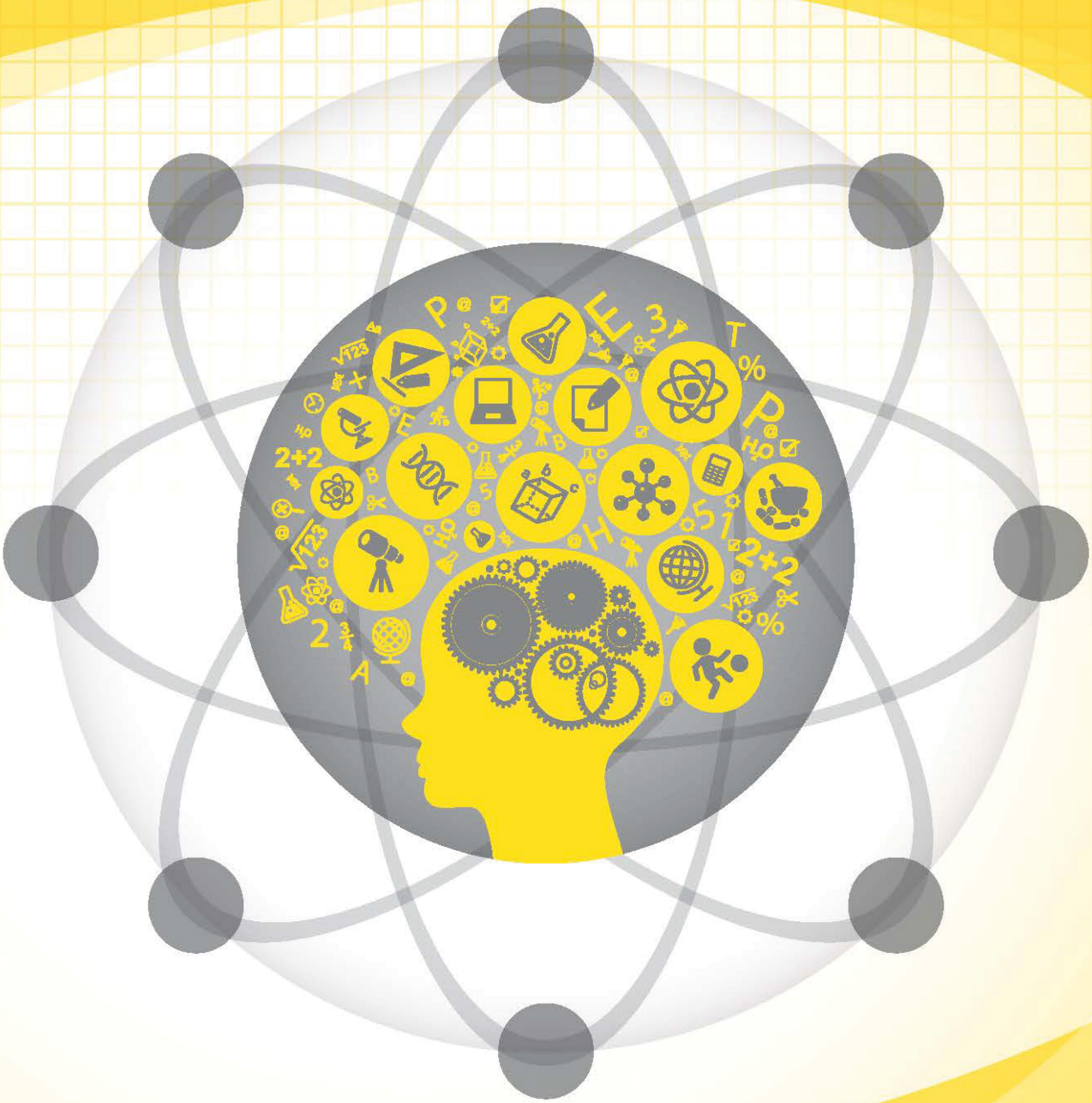
วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
EAU Heritage Journal

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
Science and Technology

ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม-เมษายน 2568 Vol. 19 No. 1 January-April 2025
ISSN 3027-7221 (Online)



นโยบายการจัดพิมพ์

วารสาร EAU Heritage เป็นวารสารราย 4 เดือน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียจัดพิมพ์ขึ้นเพื่อเผยแพร่ความรู้ในสาขาวิชาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าและเปิดโอกาสให้นักศึกษา นักวิจัย คณาจารย์ ตลอดจนนักวิชาการทั่วไปทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานให้เป็นที่รู้จักต่อสาธารณชน และได้แลกเปลี่ยนความรู้ในวิทยาการด้านต่าง ๆ

บทความที่เสนอเพื่อตีพิมพ์

บทความที่เสนอเพื่อพิจารณาต้องเป็นบทความวิชาการหรือบทความวิจัยทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ เรื่องที่จะได้รับการตีพิมพ์ต้องได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ ผ่านกระบวนการพิจารณากลั่นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ อย่างน้อย 3 ท่าน โดยผู้ทรงคุณวุฒิต้องมีความเชี่ยวชาญตรงตามสาขาของบทความ เป็นการประเมิน Double Blind Review ที่ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้นิพนธ์ไม่ทราบชื่อและสังกัดของกันและกัน และต้องเป็นบทความที่ยังไม่เคยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่หรืออยู่ระหว่างการพิจารณาในวารสารอื่น ๆ (การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้ส่งบทความโดยตรง) บทความที่ได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิและทำการปรับแก้เรียบร้อยแล้ว จึงจะได้รับการตอบรับให้ตีพิมพ์ลงในวารสารฯ

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับที่เสนอเพื่อพิจารณาลงตีพิมพ์ ต้องมีรูปแบบดังต่อไปนี้

1. พิมพ์ด้วยกระดาษ A4 ความยาวไม่เกิน 15 หน้า
2. รูปแบบตัวอักษรให้ใช้ TH SarabunPSK ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และขนาดของตัวอักษร หากเป็นชื่อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 20 หัวข้อต่าง ๆ ใช้ตัวอักษรขนาด 16 และส่วนเนื้อหาทั่วไปใช้ตัวอักษรขนาด 15
3. รูปแบบการจัดหน้าและจัดแนวข้อความชิดซ้าย (ไม่ต้องปรับขวา)
4. เขียนชื่อ ตำแหน่ง สถานที่ทำงาน และที่อยู่ของผู้เขียนอย่างชัดเจน โดยแยกออกจากส่วนต้นฉบับและบทคัดย่อ
5. แนบบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษมาพร้อมกับบทความ โดยกำหนดความยาวของบทคัดย่อไม่เกิน 15 บรรทัด พร้อมทั้งกำหนดคำสำคัญ (key words) ไม่เกิน 6 คำ
6. แยกไฟล์ตาราง รูปภาพ ที่ประกอบในเนื้อหาบทความ และส่งมาพร้อมกับไฟล์บทความ

การอ้างอิงและการเขียนเอกสารอ้างอิง

ในกรณีที่ผู้เขียนต้องการระบุแหล่งที่มาของข้อมูลในเนื้อเรื่อง ให้ใช้วิธีการอ้างอิงแบบนามปี (APA) โดยระบุชื่อผู้แต่ง ปีพิมพ์ และเลขหน้าที่ข้อมูลปรากฏอยู่ (ชื่อ นามสกุล, ปีพิมพ์, เลขหน้า) ตัวอย่างเช่น

(ธวัชชัย สันติวงษ์, 2540, น. 142)

(Fuchs, 2004, p. 21)

ส่วนการเขียนรายการอ้างอิงท้ายเล่ม ให้ใช้ระบบการอ้างอิงแบบ APA Style (6th edition) ตัวอย่างการเขียนรายการอ้างอิง มีดังนี้

1. หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). *ชื่อหนังสือ* (ครั้งที่พิมพ์). เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์หรือหน่วยงานที่พิมพ์.

ประคอง กรรณสูต. (2541). *สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์* กรุงเทพฯ: บรรณกิจ.

Sharp, W. F. (1985). *Investment* (3rd ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

2. ชื่อบทในหนังสือรายงานการประชุม

Hay, S. P. (1975). Political parties and the community-society continuum. In W. N. Chambers & W. D. Burnham (Eds.)., *The American party systems Stage of political development* (2nd ed.). New York: Oxford university press.

สุไร พงษ์ทองเจริญ. (2539). สาระสำคัญเกี่ยวกับการเรียนการสอนภาษาอังกฤษระดับประถมศึกษา. *ในเอกสารการสอนชุดวิชาการสอนภาษาอังกฤษระดับประถมศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2, หน่วยที่ 9). นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

3. วารสาร

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. *ชื่อวารสาร, ปีที่*(ฉบับที่), เลขหน้า.

สุจินต์ สิมารักษ์. (2550). หลากหลายปัญหาการเลี้ยงโคนมในประเทศไทย. *วารสารเศรษฐกิจการเกษตร, 27*(2), 53-57.

4. หนังสือพิมพ์

ชื่อผู้แต่ง. (ปี, เดือน วันที่). ชื่อบทความ. *ชื่อหนังสือพิมพ์*, หน้า.

ศรีสกุล ลีวาพีระพันธ์. (2545, กรกฎาคม 11). จับทีวีใส่กระเป๋าเขาทำกันอย่างไร?. *มติชน*, น. 19.

5. วิทยานิพนธ์

กอบกุล สรรพกิจจำนง. (2541). *การวิจัยเชิงนโยบายเพื่อการพัฒนานโยบายการใช้อินเทอร์เน็ตสำหรับสถาบันอุดมศึกษาไทย.* ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

6. สารสนเทศจากอินเทอร์เน็ต

ชื่อผู้เขียน. (ปีที่เผยแพร่เอกสาร). *ชื่อเรื่อง*. ค้นจาก (ระบุ URL ที่สืบค้นบนอินเทอร์เน็ต).

มานพ แก้วผกา. (2549). *เศรษฐกิจพอเพียงกับการค้าเสรีไปด้วยกันได้จริงหรือ*. ค้นจาก http://www.ftawatch.org

ชื่อผู้เขียน. (ปีที่เผยแพร่เอกสาร). *ชื่อเรื่อง*. ค้นเมื่อ (ระบุวัน เดือน ปี), จาก (ระบุ URL ที่สืบค้นบนอินเทอร์เน็ต).

Prizker, T. J. (1989). *An early fragment from central Nepal*. Retrieved from http://www.ingress.com/-astranart/pritzker.html

สถานที่ติดต่อ

กองบรรณาธิการ วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาคาร ชวน ชวนิชย์ ชั้น 4 ห้อง C423

200 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต

อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทรศัพท์: 0-2577-1028 ต่อ 378

e-mail address: eauheritage_sci@eau.ac.th, eau_heritage@eau.ac.th

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
EAU Heritage Journal
ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
Science and Technology

ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม-เมษายน 2568 Vol. 19 No. 1 January-April 2025 ISSN 3027-7221 (Online)

ความเป็นมา

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เริ่มจัดพิมพ์ในปี พ.ศ. 2550 มีกำหนดเผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ จนถึงปี พ.ศ. 2559 ได้เพิ่มการเผยแพร่วารสารเป็นปีละ 3 ฉบับ และในปีที่ 11 ฉบับที่ 3 (กันยายน–ธันวาคม 2560) เป็นต้นมา ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิตวารสารจากตัวเล่มหนังสือเป็นการผลิตแบบ CD และเปลี่ยนการผลิตจาก CD เป็น Flash Drive ในปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (มกราคม–เมษายน 2561) และตั้งแต่ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 (มกราคม–เมษายน 2565) เป็นต้นมา วารสารได้ยกเลิกการผลิต Flash Drive

ในปี พ.ศ. 2565 วารสารได้ปรับเปลี่ยนจำนวนผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความจากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวนไม่น้อยกว่า 2 ท่าน เป็นการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน โดยเริ่มใช้กับบทความปีที่ 16 ฉบับที่ 1 (มกราคม–เมษายน 2565) เป็นต้นมา

ในปี พ.ศ. 2567 วารสารได้ยกเลิกการใช้เลขมาตรฐานสากลทั้งฉบับพิมพ์ (ISSN 2286-6175 (Print)) และฉบับออนไลน์ (E-ISSN 2651-1738 (Online)) และได้ขอเลข E-ISSN (Online) ใหม่ คือ E-ISSN 3027-7221 (Online) เพื่อเปลี่ยนชื่อภาษาอังกฤษ (Key-title) ให้ตรงกับชื่อภาษาอังกฤษของวารสาร และเริ่มใช้เลข E-ISSN (Online) ใหม่ ตั้งแต่ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2567)

ปัจจุบัน วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้รับการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) โดยได้รับการจัดกลุ่มให้เป็นวารสาร กลุ่มที่ 1 ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2572

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพของคณาจารย์ บุคลากร นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ พยาบาลศาสตร์ เภสัชศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

2. เพื่อส่งเสริมและกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มพูนความรู้ทางวิชาการแก่สังคม โดยสนับสนุนให้คณาจารย์ บุคลากร นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย นำเสนอผลงานวิชาการในสาขาวิชา วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ พยาบาลศาสตร์ เภสัชศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

ขอบเขตเนื้อหาการตีพิมพ์ เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ พยาบาลศาสตร์ เภสัชศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ประเภทบทความที่รับ วารสารรับตีพิมพ์เผยแพร่บทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใน 2 ประเภท ได้แก่

1. บทความวิจัย (Research Article)
2. บทความวิชาการ (Academic Article)

กำหนดการเผยแพร่ กำหนดออกเผยแพร่ราย 4 เดือน ปีละ 3 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1: มกราคม-เมษายน (กำหนดออก เมษายน)

ฉบับที่ 2: พฤษภาคม-สิงหาคม (กำหนดออก สิงหาคม)

ฉบับที่ 3: กันยายน-ธันวาคม (กำหนดออก ธันวาคม)

การจัดพิมพ์ เผยแพร่ฉบับออนไลน์ ที่ https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci

นโยบายการประเมินบทความโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ตั้งแต่ ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2565) บทความทุกบทความจะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ที่มีความเชี่ยวชาญตรงตามสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 ท่าน ในรูปแบบของการประเมินบทความที่ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เขียนไม่ทราบชื่อและสังกัดของกันและกัน (Double-Blind Peer Review)

โดยบทความจากบุคลากรภายใน จะได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกทั้งหมด ส่วนบทความจากบุคลากรภายนอก จะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกทั้งหมด หรือจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

แหล่งผลิต กองบรรณาธิการ วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เจ้าของ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

จรรยาบรรณการตีพิมพ์ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของผู้เขียน

1. ผู้เขียนต้องรับรองว่าบทความที่ส่งมานั้นเป็นผลงานใหม่ และไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ใดมาก่อน

2. ผู้เขียนต้องรับรองว่าบทความที่จัดส่งมานั้น ไม่อยู่ระหว่างการรอตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่น ๆ

3. ผู้เขียนต้องรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัย ไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จ

4. ผู้เขียนต้องอ้างอิงผลงานของผู้อื่น หากมีการนำผลงานเหล่านั้นมาใช้ในผลงานตัวเอง รวมทั้งจัดทำรายการอ้างอิงให้ครบถ้วน

5. ผู้เขียนต้องเขียนบทความให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดไว้ใน Template ของวารสาร

6. ผู้เขียนที่มีรายชื่อปรากฏในบทความทุกคนต้องเป็นผู้เขียนที่มีส่วนร่วมในงานเขียนจริง ในกรณีที่เป็นบทความวิจัย ผู้เขียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัยจริง ทั้งนี้ ผู้เขียนที่ส่งบทความต้องตรวจสอบผู้เขียนให้ครบถ้วน ทางกองบรรณาธิการไม่อนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงชื่อภายหลังการส่งบทความ

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการวารสาร

1. บรรณาธิการวารสารมีหน้าที่พิจารณาคุณภาพของบทความ เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่ตนรับผิดชอบ

2. บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เขียนและผู้ประเมินบทความ แก่บุคคลใด ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ

3. บรรณาธิการต้องตัดสินใจคัดเลือกบทความมาตีพิมพ์หลังจากผ่านกระบวนการประเมินบทความแล้ว โดยพิจารณาจากความสำคัญ ความใหม่ ความชัดเจน และความสอดคล้องของเนื้อหากับนโยบายของวารสารเป็นสำคัญ

4. บรรณาธิการต้องไม่ตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์ที่อื่นมาแล้ว

5. บรรณาธิการต้องไม่ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ เพราะความสงสัยหรือไม่แน่ใจ โดยต้องหาหลักฐานมาพิสูจน์ข้อสงสัยนั้น ๆ ก่อน

6. บรรณาธิการต้องไม่มีประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียน ผู้ประเมินบทความ และทีมบริหาร

7. บรรณาธิการต้องมีการตรวจสอบบทความในด้านการคัดลอกผลงานผู้อื่น (Plagiarism) อย่างจริงจัง โดยใช้โปรแกรมที่เชื่อถือได้เพื่อให้แน่ใจว่าบทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารไม่มีการคัดลอกผลงานของผู้อื่น

8. หากตรวจพบการคัดลอกผลงานของผู้อื่นในกระบวนการประเมินบทความ บรรณาธิการต้องหยุดกระบวนการประเมิน และติดต่อผู้เขียนหลักทันทีเพื่อขอคำชี้แจงประกอบการ “ตอบรับ” หรือ “ปฏิเสธ” การตีพิมพ์บทความนั้น ๆ

จรรยาบรรณการตีพิมพ์ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของผู้ประเมินบทความ

1. ผู้ประเมินบทความต้องรักษาความลับและไม่เปิดเผยข้อมูลบางส่วนหรือทุกส่วนของบทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาแก่บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง ในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ

2. หลังจากได้รับบทความจากกองบรรณาธิการวารสารฯ ผู้ประเมินบทความตระหนักว่าตัวเองอาจมีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียนเช่น เป็นผู้ร่วมโครงการ หรือรู้จักผู้เขียนเป็นการส่วนตัว หรือเหตุผลอื่น ๆ ที่ทำให้ไม่สามารถให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอิสระได้ ผู้ประเมินบทความควรแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบและปฏิเสธการประเมินบทความนั้น ๆ

3. ผู้ประเมินบทความ ควรประเมินบทความในสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญ โดยพิจารณาความสำคัญของเนื้อหาในบทความที่จะมีต่อสาขาวิชานั้น ๆ คุณภาพของการวิเคราะห์และความเข้มข้นของผลงาน ไม่ควรใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลรองรับมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินบทความวิจัย

4. ผู้ประเมินต้องระบุผลงานวิจัยที่สำคัญ ๆ และสอดคล้องกับบทความที่กำลังประเมิน แต่ผู้เขียนไม่ได้อ้างถึง เข้าไปในการประเมินบทความด้วย นอกจากนี้หากมีส่วนใดของบทความที่มีความเหมือน หรือซ้ำซ้อนกับผลงานชิ้นอื่น ๆ ผู้ประเมินต้องชี้แจงให้บรรณาธิการทราบด้วย

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์และสัตว์

บทความวิจัยที่ส่งเข้ามารับการตีพิมพ์ ถ้างานวิจัยเกี่ยวข้องกับการทำวิจัยในมนุษย์ ผู้เขียนต้องได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนจากสถาบันที่ผ่านการรับรองจากสำนักงานมาตรฐานการวิจัยในคน สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ สำหรับการทดลองในสัตว์ต้องผ่านการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ และอยู่ภายใต้หลักพระราชบัญญัติสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2558

บทบรรณาธิการ

สวัสดีท่านผู้อ่าน ผู้นิพนธ์ และนักวิชาการทุกท่าน วารสารฉบับนี้เป็นฉบับแรกของการก้าวเข้าสู่ปีที่ 19 และเป็นฉบับแรกที่ใช้ผลประเมินคุณภาพในฐานข้อมูล TCI รอบที่ 5 ซึ่งวารสารของเราได้รับการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) ให้เป็นวารสารกลุ่มที่ 1 โดยมีระยะเวลาการรับรองคุณภาพตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2572 กองบรรณาธิการฯ ขอถือโอกาสนี้ขอบพระคุณผู้นิพนธ์ ผู้ทรงคุณวุฒิจากหลากหลายหน่วยงานและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานของวารสารฯ ด้วยดีเสมอมา

ในฉบับนี้เราได้คัดสรรบทความที่น่าสนใจรวม 15 บทความ โดยจำแนกเป็นบทความวิชาการ 5 บทความ และเป็นบทความวิจัยอีก 10 บทความ ในที่นี้ขอยกตัวอย่าง 5 บทความที่ต่างสาขากัน ดังนี้ บทความวิชาการ: การศึกษาแพลตฟอร์มสำหรับนักพัฒนาไอโอที บทความวิชาการ: การยกระดับการตรวจสอบในอุตสาหกรรมด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพโดยใช้ OpenCV บทความวิจัย: ประเมินการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนระยะปานกลางของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยด้วยโครงข่ายประสาทและอริมา บทความวิจัย: การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มที่มีส่วนผสมของสารสกัดพิกัดเบญจเทียน บทความวิจัย: นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก และสำหรับอีก 10 บทความที่ไม่ได้กล่าวถึงก็ล้วนมีความน่าสนใจไม่แพ้กัน หวังว่าท่านผู้อ่านจะได้รับประโยชน์จากการอ่านบทความที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารของเราไม่มากก็น้อย

สุดท้ายนี้หากท่านมีข้อเสนอแนะอันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาและปรับปรุงวารสารฯ ให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้นไป กองบรรณาธิการฯ ขอน้อมรับด้วยความยินดี แล้วพบกันใหม่ในฉบับหน้าค่ะ

บรรณาธิการ

สารบัญ

Academic Articles

สารบัญ

Research Articles

ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติก ผลกระทบและแนวทางแก้ไข
Factors Affecting Repetitive Behavior in Autistic Children Impacts and Solutions

ศศิมา แหลมดีกล่ำ[1] กฤษฎา ค้าขึ้น[2] และณิชกานต์ คันธะวงศ์[2]
Sasima Laemdeeklam[1], Kitsada Khakhuen[2] and Nichagan Kantawong[2]
[1]คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[1]Faculty of Nursing, Nakhon Pathum Rajabhat University
[2]คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[2]Faculty of Nursing, Chiang Rai Rajabhat University
Received: September 15, 2024
Revised: December 17, 2024
Accepted: December 23, 2024

บทคัดย่อ

พฤติกรรมซ้ำ ๆ หมายถึง พฤติกรรมที่เด็กทำซ้ำ ๆ กันเป็นประจำโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือความหลากหลาย ลักษณะของพฤติกรรมเหล่านี้อาจแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล แต่อาจแบ่งได้เป็นสองประเภทหลัก ๆ คือ พฤติกรรมซ้ำ ๆ ทางร่างกายและพฤติกรรมซ้ำ ๆ ทางจิตใจหรือความคิด ได้แก่ การเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ การส่ายมือหรือส่ายร่างกาย การตบมือ การกระโดด หรือการเดินวนไปวนมา ล้วนเป็นพฤติกรรมที่พบได้บ่อยในเด็กออทิสติก จึงเสนอทฤษฎีทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติกคือ ทฤษฎีนี้เน้นที่การพัฒนาทักษะการสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นที่เด็กออทิสติกอาจมีความยากลำบาก แสดงให้เห็นว่าเด็กออทิสติกอาจมีปัญหากับการเข้าใจสัญญาณทางสังคมและการตอบสนองต่อการกระทำของผู้อื่น ซึ่งนำไปสู่พฤติกรรมซ้ำ ๆ ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติก ได้แก่ (1) ความไม่มั่นคงทางอารมณ์และจิตใจ (2) การรับรู้ทางประสาทสัมผัสที่ผิดปกติ (3) การแสดงออกถึงความไม่สบายใจหรือการสื่อสาร (4) การยึดติดกับกิจวัตรและการเปลี่ยนแปลง (5) ปัญหาทางระบบประสาทและสมอง (6) การแสวงหาความรู้สึกพึงพอใจ การเข้าใจปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติกมีความสำคัญในการออกแบบการบำบัดและการสนับสนุนที่เหมาะสมเพื่อช่วยลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์และพัฒนาคุณภาพชีวิตของเด็กออทิสติกให้ดีขึ้น พฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติกสามารถมีผลกระทบต่อพัฒนาการของเด็กออทิสติก ได้แก่ อุปสรรคต่อการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของเด็ก ผลกระทบต่อครอบครัวและผู้ปกครอง ได้แก่ ทำให้ผู้ปกครองรู้สึกเครียดและเหนื่อยล้า ผลกระทบต่อสังคมและโรงเรียน ได้แก่ เด็กมีความยากลำบากในการเข้าร่วมกิจกรรมที่โรงเรียน แนวทางการจัดการและสนับสนุน การให้การสนับสนุนทั้งด้านการบำบัดและการให้ความรู้แก่ครอบครัวและบุคลากรในโรงเรียนสามารถช่วยลดผลกระทบของพฤติกรรมซ้ำ ๆ ได้ การจัดการที่เหมาะสมและการให้ความเข้าใจเกี่ยวกับออทิสติกจะช่วยให้เด็กสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างเต็มที่ และลดความตึงเครียดทั้งสำหรับเด็กออทิสติกเอง ครอบครัว และสังคมรอบตัว

คำสำคัญ: เด็กออทิสติก พฤติกรรมซ้ำ ผลกระทบจากพฤติกรรมซ้ำของเด็กออทิสติก

Abstract

A distinctive feature of autistic children is repetitive behaviours, which a child repeats repeatedly without any variation or variety. The nature of these behaviours may vary from person to person, but they can be divided into two main categories: physical repetitive behaviours and mental or thought repetitive behaviours. Repetitive movements, hand waving or body shaking, clapping, jumping, or walking in circles are common behaviours in autistic children. The theory proposed regarding the repetitive behaviours of children with autism focuses on the development of communication skills and interaction with others, which children with autism may find challenging. It demonstrates that children with autism may struggle to understand social cues and respond to others' actions, leading to repetitive behaviours. Factors that contribute to repetitive behaviours in autistic children include (1) emotional and mental instability, (2) abnormal sensory perception, (3) expression of discomfort or communication, (4) adherence to routines and change, (5) neurological and brain problems, and (6) sensation seeking. Understanding the factors that contribute to repetitive behaviors in autistic children is important in designing appropriate treatments and supports to reduce undesirable behaviors and improve the quality of life for autistic children. Repetitive behaviors in autistic children can have implications for a child's development, including barriers to the child's developmental skills, implications for families and parents, including parental stress and fatigue, and implications for society and schools, including difficulty participating in school activities. Management and support approach Providing both therapeutic and educational support to families and school personnel can help reduce the impact of repetitive behaviors. Proper management and understanding of autism allow children to develop to their fullest potential and reduce stress for the child, family, and society.

