลายที่มีพิษ เพิ่มประสิทธิภาพการสกัด เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวางแนวทางที่เหมาะสมต่อการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะถั่งเช่าสีทอง และต่อยอดในการนำสารสกัดไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารฟังก์ชัน ยา และอาหารเสริมต่อไป

คำสำคัญ: ฐานถั่งเช่าสีทอง; อะดิโนซีน; คอร์ไดเซปิน; การสกัดอย่างรวดเร็วด้วยวิธีอัลตราโซนิก; ตัวทำละลายที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

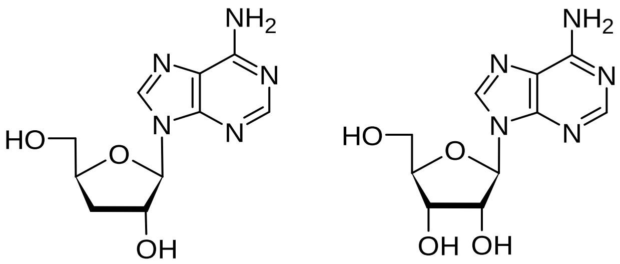
ABSTRACT

This study aimed to determine the optimal conditions for the rapid extraction of adenosine and cordycepin from *Cordyceps militaris* spent mushroom substrate (SMSs) using ultrasonic-assisted extraction with eco-friendly solvents. The effects of solvent ratios (ethanol: water at 0:100, 1:99, 2:98, 3:97, 4:96, and 5:95), time of extraction (15, 20, 25, and 30 minutes), and extraction temperatures (25, 40, 60, and 80 °C) were evaluated under an ultrasonic frequency of 45 kHz. The results showed that ethanol: water at 4:96, at 60 °C for 15 minutes, yielded the highest concentrations of adenosine (4.16 ± 0.02 mg/kg dry weight) and cordycepin (640.31 ± 0.15 mg/kg dry weight). These optimized extraction conditions reduce processing time, minimize the use of toxic solvents, and enhance extraction efficiency. The findings provide a foundation for the valorization of SMSs from *C. militaris* cultivation and the utilization of the extract for functional food, pharmaceuticals, and nutraceuticals.

Keywords: *Cordyceps militaris* spent mushroom substrates; adenosine; cordycepin; rapid ultrasonic-assisted extraction; eco-friendly solvents

1. บทนำ

ฐานถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris* spent mushroom substrates, SMSs) เป็นวัสดุที่เหลือจากการเพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทองซึ่งมีองค์ประกอบ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตในรูปธัญพืช มันฝรั่ง และน้ำตาล โปรตีนในรูปของหนอนดักแด้และเปปโตน รวมทั้งสารอาหารอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการเพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทอง เช่น สารสกัดจากยีสต์ วิตามิน และเกลือแร่ เป็นต้น [1] ฐานถั่งเช่าสีทองยังคงมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ คือ คอร์ไดเซปิน (cordycepin) และอะดิโนซีน (adenosine) (ภาพที่ 1) ในปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับส่วนของดอก (stroma) ทำให้ฐานถั่งเช่าสีทองกลายเป็นวัสดุเหลือทิ้ง ซึ่งเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงและนักวิจัยพยายามเพิ่มมูลค่าของฐานถั่งเช่าสีทองให้มีราคาเพิ่มมากขึ้นโดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด เช่น อาหารหมัก [2] ข้าวเกรียบ [3] โยเกิร์ต [4] อาหารสัตว์ [5,6] รวมทั้งสารสกัดเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเสริมและเครื่องสำอาง [7] เป็นต้น



cordycepin adenosine

ภาพที่ 1 โครงสร้างคอร์ไดเซปิน อะดิโนซีน

การสกัดคอร์ไดเซปินและอะดิโนซีนจากฐานถั่งเช่าสีทองนั้นทำได้หลายวิธีที่เหมือนกันกับการสกัดจากดอกถั่งเช่าสีทอง เช่น การแช่ตัวอย่างในตัวทำละลาย (maceration) [8] การสกัดด้วยวิธีรีฟลักซ์ (reflux extraction) [9] การสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction, MAE) [10] การสกัดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก (ultrasonic-assisted extraction, UAE) [11] เป็นต้น ซึ่งการสกัดด้วยวิธี UAE มีข้อดีมากกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่น เช่น คลื่นอัลตราโซนิกช่วยให้ผนังเซลล์ตัวอย่างแตกตัวง่ายขึ้น ทำให้คอร์ไดเซปินและอะดิโนซีนหลุดออกจากเซลล์ได้มากขึ้น ลดเวลาในการสกัด สามารถสกัดได้ที่อุณหภูมิต่ำ ลดการสลายตัวของสารสำคัญ และใช้พลังงานและตัวทำละลายน้อยลง [12,13]