Keywords: autistic children, repetitive behavior, impact of repetitive behavior in autistic children

บทนำ

เด็กออทิสติก หมายถึง เด็กที่มีลักษณะและพฤติกรรมที่แตกต่างจากเด็กทั่วไป ความยากลำบากในการสื่อสาร ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การแสดงออกทางอารมณ์และการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมของเด็ก ลักษณะของออทิสติกมีความหลากหลายตั้งแต่เล็กน้อยจนถึงมาก และสามารถแสดงออกในหลายรูปแบบ ทำให้เด็กแต่ละคนมีประสบการณ์และความต้องการที่แตกต่างกันตามรายงานของกรมสุขภาพจิต โดยศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคแห่งสหรัฐอเมริกาได้เผยแพร่รายงานจากเครือข่ายเฝ้าระวังและความผิดปกติของพัฒนาการความชุก ลักษณะ และข้อมูลการตรวจคัดกรองและการวินิจฉัย พบว่า เด็ก 1 ใน 36 คน ได้รับการวินิจฉัยว่า เป็นออทิซึมสเปกตรัม ซึ่งมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับการศึกษาของศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคของสหรัฐอเมริกา (Centers for Disease Control and Prevention) เกี่ยวกับระบาดวิทยาของออทิซึมสเปกตรัม อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปีพ.ศ. 2555-2566 พบว่า มีความชุกเพิ่มขึ้นจาก 14.5 คน เป็น 27.6 คน ในเด็ก 1,000 คน

อย่างไรก็ตาม ยังมีเด็กจำนวนมากที่ยังไม่ได้รับการวินิจฉัยอย่างเป็นทางการ ซึ่งอาจเกิดจากการขาดความเข้าใจหรือการเข้าถึงการบริการสุขภาพที่จำกัดในบางพื้นที่ แนวโน้มของการวินิจฉัยออทิสติกในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการรับรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับ

ออทิสติกมีการพัฒนาเพิ่มขึ้น ผู้ปกครองและครูสามารถสังเกตเห็นสัญญาณและอาการของออทิสติกได้เร็วขึ้น ส่งผลให้มีการเข้ารับการประเมินและวินิจฉัยที่เพิ่มขึ้น มีข้อมูลว่า เด็กออทิสติก (Rehab, 2024) นั้น สาเหตุอาจมาจากการขาดแคลนบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในพื้นที่ห่างไกล หรือการขาดทรัพยากรและการสนับสนุนจากรัฐ กระทรวงสาธารณสุขและหน่วยงานต่าง ๆ ได้พยายามเพิ่มการสนับสนุนเด็กออทิสติกในประเทศไทย ผ่านการจัดตั้งศูนย์พัฒนาเด็กพิเศษ การฝึกอบรมครูและผู้ปกครอง รวมถึงการสร้างแคมเปญการรับรู้เกี่ยวกับออทิสติกในสังคม

ลักษณะสำคัญของเด็กออทิสติก ได้แก่ การปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่บกพร่อง เด็กออทิสติกมักมีปัญหาในการสร้างและรักษาความสัมพันธ์กับผู้อื่น อาจไม่สนใจเล่นกับเด็กคนอื่น หรือตอบสนองต่อการเรียกชื่อหรือคำพูดของผู้อื่นไม่ดี เด็กออทิสติกมันจะมีการสื่อสารที่ไม่เป็นไปตามปกติ (Dey & Amponsah, 2020) เด็กออทิสติกบางคนอาจพูดช้า ไม่พูดเลย หรือพูดโดยใช้ภาษาที่แตกต่างจากเด็กทั่วไป เช่น การพูดซ้ำคำหรือประโยคที่ได้ยินมา (echolalia) หรือการใช้ภาษาที่ไม่เข้าใจได้ง่าย เด็กออทิสติกมีพฤติกรรมและความสนใจที่เป็นแบบแผนหรือซ้ำ ๆ เด็กออทิสติกมักมีความหมกมุ่นกับกิจกรรม สิ่งของ หรือหัวข้อที่เฉพาะเจาะจง รวมถึงการทำพฤติกรรมซ้ำ ๆ หรือการทำกิจวัตรที่คงที่ เช่น การจัดเรียงสิ่งของเป็นระเบียบเดิม ๆ หรือการเดินทางเส้นทางเดิมทุกวัน เด็กออทิสติกมีการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมที่ไม่เป็นไปตามปกติ เด็กออทิสติกบางคนอาจมีความไวต่อสิ่งกระตุ้นทางประสาทสัมผัส เช่น แสง เสียง หรือกลิ่น หรืออาจไม่สนใจสิ่งกระตุ้นบางอย่างเลย เด็กออทิสติกจึงต้องการการดูแลและการสนับสนุนที่เหมาะสมจากครอบครัว ผู้ดูแลและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อช่วยให้เด็กออทิสติกสามารถพัฒนาทักษะต่าง ๆ ได้เต็มศักยภาพ การเข้าใจความหมายและลักษณะของออทิสติกจะช่วยให้เราสามารถปรับการสอน การดูแล และการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเพื่อให้เด็กออทิสติกสามารถใช้ชีวิตได้อย่างมีคุณภาพและเป็นสุขมากขึ้น

ลักษณะที่โดดเด่นของเด็กออทิสติก คือ การมีพฤติกรรมซ้ำ ๆ (repetitive behaviors) หมายถึง พฤติกรรมที่เด็กทำซ้ำ ๆ กันเป็นประจำโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือความหลากหลาย ลักษณะของพฤติกรรมเหล่านี้อาจแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล แต่อาจแบ่งได้เป็นสองประเภทหลัก ๆ คือ พฤติกรรมซ้ำ ๆ ทางร่างกาย และพฤติกรรมซ้ำ ๆ ทางจิตใจหรือความคิด โดยพฤติกรรมซ้ำ ๆ ทางร่างกาย (repetitive motor behaviors) ได้แก่ การเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ การส่ายมือหรือส่ายร่างกาย การตบมือ การกระโดด หรือการเดินวนไปวนมา ล้วนเป็นพฤติกรรมที่พบได้บ่อยในเด็กออทิสติก การจัดเรียงสิ่งของการหมกมุ่นกับการจัดเรียงสิ่งของในรูปแบบเดียวกันหรือในลำดับที่คงที่ เช่น การเรียงของเล่นเป็นแถวตรง การทำสิ่งเดิมซ้ำ ๆ เด็กออทิสติกบางคนอาจชอบทำสิ่งเดิมซ้ำ ๆ เช่น การกดปุ่มเครื่องเล่นเพลงซ้ำ ๆ หรือการเปิดปิดไฟ และ พฤติกรรมทางจิตใจหรือความคิดที่ซ้ำซาก (repetitive mental behaviors) เป็นลักษณะหนึ่งที่พบในเด็กออทิสติก ซึ่งอาจรวมถึงการหมกมุ่นในสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือประเด็นที่เฉพาะเจาะจง เช่น การสนใจตัวเลข วันที่ หรือสิ่งที่มีลักษณะเด่นซ้ำๆ โดยไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายๆ พฤติกรรมเหล่านี้บางครั้งอาจแสดงออกผ่านการพูดซ้ำ ๆ (echolalia) ซึ่งเป็นการที่เด็กออทิสติกพูดซ้ำคำหรือประโยคที่ได้ยินจากคนอื่นโดยที่ไม่เข้าใจความหมายจริง ๆ ของคำเหล่านั้น อาจพูดคำพูดหรือวลีซ้ำ ๆ ที่ได้ยินจากคนอื่นหรือจากโทรทัศน์ โดยไม่เปลี่ยนแปลงเนื้อหาหรือความหมาย การยึดติดกับกิจวัตรเดิม ๆ การที่เด็กไม่ยอมเปลี่ยนแปลงกิจวัตรประจำวัน เช่น การยืนกรานให้กินอาหารชนิดเดิมทุกวันหรือเดินทางไปโรงเรียนด้วยเส้นทางเดียวกันทุกครั้ง การหมกมุ่นในสิ่งใดสิ่งหนึ่งในเด็กออทิสติกไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งที่สอดคล้องกับความสนใจทั่วไป แต่จะมีลักษณะเฉพาะตัวที่อาจไม่สามารถเข้าใจได้ง่ายสำหรับคนที่ไม่คุ้นเคยกับพฤติกรรมเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น เด็กบางคนอาจทบทวนตัวเลขหรือวันที่ซ้ำ ๆ โดยไม่มีเหตุผลที่ชัดเจน แต่สิ่งเหล่านี้มักทำให้เด็กรู้สึกปลอดภัยหรือสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมรอบตัวได้ (Early, 2012)

ทฤษฎีทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติก (repetitive behaviors) ได้รับการพัฒนาเพื่ออธิบายถึงสาเหตุและบทบาทของพฤติกรรมเหล่านี้ในบริบทของการพัฒนาทางสังคมและจิตใจ สามารถช่วยในการพัฒนาแนวทางการบำบัดและการสนับสนุนที่เหมาะสมเพื่อลดพฤติกรรมซ้ำๆ และช่วยให้เด็กออทิสติกสามารถพัฒนาและปรับตัวได้ดีขึ้นในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ โดยมีทฤษฎีที่สำคัญ ดังนี้

1. ทฤษฎีการขาดทักษะการควบคุมตนเอง (executive dysfunction theory)

ทฤษฎีนี้เสนอว่า เด็กออทิสติกมีปัญหาในการควบคุมตนเองและการวางแผน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทำงานของสมองส่วนหน้า (prefrontal cortex) ที่เรียกว่า “Executive Function” สมองส่วนนี้ทำหน้าที่สำคัญในการบริหารจัดการกระบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นในการคิดและการตัดสินใจ ทำให้เด็กออทิสติกมีแนวโน้มที่จะทำพฤติกรรมซ้ำ ๆ เนื่องจากความยากลำบากในการจัดการกับข้อมูลใหม่ ๆ หรือสถานการณ์ที่ซับซ้อน เนื่องจากเด็กออทิสติกอาจมีความสามารถจำกัดในการปรับตัวกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง เด็กออทิสติกจึงมีแนวโน้มที่จะทำกิจกรรมหรือพฤติกรรมที่คุ้นเคยซ้ำ ๆ เพื่อรักษาความรู้สึกปลอดภัยและมั่นคง เด็กออทิสติกอาจทำพฤติกรรมซ้ำ ๆ เช่น การจัดเรียงของเล่นในรูปแบบเดิมซ้ำ ๆ เพราะไม่สามารถปรับตัวหรือวางแผนเพื่อทำสิ่งใหม่ได้ ทฤษฎีการขาดทักษะในการควบคุมตนเอง (executive dysfunction theory) ในเด็กออทิสติกเกี่ยวข้องกับความยากลำบากในการจัดการและควบคุมกระบวนการคิดและพฤติกรรมที่มีการวางแผนและเป็นระเบียบ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทำงานของสมองที่เรียกว่า “Executive Functions” (Saengsawang, Utairatanakit, Oggungwal, Locharoenrat & Tondeaw, 2021)

ลักษณะของการขาดทักษะในการควบคุมตนเองในเด็กออทิสติก ประกอบด้วย (1) การขาดความยืดหยุ่นทางความคิด เด็กออทิสติกมักมีปัญหาในการปรับตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในกิจวัตรประจำวัน หรือเมื่อเผชิญกับสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย เด็กออทิสติกอาจติดอยู่กับวิธีคิดหรือวิธีทำสิ่งต่าง ๆ แบบเดิมและมีความลำบากในการปรับเปลี่ยนหรือมองหาวิธีการใหม่ ๆ (2) การจัดการกับข้อมูลที่มีหลายแง่มุมไม่ดีเด็กออทิสติก อาจมีปัญหาในการจัดลำดับความสำคัญหรือการบริหารจัดการกับข้อมูลที่เข้ามาหลายด้านพร้อม ๆ กัน เช่น การจัดการกับงานหลายงานในเวลาเดียวกัน หรือการตัดสินใจเมื่อเผชิญกับข้อมูลที่ขัดแย้งกัน (3) การควบคุมพฤติกรรมและอารมณ์ เด็กออทิสติกอาจมีปัญหาในการควบคุมอารมณ์และพฤติกรรมของตนเองในสถานการณ์ที่เครียดหรือซับซ้อน เช่น การตอบสนองต่อความหงุดหงิดหรือความไม่พอใจในรูปแบบที่ไม่เหมาะสมหรือการทำพฤติกรรมซ้ำ ๆ เพื่อควบคุมความวิตกกังวลหรือความเครียด (4) ความยากลำบากในการวางแผนและการทำงานตามขั้นตอน เด็กออทิสติกอาจมีปัญหาในการวางแผนล่วงหน้าและทำงานตามลำดับขั้นตอน พวกเขาอาจต้องการคำแนะนำหรือการสนับสนุนที่มากกว่าปกติในการจัดการงานที่ต้องใช้ความคิดที่เป็นระบบ เช่น การทำการบ้านที่มีหลายขั้นตอนหรือการเตรียมตัวสำหรับกิจกรรมใหม่ ๆ (5) การยึดติดกับกิจวัตรหรือรูปแบบเดิม ๆ เด็กออทิสติกมักแสดงพฤติกรรมซ้ำ ๆ เช่น การเล่นหรือทำกิจกรรมเดิม ๆ อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ต้องการหรือไม่สามารถปรับตัวเพื่อรับมือกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงได้ การขาดทักษะในการควบคุมตนเองส่งผลให้เด็กออทิสติกมีความท้าทายในการปรับตัวกับชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ที่ต้องการการยืดหยุ่นหรือการเปลี่ยนแปลง เช่น การเข้าสังคม การเรียนในโรงเรียน หรือการทำกิจกรรมที่ต้องการการวางแผนล่วงหน้า (Tatchanchai, 2023)

ทฤษฎีการขาดทักษะในการควบคุมตนเอง (executive dysfunction theory) ในเด็กออทิสติกมีรากฐานมาจากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยหลายคนในต่างประเทศที่มีความเชี่ยวชาญนักวิทยาศาสตร์และนักจิตวิทยา แม้ว่าในประเทศไทยจะไม่มีการพัฒนาทฤษฎีนี้ในลักษณะเดียวกัน แต่มีนักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญที่นำทฤษฎีนี้มาใช้ในการวิจัยและพัฒนาการสนับสนุนเด็กออทิสติกในประเทศ

1. นักจิตวิทยาชาวอังกฤษที่มีชื่อเสียงในด้านการศึกษาความจำทำงาน (working memory) แอลแลน แบดเดลีย์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการทำงานบริหาร (executive functions) ความจำทำงานมีบทบาทสำคัญในการควบคุมและจัดการพฤติกรรม เช่น การวางแผน การตัดสินใจ และการปรับตัวต่อสถานการณ์ใหม่ ๆ (Baddeley, 2000; Praduchphongphet, 2022)

2. นักจิตวิทยาคลินิกชาวอเมริกันที่มีชื่อเสียงในด้านการศึกษาความบกพร่องในการทำงานบริหาร โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ป่วยที่มีภาวะสมาธิสั้น (ADHD) และเด็กออทิสติก งานวิจัยของ แอลแลน แบดเดลีย์ ให้ความสนใจเกี่ยวกับการควบคุมตนเองและความบกพร่องในการจัดการพฤติกรรม ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของทฤษฎีการขาดทักษะในการควบคุมตนเอง (Baddeley, 2000; Hongkittiyanon & Thumthong, 2021)

3. นักจิตวิทยาชาวเยอรมันที่ทำงานในสหราชอาณาจักร อูตา ฟริธ (Uta Frith) มีบทบาทสำคัญในการศึกษาการทำงานของสมองในเด็กออทิสติก โดยเฉพาะการประมวลผลข้อมูลทางสังคมและทักษะในการควบคุมตนเอง งานวิจัยของเธอสนับสนุนแนวคิดที่ว่าเด็กออทิสติกมีปัญหาในการจัดการข้อมูลและควบคุมพฤติกรรมของตนเอง (Frith, 1989; Nitithamanusorn, 2019)

ในประเทศไทย ไม่มีนักวิจัยที่เป็นผู้พัฒนาทฤษฎีการขาดทักษะในการควบคุมตนเองโดยตรง แต่มีนักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ทฤษฎีนี้ในการศึกษาและพัฒนาการดูแลเด็กออทิสติกในบริบทของประเทศไทย เช่น (Suppasri, Nukaew & Suttharangsee, 2016)

ในประเทศไทย การศึกษาและพัฒนาวิธีการช่วยเหลือเด็กออทิสติกได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการใช้ทฤษฎีการขาดทักษะในการควบคุมตนเองในการพัฒนาสื่อการสอนและแนวทางการดูแลที่เหมาะสมกับเด็กออทิสติก ตัวอย่างเช่น การพัฒนาแนวทางช่วยเหลือเด็กออทิสติกในบริบทของการศึกษา โดยการเสริมทักษะทางสังคมและอารมณ์ (Nitithammanusorn, Mitranun & Viboonpattanawong, 2021) ซึ่งช่วยให้เด็กสามารถเรียนรู้การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นได้ดียิ่งขึ้น

การพัฒนาทักษะสำหรับเด็กที่มีความต้องการพิเศษ เช่น เด็กออทิสติก ได้มีการนำทฤษฎีการขาดทักษะในการควบคุมตนเอง (executive dysfunction theory) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงวิธีการเรียนการสอนเพื่อช่วยเสริมสร้างทักษะด้านการควบคุมตนเองและการปรับตัวทางสังคมของเด็กออทิสติก ตัวอย่างเช่น งานวิจัยที่นำเทคโนโลยีเกมหรือแอปพลิเคชันบนแท็บเล็ตมาใช้เพื่อช่วยพัฒนาทักษะส่วนบุคคลและสังคมของเด็กออทิสติก โดยพบว่าเด็กออทิสติกสามารถพัฒนาได้ดีขึ้นในด้านการควบคุมตนเองและการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น (Paengkumhag et al., 2022) สามารถปรับตัวในสังคมและพัฒนาทักษะสำคัญในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น โดยเฉพาะในการเพิ่มทักษะในการจัดการอารมณ์และพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมตัวเอง

ทฤษฎีการขาดทักษะการควบคุมตนเอง เป็นทฤษฎีที่อธิบายถึงความยากลำบากในการทำงานที่ต้องใช้การควบคุมและการจัดระเบียบทางจิตใจ ซึ่งรวมถึงการตั้งเป้าหมาย การจัดการเวลา การตัดสินใจ และการแก้ปัญหา พฤติกรรมเหล่านี้มักพบในเด็กที่มีออทิสติก ADHD และภาวะทางจิตบางประเภท โดยบุคคลที่มีภาวะขาดทักษะในการควบคุมตนเอง มักพบว่ามีปัญหากับการควบคุมความคิดและพฤติกรรมที่มุ่งสู่การบรรลุผลลัพธ์ระยะยาว การทำงานเหล่านี้ต้องการความสามารถในการจัดการความคิดที่เกิดขึ้นในขณะนั้นและเลือกวิธีที่เหมาะสมเพื่อไปสู่เป้าหมาย การทำความเข้าใจและใช้ประโยชน์จากทฤษฎีการขาดทักษะการควบคุมตนเอง สามารถช่วยให้เด็กและผู้ที่มีภาวะนี้สามารถพัฒนาทักษะที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน และช่วยให้พวกเขามีชีวิตที่ดีขึ้นได้.

2. ทฤษฎีการขาดความเข้าใจในบริบททางสังคม (theory of mind and central coherence theory)

ทฤษฎีนี้รวมสองแนวคิดเข้าด้วยกัน คือทฤษฎี “Theory of Mind” และ “Weak Central Coherence” ซึ่งเสนอว่าเด็กออทิสติกมีความยากลำบากในการเข้าใจความคิดและความรู้สึกของผู้อื่น (theory of mind) และมีแนวโน้มที่จะมุ่งเน้นที่รายละเอียดแทนที่จะมองภาพรวม (weak central coherence) เนื่องจากเด็กออทิสติกอาจไม่สามารถเข้าใจบริบททางสังคมหรือความหมายเชิงลึกของสถานการณ์ พวกเขาจึงมีแนวโน้มที่จะยึดติดกับพฤติกรรมหรือกิจกรรมที่คุ้นเคยและทำซ้ำ ๆ เพื่อรักษาความมั่นคงในโลกที่พวกเขาอาจมองว่าไม่แน่นอนหรือสับสน เด็กออทิสติกอาจหมกมุ่นกับการทำสิ่งเดิมซ้ำ ๆ เช่น การพูดประโยคเดิม ๆ หรือการเล่นของเล่นในลักษณะเดิม ๆ เพราะพวกเขาไม่สามารถมองเห็นความหมายหรือบริบทของการเปลี่ยนแปลงทางสังคมได้ ทฤษฎีการขาดความเข้าใจในบริบททางสังคม (theory of mind deficit and central coherence theory) ของเด็กออทิสติกเป็นทฤษฎีที่อธิบายถึงความยากลำบากของเด็กออทิสติกในการเข้าใจและรับรู้ถึงความคิด ความรู้สึก และเจตนาของผู้อื่น รวมถึงการมองเห็นภาพรวมและความหมายของเหตุการณ์ทางสังคม (Ubali, 2021)

Theory of Mind Deficit เน้นถึงปัญหาของเด็กออทิสติกในการทำความเข้าใจว่าแต่ละบุคคลมีความคิด ความรู้สึก ความเชื่อ และเจตนาที่แตกต่างกัน ซึ่งเรียกว่า “Theory of Mind” ความสามารถนี้เป็นพื้นฐานของ

การเข้าใจและมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมอย่างมีประสิทธิภาพ การขาด Theory of Mind ทำให้เด็กออทิสติกไม่สามารถคาดการณ์หรือเข้าใจพฤติกรรมของผู้อื่นได้ ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาในการสื่อสารและการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

ทฤษฎีการรวมศูนย์ของข้อมูล (Central Coherence Theory) ทฤษฎีนี้เสนอว่าเด็กออทิสติกมักมีความสามารถที่จำกัดในการรวมข้อมูลเข้าด้วยกันเพื่อให้เห็นภาพรวม (global processing) พวกเขามักมุ่งเน้นไปที่รายละเอียดหรือข้อมูลเฉพาะเจาะจง (local processing) แทนที่จะเห็นภาพรวมของสถานการณ์หรือบริบททางสังคม การขาดความสามารถในการมองเห็นภาพรวมทำให้เด็กออทิสติกมีความยากลำบากในการตีความหมายของสถานการณ์ทางสังคมที่ซับซ้อน และอาจพลาดการเข้าใจความหมายที่แฝงอยู่ในพฤติกรรมหรือคำพูดของผู้อื่น (Frith, 1989)

ลักษณะของการขาดความเข้าใจในบริบททางสังคมในเด็กออทิสติก ประกอบด้วย (1) การไม่เข้าใจความคิดและความรู้สึกของผู้อื่น เด็กออทิสติกอาจมีปัญหาในการเข้าใจว่า ผู้อื่นมีความคิดและความรู้สึกที่แตกต่างจากตนเอง ซึ่งอาจทำให้พวกเขาไม่สามารถคาดการณ์หรือเข้าใจพฤติกรรมของผู้อื่นได้ เช่น การไม่เข้าใจว่าคนอื่นอาจจะโกรธ เสียใจ หรือสนุกสนาน เด็กออทิสติกอาจไม่เข้าใจว่า การกระทำของตนเองทำให้เพื่อนรู้สึกไม่พอใจ หรืออาจไม่เข้าใจว่าทำไมคนอื่นถึงหัวเราะหรือร้องไห้ในสถานการณ์ต่าง ๆ (2) การมุ่งเน้นไปที่รายละเอียดมากเกินไป เด็กออทิสติกมักจะมุ่งเน้นไปที่รายละเอียดเล็ก ๆ น้อย ๆ ของสถานการณ์แทนที่จะมองเห็นภาพรวมของสิ่งที่เกิดขึ้น เช่น การจดจ่ออยู่กับลักษณะทางกายภาพของวัตถุ แทนที่จะเข้าใจบริบทหรือความหมายที่ใหญ่กว่า เด็กออทิสติกอาจสนใจเพียงแค่สีของเสื้อผ้าหรือการจัดเรียงของวัตถุบนโต๊ะ แต่ไม่เข้าใจว่าคนในห้องกำลังมีการสนทนาเกี่ยวกับเรื่องสำคัญ (3) การตีความผิดพลาดในสถานการณ์ทางสังคม เนื่องจากการขาดความเข้าใจในบริบททางสังคม เด็กออทิสติกอาจตีความผิดพลาดในเหตุการณ์หรือการสนทนาที่มีความหมายซับซ้อน พวกเขาอาจไม่เข้าใจมุขตลก การเสียดสี หรือการพูดเชิงสัญลักษณ์ เด็กออทิสติกอาจไม่เข้าใจว่าคำพูดบางอย่างเป็นการเล่นคำหรือตลก และอาจตอบกลับอย่างจริงจังหรือสับสน (4) การมีปัญหาในการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การขาดความเข้าใจในบริบททางสังคมส่งผลให้เด็กออทิสติกมีความยากลำบากในการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น พวกเขาอาจไม่รู้วิธีเริ่มต้นหรือรักษาการสนทนา และอาจไม่รู้จักกฎเกณฑ์ทางสังคม เช่น การรอให้ผู้อื่นพูดจบก่อน หรือการใช้ภาษากายที่เหมาะสม เด็กออทิสติกอาจเข้ามาพูดกับคนอื่นในเวลาที่ไม่เหมาะสม หรืออาจพูดคุยเกี่ยวกับหัวข้อที่ตนเองสนใจมากเกินไปโดยไม่สนใจว่าอีกฝ่ายสนใจหรือไม่ การขาดความเข้าใจในบริบททางสังคมส่งผลให้เด็กออทิสติกมีความยากลำบากในการสร้างและรักษาความสัมพันธ์กับผู้อื่น พวกเขาอาจถูกมองว่าไม่สนใจผู้อื่นหรือไม่เข้าใจความรู้สึกของผู้อื่น ซึ่งอาจนำไปสู่การแยกตัวจากสังคม หรือถูกกลั่นแกล้งจากเพื่อนร่วมชั้น

นักวิทยาศาสตร์และนักจิตวิทยาที่ศึกษาทฤษฎีการขาดความเข้าใจในบริบททางสังคมของเด็กออทิสติกในต่างประเทศ

1. นักจิตวิทยาชาวอังกฤษที่มีชื่อเสียงในด้านการศึกษาเกี่ยวกับ ความเข้าใจความคิดของผู้อื่น (theory of mind) และออทิสติก ไซมอน แบเริน-โคเฮน (Simon Baron-Cohen) เป็นนักวิชาการที่โดดเด่นในด้านจิตวิทยาโดยเฉพาะการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับออทิสติกและความเข้าใจความคิดของผู้อื่น (theory of mind) เสนอแนวคิดว่าการขาดความเข้าใจความคิดของผู้อื่น (theory of mind) หรือความสามารถในการเข้าใจและคาดการณ์ความคิดและความรู้สึกของผู้อื่น เป็นหนึ่งในลักษณะสำคัญของออทิสติก ไซมอน แบเริน-โคเฮน (Simon Baron-Cohen) เขียนหนังสือที่มีชื่อเสียง “Mindblindness: An Essay on Autism and Theory of Mind” (1995) ซึ่งสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับการที่บุคคออทิสติกอาจมีความยากลำบากในการเข้าใจความคิดและความตั้งใจของผู้อื่น False Belief Task เป็นการทดสอบที่เขาและทีมวิจัยใช้ในการศึกษาความสามารถของเด็กและผู้ใหญ่ในด้าน Theory of Mind ตัวอย่างเช่น การทดลองที่เกี่ยวข้องกับการคาดเดาว่าตัวละครจะทำอะไรเมื่อตัวละครนั้นมีความเชื่อที่ผิดเกี่ยวกับสถานการณ์ (false belief) ที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการเข้าใจความคิดและเจตนาของผู้อื่น (Baron-Cohen, 1995; Baron-Cohen, Leslie & Frith, 1985; Baron-Cohen & Belmonte, 2005; Siriratrekha, 2020)

2. นักจิตวิทยาชาวเยอรมันที่ทำงานในสหราชอาณาจักร อูตา ฟริธ (Uta Frith) เป็นนักจิตวิทยาที่มีชื่อ

เสียงในการศึกษาความผิดปกติมีบทบาทสำคัญในการศึกษาความผิดปกติของ ความเข้าใจความคิดของผู้อื่น (theory of mind) ในเด็กออทิสติก รวมถึงการทำความเข้าใจการขาดทักษะในการประมวลผลข้อมูลทางสังคม วิจัยเกี่ยวกับการทดสอบความเข้าใจความคิดของผู้อื่น (theory of mind) และงานศึกษาเกี่ยวกับ “Central Coherence Theory” และการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการขาดทักษะในการประมวลผลข้อมูลทางสังคมในเด็กออทิสติก โดยเฉพาะในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ Central Coherence Theory ซึ่งอธิบายถึงความยากลำบากในการประมวลผลข้อมูลทางสังคมในเด็กออทิสติกที่มักจะมีการให้ความสำคัญกับรายละเอียด มากกว่าการมองภาพรวมของสถานการณ์ ซึ่งอธิบายถึงความยากลำบากในการรวมข้อมูลให้เห็นภาพรวมในเด็กออทิสติก (Frith & Happé, 1994; Frith, 1998; Hiranthep, 2018)

3. นักจิตวิทยาชาวอเมริกัน คาโร เกรย์ (Carol Gray) ที่พัฒนาทฤษฎี Social Stories ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยเด็กออทิสติกในกระบวนการเรียนรู้พฤติกรรมที่เหมาะสมในสถานการณ์ทางสังคม เป็นผู้ที่พัฒนาและนำเสนอแนวคิด Social Stories ในปี 1991 โดยการใช้เรื่องราวที่เขียนขึ้นในลักษณะเฉพาะเพื่ออธิบายการกระทำหรือการตอบสนองที่คาดหวังในบริบทต่าง ๆ เช่น การเข้าคิว การทักทาย หรือการแสดงความรู้สึกในสถานการณ์ต่าง ๆ เทคนิคนี้ได้รับการนำมาใช้ในสภาพแวดล้อมการศึกษาหลายแห่งเพื่อช่วยเด็กที่มีความผิดปกติทางพัฒนาการให้เข้าใจและปรับตัวในสังคมได้ดีขึ้น (Gray & Garand, 1991)

ทั้งสองทฤษฎีอธิบายถึงความท้าทายที่เด็กออทิสติกประสบในด้านการประมวลผลข้อมูลทางสังคม โดยความเข้าใจความคิดของผู้อื่น (theory of mind) ช่วยอธิบายการขาดความสามารถในการเข้าใจความคิดของผู้อื่น และทฤษฎีการรวมศูนย์ของข้อมูล (central coherence theory) อธิบายถึงการขาดความสามารถในการรวมรวมข้อมูลเพื่อเห็นภาพรวมของสถานการณ์ ซึ่งทั้งสองทฤษฎีช่วยให้เราเข้าใจถึงการขาดทักษะทางสังคมในเด็กออทิสติกและการเข้าใจโลกที่แตกต่างจากคนทั่วไป

3. ทฤษฎีการขาดทักษะในการปรับตัวทางประสาทสัมผัส (sensory processing theory)

ทฤษฎีนี้เสนอว่าเด็กออทิสติกมักมีความไวหรือความรู้สึกที่แตกต่างในการรับรู้สิ่งกระตุ้นทางประสาทสัมผัส ซึ่งอาจทำให้พวกเขาทำพฤติกรรมซ้ำ ๆ เพื่อควบคุมหรือตอบสนองต่อความรู้สึกทางประสาทสัมผัสที่พวกเขารับรู้ การทำพฤติกรรมซ้ำ ๆ เช่น การส่ายตัว การกระโดด หรือการหมุนสิ่งของ อาจเป็นวิธีที่เด็กออทิสติกใช้ในการปรับตัวหรือลดความรู้สึกไม่สบายใจที่เกิดจากการกระตุ้นทางประสาทสัมผัสที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป เด็กออทิสติกอาจส่ายมือหรือกระโดดซ้ำ ๆ เมื่อรู้สึกตื่นเต้นหรือต้องการควบคุมความรู้สึกที่เกิดขึ้นจากการรับรู้สิ่งรอบตัว ทฤษฎีการขาดทักษะในการปรับตัวทางประสาทสัมผัส (sensory processing theory) ของเด็กออทิสติก เป็นทฤษฎีที่อธิบายว่า เด็กที่มีภาวะออทิสติกมักมีความยากลำบากในการจัดการกับข้อมูลทางประสาทสัมผัสที่ได้รับจากสภาพแวดล้อมรอบตัว ซึ่งอาจแสดงออกมาเป็นการตอบสนองที่ผิดปกติ เช่น การรับรู้ที่มากเกินไป (hypersensitivity) หรือการรับรู้ที่น้อยเกินไป (hyposensitivity) ต่อการกระตุ้นต่าง ๆ (Jean, 1972)

นักวิทยาศาสตร์และนักจิตวิทยาที่ศึกษาทฤษฎีการขาดทักษะในการปรับตัวทางประสาทสัมผัส (sensory processing theory) ของเด็กออทิสติกในต่างประเทศ

1. นักกิจกรรมบำบัดจากสหรัฐอเมริกา บุรฉัตร จันทร์แดง (Jandaeng, Kosolkittiamporn & Kenaphoom, 2019) เป็นผู้บุกเบิกด้านการบำบัดการจัดการกับการประมวลผลทางประสาทสัมผัส (sensory integration therapy) กล่าวว่า Sensory Processing คือ กระบวนการที่สมองนำข้อมูลจากประสาทสัมผัสทั้งห้าสัมผัส ได้แก่ การมองเห็น การได้ยิน การรับกลิ่น การลิ้มรส และการสัมผัส รวมทั้งข้อมูลจากการเคลื่อนไหวของร่างกาย (proprioception) มาประมวลผลและใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน”

2. นักวิจัยและนักกิจกรรมบำบัดชื่อดังจากสหรัฐอเมริกา เจคอบ อัฟราม โคโจการู และโพดีนา ที่ได้ต่อยอดงานของแอร์ส (Ayres) โดยสรุปได้ว่าเด็กออทิสติกมักประสบปัญหา

ในการรับรู้และตอบสนองต่อข้อมูลทางประสาทสัมผัส ซึ่งส่งผลให้มีพฤติกรรมที่ดูเหมือนไม่เหมาะสมในบริบทหรือสถานการณ์ต่าง ๆ (Jacob, Avram, Cojocaru & Podina, 2020; Ayres, 1972)

3. นักวิชาการและนักกิจกรรมบำบัดที่มีชื่อเสียง เทมเพิล แกรนดิน (Temple Grandin) มีภาวะออทิสติกเองและเป็นผู้สนับสนุนที่สำคัญในเรื่องการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับออทิสติก ได้กล่าวถึงทฤษฎีนี้ว่า การรับรู้ทางประสาทสัมผัสของเด็กออทิสติกสามารถเป็นปัจจัยที่ทำให้เด็กออทิสติกมีความรู้สึกตึงเครียดและแสดงพฤติกรรมที่ไม่คาดคิดได้ง่ายกว่าคนทั่วไป (Grandin, 2006) ลักษณะของการขาดทักษะในการปรับตัวทางประสาทสัมผัส มีความหลากหลายและส่งผลต่อการตอบสนองของเด็กต่อสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อม โดยสามารถจำแนกเป็นลักษณะสำคัญได้แก่ Hypersensitivity (การรับรู้ที่มากเกินไป) เด็กอาจมีความรู้สึกไวต่อเสียง แสง กลิ่น หรือสัมผัสมากเกินไป เช่น รู้สึกเจ็บปวดเมื่อต้องใส่เสื้อผ้าที่มีป้าย หรือรู้สึกไม่สบายใจเมื่อได้ยินเสียงที่เบามาก ๆ Hyposensitivity (การรับรู้ที่น้อยเกินไป) เด็กอาจต้องการกระตุ้นที่มากกว่าเพื่อที่จะรับรู้ถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น อาจจะไม่รู้สึกเจ็บเมื่อถูกชน หรืออาจจะไม่สนใจเสียงรอบข้างเลย หรือการตอบสนองที่ไม่เหมาะสม การตอบสนองต่อการกระตุ้นที่ไม่เหมาะสม เช่น การปิดหูหรือปิดตาเมื่อต้องเจอกับเสียงหรือแสงที่ไม่คุ้นเคย หรือการมีพฤติกรรมซ้ำ ๆ เพื่อจัดการกับความรู้สึกที่เกินควบคุม

กรณีตัวอย่าง เช่น (1) เด็กชายอายุ 7 ปี ที่มีภาวะออทิสติกมักจะปิดหูทุกครั้งที่ได้ยินเสียงที่มีความถี่สูง เช่น เสียงบีบแตรรถยนต์ และมักจะซ่อนตัวเมื่อเห็นแสงไฟสว่างเกินไป ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมที่โรงเรียนได้ตามปกติ เนื่องจากมีความรู้สึกไวต่อการกระตุ้นเหล่านี้มากเกินไป (hypersensitivity) (1) เด็กหญิงอายุ 5 ปี ที่มักจะเล่นกับของเล่นที่มีพื้นผิวแข็งและหยาบเพราะไม่รู้สึกถึงความไม่สบายจากการสัมผัสเหล่านี้ และมักจะชอบกระแทกตัวเองกับผนังหรือพื้นเพื่อที่จะรู้สึกถึงการสัมผัส (hyposensitivity)

ทฤษฎีการขาดทักษะในการปรับตัวทางประสาทสัมผัสช่วยอธิบายว่าปัญหาด้านประสาทสัมผัสสามารถส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมและการพัฒนาของเด็กอย่างไร การประเมินและการบำบัดที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยให้เด็กพัฒนาทักษะที่จำเป็นและปรับตัวได้ดีขึ้นในสังคม

4. ทฤษฎีการขาดทักษะการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง (insistence on sameness theory)

ทฤษฎีนี้เสนอว่า เด็กออทิสติกมีแนวโน้มที่จะยึดติดกับกิจวัตรหรือรูปแบบเดิม ๆ และมักมีความยากลำบากในการปรับตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อมหรือกิจกรรมประจำวัน พฤติกรรมซ้ำ ๆ เช่น การทำกิจกรรมหรือเส้นทางเดิม ๆ อาจเป็นวิธีที่เด็กใช้เพื่อรักษาความรู้สึกมั่นคงและลดความกังวลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงที่พวกเขาไม่สามารถควบคุมได้ เด็กออทิสติกอาจยืนกรานที่จะนั่งในที่เดิมบนโต๊ะอาหารทุกวัน หรือเดินเส้นทางเดิมไปโรงเรียนทุกวัน โดยไม่ยอมรับการเปลี่ยนแปลงใด ๆ

ทฤษฎีการขาดทักษะการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง (insistence on sameness theory) เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของเด็กออทิสติกที่มีความต้องการที่จะรักษาความสม่ำเสมอหรือความเป็นระเบียบในชีวิตประจำวัน การเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในสภาพแวดล้อมหรือตารางกิจวัตรอาจทำให้เด็กเหล่านี้รู้สึกไม่สบายใจและเกิดความวิตกกังวลอย่างมาก (Wing & Gould,1979)

นักวิทยาศาสตร์และนักจิตวิทยาที่ศึกษาทฤษฎีการขาดทักษะการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง (insistence on sameness theory) ของเด็กออทิสติกในต่างประเทศ

1. นักจิตวิทยาชาวอเมริกันที่ถือเป็นผู้บุกเบิกการศึกษาเกี่ยวกับออทิสติก คานเนอร์ (Kanner) ในปี 1943 ได้กล่าวถึง Insistence on Sameness ว่าเป็นลักษณะเฉพาะของเด็กออทิสติกที่มีความต้องการให้สภาพแวดล้อมและกิจกรรมต่าง ๆ เป็นไปตามที่คุ้นเคย การเปลี่ยนแปลงใด ๆ อาจนำไปสู่การเกิดพฤติกรรมที่ผิดปกติ เช่น การตื่นเต้นหรือแสดงอารมณ์รุนแรง การ Insistence on Sameness หรือการยึดติดกับความเหมือนเดิม เป็นลักษณะพฤติกรรมที่สำคัญของเด็กออทิสติก ซึ่งมักส่งผลต่อการปรับตัวในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย การจัดการกับลักษณะนี้สามารถทำได้ผ่านหลายวิธีได้แก่ (1) การบำบัดด้วยการบูรณาการประสาทสัมผัส (Sensory Integration Therapy) การบำบัดในลักษณะนี้มุ่งเน้นที่การช่วยให้เด็กปรับตัวกับสิ่งกระตุ้นทาง

ประสาทสัมผัสที่ต่างจากที่คุ้นเคย เช่น การสร้างกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัส, การเคลื่อนไหว หรือการฟังเสียงในลักษณะค่อย ๆ เพิ่มความหลากหลายขึ้น เพื่อให้เด็กสามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงได้ดีขึ้น

2. การฝึกทักษะการเปลี่ยนแปลง (transition skills training) การฝึกทักษะการเปลี่ยนแปลงหรือการปรับตัวในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยเริ่มจากการทำให้เด็กคุ้นเคยกับการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยก่อน เช่น การเปลี่ยนกิจวัตรประจำวันในระดับที่ค่อยเป็นค่อยไป การใช้สัญญาณเตือนล่วงหน้า หรือการใช้ภาพแสดงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

3. การใช้แผนผังภาพ (visual schedules) การใช้แผนผังหรือภาพแสดงกิจกรรมที่จะแตกต่างจากกิจกรรมประจำวัน เช่น ใช้ภาพบอกล่วงหน้าว่ากิจกรรมอะไรจะเกิดขึ้นถัดไป เพื่อให้เด็กรู้สึกปลอดภัยและคุ้นเคยกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

4. การบำบัดด้วยการเล่น (play therapy) การใช้การเล่นเพื่อให้เด็กสามารถเรียนรู้วิธีการปรับตัวกับสิ่งที่ไม่คุ้นเคย โดยการเล่นที่มีโครงสร้าง เช่น การเล่นบทบาทสมมติ หรือการเล่นที่ต้องมีการตัดสินใจเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเล่น เพื่อให้เด็กได้ฝึกการยืดหยุ่นและปรับตัว (Kanner, 1943)

5. นักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญในด้านออทิสติกจากสหรัฐอเมริกา เทมเพิล แกรนดิน (Temple Grandin) อธิบายว่า เด็กที่มีภาวะออทิสติกการที่เด็กออทิสติกมักต้องการสภาพแวดล้อมที่คงที่และเป็นระเบียบ เพื่อช่วยให้พวกเขารู้สึกปลอดภัยและสามารถจัดการกับความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงได้ดีขึ้น (Grandin, 2020)

6. นักจิตวิทยาชาวอังกฤษและผู้เชี่ยวชาญด้านออทิสติก เดวิด ฮาวเวลล์ (David Howell) กล่าวถึงพฤติกรรมที่เกิดจากความต้องการรักษาความสม่ำเสมอ อธิบายถึงลักษณะเฉพาะของออทิสติกที่ส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวัน ซึ่งเด็กที่มีอาการออทิสติกมักมีความยากลำบากในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง สิ่งนี้สามารถนำไปสู่พฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การต่อต้านหรือการแสดงออกทางอารมณ์ที่รุนแรงเมื่อเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงในกิจวัตรประจำวันหรือสภาพแวดล้อมที่คุ้นเคย การรักษาความสม่ำเสมอและการคาดเดาได้ในชีวิตประจำวันจึงเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยลดความวิตกกังวลและพฤติกรรมที่ไม่ต้องการจากเด็กที่มีออทิสติก (Rehab, 2024)

ลักษณะของการขาดทักษะการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ต้องการกิจวัตรที่ตายตัว เด็กออทิสติกมักต้องการทำสิ่งต่าง ๆ ตามลำดับที่คุ้นเคย เช่น การไปโรงเรียนด้วยเส้นทางเดียวกันทุกวัน หรือการต้องใส่เสื้อผ้าชุดเดิม มีความวิตกกังวลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงแม้เพียงเล็กน้อย เช่น การเปลี่ยนเวลารับประทานอาหารหรือการย้ายโต๊ะในห้องเรียน อาจทำให้เด็กเกิดความวิตกกังวลอย่างรุนแรง เด็กอาจมีพฤติกรรมซ้ำ ๆ เช่น การกวาดมือไปมา การทำท่าทางซ้ำ ๆ หรือการพูดคำเดิมซ้ำ เพื่อสร้างความมั่นใจในสภาพแวดล้อมที่รู้สึกปลอดภัย

กรณีตัวอย่างได้แก่ (1) เด็กชายอายุ 6 ปี ที่มักจะร้องไห้และแสดงความรุนแรงเมื่อคุณครูในโรงเรียนเปลี่ยนตำแหน่งของโต๊ะที่เขานั่ง เนื่องจากรู้สึกไม่สบายใจกับการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมที่เขาคุ้นเคย (2) เด็กหญิงอายุ 8 ปี ที่จะไม่ยอมไปโรงเรียนถ้าคุณแม่เปลี่ยนเส้นทางการเดินทางที่เคยใช้ประจำ การเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้เธอรู้สึกวิตกกังวลและไม่สามารถปรับตัวได้

ทฤษฎีนี้มีความสำคัญในการช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของเด็กออทิสติก และช่วยในการพัฒนาวิธีการดูแลหรือการบำบัดที่สามารถช่วยให้เด็กออทิสติก ปรับตัวได้ดีขึ้นในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง โดยการใช้เทคนิคการฝึกฝนเพื่อช่วยเพิ่มทักษะในการปรับตัวและลดความวิตกกังวลจากการเปลี่ยนแปลง

ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติก

พฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติก หรือที่เรียกว่า “Repetitive Behaviors” เป็นหนึ่งในลักษณะสำคัญของออทิสติก ซึ่งมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมเหล่านี้ ได้แก่ (American Psychiatric Association, 2013)

1. ความไม่มั่นคงทางอารมณ์และจิตใจ: เด็กออทิสติกมักมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อม ซึ่งอาจทำให้เกิดความไม่มั่นคงและความวิตกกังวล การทำซ้ำ ๆ เป็นวิธีที่เด็กใช้ในการทำให้ตัวเองรู้สึกปลอดภัย

เด็กออทิสติกอาจแสดงพฤติกรรมซ้ำ ๆ เพื่อจัดการกับความวิตกกังวลหรือความเครียด เนื่องจากพฤติกรรมดังกล่าวทำให้พวกเด็กออทิสติกปลอดภัยและควบคุมสถานการณ์ได้ เช่น เด็กชายอายุ 9 ปี ที่มักจะกวาดมือไปมาอย่างรวดเร็วและพูดคำเดิมซ้ำ ๆ ทุกครั้งที่ต้องเผชิญกับสถานการณ์ใหม่ ๆ เช่น การพบปะคนแปลกหน้า หรือการไปสถานที่ที่ไม่คุ้นเคย

2. การรับรู้ทางประสาทสัมผัสที่ผิดปกติ เด็กออทิสติกบางคนอาจมีความผิดปกติในการรับรู้ทางประสาทสัมผัส (sensory processing disorder) ซึ่งทำให้พวกเขาต้องการการกระตุ้นทางประสาทสัมผัสอย่างต่อเนื่อง พฤติกรรมซ้ำ ๆ จึงเป็นการตอบสนองต่อความต้องการนี้ เช่น เด็กหญิงอายุ 7 ปี ที่มักจะหมุนตัวเองรอบ ๆ ห้องเพื่อสร้างความรู้สึกทางการเคลื่อนไหว (vestibular stimulation) ที่ต้องการเมื่อเธอรู้สึกว่าขาดการกระตุ้นทางประสาทสัมผัส

3. การแสดงออกถึงความไม่สบายใจหรือการสื่อสาร เด็กออทิสติกบางคนใช้พฤติกรรมซ้ำ ๆ เพื่อแสดงออกถึงความไม่สบายใจหรือความต้องการที่ไม่สามารถสื่อสารด้วยคำพูดได้ พฤติกรรมดังกล่าวอาจเป็นการบอกให้ผู้ใหญ่ทราบว่าเด็กออทิสติกกำลังรู้สึกไม่สบายใจ เช่น เด็กชายอายุ 6 ปี ที่มักจะกระแทกหัวตัวเองกับผนังเมื่อรู้สึกหิวหรือเหนื่อย แต่ไม่สามารถสื่อสารด้วยคำพูดเพื่อบอกความต้องการของเด็กออทิสติกได้

4. การยึดติดกับกิจวัตรและการเปลี่ยนแปลง เด็กออทิสติกมักยึดติดกับกิจวัตรที่คุ้นเคย และพฤติกรรมซ้ำ ๆ จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่คาดคิดในชีวิตประจำวัน ซึ่งเด็กออทิสติกไม่สามารถปรับตัวได้ทัน เช่น เด็กหญิงอายุ 8 ปี ที่มักจะเรียงของเล่นเป็นแถวตรงและจะไม่ยอมให้ใครเปลี่ยนแปลงการจัดวาง ถ้ามีใครมาเปลี่ยนของเล่นที่จัดไว้เด็กออทิสติกจะเริ่มร้องไห้และแสดงพฤติกรรมก้าวร้าว

5. ปัญหาทางระบบประสาทและสมอง มีการศึกษาที่พบว่า พฤติกรรมซ้ำ ๆ อาจเกี่ยวข้องกับความผิดปกติของการทำงานของระบบประสาทและสมอง เช่น การทำงานที่ผิดปกติของเบซัล แกงเกลีย ซึ่งเป็นส่วนของสมองที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนไหว เช่น เด็กชายอายุ 10 ปี ที่มักจะโยกตัวไปมาเป็นเวลานาน ๆ โดยไม่สามารถหยุดได้เอง พฤติกรรมนี้เกิดขึ้นแม้ในสถานการณ์ที่ไม่เครียดหรือเป็นปกติ เนื่องจากความผิดปกติทางระบบประสาท

6. การแสวงหาความรู้สึกพึงพอใจ พฤติกรรมซ้ำ ๆ อาจเป็นวิธีที่เด็กออทิสติกใช้เพื่อสร้างความรู้สึกพึงพอใจหรือสนุกสนาน ในกรณีนี้ พฤติกรรมจะเกิดขึ้นเพราะเด็กชอบทำสิ่งนั้นโดยไม่มีความเครียดหรือความวิตกกังวลเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น เด็กหญิงอายุ 5 ปี ที่ชอบหมุนปากกาหรือหมุนล้อรถของเล่นอย่างต่อเนื่อง เพราะรู้สึกสนุกกับการมองเห็นสิ่งที่เคลื่อนไหวซ้ำ ๆ

การเข้าใจปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติกมีความสำคัญในการออกแบบการบำบัดและการสนับสนุนที่เหมาะสมเพื่อช่วยลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์และพัฒนาคุณภาพชีวิตของเด็กออทิสติกให้ดีขึ้น

ผลกระทบของพฤติกรรมซ้ำ ๆ

การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของพฤติกรรมซ้ำ ๆ (repetitive behaviors) ของเด็กออทิสติก มีการวิจัยที่สำรวจทั้งผลกระทบทางด้านการพัฒนาและการดำเนินชีวิตประจำวันของเด็กออทิสติก รวมถึงการเชื่อมโยงกับปัจจัยทางชีววิทยาและการรักษา จากงานวิจัยที่สนับสนุนผลกระทบของพฤติกรรมซ้ำ ๆ

1. Langen et al. (2011) ได้อธิบายถึงผลกระทบของพฤติกรรมซ้ำ ๆ ในออทิสติกที่เชื่อมโยงกับการทำงานของระบบประสาท โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานของ เบซัล แกงเกลีย ซึ่งมีบทบาทในการควบคุมการเคลื่อนไหวและการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง

2. Harrop et al. (2014) ศึกษาการวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมซ้ำ ๆ ในเด็กออทิสติก รวมถึงการที่พฤติกรรมเหล่านี้สามารถมีผลกระทบต่อการพัฒนาทางสังคมและการเรียนรู้ของเด็ก

3. Cohen and Belmonte (2005) งานวิจัยนี้อธิบายถึงการพัฒนาทางสมองในเด็กออทิสติก โดยมุ่งเน้นการศึกษาพฤติกรรมซ้ำ ๆ และผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อพัฒนาการทางสังคมและการสื่อสาร

4. Klin and Volkmar (2003) ได้อธิบายถึงพฤติกรรมซ้ำ ๆ ในเด็กที่มีอาการ Asperger's syndrome (ซึ่งอยู่ในกลุ่มออทิสติก) และผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อการเข้าสังคมและการพัฒนาความสามารถในการปรับตัว

การศึกษาดังกล่าวช่วยให้เข้าใจถึงผลกระทบของพฤติกรรมซ้ำ ๆ ในเด็กออทิสติกทั้งในด้านสมอง พัฒนาการ และการใช้ชีวิตในสังคม และมีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการบำบัดและการจัดการกับพฤติกรรมเหล่านี้เพื่อให้เด็กสามารถปรับตัวได้ดีขึ้น

จากพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติกสามารถมีผลกระทบทั้งในด้านพัฒนาการของเด็กออทิสติก ความเป็นอยู่ของครอบครัว และสังคมที่เด็กเข้าไปมีส่วนร่วม เช่น โรงเรียนหรือสถานที่สาธารณะ ดังนี้

ผลกระทบต่อพัฒนาการของเด็ก ได้แก่ การพัฒนาทักษะต่าง ๆ ของเด็กออทิสติกอาจได้รับผลกระทบจากพฤติกรรมซ้ำ ๆ (repetitive behaviors) ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคในการพัฒนาทักษะที่สำคัญต่าง ๆ เช่น (1) การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ พฤติกรรมซ้ำ ๆ อาจทำให้เด็กออทิสติกสูญเสียเวลาในการทำกิจกรรมอื่น ๆ หรือไม่สามารถให้ความสนใจในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ได้ ตัวอย่างเช่น เด็กออทิสติกที่มุ่งมั่นกับกิจกรรมเดียว เช่น การหมุนวัตถุ หรือทำท่าทางซ้ำ ๆ อาจไม่สนใจสิ่งแวดล้อมหรือกิจกรรมอื่นที่สามารถช่วยในการเรียนรู้ทักษะใหม่ ๆ ทำให้พัฒนาการในด้านต่าง ๆ ช้าลงหรือไม่เต็มที่ (2) การพัฒนาทักษะการสื่อสาร พฤติกรรมซ้ำ ๆ บางครั้งอาจเป็นวิธีที่เด็กใช้ในการแสดงออกความรู้สึกหรือความต้องการเนื่องจากความยากลำบากในการสื่อสาร พฤติกรรมเหล่านี้อาจขัดขวางไม่ให้เด็กออทิสติกได้ฝึกฝนทักษะการสื่อสารปกติ เช่น การพูดหรือการใช้ภาษาท่าทาง เมื่อเด็กออทิสติกไม่สามารถสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็อาจทำให้พัฒนาการด้านการสื่อสารล่าช้า (3) การพัฒนาทางสังคมพฤติกรรมซ้ำ ๆ อาจขัดขวางการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับเพื่อนหรือผู้ใหญ่ เด็กออทิสติกที่มักจะทำพฤติกรรมซ้ำ ๆ อาจถูกมองว่า “แปลก” หรือ “แตกต่าง” จากเพื่อน ๆ ซึ่งอาจทำให้เด็กออทิสติกรู้สึกแยกตัวออกจากกลุ่ม หรือไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ทางสังคมที่ดีได้ การขาดการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมอาจทำให้การพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลล่าช้า (Minshew & Goldstein, 2001; Reaven & Hepburn, 2003; Cohen & Belmonte, 2005; Langen, Durston, Kas, van Engeland & Staal, 2011)

การเข้าใจผลกระทบเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญในการช่วยให้การสนับสนุนและการบำบัดสำหรับเด็กออทิสติกมีประสิทธิภาพ โดยการใช้กลยุทธ์ในการฝึกทักษะทางสังคม การสื่อสาร และการเรียนรู้ เพื่อช่วยให้เด็กสามารถพัฒนาทักษะที่จำเป็นในชีวิตประจำวันได้

ผลกระทบที่เกิดจากพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติกต่อครอบครัวและผู้ปกครองมีหลายด้าน ได้แก่ (1) ความเครียดและความเหนื่อยล้า พฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติกอาจทำให้ผู้ปกครองรู้สึกเครียดและเหนื่อยล้า เนื่องจากต้องคอยดูแลและจัดการกับพฤติกรรมเหล่านี้อย่างต่อเนื่อง ความเครียดที่สะสมอาจทำให้ผู้ปกครองรู้สึกท้อแท้หรือสิ้นหวัง เนื่องจากการจัดการพฤติกรรมเหล่านี้ต้องใช้ความพยายามอย่างมากและมีความท้าทายสูง (2) ข้อจำกัดในการใช้ชีวิตประจำวันพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติกสามารถทำให้ครอบครัวต้องปรับตัวและจำกัดการทำกิจกรรมบางอย่าง ตัวอย่างเช่น หากเด็กไม่ยอมเปลี่ยนเส้นทางหรือกิจวัตรประจำวัน ครอบครัวอาจไม่สามารถเดินทางไปที่ใหม่ ๆ หรือทำกิจกรรมที่ต้องการได้ สิ่งเหล่านี้อาจเป็นอุปสรรคในการใช้ชีวิตประจำวันและทำให้ครอบครัวรู้สึกถูกจำกัดในสิ่งที่สามารถทำได้ (3) ผลกระทบทางการเงิน การดูแลเด็กออทิสติกที่มีพฤติกรรมซ้ำ ๆ อาจต้องใช้ทรัพยากรทางการเงินเพิ่มเติมสำหรับการบำบัดพิเศษ การปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ และการให้การดูแลเฉพาะทาง ค่าใช้จ่ายเหล่านี้อาจเป็นภาระทางการเงินที่หนักสำหรับครอบครัวที่ต้องรับผิดชอบการดูแลเด็กที่มีความต้องการพิเศษ (Sikora, Vora, Coury & Rosenberg, 2013)

ผลกระทบต่อสังคมและโรงเรียนของเด็กออทิสติกที่แสดงพฤติกรรมซ้ำ ๆ สามารถเห็นได้ในหลายมิติ โดยเฉพาะในด้านการเข้าร่วมกิจกรรมและการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นเรียน ได้แก่ (1) การเข้าร่วมกิจกรรมในโรงเรียน เด็กออทิสติกที่มีพฤติกรรมซ้ำ ๆ อาจพบความยากลำบากในการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การทำงานกลุ่ม หรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ต้องใช้ความยืดหยุ่นและการปรับตัว เช่น การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตามสถานการณ์ ซึ่งสามารถส่งผลต่อการเรียนรู้และการพัฒนาในสภาพแวดล้อมโรงเรียน (Traipsitthikun, 2017) (2) ความเข้าใจและการยอมรับจากเพื่อน เด็กออทิสติกที่มีพฤติกรรมซ้ำ ๆ อาจไม่ได้รับการเข้าใจจากเพื่อนหรือครู ซึ่งอาจนำไปสู่การถูกแยกตัวหรือการถูกรังแกจากเพื่อนร่วมชั้นเรียน การขาดการยอมรับในกลุ่มเพื่อนอาจทำให้เด็กออทิสติกรู้สึกโดดเดี่ยว และส่งผล

เสียต่อการพัฒนาทางสังคมของเด็ก (Phaengphomma, Yunibhand & Upasen, 2019) (3) ผลกระทบต่อการสอนและการจัดการห้องเรียน ครูและบุคลากรการศึกษาต้องใช้เวลาและความพยายามในการปรับตัวและจัดการกับพฤติกรรมที่ไม่เหมือนเด็กทั่วไป ซึ่งอาจทำให้กระบวนการเรียนการสอนมีความยากลำบากและต้องมีการปรับการสอนให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล การดูแลเด็กออทิสติกที่มีพฤติกรรมซ้ำ ๆ อาจส่งผลกระทบต่อการจัดการห้องเรียนและการดูแลเด็กคนอื่น ๆ ในห้องเรียน (Wongkittirungrueang & Cheausuwantavee, 2022)

ดังนั้น การสร้างความเข้าใจและการให้การสนับสนุนทั้งจากเพื่อน ครู และบุคลากรในโรงเรียนมีความสำคัญในการช่วยให้เด็กออทิสติกสามารถพัฒนาทักษะสังคมและการเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่

แนวทางการจัดการและสนับสนุน การให้การสนับสนุนทั้งด้านการบำบัดและการให้ความรู้แก่ครอบครัวและบุคลากรในโรงเรียนสามารถช่วยลดผลกระทบของพฤติกรรมซ้ำ ๆ ได้ การจัดการที่เหมาะสมและการให้ความเข้าใจเกี่ยวกับออทิสติกจะช่วยให้เด็กสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างเต็มที่ และลดความตึงเครียดทั้งสำหรับเด็กเอง ครอบครัว และสังคมรอบตัว ได้แก่

1. การเสริมสร้างความมั่นคง การสร้าง ตารางเวลาที่คงที่และแน่นอนและเป็นระบบช่วยลดความวิตกกังวลที่เกิดจากความไม่แน่นอน และทำให้เด็กเข้าใจสิ่งที่กำลังจะเกิดขึ้นในแต่ละวัน เช่น กำหนดเวลาเข้านอน รับประทานอาหาร หรือทำกิจกรรม การใช้ ภาพสื่อความหมาย (visual schedule) เช่น การ์ดภาพหรือไอคอนแทนกิจกรรมในตารางเวลา ช่วยให้เด็กเข้าใจและจดจำได้ง่ายขึ้นซึ่งส่งผลให้พฤติกรรมซ้ำ ๆ ลดลง การสอนทักษะทางสังคม การสอนและฝึกฝนทักษะทางสังคม เช่น การสบตา การสนทนา และการทำงานร่วมกัน สามารถช่วยให้เด็กสามารถสื่อสารและปรับตัวเข้ากับสังคมได้ดีขึ้น และลดการทำซ้ำ ๆ (Autism Speaks, 2024) การกระตุ้นทางประสาทสัมผัส การจัดหากิจกรรมหรือสิ่งของที่สามารถกระตุ้นทางประสาทสัมผัสอย่างเหมาะสม เช่น ใช้ลูกบอลสัมผัส (sensory ball) เพื่อให้เด็กบีบคลายความเครียด ผ้าห่มน้ำหนัก (weighted blanket) เพื่อช่วยให้รู้สึกมั่นคงและสงบ หรือเสียงเพลงที่ช่วยผ่อนคลาย สามารถช่วยลดพฤติกรรมซ้ำ ๆ ที่เกิดจากการขาดการกระตุ้นได้ (Centers for Disease Control and Prevention, 2024)

2. การใช้เทคนิคการบำบัด การบำบัดด้วยเทคนิคต่าง ๆ เช่น การบำบัดด้วยวิธีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม (behavioral therapy) ได้แก่ เทคนิคการปรับพฤติกรรม (applied behavior analysis) เป็นเทคนิคที่ใช้หลักการของการเสริมแรงเชิงบวก (positive reinforcement) เพื่อกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมที่เหมาะสม และลดพฤติกรรมซ้ำ ๆ หากเด็กแสดงพฤติกรรมที่ดี เช่น การรอคิว อาจให้รางวัลเป็นคำชม หรือของเล่นที่ชอบ เทคนิคการปรับพฤติกรรม (applied behavior analysis) ยังช่วยปรับปรุงทักษะด้านการสื่อสาร การแก้ปัญหา และการปรับตัว เทคนิคการบำบัดทางคามคิดและพฤติกรรม (cognitive behavioral therapy) เน้นการช่วยให้เด็กเข้าใจอารมณ์ของตนเอง และพัฒนาทักษะในการจัดการกับความวิตกกังวลหรืออารมณ์ที่ไม่พึงประสงค์

การบำบัดด้วยการเล่น (play therapy) สามารถช่วยลดพฤติกรรมซ้ำ ๆ และส่งเสริมพัฒนาการในด้านอื่น ๆ ช่วยให้เด็กแสดงออกผ่านการเล่น ซึ่งเป็นวิธีธรรมชาติในการสื่อสารความรู้สึกและความคิด เช่น การใช้หุ่นมือหรือของเล่นบทบาทสมมติในการสอนสถานการณ์ทางสังคม การใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ เช่น การวาดรูปหรือการเล่นดนตรีเพื่อให้เด็กออทิสติกปลดปล่อยพลังงานและพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา

การบำบัดทั้งสองวิธีสามารถเสริมกันได้ และควรออกแบบโปรแกรมบำบัดให้เหมาะสมกับเด็กแต่ละคน โดยการร่วมมือระหว่างนักบำบัด ครู และผู้ปกครองเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้การบำบัดมีผลลัพธ์ที่ดี (National Autistic Society, 2024; Centers for Disease Control and Prevention, 2024)

3.การนำแนวทางการจัดการที่เหมาะสมมาใช้จะช่วยให้เด็กสามารถพัฒนาทักษะและความสามารถในด้านต่าง ๆ และศักยภาพของตนเองได้สูงสุด อีกทั้งยังช่วยให้ครอบครัวและผู้ดูแลสามารถจัดการกับพฤติกรรมเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงช่วยลดความเครียดของครอบครัวและผู้ดูแล แนวทางสำคัญมีดังนี้ การจัดทำแผนการดูแลเฉพาะบุคคล (individualized plan) ได้แก่