แนวคิดในเรื่องของตัวทำละลายที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Eco-friendly solvents) ได้รับความสนใจมาตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 1990 จนถึงปัจจุบัน [14,15] ที่มุ่งเน้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพจากการใช้สารเคมีที่เป็นตัวทำละลายดั้งเดิมมีความเป็นพิษสูง เช่น เฮกเซน เบนซีน ปิโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม คาร์บอนไดซัลไฟด์ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ฯลฯ ซึ่งเอทานอลและน้ำถูกจัดเป็นตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุด [16, 17] โดยเฉพาะเอทานอลมีความปลอดภัยสูง หาซื้อง่ายในระดับความบริสุทธิ์สูง ราคาไม่แพง ละลายน้ำได้ดี และสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพอย่างสมบูรณ์ [18] เมื่อผนวกกับการใช้ตัวทำละลายดังกล่าวในการสกัดคอร์ไดเซปินและอะดิโนซีนจากฐานถั่งเช่าสีทอง สารสกัดยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ที่เกี่ยวข้องกับทางด้านยาและผลิตภัณฑ์เพื่อการบริโภคได้มากขึ้น จากการค้นคว้างานวิจัยที่มีการรายงานประสิทธิภาพของการสกัดคอร์ไดเซปินและอะดิโนซีนจากฐานถั่งเช่าสีทองนั้น พบการรายงานประสิทธิภาพในการสกัดโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายเพียงชนิดเดียว รายงานประสิทธิภาพการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายเพียงชนิดเดียว และการสกัดโดยใช้เอทานอล:น้ำ อัตราส่วนในช่วง 10:90 ถึง 90:10 [7, 19] แต่ยังไม่มีการรายงานประสิทธิภาพในการสกัดโดยใช้เอทานอลในปริมาณร้อยละ 5 โดยปริมาตร หรือต่ำกว่า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดอย่างรวดเร็วของอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากฐานถั่งเช่าสีทองด้วยวิธีอัลตราโซนิกโดยใช้ตัวทำละลายที่ เอทานอล:น้ำ อัตราส่วนในช่วง 1:99 ถึง 5:95 เพื่อเป็นทางเลือกในกระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์จากฐานถั่งเช่าสีทองที่ทำได้รวดเร็ว ใช้ตัวทำละลายที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของฐานถั่งเช่าสีทองอีกด้วย

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ถั่งเช่าสีทองมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า North *Cordyceps sinesis* เป็นราปรสิตที่เจริญเติบโตในตัวแมลง จัดอยู่ในจีนัส *Cordyceps* ว ง ศ์ Clavicipitaceae และไฟลัม Ascomycota พบได้ในหลายพื้นที่ของประเทศจีนและประเทศในทวีปเอเชีย [20] ถั่งเช่าสีทองมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น พอลิแซคคาไรด์ (polysaccharides) กรดคอร์ไดเซปิก (cordycepic acid) และนิวคลีโอไซด์ที่สำคัญ ได้แก่ อะดิโนซีนและคอร์ไดเซปิน ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณประโยชน์ต่อร่างกายหลายประการ เช่น ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันและป้องกันการเสื่อมของเซลล์ในร่างกาย [21] ลดน้ำตาลในเลือด [22,23] ลดไขมันในเลือด [24] ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราบางชนิด [25] ต้านการเกิดเนื้องอกและเซลล์มะเร็ง [26] และฟื้นฟูสมรรถนะทางเพศ [27]

การสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิกซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการสกัดสารตัวอย่างจากธรรมชาติ เป็นวิธีที่ประหยัดงบประมาณ ใช้เวลาในการสกัดน้อย ประหยัดตัวทำละลาย และสกัดสารที่สำคัญออกจากตัวอย่างได้ในปริมาณสูงเมื่อเทียบกับการสกัดด้วยวิธีอื่น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดสารออกฤทธิ์จากถั่งเช่าสีทองด้วยวิธีอัลตราโซนิกตัวอย่างเช่น การทดลองหาสภาวะในการสกัดคอร์ไดเซปินจากดอกถั่งเช่าสีทองอบแห้งโดยมีตัวแปรในการทดลอง

คือ ชนิดตัวทำละลาย ตัวทำละลายผสม อุณหภูมิ และคลื่นอัลตราโซนิก [28] การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกรดคอร์ไดเซปิกจากตัวอย่าง *Cordyceps jiangxiensis*, *Cordyceps taii* และ *Cordyceps gunnii* การทดลองออกแบบให้อยู่ในรูปของออร์โธโกนัล (orthogonal experimental design) ซึ่งตัวแปรที่แปรผันในการทดลอง ได้แก่ ชนิดตัวทำละลาย เวลา และ จำนวนครั้งของการสกัดซ้ำ จากนั้นนำสารสกัดไปวิเคราะห์ปริมาณกรดคอร์ไดเซปิก โดยกระบวนการที่ทำให้เกิดสารเชิงซ้อนที่มีสีของ polyols นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิซิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ [29] การสกัดพอลิแซคคาไรด์จากถั่งเช่าสีทองอบแห้งโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย สกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกกำลัง 300 วัตต์ ที่อุณหภูมิสูงในระยะเวลาอันสั้น [30] การศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงในข้าว 4 ชนิด (ข้าวสังข์หยด ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหอมกระดังงา และข้าวเหนียวลืมผัว) โดยสกัดสารจากตัวอย่างเส้นใยในฐานถั่งเช่าสีทองและตัวอย่างดอกถั่งเช่าสีทองด้วยวิธีอัลตราโซนิก [31]