(1) การประเมินความต้องการเฉพาะบุคคล วางแผนที่คำนึงถึงจุดแข็ง ความสนใจ และความต้องการเฉพาะของเด็ก เช่น แผนการศึกษาเฉพาะบุคคล (IEP) โดยการตั้งเป้าหมายระยะสั้นและระยะยาว และตั้งเป้าหมายที่ชัดเจน เช่น การพัฒนาทักษะการสื่อสาร หรือการลดพฤติกรรมซ้ำ ๆ (2) การสอนและฝึกทักษะที่จำเป็น ทักษะชีวิตประจำวัน เช่น การแต่งตัว รับประทานอาหาร หรือดูแลความสะอาดส่วนตัว ทักษะการสื่อสาร เช่น การใช้คำพูดหรือเครื่องมือช่วย เป็นการใช้รูปภาพ (PECS) หรืออุปกรณ์สื่อสารเสริม (AAC) การพัฒนาทักษะทางสังคม เช่น การทำงานร่วมกับผู้อื่น การแสดงอารมณ์และการแก้ปัญหา (3) การเสริมสร้างความร่วมมือระหว่างครอบครัวและผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ การให้ความรู้และอบรมครอบครัวการให้ความรู้เกี่ยวกับภาวะออทิสติกและเทคนิคการดูแล เช่น การใช้ ABA หรือการปรับพฤติกรรม เป็นสิ่งสำคัญ การสนับสนุนทางอารมณ์และเครือข่าย การสร้างเครือข่ายระหว่างครอบครัวที่มีประสบการณ์คล้ายกัน ช่วยให้ผู้ดูแลรู้สึกได้รับการสนับสนุน (4) การสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีพื้นที่ปลอดภัย สร้างมุมเงียบสงบในบ้านหรือโรงเรียนเพื่อช่วยเด็กจัดการกับอารมณ์ ปรับสภาพแวดล้อมเพื่อลดสิ่งกระตุ้นที่มากเกินไป เช่น แสงจ้าหรือเสียงดัง (5) การติดตามผลและปรับปรุงแผน การตรวจสอบความคืบหน้าและประเมินผลเป็นระยะ ๆ เพื่อปรับแผนการดูแลให้เหมาะสม (National Autistic Society, 2024)

การจัดการที่เหมาะสมจะช่วยให้เด็กออทิสติกสามารถพัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ เช่น การสื่อสาร การเข้าสังคม และการจัดการตนเอง สามารถลดพฤติกรรมซ้ำ ๆ ที่อาจรบกวนการเรียนรู้หรือชีวิตประจำวันและครอบครัวและผู้ดูแลมีความมั่นใจและสามารถรับมือกับสถานการณ์ได้ดีขึ้น

สรุป

การมีพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติกหมายถึงพฤติกรรมที่เด็กทำซ้ำ ๆ กันเป็นประจำโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือความหลากหลาย แบ่งได้เป็นสองประเภทหลัก ๆ คือ พฤติกรรมซ้ำ ๆ ทางร่างกาย และพฤติกรรมซ้ำ ๆ ทางจิตใจหรือความคิด ผู้วิจัยเสนอทฤษฎีทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติก คือ ทฤษฎีนี้เน้นที่การพัฒนาทักษะการสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นที่เด็กออทิสติกอาจมีความยากลำบาก แสดงให้เห็นว่าเด็กออทิสติกอาจมีปัญหากับการเข้าใจสัญญาณทางสังคมและการตอบสนองต่อการกระทำของผู้อื่น ซึ่งนำไปสู่พฤติกรรมซ้ำ ๆ ซึ่งรวมไปถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติก ได้แก่ (1) ความไม่มั่นคงทางอารมณ์และจิตใจ (2) การรับรู้ทางประสาทสัมผัสที่ผิดปกติ (3) การแสดงออกถึงความไม่สบายใจหรือการสื่อสาร (4) การยึดติดกับกิจวัตรและการเปลี่ยนแปลง (5) ปัญหาทางระบบประสาทและสมอง (6) การแสวงหาความรู้สึกพึงพอใจ พฤติกรรมซ้ำ ๆ ของเด็กออทิสติกสามารถมีผลกระทบต่อพัฒนาการของเด็กออทิสติก ได้แก่ อุปสรรคต่อการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของเด็กออทิสติก ผลกระทบต่อครอบครัวและผู้ปกครอง ได้แก่ ทำให้ผู้ปกครองรู้สึกเครียดและเหนื่อยล้า ผลกระทบต่อสังคมและโรงเรียน ได้แก่ เด็กออทิสติกมีความยากลำบากในการเข้าร่วมกิจกรรมที่โรงเรียน แนวทางการจัดการและสนับสนุน การให้การสนับสนุนทั้งด้านการบำบัดและการให้ความรู้แก่ครอบครัวและบุคลากรในโรงเรียนสามารถช่วยลดผลกระทบของพฤติกรรมซ้ำ ๆ ได้ การจัดการที่เหมาะสมและการให้ความเข้าใจเกี่ยวกับออทิสติกจะช่วยให้เด็กสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างเต็มที่ และลดความตึงเครียดทั้งสำหรับเด็กออทิสติกเอง ครอบครัว และสังคมรอบตัว

References

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington DC: American Psychiatric Association.

Ayres, A. J. (1972). *Sensory integration and learning disorders*. California: Western Psychological Services.

Autism Speaks. (2024). *Supporting families*. Retrieved from https://www.autismspeaks.org

Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory?. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 417-423. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2

Baron-Cohen, S. (1995). *Mindblindness: An essay on autism and theory of mind*. Massachusetts: MIT Press.

Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a "theory of mind"?. *Cognition, 21*(1), 37–46. https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90022-8

Baron-Cohen, S., & Belmonte, M. K. (2005). Autism: A window onto the development of the social and the analytic brain. *Annual Review of Neuroscience, 28*, 109–126. https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144137

Centers for Disease Control and Prevention. (2024). *Autism Spectrum Disorder (ASD): Treatment and intervention services*. Retrieved from https://www.cdc.gov/ncbddd/autism

Dey, N. E. Y., & Amponsah, B. (2020). Sources of perceived social support on resilience amongst parents raising children with special needs in Ghana. *Heliyon, 6*(11), e05569. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05569

Frith, U. (1989). *Autism: Explaining the enigma*. UK: Blackwell's

Frith, U., & Happé, F. (1994). Autism: beyond "theory of mind". *Cognition, 50*(1-3), 115–132. https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)90024-8

Harrop, C., McConachie, H., Emsley, R., Leadbitter, K., Green, J., & PACT Consortium. (2014). Restricted and repetitive behaviors in autism spectrum disorders and typical development: Cross-sectional and longitudinal comparisons. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 44*(5), 1207–1219. https://doi.org/10.1007/s10803-013-1986-5

Grandin, T. (2006). *Thinking in pictures: My life with autism*. London: Vintage Books.

Grandin, T. (2020, September 5). Why we need to embrace the strengths of autism. *Psychology Today.* https://www.psychologytoday.com/articles/why-we-need-to-embrace-the-strengths-of-autism

Gray, C., & Garand, J. D. (1991). Social stories: Improving responses of children with autism with accurate social information. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 21*(3), 233-242. https://carolgraysocialstories.com/wp-content/uploads/2015/10/Social-Stories-Improving-Responses-of-Students-with-Autism-with-Accurate-Social-Information.pdf

Hiranyatheb, T. (2018). In between the dark and the light: Autistic identities in Elizabeth Moon's the speed of dark. *Journal of Letters, 47*(1), 227-284. https://digital.car.chula.ac.th/jletters/vol47/iss1/6 (in Thai)

Hongkittiyanon, T., & Thumthong, B. (2021). Attention deficit hyperactivity disorder in students: The role of teachers and guidelines for helping in schools. *The Journal of Psychiatric Nursing and Mental Health, 35*(2), 154-170. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/JPNMH/article/view/252012/172603 (in Thai)

Jacob, C. I., Avram, E., Cojocaru, D., & Podina, I. R. (2020). Resilience in familial caregivers of children with developmental disabilities: A meta-analysis. *Journal of autism and developmental disorders,* 50(11), 4053–4068. https://doi.org/10.1007/s10803-020-04473-9

Jandaeng, B., Kosolkittiamporn, S., & Kenaphoom, S. (2019). Behavioral science research conceptual framework. *Journal of Interdisciplinary Research: Graduate Studies, 8*(1), 49-60. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3334895 (in Thai)

Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child, 2*(3), 217-250. http://simonsfoundation.s3.amazonaws.com/share/071207-leo-kanner-autistic-affective-contact.pdf

Klin, A., & Volkmar, F. R. (2003). *Asperger syndrome: A guide for parents and professionals*. New York: Guilford Press.

Langen, M., Durston, S., Kas, M. J., van Engeland, H., & Staal, W. G. (2011). The neurobiology of repetitive behavior: And men. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 35*(3), 356–365. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.02.005

National Autistic Society. (2024). *Strategies and interventions*. Retrieved from https://www.autism.org.uk

Nitithammanusorn, P., Mitranun, C., & Viboonpattanawong, K. (2021). The development of social skill of children with autism spectrum disorder using board game and prompting. *Journal of Somdet Chaopraya Institute of Psychiatry, 15*(1), 49–61. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/journalsomdetchaopraya/article/view/244491 (in Thai)

Paengkumhag, C., Limpornchitwilai, W., Boonsri, N., Supaluk, S., Ruangdaraganon, N., Chamnongthai, K., & Kaewkamnerdpong, B. (2022). Personal and social development game for children with autism. *Rajanukul Journal, 34*(1), 30-43. https://he03.tci-thaijo.org/index.php/RJJ/article/view/398/503 (in Thai)

Phaengphomma, A., Yunibhand, I., & Upasen, A. (2019). The effect of behavior therapy with family involvement on aggressive behavior of autistic children. *The Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing, 33*(2), 91–104. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/JPNMH/article/view/212255/147224 (in Thai)

Pradujphongpetch, J., Phoommisittiporn, A., Changpinit, S., Jaingam, S., & Sudwan, P. (2022). Imitation training in children with autism. *Journal of Ratchasuda Institute for Research and Development of Persons with Disabilities, 18*(1), 142–158. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/RSjournal/article/view/261676 (in Thai)

Rehab, G. (2024). The importance of routine in managing autism. Retrieved from https://www.goldstarrehab.com/the-importance-of-routine-in-managing-autism.

Saengsawang, T., Utairatanakit, D., Oggungwal, O., Locharoenrat, W., & Tondeaw, A. (2021). Executive function behavioral profiles analisis of students with autistism spectrum disorder. Journal of Research and Development, 10(1), 109-122. https://ejournals.swu.ac.th/index.php/rise/article/view/13416/11105 (in Thai)

Sarris, M. (2012). *Behaviors that puzzle: Repetitive motions and obsessive interests in autism.* Retrieved from https://www.kennedykrieger.org/stories/interactive-autism-network-ian/repetitive_motions_and_obsessions

Sikora, D. M., Vora, P., Coury, D. L., & Rosenberg, D. (2012). Attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms, adaptive functioning, and quality of life in children with autism spectrum disorder. *Pediatrics, 130*(Suppl 2), S91–S97. https://doi.org/10.1542/peds.2012-0900G

Siriratrekha, T. (2020). *Autism (autistic disorder)*. Retrieved from https://th.rajanukul.go.th/preview-4005.html (in Thai)

Suppasri, J., Nukaew, O., & Suttharangsee, W. (2016). The effect of a family psychoeducation program for children with autism on the burden of caregivers: A preliminary study. *The Southern College Network Journal of Nursing and Public Health, 4*(Suppl), 96–243. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/scnet/article/view/84871/68617 (in Thai)

Tachanchai, N. (2023). *Autism ASD*. Retrieved from https://www.medparkhospital.com/disease-and-treatment/autism-spectrum-disorder (in Thai)

Traipsitthikun, W. (2017). *The relationship between family factors and behaviors of autistic children with mild symptoms at Yuwaprasat Wittayopatham Hospital* (Master's thesis). Chulalongkorn University. (in Thai)

Ubali, R. (2021). *A study of the results of using social stories through animated cartoons to develop the waiting skills of children with autism at the early childhood level*. Retrieved from http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1919/1/gs621130204.pdf (in Thai)

Wing, L., & Gould, J. (1979). Severe impairments of social interaction and associated abnormalities in children: Epidemiology and classification. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 9*(1), 11–29. https://doi.org/10.1007/BF01531288

Wongkittirungrueang, S., & Cheausuwantavee, T. (2023). How important is the transition for students with autism?. *Journal of Early Childhood Education Management, 4*(1), 35–52. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/ECEM/article/view/261164 (in Thai)

การศึกษาแพลตฟอร์มสำหรับนักพัฒนาไอโอที
Study of a Platform for Internet of Things Developers

สุคนธ์ทิพย์ ทินาภรณ์[1] และธัชกร อ่อนบุญเอื้อ[1]*
Sukontip Tinapron[1] and Thatchakon Onboonuea[1]*
[1]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[1]School of Information Technology, Eastern Asia University
*Corresponding author: tossapon@eau.ac.th
Received: November 28, 2024
Revised: January 14, 2025
Accepted: January 20, 2025

บทคัดย่อ

แพลตฟอร์ม Internet of Things--IoT หรือนักพัฒนาระบบนิยมเรียกเป็นชื่อผลิตภัณฑ์ ได้แก่ NETPIE ThingSpeak และ Blynk เป็นต้น โดยบทความนี้ได้แบ่งแพลตฟอร์มออกเป็น 3 ประเภทตามกลุ่มลักษณะการให้บริการและการติดตั้ง ได้แก่ (1) แบบ Cloud-based IoT Platform เป็นระบบที่มีการเชื่อมต่อระบบกับอุปกรณ์ไอโอทีผ่านอินเทอร์เน็ตโดยตรง ให้บริการแพลตฟอร์มที่ทำงานบนระบบคลาวด์ (2) แบบ On-premises IoT Platform เป็นระบบที่มีการติดตั้งและทำงานบนเซิร์ฟเวอร์ภายในองค์กร (3) แบบ Hybrid IoT Platform เป็นระบบผสมผสานการทำงานระหว่าง 2 แบบมีการใช้ระบบคลาวด์สำหรับฟังก์ชันที่ต้องการความยืดหยุ่น และใช้ระบบ On-premises สำหรับการจัดเก็บข้อมูลหรือการประมวลผลข้อมูล โดยแพลตฟอร์มทั้ง 3 ประเภท ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบ ดังนั้น บทความนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแพลตฟอร์มที่นิยมใช้กันแพร่หลายในประเทศไทย เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา รวมถึงค่าใช้จ่ายในแต่ละแพลตฟอร์ม สำหรับการใช้งานที่เหมาะสม

คำสำคัญ: แพลตฟอร์ม ไอโอที คลาวด์เบสไอโอที ออนพรีมิสไอโอที ไฮบริดไอโอที

Abstract

The Internet of Things--IoT platforms, commonly referred to by developers as product names such as NETPIE, ThingSpeak, and Blynk, are categorized in this article into three types based on their service delivery and system installation characteristics. These categories are: 1. Cloud-based IoT Platform: A system that directly connects IoT devices via the internet and operates on cloud-based platforms. 2. On-premises IoT Platform: A system installed and operated on servers within the organization. 3. Hybrid IoT Platform: A system that integrates the functionality of both types, using cloud services for flexible functionalities and on-premises systems for data storage or processing. These three types of platforms serve as intermediaries for data exchange between devices in the system. Therefore, the purpose of this article is to study widely used IoT platforms in Thailand, comparing their advantages, disadvantages, programming languages used, and costs to determine the most suitable platform for specific use cases.

Keywords: platform, IoT, cloud-based IoT, on-premises IoT, hybrid IoT

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีส่วนในการดำเนินชีวิตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ สอดคล้องกับรัฐบาลที่สนับสนุนในการขับเคลื่อนประเทศ ตามแผนพัฒนารัฐบาลดิจิทัลของประเทศไทย พ.ศ. 2566–2570 ว่าด้วย เน้นการบริหารงานภาครัฐและการจัดทำบริการสาธารณะในรูปแบบและช่องทางดิจิทัลที่มีความสะดวก รวดเร็ว มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อการให้บริการ อำนวยความสะดวกแก่ประชาชน เปลี่ยนผ่านสู่การเป็นรัฐบาลดิจิทัล บนพื้นฐานความมั่นคงปลอดภัย โดยสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล จัดทำแผนพัฒนาดิจิทัลตามแผนแม่บท ยุทธศาสตร์ที่ 3 ว่าด้วย การสร้างโอกาสใหม่กระจายความเจริญอย่างเท่าเทียม มุ่งพัฒนาเมืองอัฉริยะและการพัฒนาแพลตฟอร์มข้อมูลเมือง สนับสนุนให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมบริการ Data Platform รองรับความต้องการของพื้นที่ City data platform as a service เป็นโซลูชันในการแก้ปัญหาการจัดเก็บข้อมูล และการบริหารจัดการข้อมูลเมือง (Digital Govement Department, 2024) การใช้ชีวิตในยุคดิจิทัลปัจจุบัน อาศัยเทคโนโลยี Internet of Things-IoT หรือ “อินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง” กลายเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว อาศัยการทำงานด้วยการเชื่อมโยงอุปกรณ์ เครื่องมือ และระบบต่าง ๆ เข้าด้วยกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเพิ่มมูลค่าและประสิทธิภาพได้อย่างมหาศาล โดยแพลตฟอร์มเป็นตัวกลางในการติดต่อ ระหว่างมนุษย์กับเทคโนโลยี ดังนั้น แพลตฟอร์มสำหรับนักพัฒนาไอโอที ถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาและจัดการโซลูชันไอโอที แพลตฟอร์มมีบทบาทสำคัญในการช่วยให้นักพัฒนาสามารถสร้างระบบไอโอที ได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย ในการจัดการอุปกรณ์ (device management) การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล (data analytics) หรือการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ

ดังนั้น การศึกษาแพลตฟอร์มไอโอที จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักพัฒนา เนื่องจากช่วยให้นักพัฒนาสามารถเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมต่อความต้องการพัฒนาระบบและสามารถนำเครื่องมือที่มีในท้องตลาดไปใช้ในการพัฒนาระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันมีงานวิจัยและพัฒนาการทำงานด้วยระบบไอโอทีหลากหลายแพลตฟอร์ม เช่น งานวิจัยอุปกรณ์วัดค่าฝุ่น PM 2.5 แบบเคลื่อนที่ ใช้งานแพลตฟอร์ม การรับค่า การส่งค่าด้วย IFTTT ผ่าน Http มีการนำค่าที่รับไปเก็บใน Google Sheet (Phirunkham, Meepoo, Polamat & Suwannaraj, 2022) และงาน

วิจัยการพัฒนาต้นแบบระบบการตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้ไอโอที และ RFID กล่าวถึง แพลตฟอร์ม การรับค่าการส่งค่าผ่านระบบคลาวด์ด้วย UTC-SAMS (Stirankura, Mitsongkraw & Witchayalart, 2021)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สถาปัตยกรรมไอโอที

สถาปัตยกรรม IoT–Internet of Things Architecture คือ โครงสร้างหรือรูปแบบที่ช่วยจัดการระบบไอโอทีให้ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วยการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ เครือข่าย และการประมวลผลข้อมูล สถาปัตยกรรมไอโอที แบ่งออกเป็น 3-5 ชั้น (layers) หลักเพื่อความชัดเจนและง่ายต่อการจัดการ แต่ละชั้น (Layers) มีการทำงานและองค์ประกอบดังนี้

1. ชั้นการรับรู้ (perception layer) เป็นชั้นที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้รับข้อมูล จากสภาพแวดล้อมประกอบด้วย เซนเซอร์ (Sensors) ใช้ตรวจจับข้อมูล อุปกรณ์รับส่งข้อมูล (actuators) ใช้ควบคุมหรือสั่งการ RFID/NFCใช้ตรวจจับสัญญาณการส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ

2. ชั้นเครือข่าย (network layer) เป็นชั้นที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูล จากชั้นการรับรู้ไปยังระบบประมวลผลหรือฐานข้อมูล ประกอบด้วย โปรโตคอลการเชื่อมต่อ เช่น MQTT CoAP HTTP หรือ LoRaWAN เทคโนโลยีการสื่อสาร เช่น Wi-Fi Bluetooth ZigBee 5G หรือ Ethernet เป็นการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ผ่าน Wi-Fi ไปยังคลาวด์

3. ชั้นการประมวลผล (processing layer) เป็นชั้นที่ทำหน้าที่ประมวลผล วิเคราะห์ และจัดการข้อมูลที่ได้รับ จากอุปกรณ์ไอโอที ประกอบด้วย Edge Computing ประมวลผลข้อมูลใกล้กับจุดที่เกิดข้อมูล เช่น เกตเวย์ Cloud Computing ประมวลผลข้อมูลบนคลาวด์ที่มีทรัพยากรขนาดใหญ่ AI/ML Integration ใช้ AI/ML ในการวิเคราะห์ข้อมูลและคาดการณ์

4. ชั้นแอปพลิเคชัน (application layer) เป็นชั้นที่ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้ให้สามารถเข้าถึงและควบคุมระบบไอโอที ผ่านแอปพลิเคชัน ประกอบด้วย แดชบอร์ด (Dashboards) แสดงผลข้อมูลและสถานะของอุปกรณ์ API Integration สำหรับการเชื่อมต่อกับระบบอื่น ๆ Mobile/Web Apps อินเทอร์เฟสที่ใช้งานผ่านมือถือหรือเว็บไซต์

5. ชั้นความปลอดภัย (security layer) เป็นชั้นที่ทำหน้าที่ดูแลเรื่องความปลอดภัยของข้อมูลและระบบ ซึ่งเป็นส่วนเพิ่มเติมนอกเหนือจากระบบไอโอที ทั่วไป ประกอบด้วย Data Encryption การเข้ารหัสข้อมูลระหว่างการส่ง Authentication การยืนยันตัวตนผู้ใช้งานและอุปกรณ์ Access Control ควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงระบบ เป็นการตั้งรหัสผ่านสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไอโอที

ความหมายของแพลตฟอร์มไอโอที

แพลตฟอร์มไอโอที หมายถึง ระบบหรือโครงสร้างที่ช่วยในการเชื่อมต่อ จัดการ และประมวลผลข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ไอโอทีต่าง ๆ กับเครือข่ายและบริการที่เกี่ยวข้อง เช่น การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ และการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแพลตฟอร์มไอโอที ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างฮาร์ดแวร์กับแอปพลิเคชัน หรือระบบที่ใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์ต่าง ๆ เนื่องจากความต้องการในเทคโนโลยีไอโอที ที่เพิ่มขึ้นทั้งในภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรม ส่งผลให้ในปัจจุบันผู้ให้บริการแพลตฟอร์มไอโอที มีจำนวนสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (MarketsandMarkets, 2020) เป็นการให้บริการแบบฟรี และแบบให้บริการเชิงพาณิชย์ ซึ่งแต่ละแบบมีจุดเด่น จุดด้อยที่แตกต่างกัน นักพัฒนาควรเลือกใช้บริการให้เหมาะสมกับงานและความต้องการอย่างแท้จริง

ประเภทของแพลตฟอร์มไอโอที

การจัดประเภทของไอโอที สามารถแบ่งการจัดกลุ่มได้หลากหลาย เช่น แบ่งตามลักษณะการใช้งาน แบ่งตามระบบการทำงาน และผู้เขียนได้รวบรวมและจัดกลุ่มแบ่งตามลักษณะการติดตั้งและการให้บริการ สามารถแบ่ง

ประเภทหลัก ๆ 3 ประเภทตามวิธีการติดตั้งและการให้บริการ ดังนี้

1. Cloud-based IoT Platform เป็นแพลตฟอร์มที่ให้บริการผ่านระบบคลาวด์ โดยข้อมูลและการประมวลผลทั้งหมดจะดำเนินการบนเซิร์ฟเวอร์ของผู้ให้บริการคลาวด์ เช่น AWS IoT Core Google Cloud IoT หรือ Microsoft Azure IoT Hub ข้อดีของแพลตฟอร์มประเภทนี้ คือ ติดตั้งและใช้งานได้ง่าย ไม่ต้องลงทุนในฮาร์ดแวร์ รองรับการขยายตัวของระบบได้ดี และมีบริการเสริมต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูล AI/ML และระบบความปลอดภัย อย่างไรก็ตาม ก็มีข้อเสียคือ ต้องพึ่งพาการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต และค่าใช้จ่ายอาจเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้งาน แพลตฟอร์มประเภทนี้เหมาะสำหรับองค์กรที่ต้องการความยืดหยุ่นในการขยายตัว หรือโครงการที่เริ่มต้นใหม่

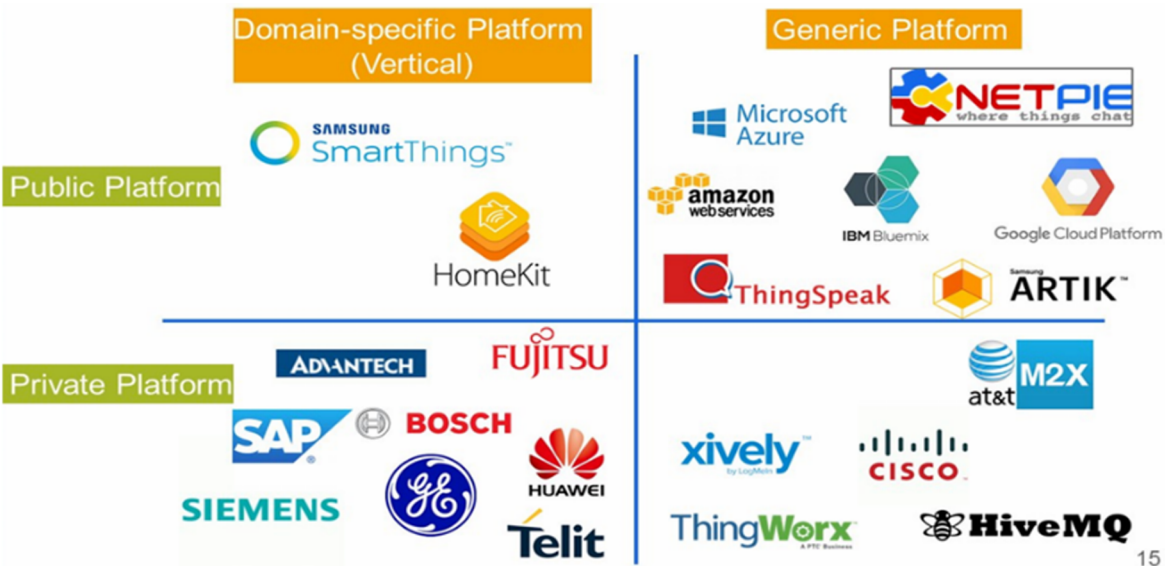
2. On-premises IoT Platform เป็นแพลตฟอร์มที่ติดตั้งและดำเนินการภายในองค์กร โดยใช้เซิร์ฟเวอร์ของตัวเอง เช่น ThingsBoard (self-hosted) และ Kaa IoT ข้อดีของแพลตฟอร์มประเภทนี้ คือ สามารถควบคุมข้อมูลและระบบทั้งหมดได้ 100% ไม่มีค่าใช้จ่ายรายเดือนจากผู้ให้บริการคลาวด์ และมีความปลอดภัยสูงเนื่องจากข้อมูลไม่ออกไปภายนอก แต่ก็มีข้อเสียคือ ต้องลงทุนในฮาร์ดแวร์และทีมงานเพื่อดูแลระบบ รวมถึงการขยายระบบก็ยากเมื่อเทียบกับแบบคลาวด์ แพลตฟอร์มประเภทนี้เหมาะสำหรับองค์กรที่มีทรัพยากรเพียงพอและต้องการความปลอดภัยสูง เช่น ธุรกิจที่เกี่ยวกับสุขภาพหรือการเงิน

3. Hybrid IoT Platform เป็นแพลตฟอร์มที่มีการผสมผสานระหว่างแบบ Cloud-based และ On-premises โดยบางส่วนของระบบทำงานบนคลาวด์ และบางส่วนทำงานบนเซิร์ฟเวอร์ภายในองค์กร ข้อดีของแพลตฟอร์มประเภทนี้ คือ มีความยืดหยุ่นสูง เพราะสามารถเลือกใช้ทรัพยากรใดในระบบใดได้ รองรับการประมวลผลข้อมูลในพื้นที่ที่ต้องการความเร็วสูง (edge computing) และลดความเสี่ยงจากการพึ่งพาคลาวด์อย่างเดียว แต่ข้อเสีย คือ การตั้งค่าและการบำรุงรักษาซับซ้อนกว่าแบบอื่น และค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และคลาวด์ แพลตฟอร์มแบบนี้เหมาะสำหรับองค์กรที่ต้องการความสมดุลระหว่างการควบคุมข้อมูลภายในและการขยายระบบในอนาคต

ตาราง 1

เปรียบเทียบประเภทแพลตฟอร์มไอโอที

ประเภท	แพลตฟอร์มไอโอที	ข้อดี	ข้อเสีย
Cloud-based	- AWS IoT Core (Amazon) - Google Cloud IoT - Microsoft Azure IoT Hub - Huawei IoT Platform	- มีความยืดหยุ่น - ติดตั้งง่าย - รองรับการขยายตัว	- ค่าใช้จ่ายสูงตามการใช้งาน - พึ่งพาอินเทอร์เน็ต
On-premises	- ThingWorx (PTC) - IBM Watson - Siemens	- ควบคุมข้อมูลได้เต็มที่ - ความปลอดภัยสูง	- ต้นทุนสูง - ขยายตัวได้ยาก
Hybrid	- Bosch IoT Suite - SAP Leonardo IoT - IBM Watson IoT	- ยืดหยุ่น -รองรับ Edge Computing	- ซับซ้อนในการดูแล - ค่าใช้จ่ายสูง



ภาพ 1 การจัดประเภทของแพลตฟอร์มไอโอที

Note. From 'Internet of Things Platform–an essential foundation for creating digital innovation", by P. Pongpaibool, A. Niruntasukrat and K. Meesublak, 2020, *Journal of Digital Communications, 4*(4), 269–287. Copyright by The National Broadcasting and Telecommunications Commission

องค์ประกอบของแพลตฟอร์มไอโอที

แพลตฟอร์มไอโอที มีบทบาทในการลดความซับซ้อนของการพัฒนาโซลูชันไอโอที และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูล รองรับการขยายตัวของระบบในอนาคต โดยแพลตฟอร์มเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับผู้พัฒนาที่ต้องการสร้างระบบที่มีความเสถียรและยืดหยุ่นในการใช้งาน องค์ประกอบพื้นฐานแพลตฟอร์ม ซึ่งผู้เขียนสรุปออกเป็น 7 ส่วน แต่สำหรับบางแพลตฟอร์มที่ใช้อาจจะไม่ครบทั้ง 7 ส่วนก็ได้ เนื่องจากงบประมาณ และความต้องการของหน่วยงาน องค์ประกอบของแพลตฟอร์มประกอบด้วย

1. การจัดการอุปกรณ์ (device management) ฟังก์ชันสำหรับการลงทะเบียน ควบคุม และติดตามสถานะของอุปกรณ์ รองรับการอัปเดตเฟิร์มแวร์ (Firmware) และการตรวจสอบความปลอดภัยของอุปกรณ์

2. การเชื่อมต่อ (connectivity) รองรับโพรโทคอลการสื่อสารต่าง ๆ เช่น MQTT HTTP CoAP หรือ LoRaWAN ช่วยให้การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์และเซิร์ฟเวอร์มีความเสถียรและปลอดภัย

3. การจัดเก็บข้อมูล (data storage) ระบบที่จัดเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ไอโอที เช่น ข้อมูลจากเซนเซอร์ หรือการบันทึกเหตุการณ์ รองรับการจัดเก็บแบบเรียลไทม์หรือการจัดเก็บระยะยาว

4. การประมวลผลข้อมูล (data processing) เครื่องมือที่ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์หรือข้อมูลที่เก็บไว้รองรับการสร้างเหตุการณ์หรือการแจ้งเตือนอัตโนมัติตามข้อมูลที่ได้รับ

5. การรักษาความปลอดภัย (security) มีระบบรักษาความปลอดภัย เช่น การเข้ารหัสข้อมูล (data encryption) การตรวจสอบตัวตน (authentication) และการควบคุมการเข้าถึง (access control)

6. อินเทอร์เฟซการใช้งาน (User Interface--UI) เครื่องมือหรือแดชบอร์ดที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลวิเคราะห์ หรือควบคุมอุปกรณ์ไอโอทีได้ง่าย

7. การผสานระบบ (integration) รองรับการเชื่อมต่อกับบริการหรือแอปพลิเคชันอื่น เช่น การเชื่อมต่อกับ Cloud Services หรือระบบ AI

ลักษณะการทำงานของแพลตฟอร์มไอโอที

การทำงานของแพลตฟอร์ม ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการเชื่อมต่อ รวบรวม ประมวลผล และแสดงผลข้อมูลจากอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงและควบคุมระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผ่านการทำงานของส่วนประกอบหลักต่าง ๆ ดังนี้

1. อุปกรณ์ไอโอที (IoT sevices/sensors) เป็นจุดเริ่มต้นของระบบ ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูล เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะ หรืออุปกรณ์ทางอุตสาหกรรม

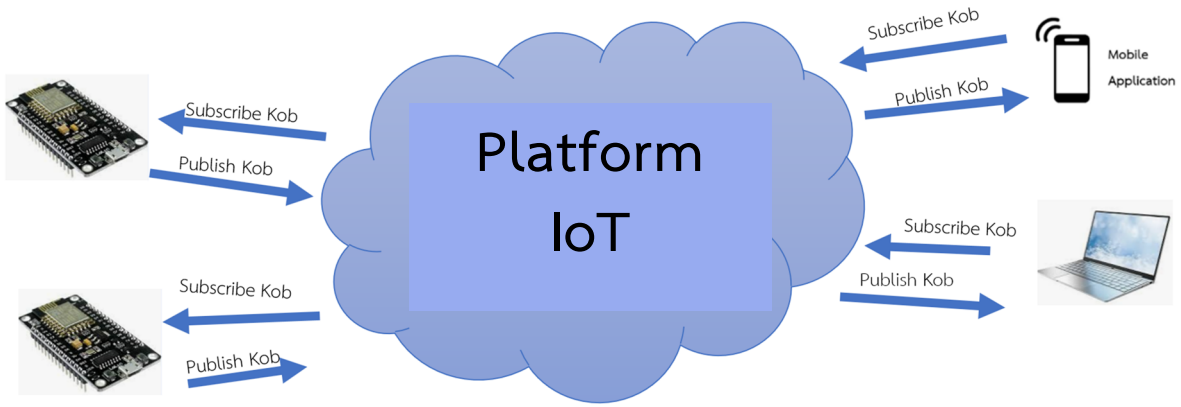
2. การเชื่อมต่อ (connectivity) ใช้เครือข่ายต่าง ๆ ในการส่งข้อมูล เช่น Wi-Fi Bluetooth Zigbee LoRa หรือเครือข่ายมือถือ (4G/5G)

3. เกตเวย์หรือการประมวลผลขอบ (gateway/edge computing) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นหรือกรองข้อมูลก่อนส่งไปยังคลาวด์

4. แพลตฟอร์มคลาวด์ (Cloud IoT Platform) เป็นศูนย์กลางสำหรับจัดเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และประมวลผล เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ และการบริหารจัดการอุปกรณ์

5. อินเทอร์เฟซผู้ใช้ (User Interface) เป็นช่องทางให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูล เช่น แอปพลิเคชันบนมือถือหรือแดชบอร์ดสำหรับควบคุมและตรวจสอบระบบ

ปัจจุบันมีผู้ให้บริการแพลตฟอร์มไอโอที มีเป็นจำนวนมาก ข้อมูลที่พบมากกว่า 450 รายทั่วโลก (IoT Analytics, 2015, 2016, 2017; MacNation, 2016) โดยรูปแบบการให้บริการแพลตฟอร์มมีทั้งแบบฟรีและเชิงพาณิชย์ สำหรับรูปแบบของแพลตฟอร์มจะปรับเปลี่ยนตามลักษณะการให้บริการ บทความนี้จะเป็นการกล่าวถึงแพลตฟอร์มไอโอที สำหรับเชื่อมต่อและให้บริการที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย และมีรูปแบบการให้การให้บริการแบบใดบ้าง เพื่อให้นักพัฒนาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาระบบได้ในอนาคต ดังภาพที่ 2



ภาพ 2 การเชื่อมต่อสื่อสารผ่านแพลตฟอร์มไอโอที

ตาราง 2

แพลตฟอร์มไอโอทีในประเทศไทยที่ได้รับความนิยม

แพลตฟอร์ม	จุดเด่น	จุดด้อย	กลุ่มผู้ใช้งาน	เหมาะสำหรับ
AWS IoT Core	- ฟังก์ชันการทำงานครบ เช่น การจัดการอุปกรณ์ ความปลอดภัยสูง การวิเคราะห์ข้อมูลไอโอที	- ค่าใช้จ่ายสูง	- องค์กร - วิศวกรไอโอที - ธุรกิจขนาดใหญ่	- องค์กรขนาดใหญ่ - โครงการไอโอทีระดับองค์กร

ตาราง 2 (ต่อ)

แพลตฟอร์ม	จุดเด่น	จุดด้อย	กลุ่มผู้ใช้งาน	เหมาะสำหรับ
Microsoft Azure IoT Hub	- มีการจัดการอุปกรณ์จำนวนมาก - เชื่อมต่อ Microsoft Ecosystem ได้ง่าย	การตั้งค่าเริ่มต้นของระบบซับซ้อนสำหรับผู้เริ่มใช้งาน	- องค์กร - นักพัฒนาไอโอที - วิศวกรระบบ	ธุรกิจที่ใช้ Microsoft Infrastructure
ThingsBoard	- เป็น Open Source - ปรับแต่งง่าย - ไม่มีค่าใช้จ่ายในเวอร์ชันพื้นฐาน	ต้องมีทักษะการดูแลเซิร์ฟเวอร์	โครงการไอโอทีขนาดเล็กถึงกลาง	- นักพัฒนา - ธุรกิจขนาดเล็ก
Netpie	- พัฒนาโดยคนไทย - ใช้งานง่าย - รองรับโครงการขนาดเล็ก	- ฟังก์ชันการทำงานจำกัด ไม่เหมาะกับโครงการขนาดใหญ่ - ขยายระบบยาก	- นักศึกษา - ผู้เริ่มต้น - นักพัฒนาไทย	- นักพัฒนา - นักศึกษาในประเทศไทย
Tencent Cloud IoT Explorer	- ฟังก์ชันการทำงานอุปกรณ์เหมาะสมกับราคา - อินเทอร์เฟซใช้งานง่าย	การสนับสนุนภาษาไทยอาจจำกัด	ผู้พัฒนาแอปพลิเคชันไอโอที	- นักพัฒนา - ธุรกิจขนาดกลาง
Huawei Cloud IoT	- ราคาเหมาะสม - รองรับโครงการไอโอที ในภูมิภาคเอเชีย	ฟังก์ชันการทำงานบางอย่างไม่ครอบคลุมการทำงาน	องค์กรในภูมิภาคเอเชีย	- ธุรกิจในเชีย - ทีมงานด้านเทคโนโลยี
IBM Watson IoT	- มี AI ผสานการทำงานไอโอที - วิเคราะห์ข้อมูลไอโอทีอย่างละเอียด	- ค่าใช้จ่ายสูง - การตั้งค่าเริ่มต้นซับซ้อน	โครงการไอโอที ที่ต้องการ AI	- นักพัฒนา AI - ธุรกิจที่ใช้ไอโอทีชั้นสูง
Particle	- การจัดการอุปกรณ์ Plug-and-Play - มีเครื่องมือครบวงจรสำหรับไอโอที	อาจมีข้อจำกัดในระบบขนาดใหญ่	- ผู้เริ่มต้น - นักพัฒนาโครงการขนาดเล็ก	- นักพัฒนาไอโอที - Hobbyist
Adafruit IO	- เหมาะสำหรับโปรเจกต์ Hobbyist - ใช้งานง่าย - มีเอกสารแนะนำ	ฟังก์ชันการทำงานจำกัดในโครงการขนาดใหญ่	- ผู้เริ่มต้นโครงการ	- นักพัฒนา - นักทดลอง - ผู้เริ่มต้น
ThingSpeak	- ใช้งานง่าย - เชื่อมต่อกับ MATLAB ได้ - วิเคราะห์ข้อมูลไอโอที แบบเรียลไทม์	ฟังก์ชันการทำงานจำกัดสำหรับโครงการขนาดใหญ่	- นักศึกษา - ผู้เริ่มต้น - โครงการทดลอง	- นักวิจัย - นักศึกษา - Hobbyist
Blink (Blynk)	- แอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับควบคุมไอโอที - มีเครื่องมือ GUI ที่ใช้งานง่าย	ฟังก์ชันการทำงานขั้นสูงอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม	โครงการที่ต้องการควบคุมผ่านแอปมือถือ	- ผู้ใช้งานทั่วไป - นักพัฒนาไอโอที

ตาราง 3

รูปแบบการให้บริการฟรีของแพลตฟอร์มไอโอที ในประเทศไทย

แพลตฟอร์ม	รายละเอียดการให้บริการฟรี	ข้อจำกัดของการให้บริการ
Netpie	ให้ใช้งานฟรีสำหรับนักพัฒนาและโครงการขนาดเล็ก	- จำกัดจำนวนอุปกรณ์และการเชื่อมต่อ - ไม่เหมาะสำหรับโครงการขนาดใหญ่
ThingSpeak	ให้บริการฟรีสำหรับการส่งข้อมูล 3 ล้านข้อความต่อปี (ประมาณ 8,200 ข้อความต่อวัน)	จำกัดจำนวนช่อง (Channels) และอัตราการส่งข้อมูล (Data Rate)
ThingsBoard	เป็น Open Source สามารถดาวน์โหลดมาติดตั้งบนเซิร์ฟเวอร์ส่วนตัวได้	ต้องดูแลเซิร์ฟเวอร์เอง อาจมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในด้านฮาร์ดแวร์และการบำรุงรักษา
Adafruit IO	ให้บริการฟรีสำหรับผู้ใช้ทั่วไป (ส่งข้อมูลได้ 30 ข้อความ/นาที)	จำกัดจำนวนฟีดข้อมูล (Feeds) และอัตราการส่งข้อมูล (Data Rate)
Blink (Blynk)	ใช้งานฟรีในระดับพื้นฐาน (จำนวนอุปกรณ์และ Widget จำกัด)	หากต้องการฟังก์ชันการทำงานเพิ่มเติมหรือควบคุมอุปกรณ์มากขึ้น อาจต้องเสียค่าใช้จ่าย
AWS IoT Core	ฟรี 2.5 แสนข้อความ/เดือน และ 50 อุปกรณ์ในปีแรก	หลังจากครบ 1 ปี จะมีค่าใช้จ่ายตามการใช้งาน
Google Cloud IoT	ฟรี 256 MB ของข้อความที่จัดเก็บใน Pub/Sub ต่อเดือน	จำกัดพื้นที่จัดเก็บข้อมูล อาจมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมหากเกินโควต้าฟรี
Microsoft Azure IoT Hub	ให้ใช้งานฟรี 8,000 ข้อความต่อวัน (ระดับ S1 ฟรี)	จำกัดจำนวนอุปกรณ์และจำนวนข้อความต่อวัน

ตาราง 4

เปรียบเทียบแพลตฟอร์มไอโอทีที่รองรับกับภาษาในการพัฒนาระบบ

แพลตฟอร์ม รองรับภาษา	NETPIE 2020	AWS IoT	ThinkSpeak	Blynk
C++#	✓	✓		✓
Embedded C	✓			
Node.js	✓		✓	
JavaScript	✓	✓		✓
Java	✓			
.NET	✓			
Python	✓	✓	✓	✓
Ruby	✓		✓	
PHP	✓			
Go	✓			

ตาราง 4 (ต่อ)

แพลตฟอร์ม รองรับภาษา	NETPIE 2020	AWS IoT	ThinkSpeak	Blynk
Audroid	✓			
Swift	✓			
Fust	✓			
Node-Red	✓	✓		✓
REST API		✓	✓	✓

Note. From "Internet of Things Platform–an essential foundation for creating digital innovation", by P. Pongpaibool, A. Niruntasukrat and K. Meesublak, 2020, *Journal of Digital Communications, 4*(4), 269–287. Copyright by The National Broadcasting and Telecommunications Commission

ตาราง 5

เปรียบเทียบการใช้งานแพลตฟอร์มจากการทำงานด้านต่าง ๆ

แพลตฟอร์ม ไอโอทีรูปแบบการเชื่อมต่อ	**เรื่อง**	**หลักการทำงาน**	**ตัวควบคุม**	**ฐานข้อมูล**	**การประเมินประสิทธิภาพ**	**ผลที่ได้**
ThinkSpeak Internet	การพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Deecharoenchitpong & Tortrakul, 2019)	การส่งแสงเลเซอร์ฉายแสงผ่านอนุภาคฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศ	Node MCU ESP8266	Cloud storage	Black Box Testing โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ผู้ใช้งานทั่วไป 31 ท่าน	วัดค่าทางสถิติ
BlynkSimple WiFi	ระบบรดน้ำ ใส่ปุ๋ย และพ่นยาฆ่าแมลงอัตโนมัติสำหรับแปลงกุหลาบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อีเอสพี 8266 และบลิ้งค์ ไอโอที แพลตฟอร์ม (Natchasit, Chatchawan & Pranote, 2023)	การเชื่อมต่อระหว่างบลิ้งค์เซิร์ฟเวอร์กับอีเอสพี 2866 และเขียนโปรแกรม Arduino รับส่งข้อมูล	Node MCU ESP8266	Cloud storage	ระบบช่วยลดระยะเวลาการทำงานได้ถึง 52%	ระบบการทำงานอัตโนมัติ
Blynk Application	การประยุกต์ใช้ระบบตรวจวัดเพื่อควบคุมฝุ่นในพื้นที่ก่อสร้างโดยใช้เทคโนโลยีไอโอที อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Prapankun & Jotisankasa, 2020)	การส่งแสงเลเซอร์ฉายแสงผ่านอนุภาคฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศ	Node MCU ESP8266	Cloud storage	ตรวจวัดจากอุปกรณ์ Dust sensor	สามารถลดฝุ่นผ่านการสั่งให้มีการพ่นน้ำแบบหมอก

ตาราง 5 (ต่อ)

แพลตฟอร์มไอโอทีรูปแบบการเชื่อมต่อ	เรื่อง	หลักการทำงาน	ตัวควบคุม	ฐานข้อมูล	การประเมินประสิทธิภาพ	ผลที่ได้
IFTTT Internet	อุปกรณ์วัดค่าฝุ่น PM2.5 แบบเคลื่อนที่ (Phirunkham, Meepoo, Polamat. & Suwannaraj, 2022)	การส่งแสงเลเซอร์ฉายแสงผ่านอนุภาคฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศ	ESP-32	Google sheet	ตรวจวัดจากอุปกรณ์ Dust sensor	ประเมินความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพการใช้งาน
Think Speak	ระบบรดน้ำ ใส่ปุ๋ย และพ่นยาฆ่าแมลงอัตโนมัติสำหรับแปลงกุหลาบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อีเอสพี 8266 และบลิ้งค์ ไอโอทีแพลตฟอร์ม (Natchasit, Chatchawan & Pranote, 2023)	การเชื่อมต่อระหว่างบลิ้งค์เซิร์ฟเวอร์กับอีเอสพี 2866 และเขียนโปรแกรม Arduino รับส่งข้อมูล	Node MCU ESP8266	Cloud storage	ระบบช่วยลดระยะเวลาการทำงานได้ถึง 52%	ระบบการทำงานอัตโนมัติ
Blynk Application	การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่ใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองและแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน (Champa, 2022)	การส่งแสงเลเซอร์ฉายแสงผ่านอนุภาคฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศ	Node MCU ESP8266	Cloud storage	ตรวจวัดจากอุปกรณ์ Dust sensor เทียบกับยี่ห้อ Turnkey รุ่น Osiris	วัดค่าที่ได้จากอุปกรณ์เปรียบเทียบกับเซนเซอร์ที่วัดจริง

บทสรุป

จากการศึกษาแพลตฟอร์มสำหรับนักพัฒนาไอโอทีในบทความวิชาการฉบับนี้ จะเห็นหลักการทำงานและองค์ประกอบที่สำคัญของระบบ โดยแพลตฟอร์มจะเป็นตัวกลางในการ รับ-ส่ง ข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ และการทำงานตามคำสั่งที่มีการร้องขอผ่านระบบ ซึ่งมีตัวควบคุมการเชื่อมต่อ WIFI และอินเทอร์เน็ต ซึ่งนิยมใช้ 3 ตัว คือ Node MCU ESP-8266, ESP-32 และ Raspberry Pi Pico การจัดเก็บข้อมูลผ่าน Cloud storage ผ่านแพลตฟอร์มต่าง ๆ ดังกล่าวเพื่อให้สามารถทำงานตามที่สั่งได้

สำหรับผู้เริ่มต้นและนักพัฒนามือใหม่ ควรเลือกแพลตฟอร์มที่ใช้งานง่าย มีค่าใช้จ่ายน้อยหรือฟรีกับฟังก์ชันการทำงานหลักที่ใช้งาน สามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรมภาษาที่ใช้กันอย่างแพร่หลายของนักพัฒนา ได้แก่ Arduino IDE หรือ Thonny IDE เป็นต้น มีหน้าอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่าย รองรับ MQTT โพรโทคอลสำหรับการรับส่งข้อมูล มีแดชบอร์ดสำหรับแสดงผลข้อมูลทั้งในรูปแบบของตารางและกราฟ มีฐานข้อมูลในการเก็บข้อมูลที่ส่งมาจากเซนเซอร์ได้แบบเรียลไทม์ และเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ การเลือกแพลตฟอร์มที่เหมาะสมจะส่งผลให้สามารถพัฒนาผลงานได้อย่างรวดเร็ว และสามารถพัฒนาไปสู่แพลตฟอร์มที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ในอนาคต

References

Champa, L. (2022). Development of PM2.5 dust meter using dust sensor and notifying via application. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University, 24*(2), 48-55. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/sci_ubu/article/view/252872/174369 (in Thai)

Deecharoenchitpong, J., & Tortrakul, P. (2019).The development of dust detection and warning system prototypes by Internet of Things. *Journal of Science and Technology Thonburi University, 3*(1), 34-43. https://app.northbkk.ac.th/research_/themes/downloads/abstract/1600326989_abstract.pdf (in Thai)

Digital Govement Department. (2024). *Digital government development plan of Thailand (2023-2027)*. Retrieved from https://www.dga.or.th/policy-standard/policy-regulation/dga-019/dga-027/dg-plan-2566-2570/ (in Thai)

IoT Analytics. (2015). *IoT platforms the central backbone for the Internet of Things*. Retrieved from https://iot-analytics.com/product/iot-platforms-white-paper/.

IoT Analytics. (2016). *IoT platforms: Market report 2015-2021*. Retrieved from https://www.ptc.com/en/internet-of-things/analyst-reports.

IoT Analytics. (2017). *IoT platform comparison: How the 450 providers stack up*. Retrieved from https://iot-analytics.com/iot-platform-comparison-how-providers-stack-up/.

Kongtip, T., Kaweekitprasert, A., Jitkamnungsuk, S., & Phakakoew, T. (2021). Web application development for air purifier control with internet of things. *The 13th National Conference Phuket Rajabhat University: Multidisciplinary Integration for Local Development* (pp. 1-13). Phuket: Rajabhat University (in Thai)

Natchasit, C., Chatchawan, T., & Pranote, P. (2023). Automatic water, fertilizer and insecticide dispenser system for rose garden using ESP8266 and Blynk IoT Platform. *RMUTL Engineering Journal, 8*(2), 30-41. https://doi.org/10.14456/rmutlengj.2023.10 (in Thai)

National Electronics and Computer Technology Center. (2024). *Temperature and humidity monitoring system in server room using IoT*. Retrieved from https://NETPIE.io/tutorials

Phirunkham, T., Meepoo, P., Polamat, S., & Suwannaraj, K. (2022). Mobile PM 2.5 dust measure. *The 13th Hatyai National and International Conference* (pp. 530-541). Songkla: Hatyai University. (in Thai)

Pongpaibool, P., Niruntasukrat, A., & Meesublak, K (2020). Internet of Things Platform–An essential foundation for creating digital innovation. *Journal of Digital Communications, 4*(4), 269–287. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/NBTC_Journal/article/view/244767 (in Thai)

Prapankun, A., & Jotisankasa, A. (2020). Application of measurement system for dust control in construction site using IoT (Internet of Things) Technology. *The 58th Kasetsart University Annual Conference* (pp. 352-361). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Rattananimit, W. (2020). Development PM2.5 dust monitoring system on cloud with PMS7003. The 12th National Conference Nakorn Pathom Rajabhat University (pp. 435-442). Nakorn Pathom: Nakorn Pathom Rajabhat University. (in Thai)

Stirankura, R., Mitsongkraw, P., & Witchayalart. A. (2021). Development of student attendance monitoring system prototype using IoT and RFID. *Journal of Technology Management Rajabhat Maha Sarakham University, 8*(2), 34-47. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/itm-journal/article/view/244088/166666 (in Thai)

ลิกนิน: โครงสร้าง คุณสมบัติ และการประยุกต์ใช้เพื่อสิ่งแวดล้อม
Lignin: Structure Properties and Its Application for Environmental

ฐาปกรณ์ คำหอมกุล[1] และสุธาสินี ผากา[1]*
Thapakorn Kumhomkul[1] and Sutasinee Paka[1]*
[1]คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[1]School of Public Health, Eastern Asia University
*Corresponding author: sutasinee@eau.ac.th
Received: November 29, 2024
Revised: February 6, 2025
Accepted: February 11, 2025

บทคัดย่อ

ลิกนินเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ (biopolymer) ที่พบในผนังเซลล์พืช ลิกนินมีโครงสร้างที่ซับซ้อนและมีกลุ่มฟังก์ชันที่หลากหลาย ซึ่งส่งให้คุณสมบัติของลิกนินมีความโดดเด่นและสามารถทำปฏิกิริยากับสารเคมีได้หลายชนิด ลิกนินจึงถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทางเลือกสำหรับแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมและการขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ลิกนินในการกำจัดสารมลพิษที่ปนเปื้อนในน้ำและดิน ลิกนินได้รับการพัฒนาเป็นถ่านกัมมันต์สำหรับดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของปัญหาโลกร้อน ลิกนินถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นวัสดุทางการแพทย์และวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น สารต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา แคปซูลสำหรับบรรจุยา และพลาสติกชีวภาพ นอกจากนี้การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากลิกนินแสดงให้เห็นว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง สำหรับความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้ลิกนินเป็นวัสดุทดแทน พบว่า มีแนวโน้มต้นทุนการผลิตจะสูงขึ้นมากกว่าการใช้วัสดุแบบเดิม เนื่องมาจากข้อจำกัดเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตและความเข้าใจในโครงสร้างและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลิกนิน อย่างไรก็ตามทั่วโลกจะให้ความสนใจลิกนินมากขึ้น แต่การใช้งานในปัจจุบันเน้นไปที่การผลิตพลังงานผ่านการเผาไหม้เป็นหลัก ดังนั้นความท้าทายหลักจึงอยู่ที่การปรับปรุงคุณสมบัติเชิงโครงสร้างของลิกนินให้เหมาะสมและเพิ่มคุณภาพควบคู่ไปกับการพัฒนาวิธีการสกัดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อรองรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม การพัฒนาการใช้ลิกนินในลักษณะดังกล่าวสามารถช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้อย่างมาก

คำสำคัญ: ลิกนิน พอลิเมอร์ชีวภาพ การบำบัดมลพิษ วัสดุชีวภาพ อนุภาคนาโนลิกนิน

Abstract

Lignin is a biopolymer found in plant cell walls and has a complex structure and a variety of functional groups, resulting in lignin's distinctive properties and ability to react with many chemicals. Therefore, lignin has been used as an alternative material to resolve environmental problems and natural resource shortages, for instance lignin can be used to remove pollutants contaminating water and soil. Lignin has been developed into activated carbon to absorb greenhouse gases that contribute to global warming. Lignin is used as a raw material for manufacturing medical materials and environmentally friendly materials, for example antibacterial and antifungal substrates, capsules for medicine packaging, and bioplastic. In addition, life cycle assessments of lignin-based products show that greenhouse gas emissions are reduced. Studies on the economic feasibility of using lignin as an alternative material indicate that the production costs tend to be higher than using traditional materials due to limitations in production technology and understanding the structure and the morphological characteristics of lignin. However, lignin has gained attention worldwide, with current uses focused mainly on energy production through combustion. The main challenges include optimizing the structural properties of lignin and increasing its quality, alongside developing environmentally friendly extraction methods for industrial applications. Such development of lignin utilization can significantly help conserve natural resources and reduce environmental impacts in the long term.