3. วิธีการวิจัย

3.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ คือ เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Metler Toledo, USA) เครื่องดูด-จ่ายสารละลายอัตโนมัติชนิดปรับปริมาตร (Eppendorf, Germany) เครื่องปั่นตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Foss Tecator, Denmark) เครื่องปั่นเหวี่ยง ROTOFIX32 (Centrifuge) (Hettich, USA) เครื่องผสมสาร (Vortex) (Vortex-Genie 2, USA) เครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic machine) (CREST Ultrasonics, USA) แผ่นกรองชนิดไนลอน ขนาดความละเอียด 0.45 ไมครอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (Whatman, UK) ใช้สำหรับกรองสารละลายและตัวทำละลายเคลื่อนที่ ตัวกรองเนื้อไนลอนที่มีความละเอียด 0.45 ไมครอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ตัวอย่าง สำหรับเครื่อง HPLC เป็นรุ่น Ultimate 3000 (Thermo Scientific, USA) ประกอบด้วยปั๊มความดันสูงสำหรับตัวทำละลาย (Pump) ระบบฉีดสารอัตโนมัติ (Autosampler) อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ (Thermostat column compartment) อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (detector) ชนิด Diode array Detector (DAD) คอลัมน์ที่ใช้ในการแยกสาร เป็น Acclaim120 C18 ขนาด 5 ไมครอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.6 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิเมตร สารเคมีที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่ น้ำกลั่นปราศจากไอออน (doubled deionized water) ที่วัดค่าการนำไฟฟ้าประมาณ 18.2 เมกะโอห์มต่อเซนติเมตร เมทานอล (methanol, HPLC grade) (RCILabscan, Thailand), เอทานอล (ethanol, absolute denatured grade) (CARLO ERBA Reagents, Italy), อะซิโตไนไตรล์ (Acetonitrile, HPLC Grade) (RCILabscan, Thailand) สารมาตรฐานอะดิโนซีน (Adenosine, 99%) (Sigma, USA) สารมาตรฐานคอร์ไดเซปิน (Cordycepin) (Sigma, USA)

3.2 การทำกราฟมาตรฐานอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปิน

เตรียมสารละลายมาตรฐานคอร์ไดเซปิน และอะดิโนซีน ให้ได้ความเข้มข้น 10 20 30 40 50 และ 100 mg/L จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณในแต่ละความเข้มข้น ด้วยเครื่อง HPLC สภาวะเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ที่ใช้เป็นประเภท isocratic elution โดยตัวทำละลายคือ น้ำ:เมทานอล อัตราส่วน 90:10 (V/V) อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตรวจวัดสัญญาณด้วย UV ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ปริมาตรสารที่ฉีด 20 ไมโครลิตร และใช้เวลาในการวิเคราะห์ 30 นาทีต่อสารมาตรฐานหนึ่งความเข้มข้น นำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากโครมาโทแกรมมาสร้างกราฟมาตรฐาน

3.3 การเตรียมตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้ง

เตรียมตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองที่ได้จากเก็บเกี่ยวจากการเพาะเลี้ยงสายพันธุ์ CAS เป็นเวลาสามเดือน จากบริษัทสมาร์ทคอร์ดี้ฟาร์ม (SmartCordy Farm) จำกัด โดยนำฐานถั่งเช่าสีทองสดมาหั่นให้เป็นชิ้นสี่เหลี่ยม นำมาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการบดโดยใช้เครื่องปั่นให้เป็นผงละเอียด จากนั้นร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 เมช เพื่อให้ตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน นำตัวอย่างใส่ถุงซิปล็อกและเก็บในโถดูดความชื้นเพื่อรอนำไปสกัดและวิเคราะห์

3.4 การศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งด้วยวิธีอัลตราโซนิก

กระบวนการสกัดและวิเคราะห์ปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Wang และคณะ (2014) [11] โดยชั่งตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้ง 0.2 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมตัวทำละลายปริมาตร 4 มิลลิลิตร ซึ่งตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดได้แก่ เอทานอล: น้ำ ในอัตราส่วน 0:100, 1:99, 2:98, 3:97 4:96 และ 5:95 ทำการสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิก ที่คลื่นความถี่ 45 กิโลเฮิรตซ์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำไปไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 6000 รอบต่อนาที จากนั้นทำการกรองสารสกัดหยาบผ่านตัวกรองเนื้อไนลอน 0.45 ไมครอน นำไปวิเคราะห์ปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปิน โดยใช้สภาวะเดียวกันกับการทำกราฟมาตรฐาน แต่ใช้ปริมาตรสารที่ฉีด 1 ไมโครลิตร ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ คำนวณปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินเทียบกับกราฟมาตรฐานนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS 13.0 (SPSS Inc.) ด้วยวิธี One-way ANOVA โดยเลือกวิธี Duncan’s test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.5 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งด้วยวิธีอัลตราโซนิก

นำผลสภาวะที่ดีที่สุดจากการศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสม มาทำการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งด้วยวิธีอัลตราโซนิก โดยยังคงคลื่นความถี่ 45 กิโลเฮิรตซ์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ 20 นาที 25 นาที และ 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 6000 รอบต่อนาที จากนั้นทำการกรองสารสกัดหยาบผ่านตัวกรองเนื้อไนลอน 0.45 ไมครอน นำไปวิเคราะห์ปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปิน โดยใช้สภาวะเดียวกันกับการทำกราฟมาตรฐาน แต่ใช้ปริมาตรสารที่ฉีด 1 ไมโครลิตร ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ คำนวณปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินเทียบกับกราฟมาตรฐาน นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS 13.0 (SPSS Inc.) ด้วยวิธี One-way ANOVA โดยเลือกวิธี Duncan’s test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.6 การศึกษาอุณหภูมิจากการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งด้วยวิธีอัลตราโซนิก

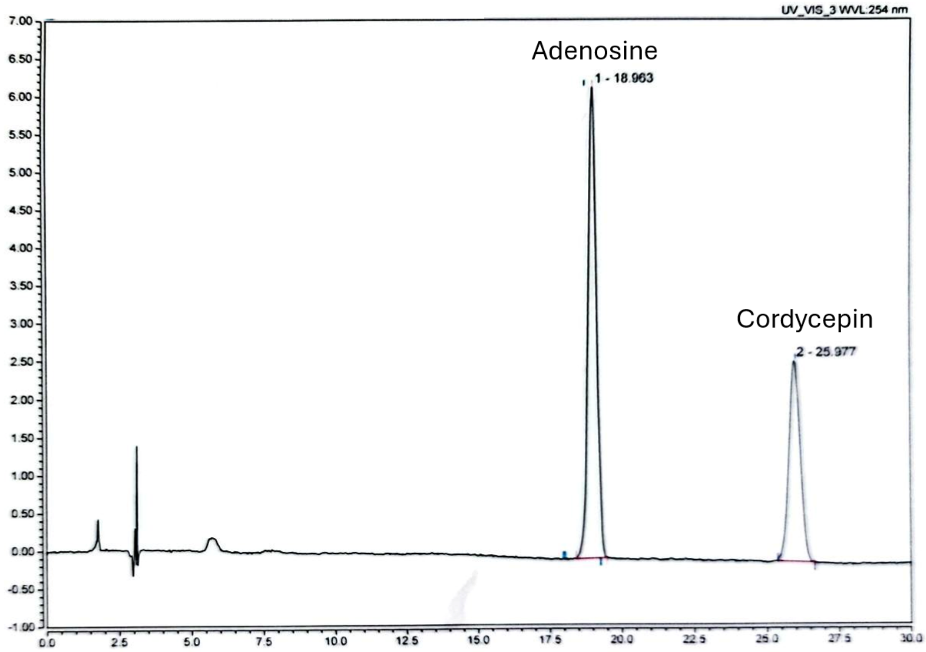
นำผลสภาวะที่ดีที่สุดจากการศึกษาตัวทำละลายและเวลาที่เหมาะสม มาทำการศึกษาอุณหภูมิจากการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งด้วยวิธีอัลตราโซนิก โดยยังคงคลื่นความถี่ 45 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดเป็น 40 องศาเซลเซียส 60 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นกรองสารสกัดหยาบผ่านตัวกรองเนื้อไนลอน 0.45 ไมครอน วิเคราะห์ปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินโดยใช้สภาวะเดียวกันกับการวิเคราะห์สารมาตรฐาน แต่ใช้ปริมาตรสารที่ฉีด 1 ไมโครลิตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม 2568-กันยายน 2568)

คำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐาน นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS 13.0 (SPSS Inc.) ด้วยวิธี One-way ANOVA โดยเลือกวิธี Duncan’s test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

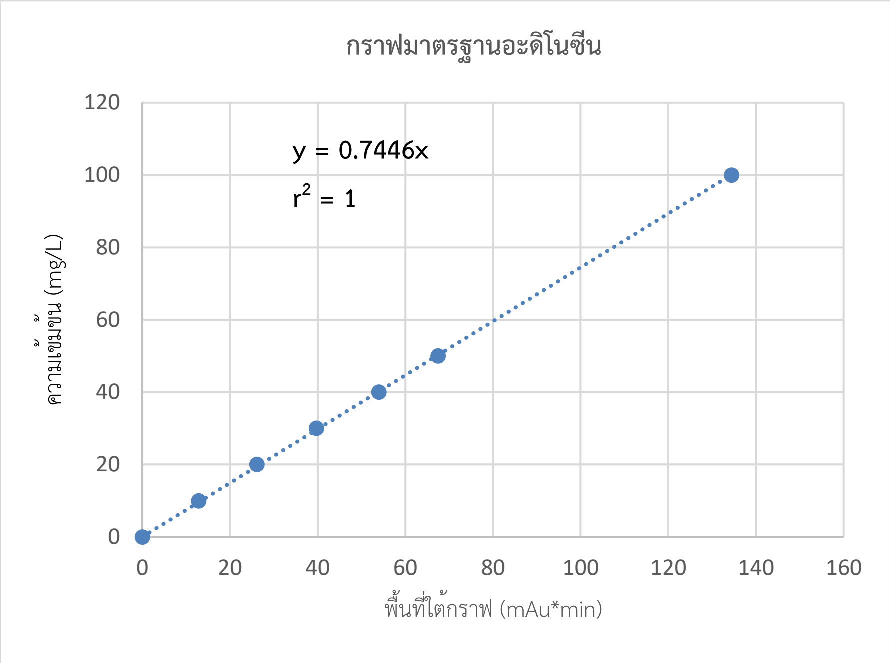
4. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 กราฟมาตรฐานอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปิน

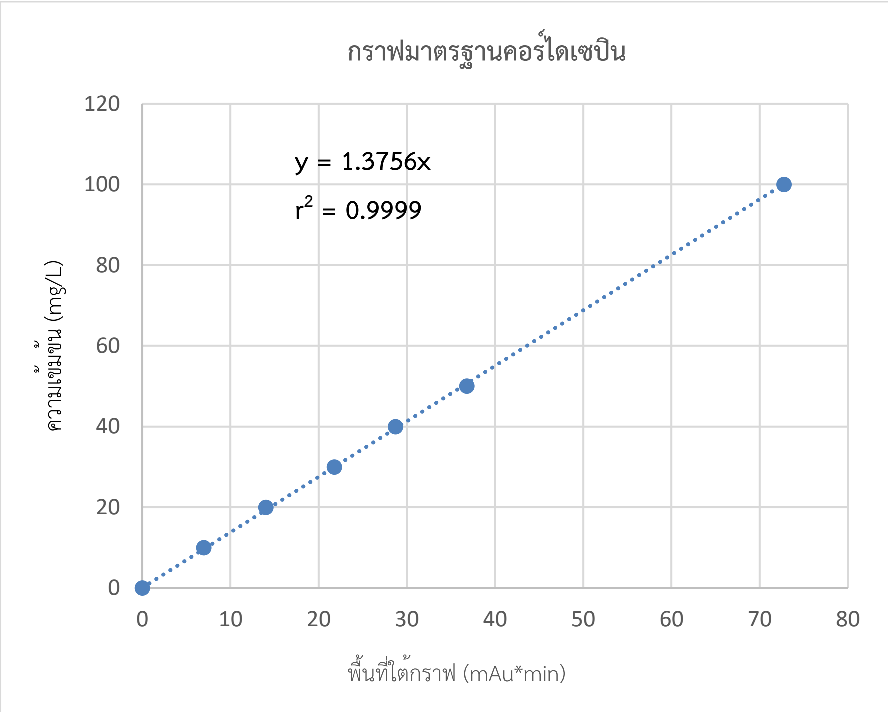


ภาพที่ 2 โครมาโทแกรมสารมาตรฐานอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินความเข้มข้น 10 mg/L