Keywords: lignin, biopolymer, pollution control, biomaterials, lignin nanoparticles

บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์กำลังเผชิญกับปัญหาสิ่งแวดล้อมและการขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติอย่างรุนแรงและแพร่กระจายไปเป็นวงกว้าง ซึ่งสาเหตุของปัญหาเกิดมาจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม และจำนวนประชากร ทำให้ความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลและทรัพยากรธรรมชาติสูงเกินกว่าความสามารถในการฟื้นฟู ส่งผลให้เกิดปัญหาขยะ มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ภาวะโลกร้อน และการเสื่อมโทรมของระบบนิเวศ (Khan et al., 2024; Liu et al., 2021) จึงเป็นภัยคุกคามต่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติ และคุณภาพชีวิตของประชากร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องค้นหาและพัฒนาทรัพยากรหมุนเวียนที่สามารถประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบ สามารถย่อยสลายได้ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งหนึ่งในตัวเลือกที่น่าสนใจ คือ ลิกนิน (Lignin)

ลิกนินเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างพืช โดยมีปริมาณอยู่ที่ร้อยละ 10 ถึง 40 ของมวลแห้งของชีวมวลลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulosic biomass) (Chen et al., 2023) ลิกนินมีบทบาทสำคัญต่อพืชในด้านการสร้างความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์และช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำ ลิกนินเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่พบมากเป็นอันดับสอง รองลงมาจากเซลลูโลส (Cellulose) ซึ่งลิกนินสามารถกำเนิดได้เองในพืชตามธรรมชาติ และเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม และเศษชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟาง ซังข้าวโพด และเศษไม้ การผลิตลิกนินจากอุตสาหกรรมกระดาษและเยื่อกระดาษอยู่ที่ 50 ถึง 70 ล้านตันต่อปี และมีการคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2030 ปริมาณการผลิตลิกนินทั่วโลกจะสูงขึ้นถึง 225 ล้านตันต่อปี อย่างไรก็ตามลิกนินร้อยละ 5 ของปริมาณลิกนินทั้งหมดเท่านั้นที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่นที่ไม่ใช่การเผาเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง (Agustiany et al., 2022;

Chen et al., 2023) จึงเป็นการใช้ทรัพยากรที่ไม่คุ้มค่า เนื่องจากลิกนินมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ คือ ทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำปฏิกิริยากับสารเคมีได้หลายประเภท มีความเสถียรต่อความร้อนสูง ไม่ละลายน้ำ และต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ (Liu et al., 2021) โดยคุณสมบัติของลิกนินเกิดขึ้นมาจากโครงสร้างของลิกนินที่มีความซับซ้อนและมีกลุ่มฟังก์ชันที่หลากหลาย ลิกนินจึงสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายด้าน เช่น การพัฒนาเป็นวัสดุคอมโพสิตชีวภาพ (bio composite) พลาสติกชีวภาพ (bioplastics) และบรรจุภัณฑ์ที่สามารถต้านอนุมูลอิสระ การประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ในการพัฒนาเป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา การใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มยาเพื่อขนส่งไปยังเนื้อเยื่อเป้าหมาย และการใช้ในการตรวจจับสารทางชีวภาพรวมถึงการเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตพลังงานชีวภาพที่ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล นอกจากนี้ลิกนินยังมีบทบาทสำคัญในเทคโนโลยีการบำบัดสารมลพิษที่ปนเปื้อนในดิน น้ำ และอากาศ เช่น การใช้อนุภาคนาโนลิกนินในการกำจัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำและดิน การพัฒนาถ่านกัมมันต์จากลิกนินเป็นตัวดักจับก๊าซเรือนกระจก และการใช้ลิกนินเป็นตัวปรับปรุงและฟื้นฟูดินที่เสื่อมโทรม (Agustiany et al., 2022; Khan et al., 2024; Sajjadi, Ahmadpoor, Nasrollahzadeh, & Ghafuri, 2021; Solihat et al., 2020)

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ในการรวมรวบและนำเสนอภาพรวมเกี่ยวกับแหล่งกำเนิด โครงสร้าง ประเภท และคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของลิกนิน รวมถึงการนำลิกนินไปใช้ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

แหล่งกำเนิดของลิกนิน

แหล่งกำเนิดของลิกนินสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ และแหล่งกำเนิดจากกระบวนการอุตสาหกรรม ลิกนินที่มาจากแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ คือ ลิกนินที่อยู่ในชีวมวลของพืชและเศษชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร ลิกนินเป็นส่วนประกอบหลักลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulosic) ในผนังเซลล์ของพืช โดยส่วนใหญ่ลิกนินจับตัวอยู่กับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ซึ่งปริมาณของลิกนินในพืชแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ลักษณะเนื้อเยื่อ และระยะการพัฒนา เช่น ต้นสัก (*Tectona grandis*) ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นพบว่า มีลิกนินอยู่ที่ร้อยละ 30 ถึง 45 ต้นกล้วย (*Musa acuminate*) จัดเป็นไม้ล้มลุกพบว่ามีลิกนินอยู่ที่ร้อยละ 10 ถึง 25 และต้นอ้อยักษ์ (*Arundo donax*) จัดเป็นพืชจำพวกหญ้าพบว่า มีลิกนินร้อยละ 15 ถึง 20 นอกจากนี้ในปัจจุบันมีการนำเศษชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตลิกนินเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเศษชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางแกลบ และตอซัง มีปริมาณลิกโนเซลลูโลสสูงถึงร้อยละ 80 ซึ่งการนำเศษชีวมวลทางการเกษตรเหลือทิ้งมาใช้ผลิตลิกนินเป็นการใช้ของเสียให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับแหล่งกำเนิดลิกนินจากกระบวนการอุตสาหกรรม คือ ลิกนินที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โดยแหล่งกำเนิดหลักของลิกนินในเชิงพาณิชย์ คือ อุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ ประเภทและลักษณะของลิกนินจะแตกต่างกันไปตามกระบวนการผลิต เช่น คราฟท์ลิกนิน (Kraft lignin) คือ ลิกนินที่เกิดจากการผลิตเยื่อกระดาษคราฟท์ และลิกโนซัลโฟเนต คือ ลิกนินที่เกิดจากกระบวนการผลิตเยื่อด้วยซัลไฟต์ นอกจากนี้ยังมีลิกนินจากผลพลอยได้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมผลิตเอทานอล และโรงงานผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งแหล่งกำเนิดลิกนินส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้างและองค์ประกอบของลิกนิน (More et.al., 2021; Sharma & Kumar, 2020; Vasile & Baican, 2023)

โครงสร้างลิกนิน

ลิกนินมีสูตรโมเลกุล คือ $C_{10}H_{12}O_4$ ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นฟีนิลโพรพานอยด์ (Phenylpropanoid) โครงสร้างของลิกนินเกิดจากการเชื่อมโยงกันด้วยพันธะเอสเทอร์และพันธะเดี่ยวระหว่างคาร์บอนของมอนอเมอร์ ส่งผลให้ลิกนินมีโครงสร้างที่ซับซ้อนและเสถียร มอนอเมอร์หลักของลิกนินมี 3 ชนิด ได้แก่ พี-ไฮดรอกซีฟีนิล (p-hydroxyphenyl) กัวอิอาซิล (Guaiacyl) และไซริงจิล (Syringyl) ซึ่งเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพโดยใช้ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization) จากมอนอเมอร์เริ่มต้น 3 ชนิด ได้แก่ พารา-คูมาริล แอลกอฮอล์ (p-coumaryl alcohol) คอนิเฟอริล แอลกอฮอล์ (Coniferyl alcohol) และซินาพิล แอลกอฮอล์ (Sinapyl alcohol) อย่างไรก็ตามลิกนิน

ของพืชแต่ละประเภทมีสัดส่วนของมอนอเมอร์ทั้ง 3 ชนิดที่แตกต่างกัน ลิกนินของพืชในกลุ่มไม้เนื้ออ่อนองค์ประกอบส่วนใหญ่จะเป็นกัวอิอาซิล (ร้อยละ 95) และไม่พบว่ามีไซริงจิล ลิกนินของหญ้าพบมอนอเมอร์ได้ทั้ง 3 ประเภท แต่ส่วนใหญ่เป็นไซริงจิล นอกจากนี้โครงสร้างของลิกนินประกอบด้วยกลุ่มฟังก์ชันต่าง ๆ เช่น เมทอกซิล ฟีนอกลิกไฮดรอกซิล อะลิฟาติกไฮดรอกซิล อีเธอร์ และกลุ่มคาร์บอนิล (Bertella & Luterbacher, 2020; Sharma & Kumar, 2020; Shi, Liu, Sun & Weng, 2023; Vasile & Baican, 2023) ด้วยความพิเศษของโครงสร้างลิกนินนี้จึงทำให้นักวิจัยสนใจและศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบของลิกนินในพืชแต่ละชนิด เช่น โครงสร้างลิกนินของต้นสนนอร์เวย์ (*Picea abies*) พบว่า องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกัวอิอาซิลและมีพี-ไฮดรอกซีฟีนิลอยู่เล็กน้อย โดยสัดส่วนของกัวอิอาซิลต่อพี-ไฮดรอกซีฟีนิลอยู่ที่ 86:14 และลิกนินของต้นยูคาลิปตัส (*Eucalyptus globulus*) พบว่า มอนอเมอร์ได้ทั้ง 3 ชนิด โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่จะเป็นไซริงจิล สำหรับโครงสร้างของลิกนินในซังข้าวโพดและฟางข้าวสาลีสามารถพบมอนอเมอร์ได้ทั้ง 3 ชนิด โดยมอนอเมอร์ที่มีสัดส่วนน้อยที่สุด คือ พี-ไฮดรอกซีฟีนิล ส่วนกัวอิอาซิลและไซริงจิลมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน (Djajadi et al., 2018; Neiva et al., 2020) จะเห็นได้ว่าปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อโครงสร้างของลิกนิน คือ แหล่งกำเนิดของลิกนิน นอกจากนี้แหล่งกำเนิดของลิกนินยังส่งผลให้ประเภทของลิกนินที่เกิดขึ้นแตกต่างกันอีกด้วย

ประเภทของลิกนิน

การจำแนกลิกนินสามารถใช้เกณฑ์ในการจำแนกได้หลายแบบ เช่น การใช้แหล่งกำเนิดเป็นเกณฑ์จะแบ่งลิกนินออกเป็น 3 ประเภท คือ ลิกนินจากไม้เนื้อแข็ง ลิกนินจากไม้เนื้ออ่อน และลิกนินจากไม้ล้มลุกหรือหญ้า โดยในบทความนี้จะอธิบายประเภทลิกนินตามกระบวนการสกัดลิกนิน ซึ่งสามารถจำแนกลิกนินออกเป็น 2 ประเภท คือ ลิกนินที่สกัดด้วยกำมะถัน และลิกนินที่ไม่มีการสกัดด้วยกำมะถัน (Torres et al., 2020) มีรายละเอียด ดังนี้

ลิกนินที่สกัดด้วยกำมะถัน

ลิกนินในกลุ่มนี้มีใช้สารเคมีที่มีองค์ประกอบของกำมะถันในการสกัดลิกนินออกจากวัตถุดิบ โดยสารเคมีที่นิยมใช้ คือ โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate--Na_2SO_4) และกรดซัลฟิวรัส (Sulfurous acid--H_2SO_3) โดยสามารถจำแนกลิกนิน ออกเป็น 2 ประเภท คือ คราฟท์ลิกนิน และลิกโนซัลโฟเนต มีรายละเอียด ดังนี้

1) คราฟท์ลิกนิน เป็นลิกนินที่ถูกผลิตมากที่สุด (คิดเป็นร้อยละ 85 ของลิกนินที่ถูกผลิตทั่วโลก) เมื่อเปรียบเทียบกับลิกนินประเภทอื่น ซึ่งคราฟท์ลิกนินเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษคราฟท์ โดยกระบวนการคราฟท์จะใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมซัลไฟด์ร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมซัลเฟต ภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและความดันอากาศ ซึ่งส่งผลให้ลิกนินเกิดการละลายอยู่ในตัวทำละลายกลายเป็นของเหลวสีดำ สำหรับการแยกลิกนินออกจากสารละลายจะทำการตกตะกอนโดยการปรับค่า pH ด้วยกรดซัลฟิวริก (More et.al., 2021; Lisý et al., 2022; Torres et al., 2020)

2) ลิกโนซัลโฟเนต เป็นลิกนินที่เป็นผลพลอยได้มาจากกระบวนการผลิตเยื่อไม้ด้วยซัลไฟต์ ซึ่งเกิดการสลายพันธะโพลีแซ็กคาไรด์ โดยใช้สารละลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กรดซัลฟิวริก และสารที่ให้ไอออนประจุบวก (เช่น โซเดียม แคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม) กระบวนการสกัดลิกโนซัลโฟเนตออกจากสารละลายสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์ การแยกไอออน และการไดอะไลซีส ซึ่งข้อดีของลิกโนซัลโฟเนต คือ สามารถละลายน้ำได้และค่อนข้างเสถียร (Lisý et al., 2022)

ลิกนินที่ไม่ได้สกัดด้วยกำมะถัน

ลิกนินในกลุ่มนี้ไม่มีการใช้สารเคมีที่มีกำมะถันในการสกัด ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ โซดาลิกนินและลิกนินออร์แกโนโซล มีรายละเอียด ดังนี้

1) โซดาลิกนิน เป็นลิกนินที่แยกได้จากการทำเยื่อโซดา ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ทำเยื่อไม้ในยุคเริ่มแรก สำหรับในปัจจุบันนิยมนำมาใช้กับเศษชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ชานอ้อย ฟาง และปอแก้ว กระบวนการผลิตเยื่อโซดาจะใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยา

กับชีวมวลในเครื่องปฏิกรณ์ที่มีแรงดันที่อุณหภูมิ 150 ถึง 170 องศาเซลเซียส และอาจมีการใช้สารเร่งปฏิกิริยา ซึ่งลิกนินที่ได้จะมีความบริสุทธิ์สูง แต่ให้ผลผลิตน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการคราฟท์ (Karagoz et al., 2024; Lisý et al., 2022; Torres et al., 2020)

2) ลิกนินออร์แกโนโซล เป็นลิกนินที่ผลิตจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เมทานอล เอทานอล และอะซิโตน ซึ่งลิกนินที่ได้จะมีคุณภาพสูงและสามารถละลายน้ำได้ แต่ต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการผลิตวิธีอื่น โดยกระบวนการแยกชีวมวลจะใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ผสมน้ำในถังปฏิกรณ์ควบคุมความดันอากาศและใช้อุณหภูมิสูง กระบวนการแยกลิกนินออกจากสารละลายจะใช้วิธีการกลั่นและการตกตะกอน (Karagoz et al., 2024; Lisý et al., 2022; Torres et al., 2020)

นอกจากประเภทลิกนินที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีลิกนินอีกหลายประเภทที่ถูกปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบการใช้งาน รวมไปถึงการใช้ตัวทำละลายที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในการสกัดลิกนิน เช่น ของเหลวไอออนิก (Ionic liquid) และตัวทำละลายยูเทกติก (Eutectic solvent) (Torres et al., 2020) โดยตัวอย่างลิกนินประเภทอื่น ๆ มีดังนี้

1) ลิกนินไบโอรีไฟเนอรี (Biorefinery lignin) คือ ลิกนินที่แยกได้จากชีวมวลในกระบวนการผลิตของโรงงานกลั่นชีวมวล (More et.al., 2021)

2) ลิกนินไพโรไลซีส (Pyrolysis lignin) เป็นลิกนินที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซีสที่เปลี่ยนแปลงชีวมวลด้วยอุณหภูมิสูงภายใต้บรรยากาศเฉื่อยในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด ลิกนินจะละลายอยู่ในไบโอออยล์ ซึ่งสามารถแยกลิกนินได้โดยการนำไบโอออยล์ไปกวนผสมในน้ำที่เย็นจัด (Karagoz et al., 2024; Torres et al., 2020)

3) ลิกนินไฮโดรไลซิส (Hydrolysis lignin) เป็นลิกนินที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำตาลและเอทานอลด้วยชีวมวล (เช่น ข้าวโพด และอ้อย) จะทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยกรด ส่งผลให้ลิกนินจะตกตะกอนอยู่ในสารละลาย จุดเด่นของลิกนินไฮโดรไลซิส คือ มีความเสถียรทางความร้อนสูง (Karagoz et al., 2024; Torres et al., 2020)

4) ลิกนินของเหลวไอออนิก (Ionic liquid lignin) เป็นลิกนินที่ถูกสกัดด้วยของเหลวไอออนิก (เช่น 1-ethyl-3-methylimidazolium lysinate และ triethylammonium hydrogen sulfate) ออกจากสารชีวมวล ซึ่งข้อดีของการผลิตลิกนินด้วยวิธีนี้ คือ ใช้พลังงานต่ำ สามารถนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ได้ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Lu & Gu, 2022)

5) อนุภาคนาโนลิกนิน (Nanolignin) คือ ลิกนินที่ถูกสังเคราะห์ให้มีขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตรด้วยวิธีการทางกลและทางเคมี เช่น การตกตะกอนด้วยตัวทำละลาย และอิเล็กโตรสปินนิง (Electrospinning) อนุภาคนาโนลิกนินมีศักยภาพและถูกนำไปใช้ในหลายวัตถุประสงค์ เช่น ต้านอนุมูลอิสระ กันความร้อนและการกัดกร่อน และเสริมความแข็งแรงให้กับวัสดุ (Zhang, Terrasson & Guénin, 2021)

คุณสมบัติของลิกนิน

ลิกนินโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม และสามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่มีความเป็นด่าง (Pandian, Ramalingam, Sreeram & Rao, 2021) อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของลิกนินแตกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิด ประเภท และวิธีที่นำมาใช้ในการสกัดลิกนิน (Agustiany et al., 2022) ซึ่งสามารถจำแนกคุณสมบัติของลิกนินได้เป็น 3 ประเภท คือ ทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพ

1) น้ำหนักโมเลกุล (molecular weight) มีค่าอยู่ในช่วง 10,000 ถึง 60,000 ดาลตัน อย่างไรก็ตามน้ำหนักโมเลกุลของลิกนินขึ้นอยู่กับประเภทของพืชและวิธีการสกัดของลิกนิน ลิกนินของไม้เนื้ออ่อนมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 20,000 ดาลตัน ในขณะที่ส่วนใหญ่ลิกนินของไม้เนื้อแข็งจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่น้อยกว่า เช่น คราฟท์ลิกนิน (Kraft lignin) ของไม้เนื้ออ่อนพบว่ามีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ที่ 3,490 กรัมต่อโมล ในขณะที่คราฟท์ลิกนินของไม้เนื้อแข็งอยู่ที่ 1,000 กรัมต่อโมล (Casimiro, Costa, Vega-Aguilar & Rodrigues, 2022; Kai, Chow, & Loh, 2018 ; Sharma & Kumar, 2020)

2) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density) มีค่าอยู่ในช่วง 1.35 ถึง 1.50 โดยใช้น้ำเป็นสารอ้างอิงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สำหรับปัจจัยที่ส่งผลให้ความหนาแน่นสัมพันธ์ของลิกนินแตกต่างกัน ได้แก่ ชนิดของพืช วิธีการสกัดลิกนิน และสารละลายที่นำมาใช้เป็นสารอ้างอิง (Damayanti, Wulandari & Wu, 2020; Sharma & Kumar, 2020; Wang et al., 2020)

3) ความสามารถในการดูดซับน้ำ (water absorption) ต่ำ เนื่องจากลิกนินมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic properties) โดยโครงสร้างส่วนใหญ่ของลิกนินประกอบด้วยส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic structure) ได้แก่ พอลิเมอร์อะโรมาติก (Hydrophobic Aromatic Polymer) และกลุ่มฟังก์ชันที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic functional groups) จึงส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับน้ำของลิกนินต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่เป็นโพลีแซ็กคาไรด์ที่ชอบน้ำ (Hydrophilic Polysaccharides) อย่างไรก็ตามลิกนินที่ถูกดัดแปลงโครงสร้างโดยการเติมกลุ่มฟังก์ชันชอบน้ำ (hydrophilic functional groups) เช่น กลุ่มเมทิลีนซัลโฟเนต (Methylene Sulphonate Groups) ซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น (Kai et al., 2018; Lisý et al., 2022; Liu et al., 2021; Verdini et al., 2022)

4) ความทนทานต่อความร้อน (thermal resistance) สูง เนื่องจากลิกนินมีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยพอลิเมอร์อะโรมาติกและเชื่อมโยงกันด้วยพันธะเอสเทอร์และพันธะเดี่ยวระหว่างคาร์บอน นอกจากนี้ประเภทของลิกนินยังส่งผลต่อความทนทานต่อความร้อน โดยลิกนินของไม้เนื้ออ่อนจะมีความเสถียรทางความร้อนมากกว่าลิกนินของไม้เนื้อแข็ง อุณหภูมิที่ทำให้ลิกนินเกิดการสลายตัวอยู่ในช่วง 200 ถึง 500 องศาเซลเซียส ซึ่งลิกนินจะเริ่มสลายตัวในช่วงอุณหภูมิ 200 ถึง 275 องศาเซลเซียส และกระบวนการสลายตัวหลักจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส สำหรับค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature--Tg) ของลิกนินจะแตกต่างกันไปตามประเภทของลิกนินและวิธีการเตรียมวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งค่า Tg ของลิกนินจะอยู่ในช่วง 91 ถึง 174 องศาเซลเซียส (ตาราง 1) นอกจากนี้ลิกนินสามารถเปลี่ยนสภาพเป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 80 ถึง 200 องศาเซลเซียส สำหรับค่าที่เกี่ยวข้องกับความร้อนอื่น ๆ ได้แก่ ค่าความร้อน (heating value) ของลิกนินอยู่ในช่วง 15 ถึง 20 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ค่าการนำความร้อน (thermal conductivity) อยู่ที่ 0.20 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ค่าการแพร่ความร้อน (thermal diffusivity) อยู่ที่ 0.17 ตารางมิลลิเมตรต่อวินาที และความจุความร้อนเชิงปริมาตร (volumetric heat capacity) อยู่ที่ 1.16 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร-เคลวิน (Boquera et.al., 2021; Börcsök & Pásztory, 2020; Kai et al., 2018; Sharma & Kumar, 2020; Vasile & Baican, 2023)

5) ความสามารถในการดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลตหรือรังสียูวี (Ultraviolet absorption--UV) สูง เนื่องจากมีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยวงแหวนอะโรมาติกและกลุ่มฟังก์ชันที่มีความสามารถในการดูดซับรังสียูวี เช่น กลุ่มเมทอกซี กลุ่มคาร์บอนิล และกลุ่มฟีนอลิก รวมไปถึงพันธะคู่คอนจูเกตในลิกนิน ลิกนินสามารถดูดซับรังสียูวีที่ช่วงความยาวคลื่น 250 ถึง 400 นาโนเมตร อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของโครงสร้างพบว่า แต่ละส่วนจะมีความสามารถในการดูดซับรังสียูวีที่แตกต่างกัน เช่น กัวอิอาซิลดูดซับรังสียูวีที่ความยาวคลื่น 280 ถึง 282 นาโนเมตร ไซริงจิลดูดซับรังสียูวีที่ความยาวคลื่น 270 ถึง 273 นาโนเมตร และวงแหวนอะโรมาติกดูดซับรังสียูวีที่ความยาวคลื่น 200 ถึง 320 นาโนเมตร (Zhang & Naebe, 2021)

6) ความสามารถในการละลาย (solubility) การละลายน้ำของลิกนินตามธรรมชาติต่ำ แต่ละลายได้ดีในสารละลายที่มีสภาวะเป็นด่าง (alkali conditions) เนื่องจากเกิดการแตกตัวของกลุ่มฟีนอลิกไฮดรอกซิลและคาร์บอกซิล อย่างไรก็ตามความสามารถในการละลายจะแตกต่างกันไปตามประเภทของลิกนินและวิธีการสกัด เช่น ลิกนินออร์แกโนโซล (Organosolv) สามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่มีขั้วสูง เช่น เมทานอล เอทานอล และอะซิโตน ในขณะที่ลิกโนซัลโฟเนต (Lignosulfonate) สามารถละลายได้ทั้งในสารละลายด่างเจือจาง น้ำ และสารละลายเกลือ (Kai et al., 2018; Sharma & Kumar, 2020; Wang et al., 2020)

ตาราง 1

ค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้วของลิกนินแต่ละประเภท

ประเภทของลิกนิน	ค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้ว (องศาเซลเซียส)
Milled wood lignin (MWL)	113-139
Angiosperm (hardwood)	110-130
Gymnosperm (softwood)	138-160
Organosolv	91-97
Kraft	124-174

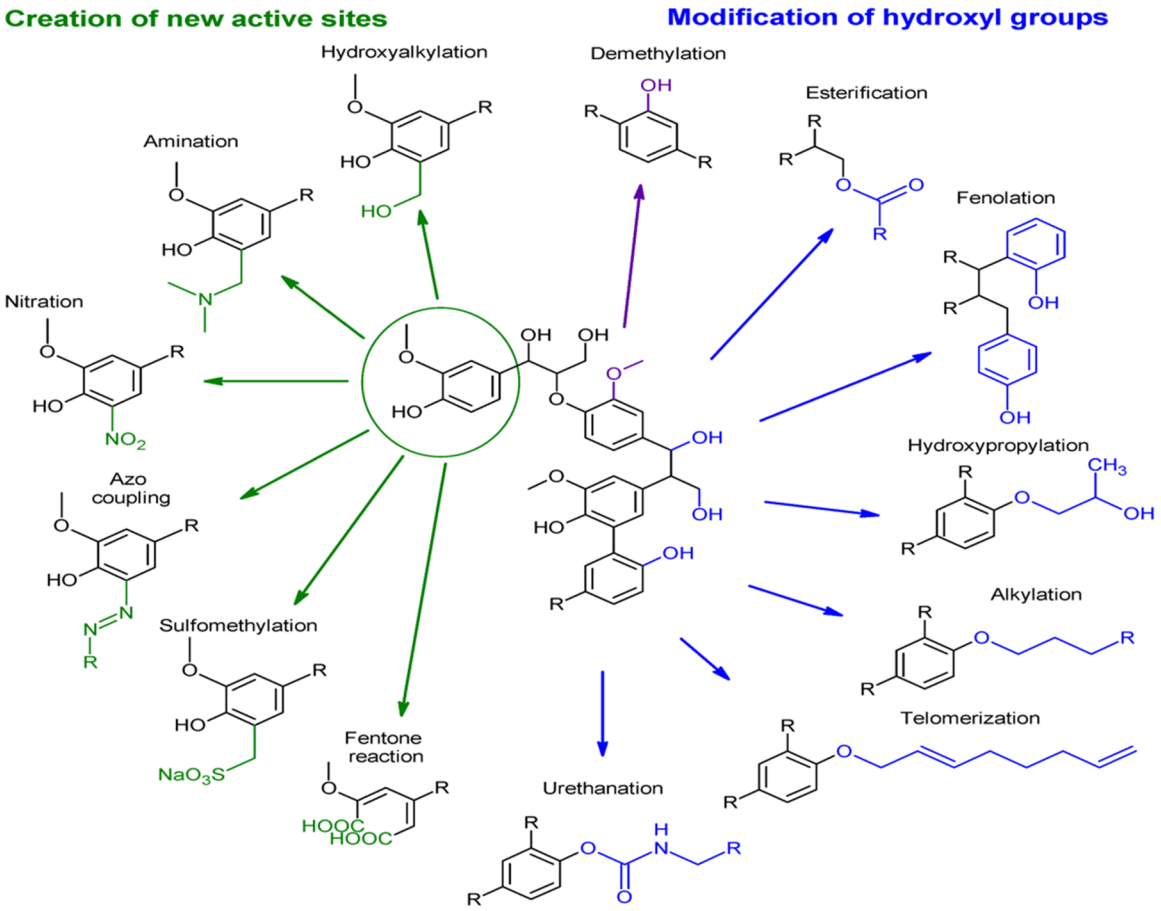
Note. From "Lignin and its properties. In Functional materials from lignin: methods and advances", by D. Kai, L. P. Chow and X. J. Loh, 2018, In J. X. Loh, D. Kai and Z. Li (Eds.), *Functional materials from lignin: methods and advances (Vol. 3)*, pp. 1-28. Copyright 2018 by World Scientific Publishing Europe Ltd.

คุณสมบัติทางเคมี

1) ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยา (chemical reactivity) ของลิกนินเกิดขึ้นได้หลายรูปแบบ เนื่องจากลิกนินมีโครงสร้างทางเคมีที่มีกลุ่มฟังก์ชันที่หลากหลาย เช่น ฟีนอกลิกไฮดรอกซิล เมทอกซิล และคาร์บอนิล เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction) ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification) ปฏิกิริยาอัลคิเลชัน (Alkylation) และการสลายพันธะทางเคมี ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างลิกนินกับออกซิเจน (สารที่รับอิเล็กตรอน หรือตัวออกซิไดส์) โดยให้ผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น วานิลลิน (Vanillin) ไซริงกัลดีไฮด์ (Syringaldehyde) กรดวานิลลิก (Vanillic acid) และอะซีโตวานิลโลน (Acetovanillone) ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มไฮดรอกซิลในลิกนินกับกรดคาร์บอกซิลิก ผลผลิตหลักที่ได้ คือ เอสเทอร์ และปฏิกิริยาออกซิอัคคิเลชัน (Oxyalkylation) ซึ่งจะทำให้ลิกนินเชื่อมต่อกับโพลีเมอร์โพลีอีเธอร์ (Bertella & Luterbacher, 2020; Casimiro et al., 2022; Damayanti et al., 2020)

2) การย่อยสลายทางเคมี (chemical decomposition) ของโครงสร้างลิกนินต่ำ เนื่องจากลิกนินมีโครงสร้างที่มีความเสถียรสูง จึงจำเป็นต้องใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์รุนแรงและอยู่ภายใต้สภาวะควบคุมในการย่อยสลายโครงสร้างของพอลิเมอร์ เช่น การย่อยลิกนินที่เป็นของแข็งให้กลายเป็นของเหลว โดยใช้กระบวนการเคมีความร้อน (thermochemical process) ร่วมกับตัวทำละลายอินทรีย์ภายใต้อุณหภูมิสูงและการควบคุมความดันอากาศ การใช้สารที่มีฤทธิ์เป็นกรดหรือเป็นด่างเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการย่อยสลายลิกนิน เช่น การใช้สารโซเดียมไฮดรอกเพื่อทำให้เกิดการแตกตัวของพันธะอีเทอร์และการสร้างไฮดรอกไซด์ไอออนเพื่อย่อยสลายลิกนิน โดยผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น คือ สารประกอบฟีนอลิก นอกจากนี้ยังมีการใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นสารออกซิแดนซ์ในการย่อยสลายลิกนินเพื่อผลิตเป็นกรดวานิลลิก (Jeong, Kim, Lee & Goh, 2021; More, Elder, & Jiang, 2021; Ouyang, Tan, & Qiu, 2014)

3) การปรับแต่งโครงสร้างทางเคมี (chemical structure modification) ของลิกนินสามารถทำได้ง่าย เนื่องจากโครงสร้างของลิกนิน ประกอบด้วยกลุ่มฟังก์ชันหลายประเภท ซึ่งการปรับแต่งโครงสร้างของลิกนินเป็นกระบวนการที่สำคัญที่ส่งผลให้ลิกนินมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การละลายน้ำเพิ่มขึ้น การต้านทานต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น และลดความสามารถในการติดไฟ ซึ่งกระบวนการปรับแต่งโครงสร้างทางเคมีของลิกนินมีหลายกระบวนการ (ภาพ 1) แต่กระบวนการหลักที่นิยมนำมาใช้ในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของลิกนิน คือ การเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงกลุ่มฟังก์ชันของลิกนิน เช่น การใช้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน การใช้ปฏิกิริยาอัลคิเลชัน และการใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Agustiany et al., 2022; Boquera et.al., 2021; Sharma & Kumar, 2020, Verdini et al., 2022; Wang et al., 2020)



ภาพ 1 การปรับแต่งโครงสร้างทางเคมีของลิกนินและสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

Note. From "About Hydrophobicity of lignin: A review of selected chemical methods for lignin valorisation in biopolymer production" by A. Lisý, A. Ház, R. Nadányi, M. Jablonský and I. Šurina, 2022, *Energies, 15*(17), 6213. Copyright: © 2022 by the authors, Licensee MDPI, Basel, Switzerland.