จากภาพที่ 2 โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินที่ความเข้มข้น 10 mg/L พบว่าอะดิโนซีนให้ค่ารีเทนชันไทม์ 18.963 นาที และคอร์ไดเซปินให้ค่ารีเทนชันไทม์ 25.977 นาที สำหรับความเข้มข้น 20, 30, 40, 50, และ 100 mg/L ของสารมาตรฐานอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินให้ค่ารีเทนชันไทม์ที่ใกล้เคียงกันกับความเข้มข้น 10 ppm ซึ่งเมื่อนำพื้นที่ใต้กราฟของทุกความเข้มข้นมาทำกราฟมาตรฐาน ได้ความเป็นเส้นตรงของสารมาตรฐานอะดิโนซีน แสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งสมการเส้นตรงคือ $y = 0.7446x$ มีค่า coefficient of determination (r^2) เท่ากับ 1 ส่วนความเป็นเส้นตรงของสารมาตรฐานคอร์ไดเซปิน แสดงดังภาพที่ 4 ซึ่งสมการเส้นตรงคือ $y = 1.3756x$ มีค่า r^2 เท่ากับ 0.9999



ภาพที่ 3 กราฟมาตรฐานอะดิโนซีน



ภาพที่ 4 กราฟมาตรฐานคอร์ไดเซปิน

4.2 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้ง

เมื่อนำมาตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองสายพันธุ์ CAS มาทำการอบแห้ง ลักษณะตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองหลังอบแห้งเป็นของแข็งสีน้ำตาลอมส้ม เมื่อนำมาบดละเอียดด้วยเครื่องปั่น มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเหลืองอมน้ำตาล ดังภาพที่ 5

(ก) (ข)

ภาพที่ 5 ลักษณะทางกายภาพจากการเตรียมตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งสายพันธุ์ CAS: (ก) หลังอบแห้ง; (ข) หลังบดละเอียด

4.3 ผลการศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งด้วยวิธีอัลตราโซนิก

ตารางที่ 1 ปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากการสกัดตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งด้วยวิธีอัลตราโซนิกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โดยใช้ละลาย เอทานอล: น้ำ ในอัตราส่วน 0:100 ถึง 5:95

สายพันธุ์ฐานถั่งเช่าสีทอง	ตัวทำละลาย	ปริมาณอะดิโนซีน (mg/kg น้ำหนักแห้ง)	ปริมาณคอร์ไดเซปิน (mg/kg น้ำหนักแห้ง)
CAS	เอทานอล: น้ำ (0:100)	1.95 ± 0.04^{c}	349.53 ± 1.21^{c}
	เอทานอล: น้ำ (1:99)	2.92 ± 0.27^{b}	457.53 ± 1.36^{b}
	เอทานอล: น้ำ (2:98)	1.52 ± 0.11^{d}	345.10 ± 1.15^{c}
	เอทานอล: น้ำ (3:97)	3.08 ± 0.08^{ab}	454.33 ± 1.80^{b}
	เอทานอล: น้ำ (4:96)	3.33 ± 0.01^{a}	479.01 ± 0.98^{a}
	เอทานอล: น้ำ (5:95)	1.83 ± 0.05^{cd}	474.69 ± 1.09^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a-d ในตารางคือค่าที่แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้วยวิธีของ Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 1 น้ำสามารถสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งได้ดี (1.95 ± 0.04 mg/kg น้ำหนักแห้ง และ 349.53 ± 1.21 mg/kg น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Minh และคณะ [19] ที่ไม่พบปริมาณอะดิโนซีนเมื่อใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดฐานถั่งเช้าสีทองด้วยวิธีการแช่

และเขย่าที่อุณหภูมิสูง กระบวนการสกัดที่ดีว่าเกิดคลื่นความถี่อัลตราโซนิกทำให้เกิดความดันสูงต่ำสลับกันในตัวทำละลาย กระบวนการดังกล่าวจะเกิดฟองอากาศขนาดเล็กขึ้นมากมายในตัวทำละลาย เมื่อเข้าสู่สภาวะความดันสูงอีกครั้ง ทำให้ฟองอากาศแตกออกรุนแรงและรวดเร็ว กระบวนการนี้จะเกิดแรงที่ทำให้ของเหลวเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ผ่านผนังเซลล์ตัวอย่าง ทำให้ตัวทำละลายเข้าสกัดสารทางชีวภาพที่อยู่ภายในตัวอย่างได้มากขึ้น [32] ซึ่งกระบวนการนี้จะไม่เกิดขึ้นในการสกัดแบบแช่และเขย่า

เมื่อเพิ่มปริมาณเอทานอลเพียงเล็กน้อยเมื่อปรับเอทานอลให้มากขึ้น พบว่าอัตราส่วนของเอทานอล: น้ำ 4:96 สามารถสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินได้มากที่สุด (3.33 ± 0.01 mg/kg น้ำหนักแห้ง และ 479.01 ± 0.98 mg/kg น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) การสกัดที่ใช้น้ำในปริมาณที่เป็นส่วนใหญ่จะช่วยให้การสกัดอะดีโนซีนได้เนื่องจากอะดิโนซีนละลายได้ดีในน้ำ [33] และยังช่วยลดการสกัดสีจากฐานถั่งเช่าสีทอง ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการวิเคราะห์ปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปิน [34] ส่วนปริมาณเอทานอลเล็กน้อยจะช่วยเสริมการสกัดคอร์ไดเซปินให้คงประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการสกัดอะดิโนซีนลดลงเมื่อใช้ เอทานอล: น้ำ ในอัตราส่วน 5:95 เนื่องจากอะดิโนซีนเริ่มไม่ละลายในเอทานอล ทำให้อะดีโนซีนถูกสกัดออกมาจากตัวอย่างได้ลดลง [35]

4.4 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งด้วยวิธีอัลตราโซนิก

ตารางที่ 2 ปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากการสกัดตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งด้วยวิธีอัลตราโซนิกโดยใช้ เอทานอล: น้ำ อัตราส่วน 4:96 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15, 20, 25, และ 30 นาที

สายพันธุ์ฐานถั่งเช่าสีทอง	เวลาที่ใช้ในการสกัด (นาที)	ปริมาณอะดิโนซีน (mg/kg น้ำหนักแห้ง)	ปริมาณคอร์ไดเซปิน (mg/kg น้ำหนักแห้ง)
CAS	15	3.33 ± 0.01[a]	479.01 ± 0.98[a]
	20	3.34 ± 0.02[a]	478.32 ± 0.71[a]
	25	3.32 ± 0.01[a]	478.67 ± 0.80[a]
	30	3.34 ± 0.01[a]	479.26 ± 1.02[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษร a-d ในตารางคือค่าที่แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้วยวิธีของ Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากผลการสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากฐานถั่งเช่าสีทองด้วยวิธีอัลตราโซนิกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้ เอทานอล: น้ำ (4:96) ที่เวลาต่างกัน ปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเวลา 15 นาทีเป็นสภาวะที่ใช้ในการต่อไป ซึ่งถือว่าเป็นการสกัดอย่างรวดเร็ว มีข้อดีทั้งในด้านการประหยัดเวลา ลดการใช้พลังงาน และต้นทุนในการสกัดสารดังกล่าว

4.5 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งด้วยวิธีอัลตราโซนิก

ตารางที่ 3 ปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินจากการสกัดตัวอย่างฐานถั่งเช่าสีทองอบแห้งโดยใช้ เอทานอล: น้ำ อัตราส่วน 4:96 ที่อุณหภูมิ 25, 40, 60, และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

สายพันธุ์ ฐานถั่งเช่าสีทอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณอะดิโนซีน (mg/kg น้ำหนักแห้ง)	ปริมาณคอร์ไดเซปิน (mg/kg น้ำหนักแห้ง)
CAS	25	3.33 ± 0.01^{d}	479.01 ± 0.98^{d}
	40	3.89 ± 0.03^{b}	504.63 ± 0.21^{c}
	60	4.16 ± 0.02^{a}	640.31 ± 0.15^{a}
	80	3.67 ± 0.04^{c}	545.15 ± 0.20^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a-d ในตารางคือค่าที่แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้วยวิธีของ Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากข้อมูลของตารางที่ 3 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัด ทำให้ได้ปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินสูงสุดมาจากการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (4.16 ± 0.02 mg/kg น้ำหนักแห้ง และ 640.31 ± 0.15 mg/kg น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) ประสิทธิภาพการสกัดลดลงที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sornchaithawatwong และคณะ [36] ที่ได้ประสิทธิภาพในการสกัดคอร์ไดเซปินเพิ่มขึ้นสูงสุดอยู่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นช่วยลดความหนืดและเพิ่มความสามารถของตัวทำละลายในการสกัดสารสำคัญในแมทริกซ์ของตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการสกัดลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความเป็นไปได้มาจากผนังโครงสร้างแมทริกซ์ของตัวอย่างเกิดการพังทลายลงที่อุณหภูมิสูง เป็นอุปสรรคในการสกัดอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินออกจากตัวอย่าง ทำให้ได้ปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินลดลง

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในสกัดคอร์ไดเซปินและอะดิโนซีนอย่างรวดเร็วจากฐานถั่งเช่าสีทองด้วยวิธีอัลตราโซนิก พบว่า เอทานอล: น้ำ ในอัตราส่วน 4:96 เมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ภายใต้คลื่นความถี่อัลตราโซนิก 45 กิโลเฮิรตซ์ ได้ปริมาณอะดิโนซีนและคอร์ไดเซปินสูงสุด เมื่อเทียบกับน้ำ และตัวทำละลายผสม เอทานอล: น้ำ ในอัตราส่วนอื่น ๆ ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งจะนำไปสู่การต่อยอดงานวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ในอนาคต เช่น การศึกษาปริมาณคอร์ไดเซปินและอะดิโนซีนจากฐานถั่งเช่าสีทองสายพันธุ์อื่น ๆ การศึกษากำลังคลื่นอัลตราโซนิกที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพการสกัดสูงสุด การศึกษาปริมาตรตัวทำละลายต่อน้ำหนักตัวอย่างที่เหมาะสมในการสกัด หรือการศึกษาค่าพีเอชของตัวทำละลายที่มีผลต่อการสกัด ฯลฯ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการสกัดฐานถั่งเช่าสีทองในระดับอุตสาหกรรมที่เหมาะสมต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัย จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ผ่านทุนงบบูรณาการวิจัยและนวัตกรรมปี 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Guo, M., Guo, S., Huaijun, Y., Bu, N., Dong, C.-H. (2016). Comparison of major bioactive compounds of the caterpillar medicinal mushroom, Cordyceps militaris (ascomycetes), fruiting bodies cultured on wheat substrate and pupae. International Journal of Medicinal Mushroom, 18, 327-336. https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.v18.i4.60

[2] ปวีณา สุขสอาด, สามารถ ต่ายขาว, กัญญา กอแก้ว, ดวงหทัย รัตนสัจธรรม, พรพรรณ รัตนะสัจจะ, เกรียงศักดิ์ ศรีวิจิตรกมล, และประนอม สุขเกื้อ. (2566). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตอาหารหมักร่วมกับวัสดุฐานถั่งเช่าสีทอง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ, 7(2), 108-117.