คุณสมบัติทางชีวภาพ

1) การย่อยสลายทางชีวภาพ (biodegradation) ของลิกนินต่ำ เนื่องจากมีโครงสร้างที่ซับซ้อนจึงส่งผลให้จุลินทรีย์ย่อยสลายโครงสร้างได้ยาก ดังนั้นลิกนินจึงมีส่วนช่วยป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ทำลายคาร์โบไฮเดรตที่ผนังเซลล์ นอกจากนี้ยังทำให้ผนังเซลล์พืชแข็งแรง และป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ อย่างไรก็ตามเชื้อราเป็นจุลินทรีย์ที่ถูกระบุว่า เกือบทุกชนิดสามารถย่อยสลายลิกนินได้ โดยเฉพาะเชื้อราเส้นใยขาวหรือราผุสีขาว (white rot fungi) ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยสลายลิกนินดีที่สุด เชื้อราและแบคทีเรียบางชนิดจะย่อยสลายลิกนินโดยใช้เอนไซม์ โดยเอนไซม์ที่สำคัญในการย่อยลิกนิน ได้แก่ แลคเคส (Laccase) ลิกนินเปอร์ออกซิเดส (Lignin peroxidase) และแมงกานีสเปอร์ออกซิเดส (Manganese peroxidase) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีหลายชนิด เช่น วานินลิน ไซริงเกต (Syringate) และสารอินทรีย์จำพวกไขมัน (Damayanti et al., 2020; Sharma & Kumar, 2020; Vasile & Baican, 2023)

2) คุณสมบัติในการต้านทานจุลินทรีย์ (antimicrobial properties) สูง โดยเฉพาะในกลุ่มแบคทีเรีย เนื่องจากลิกนินมีพอลิเมอร์กลุ่มฟีนอล หรือเรียกว่าโพลีฟีนอลพอลิเมอร์ (Polyphenolic polymer) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถยับยั้งและทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบคทีเรียได้สรุปผลการศึกษาว่า สารประกอบโพลีฟีนอลเข้าไปทำให้เกิดความเสียหายแก่เซลล์แบคทีเรีย โดยลิกนินจะกระตุ้นให้แบคทีเรียสร้างและสะสมอนุมูลอิสระของ

ออกซิเจน (Reactive oxygen species--ROS) ภายในเซลล์และส่งผลให้เซลล์เกิดความเสียหายในที่สุด และลิกนินที่มีอนุภาคขนาดนาโนเมตรจะทำลายเยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรียและทำให้เกิดภาวะเซลล์แตก นอกจากนี้มีงานวิจัยที่ระบุว่า ลิกโนซัลโฟเนตมีฤทธิ์ในการยับยั้งการจำลองตัวเองและการถอดรหัสพันธุกรรมของเชื้อไวรัสเอชไอวี (Human Immunodeficiency Virus--HIV) สำหรับในเชื้อรามีการรายงานว่า ลิกนินจะส่งผลต่อการเจริญและการดำรงชีวิตของเชื้อราบางชนิด (Chen et al., 2023; Reyes, Ma & Romero, 2024)

3) ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant properties) ลิกนินมีความสามารถในการยับยั้งและลดการผลิตอนุมูลอิสระ รวมถึงทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดความเสถียร การต้านทานอนุมูลอิสระเกิดจากการกำจัดอนุมูลอิสระของกลุ่มฟีนอลิกไฮดรอกซิล กลุ่มออร์โธเมทอกซี (Ortho-methoxy groups) และกลุ่มไฮดรอกซิลอะลิฟาติก (Aliphatic hydroxyl groups) ที่อยู่ในโครงสร้างของลิกนิน ซึ่งกลไกจะเริ่มจากกลุ่มฟีนอลิกและอนุมูลอิสระจะสร้างอนุมูลฟีนอกซีและเกิดการแทนที่ด้วยกลุ่มออร์โธเมทอกซี ส่งผลให้อนุมูลฟีนอกซีเกิดความเสถียรและอนุมูลอิสระจะถูกกำจัด สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของลิกนิน ได้แก่ ประเภทของลิกนิน กระบวนการสกัดลิกนิน น้ำหนักโมเลกุลของลิกนินและปริมาณของกลุ่มฟีนอลิกไฮดรอกซิลของลิกนิน (Li et al., 2023; Piccinino et.al., 2021; Qin, Liu, Gu, Sun & Wang, 2020; Xiao, Liu, Huang, Lou & Qiu, 2020)

การประยุกต์ใช้ลิกนินเพื่อสิ่งแวดล้อม

ลิกนินเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีคุณสมบัติที่หลากหลายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายวิธี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์ใช้ในการลดผลกระทบและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม บทความนี้จะกล่าวถึง 2 ประเด็น คือ การประยุกต์ใช้ลิกนินในการบำบัดมลพิษและการประยุกต์ใช้ลิกนินเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีรายละเอียด ดังนี้

การประยุกต์ใช้ลิกนินในการบำบัดมลพิษ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมามีหลายงานวิจัยที่นำลิกนินมาใช้ในการบำบัดสารมลพิษที่ปนเปื้อนในน้ำและดิน เนื่องจากลิกนินมีคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์หลายแบบ เช่น โครงสร้างทางเคมีที่ซับซ้อน มีกลุ่มฟังก์ชันที่หลากหลาย มีความสามารถในการดูดซับสาร และสามารถทำปฏิกิริยากับสารเคมีได้หลายประเภท ปัจจุบันนิยมนำลิกนินที่มีขนาดอนุภาคระดับนาโนมาใช้ในการกำจัดสารมลพิษ เนื่องจากมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรที่สูง มีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับสารเคมี และมีแนวโน้มทำปฏิกิริยากับสารเคมีได้เพิ่มมากขึ้น (Khan et al., 2024) รายละเอียดการประยุกต์ใช้มีดังต่อไปนี้

1) การกำจัดไขมันและน้ำมันออกจากน้ำ โดยอาศัยคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำและกลุ่มฟังก์ชันเมทอกซิลและไฮดรอกซิลในโครงสร้างของอนุภาคนาโนลิกนิน (Sajjadi et.al., 2021) จากการศึกษาของ Lee, Larive, Valsaraj, & Bharti (2018) ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำโดยใช้อนุภาคนาโนลิกนินผสมกับ 1-เพนทานอล (1-pentanol) ในอัตราส่วน 9 ต่อ 1 ผลการศึกษาพบว่า อนุภาคนาโนลิกนินมีประสิทธิภาพสูงในการจำกัดการแพร่กระจายของน้ำมันด้วยการสะสมน้ำมันไว้ในอนุภาคโดยใช้คุณสมบัติไม่ชอบน้ำร่วมกับแรงแวนเดอร์วาลส์

2) การกำจัดสีย้อมออกจากน้ำ โดยอาศัยคุณสมบัติพื้นที่ผิวจำเพาะและกลุ่มฟังก์ชันอะมีนของลิกนิน ซึ่งจากการศึกษาของ Meng et al., 2020 ได้พัฒนาตัวดูดซับจากลิกนินเพื่อใช้ในการกำจัดสีในน้ำ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ลิกนินมีความสามารถในการกำจัดสีไดเร็กต์บลู 1 (Direct Blue 1) ถึงร้อยละ 90 ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้เมื่อนำตัวดูดซับไปฟื้นฟูและนำมาใช้กำจัดสีอีกครั้ง พบว่า ตัวดูดซับยังคงมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีอยู่ที่ร้อยละ 85

3) การกำจัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำ ลิกนินธรรมชาติมีประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักในน้ำต่ำ เนื่องจากลิกนินมีความสามารถในการดูดซับโลหะหนักได้น้อย อย่างไรก็ตามได้มีนักวิจัยได้พัฒนาและดัดแปลงลิกนินโดยใช้การเพิ่มกลุ่มฟังก์ชัน การสร้างพันธะ และนำไปผสมกับวัสดุอื่น เพื่อเพิ่มความเสถียรและความสามารถในการ

กำจัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำ (Hasan et al., 2023; Sajjadi et.al., 2021) อนุภาคนาโนลิกนินเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการดัดแปลงลิกนินเพื่อใช้สำหรับกำจัดโลหะหนักในน้ำ เนื่องจากกลุ่มไฮดรอกซิล และฟีนอลิกที่อยู่บนพื้นผิวของอนุภาคนาโนลิกนินสามารถสร้างสารเชิงซ้อนและคีเลตกับไอออนโลหะหนักได้เป็นอย่างดีและมีความเสถียรสูง จึงส่งผลให้ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำลดลง (Khan et al., 2024) งานวิจัยของ Xiao et al. (2019) ได้พัฒนาอนุภาคนาโนลิกนินในรูปแบบ Lignin-Based Nano-Trap--LBNT เพื่อใช้กำจัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า LBNT มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดโลหะหนักหลายชนิด เช่น ปรอท แคดเมียม ทองแดง และตะกั่ว โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดถึงร้อยละ 99 นอกจากนี้แล้วมีการนำเอาลิกนินไปผสมกับวัสดุชนิดอื่นซึ่งเรียกว่า วัสดุคอมโพสิต เพื่อใช้ในการกำจัดโลหะหนัก เช่น งานวิจัยของ Shi, Qiao, An, Tian & Zhou, 2020 ได้ผสมลิกนินเข้ากับโพลีเอทิลีนอิมีน (Polyethylenimine--PEI) ได้เป็น Lignin-based composite (Lignin-PEI) และนำ Lignin-PEI ไปใช้ในการกำจัดโครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent chromium--Cr (VI)) ที่ปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า Lignin-PEI มีประสิทธิภาพสูง ในการกำจัดโครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดอยู่ที่ร้อยละ 80.8 อย่างไรก็ตาม Lignin-PEI มีข้อจำกัดที่สำคัญในการใช้กำจัดโครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ คือ ค่า pH ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด และความสามารถในการใช้ซ้ำ โดยพบว่า การใช้ซ้ำในครั้งที่ 3 ประสิทธิภาพการบำบัดของ Lignin-PEI จะลดเหลือเพียงร้อยละ 42.9 เท่านั้น

4) การกำจัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากลิกนินโดยเฉพาะประเภทอนุภาคนาโนลิกนินและไฮโดรเจลลิกนินที่มีพื้นที่ผิวขนาดใหญ่ สามารถดูดซับสารเคมีได้หลายประเภท (Hasan et al., 2023; Khan et al., 2024) ซึ่งในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ใช้ลิกนินในการกำจัดสารโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินเพิ่มมากขึ้น เช่น Li et al. (2024) ได้ทำการปรับปรุงอนุภาคนาโนแมกนีไทต์ (Nano-Fe_3O_4) ด้วยการผสมกับไฮโดรเจลลิกนิน เพื่อใช้ในการกำจัดโลหะตะกั่วที่ปนเปื้อนในดินนา ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของตะกั่วที่ปนเปื้อนในดินนาลดลงร้อยละ 16.7 – 25.4 ซึ่งไฮโดรเจลลิกนินที่ถูกผสมกับอนุภาคนาโนแมกนีไทต์ทำให้ปริมาตรและพื้นที่ผิวของอนุภาคนาโนแมกนีไทต์เพิ่มขึ้น รวมถึงการเพิ่มขึ้นของกลุ่มฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงส่งผลให้กระบวนการดูดซับ การแลกเปลี่ยนไอออน การตกตะกอน และกลไกการสร้างสารเชิงซ้อนมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น งานวิจัย Liu, Cui, Tan, & Wang (2020) ที่ศึกษาโดยการผสมอนุภาคนาโนเฟอรัสซัลไฟด์กับไฮโดรเจลลิกนิน เพื่อใช้ในการกำจัดแคดเมียมที่ปนเปื้อนในดิน ผลการศึกษาพบว่า อนุภาคนาโนเฟอรัสซัลไฟด์ ที่ผสมไฮโดรเจลลิกนินมี ความสามารถในการกำจัดแคดเมียมที่ปนเปื้อนในดิน โดยดินที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมสูง อนุภาคนาโนเฟอรัสซัลไฟด์ที่ผสมไฮโดรเจลลิกนินสามารถลดปริมาณแคดเมียมทั้งหมดได้ร้อยละ 22.4 และดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมเล็กน้อย อนุภาคนาโนเฟอรัสซัลไฟด์ที่ผสมไฮโดรเจลลิกนินสามารถลดปริมาณแคดเมียมทั้งหมดลงได้ร้อยละ 49.6 อย่างไรก็ตามค่า pH ของลิกนินส่งผลต่อการดูดซับโลหะหนักในดินที่แตกต่างกัน โดยลิกนินที่เป็นด่างส่งผลให้อัตราการดูดซับแคดเมียมในดินลดลง (He, Dai, Liu, Tang & Xu, 2021) ดังนั้นการเลือกใช้ลิกนินในการกำจัดโลหะหนักในดินจึงจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยเกี่ยวกับค่า pH ของลิกนินของลิกนินร่วมด้วย

5) การประยุกต์ใช้ลิกนินเพื่อฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยอาศัยลักษณะโครงสร้างที่ซับซ้อนและกลุ่มฟังก์ชันที่หลากหลายของลิกนิน โดยเฉพาะอนุภาคนาโนลิกนิน ซึ่งความสามารถในการปรับปรุงโครงสร้างของดิน กักเก็บสารอาหารและความชื้น นอกจากนี้อนุภาคนาโนลิกนินยังทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์บอนและกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารในดินและระบบนิเวศ (Khan et al., 2024) งานวิจัยของ Fu, Luo, Zhao, Yang & Wang (2024) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินเค็มที่เป็นด่างโดยใช้ลิกนิน ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ลิกนินมีช่วยในการปรับปรุงโครงสร้าง การอัดแน่น และความพรุนของดิน นอกจากนี้ลิกนินยังช่วยลดปริมาณเกลือทั้งหมดและค่า pH ของดินลง จึงสามารถสรุปได้ว่า ลิกนินมีส่วนช่วยฟื้นฟูสภาพให้กับดินเค็มที่เป็นด่าง งานวิจัยของ Enayathali et al, (2024) ที่ได้ศึกษาผลของพอลิเมอร์ลิกนินชีวภาพในการ

ปรับปรุงคุณภาพดิน สรุปผลการศึกษาว่า พอลิเมอร์ลิกนินชีวภาพเป็นสารปรับปรุงดินที่ส่งผลให้ดินมีคุณสมบัติดีขึ้น เช่น การยึดเกาะกันของอนุภาคดินเหนียว และความสามารถในการขยายและหดตัวของดิน นอกจากนี้ยังมีการใช้ลิกนินเป็นวัสดุเคลือบปุ๋ยที่ใส่ลงในดิน เพื่อทำให้การปลดปล่อยธาตุอาหารจากปุ๋ยสู่ดินเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ (Hasan et al., 2023)

6) การประยุกต์ใช้ลิกนินเพื่อบำบัดมลพิษทางอากาศ โดยการนำลิกนินมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตถ่านกัมมันต์เพื่อใช้ในการดูดซับสารมลพิษทางอากาศ เนื่องจากลิกนินมีอะตอมคาร์บอนสูง จึงมีคุณสมบัติเป็นสารตั้งต้นที่ดีในการผลิตคาร์บอนกัมมันต์ (Mergbi et al., 2023; Supanchaiyamat, Jetsrisuparb, Knijnenburg, Tsang & Hunt, 2019) นอกจากนี้ยังมีการนำเอาลิกนินไปเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มความสามารถในการดักจับหรือดูดซับก๊าซมลพิษ เช่น การเคลือบถ่านชีวภาพด้วยลิกนิน และการผลิตลิกนินไฟเบอร์ งานวิจัยของ Zhang et al. (2024) ที่ได้ทำการดัดแปลงถ่านชีวภาพไม้ไผ่โดยการชุบด้วยลิกนินร่วมกับการฉายรังสีไมโครเวฟ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าถ่านชีวภาพที่ชุบด้วยลิกนินมีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากการชุบลิกนินส่งผลให้พื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรไมโครพอร์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าหากชุบลิกนินมากเกินไปอาจทำให้รูพรุนของถ่านชีวภาพเกิดการอุดตันส่งผลให้พื้นที่ผิวจำเพาะ รูพรุน และไมโครพอร์ลดลง นอกจากนี้การทดสอบการนำถ่านชีวภาพที่ชุบด้วยลิกนินมาใช้ซ้ำจำนวน 10 รอบ พบว่าประสิทธิภาพในการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ ยังคงอยู่ในช่วงร้อยละ 89.79 ถึง 99.06 งานวิจัยของ Zhao et al. (2024) ที่ได้พัฒนาตัวดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากโซเดียมลิกโนซัลโฟเนตร่วมกับตัวกระตุ้นสังกะสีคลอไรด์ ($ZnCl_2$) ผลการศึกษาพบว่าตัวดูดซับที่ผสมสังกะสีคลอไรด์มีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับคาร์บอนไดออกซ์ เนื่องสังกะสีคลอไรด์ส่งผลให้ตัวดูดซับมีพื้นที่ผิวจำเพาะที่สูงและมีกลุ่มฟังก์ชันที่มีซัลเฟอร์และออกซิเจนจำนวนมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสังกะสีคลอไรด์สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงโครงสร้างตัวดูดซับที่ผลิตจากลิกนิน งานวิจัยของ Nikolic et al., 2020 ที่ศึกษาการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ออกจากกระแสอากาศโดยใช้คราฟต์ลิกนินที่ชุบด้วยทองแดง พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ของคราฟต์ลิกนินค่อนข้างต่ำ ถึงแม้ว่าจะมีประสิทธิภาพการดูดซับเพิ่มขึ้นจากการชุบด้วยทองแดงก็ตาม

การประยุกต์ใช้ลิกนินเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ลิกนินเป็นสารชีวมวลที่มีคุณสมบัติที่หลากหลาย เช่น ไม่มีพิษ ต้านเชื้อจุลินทรีย์ และป้องกันรังสียูวี ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ลิกนินจึงถูกใช้เป็นวัสดุชีวภาพโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) วัสดุชีวภาพทางการแพทย์ เนื่องจากลิกนินมีคุณสมบัติที่เข้ากันได้ดีทางชีวภาพ มีฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะการต้านทานอนุมูลอิสระและจุลินทรีย์ ทำให้มีการนำมาใช้เป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา (Chen et al., 2023) และมีการประยุกต์ใช้อนุภาคนาโนลิกนินเป็นแคปซูลในการขนส่งยาไปที่บริเวณอวัยวะหรือเนื้อเยื่อเป้าหมายในการรักษา เนื่องจากอนุภาคนาโนลิกนินเป็นโครงสร้างแอมฟิฟิลิก (amphiphilic) มีความเสถียรสูง ความเป็นพิษต่ำ สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และความสามารถในการละลายขึ้นอยู่กับค่า pH จึงสามารถควบคุมการปลดปล่อยยาได้ดี (Moreno & Sipponen, 2020) นอกจากนี้มีการใช้ลิกนินมาเป็นส่วนผสม เพื่อใช้ในการตรวจจับทางชีวภาพ (Biosensor) เช่น การนำลิกนินมาผสมกับอนุภาคนาโนของเงิน เพื่อตรวจจับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และการผสมลิกนินกับคาร์บอนนาโนทิวบ์และอนุภาคนาโนของแพลตตินัม เพื่อใช้เป็นตัวตรวจจับกูลโคส (Durmaz et al., 2023)

2) พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) ซึ่งโครงสร้างของลิกนินมีกลุ่มฟังก์ชันหลายชนิด จึงสามารถนำมาปรับปรุงและดัดแปลงเป็นวัสดุอื่น ๆ โดยเฉพาะพลาสติกชีวภาพ (Solihat et al., 2020) ซึ่งในปัจจุบันมีหลายงานวิจัยได้พัฒนาลิกนินให้เป็นวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ ที่มีมูลค่าและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การผลิตพลาสติกชีวภาพโพลีไฮดรอกซีบิวไทเรต (Bioplastic Polyhydroxybutyrate--PHB) ที่มีมูลค่าสูง โดยมีการนำเอาเชื้อแบคทีเรีย Ralstonia eutropha H16 ที่สามารถเปลี่ยนแปลงสารอะโรมาติก

ในโครงสร้างของลิกนินให้เป็น PHB มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (Zhao, Zhang, Wang, Shen & Wang, 2024) นอกจากลิกนินจะถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชีวภาพแล้ว ลิกนินยังถูกใช้เป็นสารตัวเติมเพื่อเพิ่มความแข็งแกร่งและความทนทานให้กับพลาสติกชีวภาพที่ถูกผลิตจากวัสดุอื่น เช่น งานวิจัยของ Tedeschi et al. (2020) ได้ทำการศึกษาผลของการเติมลิกนินไฮโดรไลซ์ต่อคุณสมบัติของพลาสติกชีวภาพ พบว่า ลิกนินไฮโดรไลซ์สามารถปรับปรุงคุณสมบัติของพลาสติกชีวภาพในด้านอุทกพลศาสตร์ การสกัดกั้นออกซิเจน การต้านอนุมูลอิสระและต้านแบคทีเรีย ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rizal et al. (2021) ซึ่งได้ประยุกต์ใช้อนุภาคนาโนลิกนินเป็นสารตัวเติมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับฟิล์มพลาสติกชีวภาพ (biopolymer films) ที่ผลิตจากสาหร่ายขนาดใหญ่ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า อนุภาคนาโนลิกนินสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มพลาสติกชีวภาพทางกายภาพ เชิงกล และการป้องกันน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ

3) การประยุกต์ใช้ลิกนินเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ เนื่องจากเป็นวัสดุที่มาจากพืช ปริมาณคาร์บอนฟุตพรินต์ต่ำ และคุณสมบัติคล้ายกับเชื้อเพลิงฟอสซิล จึงสามารถนำมาใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องบิน (Kocaturk, Salan, Ozcelik, Alma, & Candan, 2023) ซึ่งกระบวนการเปลี่ยนลิกนินให้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีหลัก คือ การใช้ลิกนิน ด้วยการเผาเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง เช่น การเผาลิกนินเพื่อเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อไอน้ำในการผลิตความร้อนและไฟฟ้า และการใช้ลิกนินเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่อยู่ในรูปแบบของเหลวและก๊าซ ซึ่งสามารถวิธีการผลิตได้หลายวิธี เช่น ไพโรไลซิส แก๊สซิฟิเคชัน ไฮโดรจีโนไลซิส และออกซิเดชัน (Kocaturk et al., 2023; Patel, Dhar, Babaei-Ghazvini, Dafchahi & Acharya, 2023)

จากภาพรวมที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าลิกนินมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการใช้ลิกนินมีส่วนช่วยสนับสนุนให้เกิดความยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ (Wenger, Haas & Stern, 2020) อย่างไรก็ตามต้องมีการพิจารณาให้ครบทุกด้าน โดยเฉพาะในด้านเศรษฐศาสตร์และความคุ้มค่าของการใช้ลิกนิน ซึ่งในบทความนี้กล่าวถึงการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment--LCA) และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นของลิกนิน ซึ่งปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตในการใช้ลิกนินเพื่อทดแทนวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ จำนวนมาก โดยเฉพาะการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ลิกนินผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อทดแทนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากปิโตรเคมี ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากลิกนินมีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากปิโตรเคมี โดยเชื้อเพลิงที่ผลิตจากลิกนินสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สูงสุดถึงร้อยละ 90 และเมื่อนำลิกนินมาผลิตเป็นโฟมโพลียูรีเทนสามารถลดการเกิดโอโซนสูงสุดที่ร้อยละ 33 ลดการเกิดยูโทรฟิเคชันในน้ำจืดสูงสุดร้อยละ 43 และลดการใช้แร่ธาตุสูงสุดร้อยละ 36 นอกจากนี้ยังมีการนำลิกนินมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกรดอะดิปิก (Adipic acid หรือ Hexane dioic acid) แทนการใช้กรดอะดิปิกที่ผลิตจากปิโตรเคมี ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 62 ถึง 78 (Chauhan et al., 2022; Moretti et al., 2021) อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า การใช้ลิกนินแทนวัสดุประเภทอื่น อาจส่งผลดีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น เช่น งานวิจัยของ Krzyzaniak et al. (2019) ซึ่งได้ประเมินวัฏจักรชีวิตของลิกนินที่นำมาใช้แทนปุ๋ยแร่ธาตุ ซึ่งผลการประเมินแสดงให้เห็นว่า ลิกนินช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดีกว่า แต่มีความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน้ำจืด ระบบนิเวศในดิน และมนุษย์สูงกว่าปุ๋ยแร่ธาตุ และถ้านำปุ๋ยแร่ธาตุมาใช้ร่วมกับลิกนินจะทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรงเพิ่มขึ้นอีกด้วย สำหรับประเด็นทางเศรษฐศาสตร์ในการนำลิกนินมาใช้เป็นวัสดุทดแทนในเชิงพานิชย์ อาจเป็นไปได้ยากเนื่องจาก การเพิ่มมูลค่าและสร้างนวัตกรรมจากลิกนินเป็นแนวคิดใหม่ ต้นทุนการผลิตจึงอาจสูงกว่ากระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์แบบเดิม เช่น ฟีนอลที่ผลิตจากลิกนินมีต้นทุนการผลิตที่สูงจึงส่งผลให้ราคาขายสูงกว่าฟีนอลที่ผลิตจากปิโตรเคมีที่จำหน่ายในตลาดทั่วไป รวมไปถึงการใช้ลิกนินเป็นยารักษาโรคยังต้องแบกรับต้นทุนในการทดลองทางคลินิกที่มีค่าใช้จ่ายสูง เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือให้กับผลิตภัณฑ์และสอดคล้องกับข้อกำหนดเกี่ยวกับยาของแต่ละประเทศ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยสำคัญที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น คือ เทคโนโลยีในการผลิตผลิตภัณฑ์จากลิกนินยังไม่เหมาะสม และไม่เข้าใจ

เกี่ยวกับโครงสร้าง ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และการเกิดปฏิกิริยาเคมีของลิกนินเป็นอย่างดี ดังนั้นการตัดสินใจผลิตผลิตภัณฑ์จากลิกนินในเชิงพาณิชย์จำควรวิเคราะห์และพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์ การออกแบบทางวิศวกรรม และผลที่เกิดขึ้นทางสิ่งแวดล้อม เพื่อหาต้นทุนการผลิตทั้งหมด เพื่อประเมินความสามารถในการทำกำไรของการผลิตและประมาณราคาขายขั้นต่ำของผลิตภัณฑ์ที่จะทำให้โรงงานมีกำไร (Bajwa et al., 2019; Yu & Kim, 2020)

บทสรุป

ลิกนินเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่มีโครงสร้างซับซ้อน ซึ่งโครงสร้างของลิกนินประกอบไปด้วยมอนอเมอร์หลัก 3 ชนิด คือ พี-ไฮดรอกซีฟีนิล กัวอิอาซิล และไซริงจิล โดยสัดส่วนของมอนอเมอร์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิดและวิธีการสกัดลิกนิน ลิกนินมีกลุ่มฟังก์ชันหลายชนิดจึงส่งผลให้มีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ เช่น ทนความร้อน สามารถดูซับรังสียูวี ต้านจุลินทรีย์และอนุมูลอิสระ และสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้หลายรูปแบบ ด้วยโครงสร้างและคุณสมบัติที่กล่าวมานี้ลิกนินจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในหลายด้านโดยเฉพาะในด้านที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม

ลิกนินเป็นวัสดุที่มีความเป็นไปได้ในการใช้งานด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการบำบัดสารมลพิษที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้อนุภาคนาโนในการดูดซับสารมลพิษในน้ำและในดิน การพัฒนาไฮโดรเจลลิกนินสำหรับการกำจัดโลหะหนัก การผลิตถ่านกัมมันต์จากลิกนินเพื่อใช้ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก และมีการใช้ลิกนินเพื่อฟื้นฟูสภาพดินที่เสื่อมโทรม ลิกนินสามารถนำใช้เป็นวัตถุดิบหรือส่วนผสมสำหรับผลิตวัสดุชีวภาพ เช่น พลาสติกชีวภาพ ไมโครแคปซูล บรรจุภัณฑ์ และเชื้อเพลิงชีวภาพ รวมไปถึงการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ เช่น การใช้เป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา การใช้เป็นแคปซูลสำหรับนำส่งยา และการใช้เป็นตัวตรวจจับทางชีวภาพ นอกจากนี้การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากลิกนินแสดงให้เห็นถึงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากปิโตรเคมี อย่างไรก็ตามความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ที่จะใช้ลิกนินเป็นวัสดุทดแทนในเชิงพาณิชย์ค่อนข้างจำกัด เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูงกว่ากระบวนการผลิตเดิม ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนานวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับลิกนิน ทั้งในด้านการศึกษากลไกการเกิดปฏิกิริยาของลิกนิน การพัฒนาเทคโนโลยีการใช้และผลิตผลิตภัณฑ์จากลิกนินที่เหมาะสม การขยายศักยภาพของตลาด และหาแนวทางในการลดราคาต้นทุนการผลิตให้ได้มากที่สุด

References

Agustiany, E. A., Rasyidur Ridho, M., Rahmi DN, M., Madyaratri, E. W., Falah, F., Lubis, M. A. R., & Fudholi, A. (2022). Recent developments in lignin modification and its application in lignin-based green composites: a review. *Polymer Composites, 43*(8), 4848-4865. https://doi.org/10.1002/pc.26824

Bajwa, D. S., Pourhashem, G., Ullah, A. H., & Bajwa, S. G. (2019). A concise review of current lignin production, applications, products and their environmental impact. *Industrial Crops and Products, 139*, 111526. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111526

Bertella, S., & Luterbacher, J. S. (2020). Lignin functionalization for the production of novel materials. *Trends in Chemistry, 2*(5), 440-453. https://doi.org/10.1016/j.trechm.2020.03.001

Boquera, L., Olacia, E., Fabiani, C., Pisello, A. L., D'Alessandro, A., Ubertini, F., & Cabeza, L. F. (2021). Thermo-acoustic and mechanical characterization of novel bio-based plasters: The valorisation of lignin as by-product from biomass extraction for green building applications. *Construction and Building Materials, 278*, 122373. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122373

Börcsök, Z., & Pásztory, Z. (2021). The role of lignin in wood working processes using elevated temperatures: An abbreviated literature survey. *European Journal of Wood and Wood Products, 79*, 511-526. https://doi.org/10.1007/s00107-020-01637-3

Casimiro, F. M., Costa, C. A., Vega-Aguilar, C., & Rodrigues, A. E. (2022). Hardwood and softwood lignins from sulfite liquors: Structural characterization and valorization through depolymerization. *International Journal of Biological Macromolecules, 215*, 272-279. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.067

Chauhan, P. S., Agrawal, R., Kumar, R., Gupta, R. P., & Ramakumar, S. S. V. (2022). Next generation applications of lignin derived commodity products, their life cycle, techno-economics and societal analysis. International Journal of Biological Macromolecules, 197, 179-200. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.12.146

Chen, M., Li, Y., Liu, H., Zhang, D., Shi, Q. S., Zhong, X. Q., & Xie, X. B. (2023). High value valorization of lignin as environmental benign antimicrobial. *Materials Today Bio, 18*, 100520. https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2022.100520

Damayanti, D., Wulandari, Y. R., & Wu, H. S. (2020). Product distribution of chemical product using catalytic depolymerization of lignin. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis, 15,* 432-453. https://doi.org/10.9767/bcrec.15.2.7249.432-453

Djajadi, D. T., Jensen, M. M., Oliveira, M., Jensen, A., Thygesen, L. G., Pinelo, M., & Meyer, A. S. (2018). Lignin from hydrothermally pretreated grass biomass retards enzymatic cellulose degradation by acting as a physical barrier rather than by inducing nonproductive adsorption of enzymes. *Biotechnology for Biofuels, 11,* 1-13. https://doi.org/10.1186/s13068-018-1085-0

Durmaz, E., Sertkaya, S., Yilmaz, H., Olgun, C., Ozcelik, O., Tozluoglu, A., & Candan, Z. (2023). Lignocellulosic bionanomaterials for biosensor applications. Micromachines, 14(7), 1450. https://doi.org/10.3390/mi14071450

Enayathali, S. S., & Nachiappan, V. (2024). Environment friendly soil stabilization using lignin biopolymer. International Research Journal on Advanced Engineering Hub, 2(6), 1600-1605. https://doi.org/10.47392/IRJAEH.2024.0219

Fu, F., Luo, J., Zhao, L., Yang, F., & Wang, N. (2024). Impact of cellulose and lignin on restoration of vegetation and soil chemical properties for saline-alkali soil of songnen plain. *Plos One, 19*(1), e0296366. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296366

Hasan, M. S., Sardar, M. R., Shafin, A. A., Rahman, M. S., Mahmud, M., & Hossen, M. M. (2023). A brief review on applications of lignin. *Journal of Chemical Reviews, 5*(1), 56-82. https://doi.org/10.22034/jcr.2023.359861.1186

He, L., Dai, Z., Liu, X., Tang, C., & Xu, J. (2021). Effect of alkaline lignin on immobilization of cadmium and lead in soils and the associated mechanisms. *Chemosphere, 281*, 130969. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130969

Jeong, J., Kim, W. S., Lee, M. W., & Goh, M. (2021). Liquefaction of lignin using chemical decomposition and its application to polyurethane foam. *ACS omega, 6*(16), 10745-10751. https://doi.org/10.1021/acsomega.1c00285

Kai, D., Chow, L. P., & Loh, X. J. (2018). Lignin and its properties. In J. X. Loh, D. Kai, & Z. Li (Eds.), *Functional materials from lignin: Methods and advances (Vol. 3)* (pp. 1-28). London: World Scientific Publishing.