[3] พรพรรณ รัตนะสัจจะ, ดวงหทัย รัตนสัจธรรม, สามารถ ต่ายขาว, สุนทรา เฟื่องฟุ้ง, พิชญ์ ตั้งสมบัติวิจิตร และ อุทาน บูรณศักดิ์ศรี. (2566). การเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมฐานถั่งเช่าสีทอง. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 15(3), 833-848.

[4] ศศิธร นาคทอง และพัชราพรรณ คำเมืองสา. (2561). การใช้น้ำสกัดจากฐานเห็ดถั่งเช่าสีทองในโยเกิร์ตนมแพะต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ, 1(1), 13-21.

[5] พีรวัจน์ ชูเพ็ง และภูวดล เหมชะรา. (2566). ผลของการเสริมวัสดุเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการผลิตและค่าโลหิตวิทยาบางประการ. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร, 40(1), 62-69.

[6] Da-oh, H., Kiriratnikom, S., Choosong, K., Nitipan, S. (2024). Evaluation of spent mushroom substrate extracts from Cordyceps militaris: Impact on growth Performance, Immunomodulation, and intestinal microbiota of Nile tilapia. Egyptian Journal of Aquatic Research, 50, 577-584. https://doi.org/10.1016/j.ejar.2024.11.001

[7] Pintathong, P., Chomnunti, P., Sangthong, S., Jirarat, A., Chaiwut, P. (2021). The feasibility of utilizing cultured Cordyceps militaris residues in cosmetics: biological activity assessment of their crude extracts. Journal of Fungi, 7, 973. https://doi.org/10.3390/jof7110973

[8] Ni, H., Zhou, X.-H., Li, H.-H., Huang, W.-F. (2009). Column chromatographic extraction and preparation of cordycepin from Cordyceps militaris waster medium. Journal of Chromatography B, 877, 2135-2141. https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2009.06.009

[9] Gao, F., Yu, Y. L., Chen, Y. J. (2011). Extraction of polysaccharides from Cordyceps militaris by Ethanol Refluxing Method. Advanced Materials Research, 287-290, 2003-2007. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.287-290.2003

[10] Song, J. F., Li, D.-J., Liu, C.-Q. (2009). Response surface analysis of microwave-assisted extraction of polysaccharides from cultured Cordyceps militaris. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 84(11), 1669-1673. https://doi.org/10.1002/jctb.2227

[11] Wang, H.-J., Pan, M.-C., Chang, C.-K., Chang, S.-W., Hsieh, C.-W. (2014). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of cordycepin from Cordyceps militaris using orthogonal experimental design. Molecules, 19(12), 20808-20820. https://doi.org/10.3390/molecules191220808

[12] Zhang, H., Wang, J. W., Dong, S. Z., Xu, F. X., Wang, S. H. (2012). The optimization of extraction of cordycepin from fruiting body of Cordyceps militaris (L.) link. Advanced Materials Research, 393-395, 1024-1028. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.393-395.1024

[13] Suslick, K. S. K.-o. (2000). Sonochemistry. Encyclopedia of Chemical Technology, 9, 1– 21. https://doi.org/10.1002/0471238961.1915141519211912.a01.pub2

[14] Capello, C., Fischer, U., Hungerbühler, K. (2007). What Is a Green Solvent? A Comprehensive Framework for the Environmental Assessment of Solvents. Green Chemistry, 9, 927–934. https://doi.org/10.1039/B617536H

[15] Winterton, N. (2021). The Green Solvent: A Critical Perspective. Clean Technologies and Environmental Policy, 23, 2499–2522. https://doi.org/10.1007/s10098-021-02188-8

[16] Alfonsi, K., Colberg, J., Dunn, P. J., Fevig, T., Jennings, S., Johnson, T. A., Peter Kleine, H., Knight, C., Nagy, M. A., Perry, D. A. (2008). Green Chemistry Tools to Influence a Medicinal Chemistry and Research Chemistry Based Organisation. Green Chemistry, 10, 31–36. https://doi.org/10.1039/B711717E

[17] Prat, D., Pardigon, O., Flemming, H. -W., Letestu, S., Ducandas, V., Isnard, P., Guntrum, E., Senac, T., Ruisseau, S., Cruciani, P. (2013). Sanofi's Solvent Selection Guide: A Step toward More Sustainable Processes. Organic Process Research & Development, 17(12), 1517–1525. https://doi.org/10.1021/op4002565

[18] Chemat, F., Vian, M. A., Cravotto, G. (2012). Green Extraction of Natural Products: Concept and Principles. International Journal of Molecular Science, 13, 8615–8627. https://doi.org/10.3390/ijms13078615

[19] Minh, T. N., Anh, L. V., Trang, N. Q., Minh, B. Q., Xuan, T. D. (2023). Efficacy of green extracting solvents on antioxidant, xanthine oxidase, and plant inhibitory potentials of solid-based residues (SBRs) of *Cordyceps militaris*. *Stresses*, *3*(1), 11-21. https://doi.org/10.3390/stresses3010002

[20] Hsu, T.-H., Shiao, L.-H., Hsieh, C., Chang, D.-M. (2002). A Comparison of the chemical composition and bioactive ingredients of the Chinese medicinal mushroom DongChongXiaCao, its counterfeit and mimic, and fermented mycelium of *Cordyceps sinensis*. *Food Chemistry*, *78*(4), 463-469. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00158-9

[21] Lin, R., Liu, H., Wu, S., Pang, L., Jia, M., Fan, K., Jia, S., Jia, L. (2012). Production and *in vitro* antioxidant activity of exopolysaccharide by a mutant, *Cordyceps militaris* SU5-08. *International Journal of Biological Macromolecules*, *51*(1-2), 153-157. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.04.011

[22] Zhou, X., Luo, L., Dressel, W., Shadier, G., Krumbiegel, D., Schmidtke, P., Zepp, F., Meyer, C. (2008). Cordycepin is an immunoregulatory active ingredient of *Cordyceps sinensis*. *The American Journal of Chinese Medicine*, *36*(5), 967-80. https://doi.org/10.1142/S0192415X08006387

[23] Ma, L., Zhang, S., Du, M. (2015). Cordycepin from *Cordyceps militaris* prevents hyperglycemia in alloxan-induced diabetic mice. *Nutrition Research*, *35*(5), 431-439. https://doi.org/10.1016/j.nutres.2015.04.011

[24] Gao, P., Kai, Q., Gao, J., Lian, Z.-Q., Wu, C.-M., Wu, C.-A., Zhu, H.-B., (2010). Cordycepin Prevents Hyperlipidemia in Hamsters Fed a High-Fat Diet via Activation of AMP-Activated Protein Kinase. *Journal of Pharmacological Sciences*, *113*(4), 395-403. https://doi.org/10.1254/jphs.10041FP

[25] Yu, R., Yang, W., Song, L., Yan, C., Zhang, Z., Zhao, Y. (2007). Structural characterization and antioxidant activity of a polysaccharide from the fruiting bodies of cultured *Cordyceps militaris*. *Carbohydrate Polymers*, *70*(4), 430-436. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.05.005

[26] Bai, K.-C., Sheu, F. (2018). A novel protein from edible fungi *Cordyceps militaris* that induces apoptosis. *Journal of Food and Drug Analysis*, *26*(1), 21-30. https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.10.013

[27] Chang, Y., Jeng, K.-C., Huang, K.-F., Lee, Y.-C., Hou, C.-W., Chen, K.-H., Cheng, F.-Y., Liao, J.-W., Chen, Y.-S. (2008). Effect of *Cordyceps Militaris* supplementation on sperm production, sperm motility and hormones in sprague-dawley rats. *The American Journal of Chinese Medicine*, *36*(5), 849-859. https://doi.org/10.1142/S0192415X08006296

[28] Song, J. F., Liu, C.-Q., Li, D.-J., Jin, B.-Q. (2007). Optimization of cordycepin extraction from cultured *Cordyceps militaris* by HPLC-DAD coupled with uniform design. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, *82*, 1122-1126. https://doi.org/10.1002/jctb.1784

[29] Xiao, J.-H., Xiao, D.-M., Xiong, Q., Liang, Z.-Q., Zhong, J.-J. (2009). Optimum extraction and high-throughput detection of cordycepic acid from medicinal macrofungi *Cordyceps jiangxiensis*, *Cordyceps taii* and *Cordyceps gunnii*. *Journal of Food Agriculture and Environment, 7*(3 & 4), 328-333. https://doi.org/10.1234/4.2009.2566

[30] Tsi, C.-H., Yen, Y.-H., Yang, J. P.-W. (2015). Finding of polysaccharide-peptide complexes in *Cordyceps militaris* and evaluation of its acetylcholinesterase inhibition activity. *Journal of Food and Drug Analysis*, *23*(1), 63-70. https://doi.org/10.1016/j.jfda.2014.05.006

[31] สามารถ ต่ายขาว, สุนทรา เฟื่องฟุ้ง, สุธิษา เละเซ็น, และพนิดา หล่อวงศ์ตระกูล. (2561). การศึกษาวัสดุสารตั้งต้นที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงต่อการเจริญและการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเห็ดถั่งเช่าสีทอง. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 3 และการประชุมวิชาการระดับชาติ เครือข่ายวิจัยประชาชื่น ครั้งที่ 4* (น. 434-443). พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

[32] Dong, J., Liu, Y., Liang, Z., Wang, W. (2010) Investigation on ultrasound-assisted extraction of salvianolic acid B from Salvia miltiorrhiza root. *Ultrasonics Sonochemistry*, *17*(1), 61-65. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2009.05.006

[33] Chen, J., Chen, G., Cheng, C., Cong, Y., Li, X., and Zhao, H. (2017). Equilibrium solubility, dissolution thermodynamics and preferential solvation of adenosine in aqueous solutions of *N,N*–dimethylformamide, *N*–methyl–2–pyrrolidone, dimethylsulfoxide and propylene glycol. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, *15*, 52–62. https://doi.org/10.1016/j.jct.2017.07.023

[34] Liu, P. -X., Ma, J. -X., Liang, R. -N., He, X. -W., Zhao, G. -Z. (2023). Development of an efficient method for separation and purification of cordycepin from liquid fermentation of Cordyceps militaris and analysis of cordycepin antitumor activity. Heliyon, 9(3), e14184. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14184.

[35] Pubchem. (2025). Adenosine. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Adenosine

[36] Sornchaithawatwong, C., Kunthakudee, N., Sunsandee, N., Ramakul, P. (2020). Selective extraction of cordycepin from Cordyceps militaris – optimisation, kinetics and equilibrium studies. Indian Chemical Engineer, 64(1), 1–13. https://doi.org/10.1080/00194506.2020.1776163