Karagoz, P., Khiawjan, S., Marques, M. P., Santzouk, S., Bugg, T. D., & Lye, G. J. (2024). Pharmaceutical applications of lignin-derived chemicals and lignin-based materials: Linking lignin source and processing with clinical indication. *Biomass Conversion and Biorefinery, 14*(21), 26553-26574. https://doi.org/10.1007/s13399-023-03745-5

Khan, P., Ali, S., Jan, R., & Kim, K. M. (2024). Lignin Nanoparticles: Transforming Environmental Remediation. *Nanomaterials, 14*(18), 1541. https://doi.org/10.3390/nano14181541

Kocaturk, E., Salan, T., Ozcelik, O., Alma, M. H., & Candan, Z. (2023). Recent advances in lignin-based biofuel production. *Energies, 16*(8), 3382. https://doi.org/10.3390/en16083382

Krzyzaniak, M., Stolarski, M. J., & Warmiński, K. (2019). Life cycle assessment of poplar production: Environmental impact of different soil enrichment methods. *Journal of Cleaner Production, 206*, 785-796. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.180

Lee, J. G., Larive, L. L., Valsaraj, K. T., & Bharti, B. (2018). Binding of lignin nanoparticles at oil–water interfaces: An ecofriendly alternative to oil spill recovery. *ACS applied materials & Interfaces, 10*(49), 43282-43289. https://doi.org/10.1021/acsami.8b17748

Li, D., Li, Z., Wei, X., Hu, T., Deng, J., Zhang, M., & Zhang, Y. (2024). Efficient removal of lead from polluted paddy soil by one-pot synthesized Nano-Fe3O4 incorporated stable lignin hydrogel. *Chemical Engineering Journal, 496*, 154196. https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.154196

Li, K., Zhong, W., Li, P., Ren, J., Jiang, K., & Wu, W. (2023). Recent advances in lignin antioxidant: Antioxidant mechanism, evaluation methods, influence factors and various applications. *International Journal of Biological Macromolecules, 2023*, 125992. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125992

Lisý, A., Ház, A., Nadányi, R., Jablonský, M., & Šurina, I. (2022). About Hydrophobicity of lignin: A review of selected chemical methods for lignin valorisation in biopolymer production. *Energies, 15*(17), 6213. https://doi.org/10.3390/en15176213

Liu, Y., Huang, Y., Zhang, C., Li, W., Chen, C., Zhang, Z., & Zhang, Y. (2020). Nano-FeS incorporated into stable lignin hydrogel: A novel strategy for cadmium removal from soil. *Environmental Pollution, 264*, 114739. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114739

Liu, L., Cui, B., Tan, L., & Wang, W. (2021). Improving the combination of cellulose and lignin using xylan as a compatibilizer. *Cellulose, 28*(9), 5335-5349. https://doi.org/10.1007/s10570-021-03864-0

Lu, X., & Gu, X. (2022). A review on lignin pyrolysis: pyrolytic behavior, mechanism, and relevant upgrading to improve process efficiency. Biotechnology for Biofuels and Bioproducts, 15(1), 106. https://doi.org/10.1186/s13068-022-02203-0

Meng, X., Scheidemantle, B., Li, M., Wang, Y. Y., Zhao, X., Toro-González, M., & Ragauskas, A. J. (2020). Synthesis, characterization, and utilization of a lignin-based adsorbent for effective removal of azo dye from aqueous solution. *ACS Omega, 5*(6), 2865-2877. https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03717

Mergbi, M., Galloni, M. G., Aboagye, D., Elimian, E., Su, P., Ikram, B. M., & Djellabi, R. (2023). Valorization of lignocellulosic biomass into sustainable materials for adsorption and photocatalytic applications in water and air remediation. *Environmental Science and Pollution Research, 30*(30), 74544-74574. https://doi.org/10.1007/s11356-023-27484-2

More, A., Elder, T., & Jiang, Z. (2021). A review of lignin hydrogen peroxide oxidation chemistry with emphasis on aromatic aldehydes and acids. *Holzforschung, 75*(9), 806-823. https://doi.org/10.1515/hf-2020-0165

Moreno, A., & Sipponen, M. H. (2020). Lignin-based smart materials: a roadmap to processing and synthesis for current and future applications. *Materials Horizons, 7*(9), 2237-2257. https://doi.org/10.1039/D0MH00798F

Moretti, C., Corona, B., Hoefnagels, R., Vural-Gürsel, I., Gosselink, R., & Junginger, M. (2021). Review of life cycle assessments of lignin and derived products: Lessons learned. *Science of the Total Environment, 770*, 144656. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144656

Neiva, D. M., Rencoret, J., Marques, G., Gutiérrez, A., Gominho, J., Pereira, H., & Del Río, J. C. (2020). Lignin from tree barks: chemical structure and valorization. *ChemSusChem, 13*(17), 4537-4547. https://doi.org/10.1002/cssc.202000431

Nikolic, M., Cáceres Najarro, M., Johannsen, I., Iruthayaraj, J., Ceccato, M., & Feilberg, A. (2020). Copper adsorption on lignin for the removal of hydrogen sulfide. *Molecules, 25*(23), 5577. https://doi.org/10.3390/molecules25235577

Ouyang, X. P., Tan, Y. D., & Qiu, X. Q. (2014). Oxidative degradation of lignin for producing monophenolic compounds. *Journal of Fuel Chemistry and Technology, 42*(6), 677-682. https://doi.org/10.1016/S1872-5813(14)60030-X

Pandian, B., Ramalingam, S., Sreeram, K. J., & Rao, J. R. (2021). Natural pigment: Preparation of brown pigment from lignin biomass for coloring application. *Dyes and Pigments, 195*, 109704. https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2021.109704

Patel, R., Dhar, P., Babaei-Ghazvini, A., Dafchahi, M. N., & Acharya, B. (2023). Transforming lignin into renewable fuels, chemicals, and materials: A review. Bioresource Technology Reports, 22, 101463. https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101463

Piccinino, D., Capecchi, E., Tomaino, E., Gabellone, S., Gigli, V., Avitabile, D., & Saladino, R. (2021). Nano-structured lignin as green antioxidant and UV shielding ingredient for sunscreen applications. *Antioxidants, 10*(2), 274. https://doi.org/10.3390/antiox10020274

Qin, Z., Liu, H. M., Gu, L. B., Sun, R. C., & Wang, X. D. (2020). Lignin as a natural antioxidant: Property-structure relationship and potential applications. In T.J. Gutiérrez (Ed.), *Reactive and functional polymers (Vol. 1)* (pp. 65-93). Switzerland: Springer Nature.

Reyes, D. C., Ma, Z., & Romero, J. J. (2024). The Antimicrobial Properties of Technical Lignins and Their. *Derivatives—A Review. Polymers, 16*(15), 2181. https://doi.org/10.3390/polym16152181

Rizal, S., Alfatah, T., HPS, A. K., Mistar, E. M., Abdullah, C. K., Olaiya, F. G., & Muksin, U. (2021). Properties and characterization of lignin nanoparticles functionalized in macroalgae biopolymer films. *Nanomaterials, 11*(3), 637. https://doi.org/10.3390/nano11030637

Sajjadi, M., Ahmadpoor, F., Nasrollahzadeh, M., & Ghafuri, H. (2021). Lignin-derived (nano) materials for environmental pollution remediation: Current challenges and future perspectives. *International Journal of Biological Macromolecules, 178*, 394-423. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.165

Sharma, S., & Kumar, A. (2020). *Lignin: biosynthesis and transformation for industrial applications*. Switzerland: Springer Nature.

Shi, X., Qiao, Y., An, X., Tian, Y., & Zhou, H. (2020). High-capacity adsorption of Cr (VI) by lignin-based composite: Characterization, performance and mechanism. *International Journal of Biological Macromolecules, 159*, 839-849. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.130

Shi, K., Liu, G., Sun, H., & Weng, Y. (2023). Polylactic acid/lignin composites: A review. *Polymers, 15*(13), 2807. https://doi.org/10.3390/polym15132807

Supanchaiyamat, N., Jetsrisuparb, K., Knijnenburg, J. T., Tsang, D. C., & Hunt, A. J. (2019). Lignin materials for adsorption: Current trend, perspectives and opportunities. *Bioresource Technology, 272*, 570-581. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.139

Solihat, N. N., Sari, F. P., Falah, F., Ismayati, M., Lubis, M. A. R., Fatriasari, W., & Syafii, W. (2021). Lignin as an active biomaterial: a review. *Jurnal Sylva Lestari, 9*(1), 1-22. https://doi.org/10.23960/jsl191-22

Tedeschi, G., Guzman-Puyol, S., Ceseracciu, L., Paul, U. C., Picone, P., Di Carlo, M., & Heredia-Guerrero, J. A. (2020). Multifunctional bioplastics inspired by wood composition: effect of hydrolyzed lignin addition to xylan–cellulose matrices. *Biomacromolecules, 21*(2), 910-920. https://doi.org/10.1021/acs.biomac.9b01569

Torres, L. A. Z., Woiciechowski, A. L., de Andrade Tanobe, V. O., Karp, S. G., Lorenci, L. C. G., Faulds, C., & Soccol, C. R. (2020). Lignin as a potential source of high-added value compounds: A review. *Journal of Cleaner Production, 263,* 121499. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121499

Vasile, C., & Baican, M. (2023). Lignins as promising renewable biopolymers and bioactive compounds for high-performance materials. *Polymers, 15*(15), 3177. https://doi.org/10.3390/polym15153177

Verdini, F., Gaudino, E. C., Canova, E., Tabasso, S., Behbahani, P. J., & Cravotto, G. (2022). Lignin as a natural carrier for the efficient delivery of bioactive compounds: From waste to health. *Molecules, 27*(11), 3598. https://doi.org/10.3390/molecules27113598

Wang, B., Wang, S. F., Lam, S. S., Sonne, C., Yuan, T. Q., Song, G. Y., & Sun, R. C. (2020). A review on production of lignin-based flocculants: Sustainable feedstock and low carbon footprint applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 134*, 110384. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110384

Wenger, J., Haas, V., & Stern, T. (2020). Why can we make anything from lignin except money? Towards a broader economic perspective in lignin research. *Current Forestry Reports, 6*, 294-308. https://doi.org/10.1007/s40725-020-00126-3

Xiao, D., Ding, W., Zhang, J., Ge, Y., Wu, Z., & Li, Z. (2019). Fabrication of a versatile lignin-based nano-trap for heavy metal ion capture and bacterial inhibition. *Chemical Engineering Journal, 358*, 310-320. https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.10.037

Xiao, L., Liu, W., Huang, J., Lou, H., & Qiu, X. (2020). Study on the antioxidant activity of lignin and its application performance in SBS elastomer. *Industrial & Engineering Chemistry Research, 60*(1), 790-797. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c04699

Yu, O., & Kim, K. H. (2020). Lignin to materials: A focused review on recent novel lignin applications. *Applied Sciences, 10*(13), 4626. https://doi.org/10.3390/app10134626

Zhang, X., Xu, H., Xiang, W., You, X., Dai, H., & Gao, B. (2024). Lignin-impregnated biochar assisted with microwave irradiation for CO2 capture: adsorption performance and mechanism. *Biochar, 6*(1), 22. https://doi.org/10.1007/s42773-024-00310-9

Zhang, Y., & Naebe, M. (2021). Lignin: A review on structure, properties, and applications as a light-colored UV absorber. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 9*(4), 1427-1442. https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c06998

Zhang, Z., Terrasson, V., & Guénin, E. (2021). Lignin nanoparticles and their nanocomposites. *Nanomaterials, 11*(5), 1336. https://doi.org/10.3390/nano11051336

Zhao, J., Zhang, W., Wang, Q., Shen, D., & Wang, Z. (2024). Lignin-derived porous carbons for efficient CO_2 adsorption. *Carbon Capture Science & Technology, 13*, 100233. https://doi.org/10.1016/j.ccst.2024.100233

Zhao, Y., Xue, L., Huang, Z., Lei, Z., Xie, S., Cai, Z., & Xie, S. (2024). Lignin valorization to bioplastics with an aromatic hub metabolite-based autoregulation system. *Nature Communications, 15*(1), 9288. https://doi.org/10.1038/s41467-024-53609-3

ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างเพื่อการเรียนรู้ในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ
Generative AI for Learning in Information Technology

นิกร โภคอุดม[1]
Nikorn Pokudom[1]
[1]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[1]School of Information Technology, Eastern Asia University
Received: November 30, 2024
Revised: February 18, 2025
Accepted: February 25, 2025

บทคัดย่อ

การพัฒนาเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative AI) กำลังมีอิทธิพลต่อภาคการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบ โอกาส และความท้าทายที่เกิดจากการนำปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปัญญาประดิษฐ์นี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ผ่านการสร้างเนื้อหาบทเรียน การให้คำแนะนำแบบเฉพาะบุคคล และการสนับสนุนการเรียนรู้โดยอิงข้อมูลจริง ซึ่งช่วยให้ผู้สอนสามารถออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการบูรณาการการใช้เทคโนโลยีนี้ยังมีความท้าทายที่สำคัญ รวมถึงข้อกังวลด้านจริยธรรม ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล และความน่าเชื่อถือของเนื้อหาที่สร้างขึ้น นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นในการพัฒนาทักษะของผู้สอนเพื่อให้สามารถนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างจึงมีศักยภาพในการปฏิวัติการเรียนการสอนในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ หากมีการวางแผนและนำไปใช้ในลักษณะที่รอบคอบ จะสามารถสร้างนวัตกรรมการศึกษาที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง การเรียนการสอน เทคโนโลยีสารสนเทศ นวัตกรรมการศึกษา

Abstract

The development of generative artificial intelligence (AI) technology is significantly impacting the education sector, particularly in information technology. This article analyzes the impacts, opportunities, and challenges of using generative AI in teaching and learning. The study shows that generative AI enhances learning efficiency through content creation, personalized recommendations, and data-driven learning, allowing instructors to design flexible and effective learning experiences. However, integrating this technology poses significant challenges, including ethical concerns, data privacy, and content reliability. Additionally, instructors need training to effectively use these technologies. Therefore, generative AI has the potential to revolutionize IT education if thoughtfully planned and implemented, fostering innovations that meet learners' needs in the digital age.

Keywords: Generative Artificial Intelligence, teaching, information technology, educational innovation

บทนำ

ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence--AI) กำลังเข้ามามีบทบาทอย่างมีนัยสำคัญในทุกภาคส่วนของสังคม การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมาถึงของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง หรือ Generative AI ได้สร้างความท้าทายและโอกาสใหม่ให้กับวงการการศึกษาเป็นอย่างมากทั้งด้านการออกแบบกระบวนการเรียนการสอน การเตรียมเนื้อหา การมอบหมายงาน และการประเมินผลการเรียน ท่ามกลางเครื่องมือที่ช่วยสามารถในการทำงานมากมาย เช่น ChatGPT Google Gemini Claude.ai และ GitHub Copilot เป็นต้น

Generative AI เป็นเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการสร้างเนื้อหา ประมวลผล และผลิตข้อมูลใหม่ที่มีความซับซ้อนและใกล้เคียงกับข้อมูลที่มนุษย์สร้างขึ้น ตั้งแต่ข้อความ ภาพ เสียง และวิดีโอ หรือแม้แต่ในวงการศึกษาด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ Generative AI ได้ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ในหลายด้านตั้งแต่การออกแบบ การเขียนโปรแกรม และการออกแบบฐานข้อมูล ซึ่งได้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างพลิกโฉมในกระบวนการเรียนการสอนและการพัฒนาทักษะของผู้เรียนในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศไปอย่างมาก

เหตุผลสำคัญในการนำ Generative AI มาใช้ในการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ คือ Generative AI ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์การเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น สามารถสร้างเนื้อหาการเรียนรู้แบบโต้ตอบและส่วนบุคคลช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับเนื้อหาได้แบบเรียลไทม์และความสามารถของผู้เรียน และยังลดภาระการเตรียมสอนให้กับผู้สอนได้ถึง 40% ทำให้ผู้สอนสามารถมุ่งเน้นไปที่การสอนและการโต้ตอบกับผู้เรียนได้มากขึ้น (Gumabay & Gumabay, 2024) และช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนสามารถให้ข้อเสนอแนะโดยทันทีและแบ่งเนื้อหาวิชาที่ซับซ้อนออกเป็นหน่วยย่อยตามความสามารถของผู้เรียนและช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้ผู้เรียนได้ (Gervacio, 2024) ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์การเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงครั้งนี้ไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนและการเตรียมการสอนของผู้สอนเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการปรับกระบวนทัศน์ทางการศึกษาของหลักสูตรสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ หลักสูตรจึงจำเป็นต้องมีการปรับตัวอย่างรวดเร็วเพื่อรองรับเทคโนโลยีที่กำลังเปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่อง

บทความนี้จะนำเสนอภาพรวมของการประยุกต์ใช้ Generative AI ในการศึกษาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ทั้งในด้านการสร้างเนื้อหา การสอนอัตโนมัติ การให้คำแนะนำแบบเฉพาะบุคคล และการพัฒนาประสบการณ์การเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น นอกจากนี้ ยังกล่าวถึงการประยุกต์ใช้ AI ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ เช่น การเขียนโค้ด การออกแบบ UX/ UI และการจัดการฐานข้อมูล ซึ่งช่วยลดภาระงานของผู้สอนและเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมถึงประเด็นด้านจริยธรรมและจรรยาบรรณที่สำคัญหลายประการ ได้แก่ ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล ซึ่งอาจเสี่ยงต่อการรั่วไหลหากไม่มีการป้องกันที่เหมาะสม ความน่าเชื่อถือของเนื้อหาที่สร้างโดย AI ที่อาจมีข้อผิดพลาดหรือขาดแหล่งอ้างอิงชัดเจน การมีอคติในโมเดล AI ที่อาจส่งผลให้เนื้อหาไม่เป็นกลางหรือไม่ยุติธรรม และจรรยาบรรณในการใช้ AI ที่ต้องคำนึงถึงการไม่ละเมิดลิขสิทธิ์หรือสร้างเนื้อหาที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้ ผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการกำกับดูแลการใช้ AI อย่างมีจริยธรรม และต้องพัฒนาทักษะเพื่อใช้เทคโนโลยีนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การสร้างสมดุลระหว่างนวัตกรรมทางเทคโนโลยีกับหลักจริยธรรมทางวิชาการจึงเป็นความท้าทายสำคัญในยุคนี้ เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจถึงบทบาทและความสำคัญของเทคโนโลยีนี้ที่กำลังเปลี่ยนแปลงวงการการศึกษาในปัจจุบัน

ทบทวนวรรณกรรม

Generative AI ได้ดึงดูดความสนใจอย่างมากในหลายสาขาเนื่องจากมีศักยภาพในการปฏิวัติกระบวนการและปรับปรุงผลลัพธ์ การนำไปใช้ในด้านการศึกษาทำให้เกิดความอยากรู้และความกระตือรือร้น เนื่องจากมีศักยภาพในการปฏิวัติกลยุทธ์การสอนและเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ของการเรียนรู้ได้ (Yan, Martinez-Maldonado, & Gasevic, 2024) งานวิจัยหลายชิ้นได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการเรียนรู้แบบส่วนบุคคล โดยมีหลักฐานจากอัลกอริธึมที่ปรับเนื้อหาให้เหมาะสมกับจุดแข็ง จุดอ่อน และความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน ความสามารถของ Generative AI ในการสร้างและคัดสรรเนื้อหาการศึกษาให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคลทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดีขึ้น ด้วยการใช้การประมวลผลภาษาธรรมชาติและการเรียนรู้ของเครื่อง Generative AI สามารถวิเคราะห์และเข้าใจความต้องการและความชอบของผู้เรียนแต่ละคนได้ ซึ่งทำให้สามารถสร้างสื่อการเรียนรู้และทรัพยากรที่ปรับแต่งตามความต้องการได้ (Liang et al., 2023) นอกจากนี้ การนำ Generative AI มาใช้ในการจัดทำเนื้อหาสำหรับการศึกษาและการฝึกอบรมสามารถนำไปสู่การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่มีปฏิสัมพันธ์และน่าสนใจซึ่งตอบสนองต่อรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลายผู้สามารถนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ปรับปรุงกระบวนการสอน การเรียนรู้และปรับแต่งเนื้อหาทางการศึกษาให้เหมาะกับความต้องการของแต่ละบุคคล เพื่อช่วยเตรียมผู้เรียนให้พร้อมสำหรับความต้องการของศตวรรษที่ 21 และใช้ instructional design matrix ช่วยเพิ่มความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาและการประเมินผล (Ruiz-Rojas et al., 2023)

ความก้าวหน้าในด้าน Generative AI ยังมีศักยภาพในการช่วยลดภาระผู้สอน ให้ผู้สอนมีเวลาสำหรับการสื่อสารกับผู้เรียนมากขึ้น โดยการทำให้กระบวนการบริหารจัดการบางอย่างทำงานเป็นอัตโนมัติและให้ข้อเสนอแนะแบบเรียลไทม์เกี่ยวกับความก้าวหน้าของผู้เรียน (Bowles & Kruger, 2023) แนวโน้มที่มีการนำ Generative AI มาใช้ในการศึกษามากขึ้นนั้น จำเป็นต้องพิจารณาอย่างรอบคอบถึงข้อพิจารณาด้านจริยธรรม ความถูกต้องของผลลัพธ์และอคติของคำตอบหรือข้อมูลที่ได้มาจากการสร้างสรรค์โดยบนแพลตฟอร์ม Generative AI ร่วมถึงการรักษาความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัยของข้อมูลในการใช้งาน เพื่อสร้างความไว้วางใจและความมั่นใจในหมู่ผู้เรียน ผู้สอน และผู้ปกครอง เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการนำ Generative AI มาใช้ในด้านการศึกษาอย่างรับผิดชอบ (Bozkurt et al., 2023) นอกจากนี้ การนำ Generative AI มาใช้ในด้านการศึกษาอย่างรับผิดชอบต้องพิจารณาบทบาทของผู้สอนในการกำกับประสบการณ์การเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์อย่างรอบคอบ

Generative AI ยังได้สร้างการเปลี่ยนแปลงเชิงระบบต่อวงการการศึกษาในหลากหลายมิติ โดยในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้มีงานวิจัยต่าง ๆ ที่ได้ทำการศึกษาการนำ Generative AI ไปใช้ในการเรียนด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ทำให้ทราบถึงผลกระทบจากการนำไปใช้และแนวทางการปรับหลักสูตรการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ งานวิจัยของ Veluru (2024) ได้สำรวจว่า Generative AI มีศักยภาพในการสร้างสื่อการสอนแบบไดนามิก เช่น เนื้อหาการเรียนรู้ที่ปรับแต่งได้ตามลักษณะเฉพาะของผู้เรียน โดยเฉพาะในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ สื่อการเรียนการสอนอัตโนมัติ เช่น วิดีโอ บทความ และสื่อเชิงโต้ตอบ ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้และพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น ทำให้สามารถสร้างเนื้อหาที่ตอบโจทย์ผู้เรียนโดยเฉพาะ ลดภาระผู้สอน และเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้ งานวิจัยของ Chiu (2023) ได้วิเคราะห์การใช้ ChatGPT และปัญญาประดิษฐ์อื่น ๆ ในห้องเรียนเทคโนโลยีสารสนเทศและเสนอแนะว่าเครื่องมือเหล่านี้ช่วยสร้างการเรียนรู้แบบปฏิสัมพันธ์และการโต้ตอบเชิงลึกระหว่างผู้สอนและผู้เรียน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังชี้ให้เห็นถึงข้อกังวลด้านการลดการคิดเชิงวิเคราะห์ของผู้เรียน ผู้สอนจึงจำเป็นต้องสร้างสมดุลระหว่างการใช้ปัญญาประดิษฐ์กับการพัฒนาความคิดเชิงวิพากษ์ของผู้เรียนด้วย

Mittal et al. (2024) ได้รวบรวมการนำ Generative AI มาใช้ในการเรียนการสอนของหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศโดยแนะนำให้เพิ่มหัวข้อเกี่ยวกับการพัฒนาโมเดล AI การวิเคราะห์ข้อมูลและการเขียนโปรแกรม โดยเฉพาะเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับตลาดแรงงานที่มีการแข่งขันสูงในอนาคต ซึ่งให้ข้อเสนอแนะว่าหลักสูตรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศต้องปรับให้มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ Generative AI เช่น จริยธรรมเทคโนโลยีและวิธีการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่ง Lee et al. (2024) ได้เสนอว่า ผู้สอนที่ได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบการสอนโดยใช้ประโยชน์จาก Generative AI เช่น การปรับรูปแบบการสอบให้เน้นการใช้ AI เป็นเครื่องมือสร้างงาน ผู้สอนควรปรับเปลี่ยนวิธีการประเมินผลให้เหมาะสมเพื่อสร้างการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพ

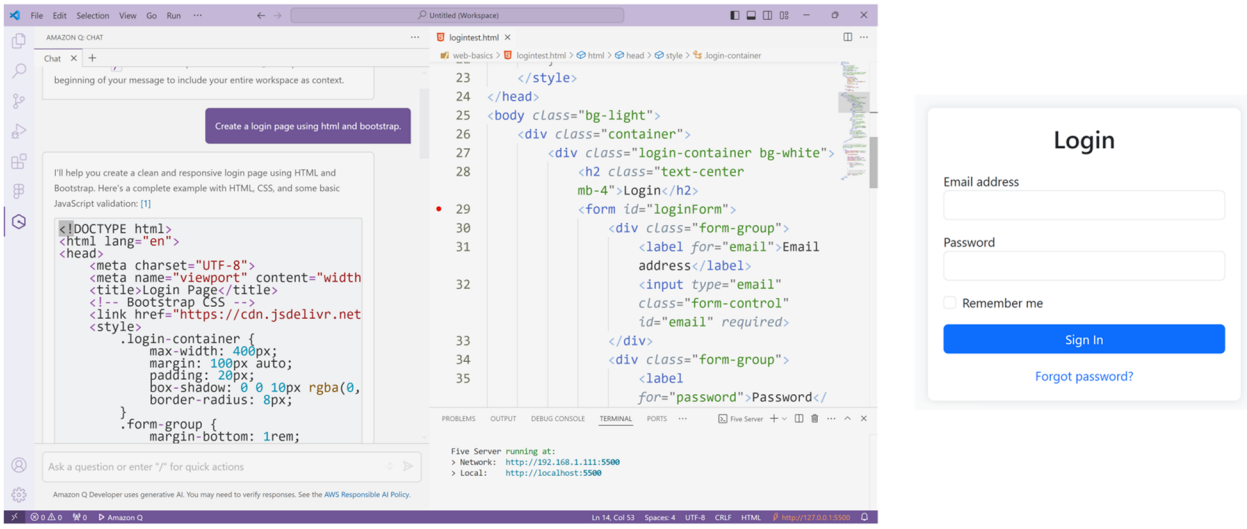
บทบาทของ Generative AI ในการพัฒนาซอฟต์แวร์

การพัฒนาซอฟต์แวร์ในปัจจุบันเผชิญกับความซับซ้อนและความท้าทายที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การนำเทคโนโลยี Generative AI เข้ามาช่วยในกระบวนการพัฒนาถือเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากเครื่องมือนี้สามารถช่วยเสริมประสิทธิภาพในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์หลายด้าน ตั้งแต่การเขียนโค้ด การแก้ไขปัญหาไปจนถึงการสร้างเอกสารประกอบระบบ เครื่องมือ ChatGPT Claud.ai และ Gemini ต่างก็เป็น Generative AI ที่มีความสามารถใช้การพัฒนาซอฟต์แวร์ได้ และยังมีเครื่องมืออื่นเช่น GitHub Copilot Tabnine DeepCode Codex Codeium และ Amazon Q Developer เป็นต้น ที่มีความสามารถในการเขียนโค้ดโดยเฉพาะซึ่งได้รวมอยู่ในเครื่องมือ IDE สำหรับพัฒนาโปรแกรม

การสร้างและปรับปรุงโค้ด

หนึ่งในบทบาทสำคัญของ Generative AI คือความสามารถในการช่วยนักพัฒนาสร้างโค้ดตามความต้องการของระบบที่ระบุ โดย Generative AI สามารถสร้างโค้ดตัวอย่าง แนะนำวิธีการแก้ปัญหาทางเทคนิค สามารถสร้างโค้ดพื้นฐานในภาษาโปรแกรมต่าง ๆ เช่น HTML CSS Python JavaScript และ Java อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงโค้ดที่มีอยู่เดิมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดความซับซ้อน หรือแก้ไขข้อผิดพลาด (bugs) นอกจากนี้ Generative AI สามารถอธิบายโครงสร้างของโค้ดและทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบโค้ด (code review) เพื่อให้ข้อเสนอแนะในเชิงคุณภาพและความปลอดภัยและช่วยในการแปลงโค้ดระหว่างภาษาโปรแกรมต่าง ๆ ได้ เครื่องมือที่สามารถสร้างโค้ดได้ ดังแสดงในภาพ 1 และภาพ 2

การสนับสนุนด้านการเรียนรู้และการแก้ปัญหาการเขียนโปรแกรม Generative AI สามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งความรู้เสริมสำหรับนักพัฒนา โดยช่วยอธิบายแนวคิดทางเทคนิคต่าง ๆ เช่น Syntax หรือ Logic ของภาษาโปรแกรม การแก้ไขข้อผิดพลาดในโค้ด และการให้คำแนะนำในแนวทางการพัฒนา นอกจากนี้ ยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยสอนการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้นหรือผู้ที่ต้องการพัฒนาทักษะ ในกรณีที่ต้องการเรียนรู้วิธีการเขียนโปรแกรมหรือแก้ไขปัญหา สามารถใช้ ChatGPT Claude.ai หรือ Gemini ได้ ดังแสดงในภาพ 3



ภาพ 1 การสร้างโค้ดโดยใช้ Amazon Q Developer ใน Visual Studio Code IDE

ภาพ 2 การแนะนำโค้ดจาก Github Copilot ใน Visual Studio Code IDE

Note. Adapted from "*GitHub copilot in VS code*", by Visualstudio.com, 2024, retrieved from https://code.visualstudio.com/docs/copilot/overview

การสร้างเอกสารประกอบซอฟต์แวร์

Generative AI ช่วยลดภาระงานด้านการจัดทำเอกสาร เช่น การเขียนเอกสาร API การสร้างคู่มือผู้ใช้ และการอธิบายโค้ดที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น งานเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญของกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ช่วยให้ทีมพัฒนาและผู้ใช้งานสามารถเข้าใจระบบได้ดียิ่งขึ้น ดังแสดงในภาพ 4

การออกแบบระบบและการวางโครงสร้างของระบบซอฟต์แวร์

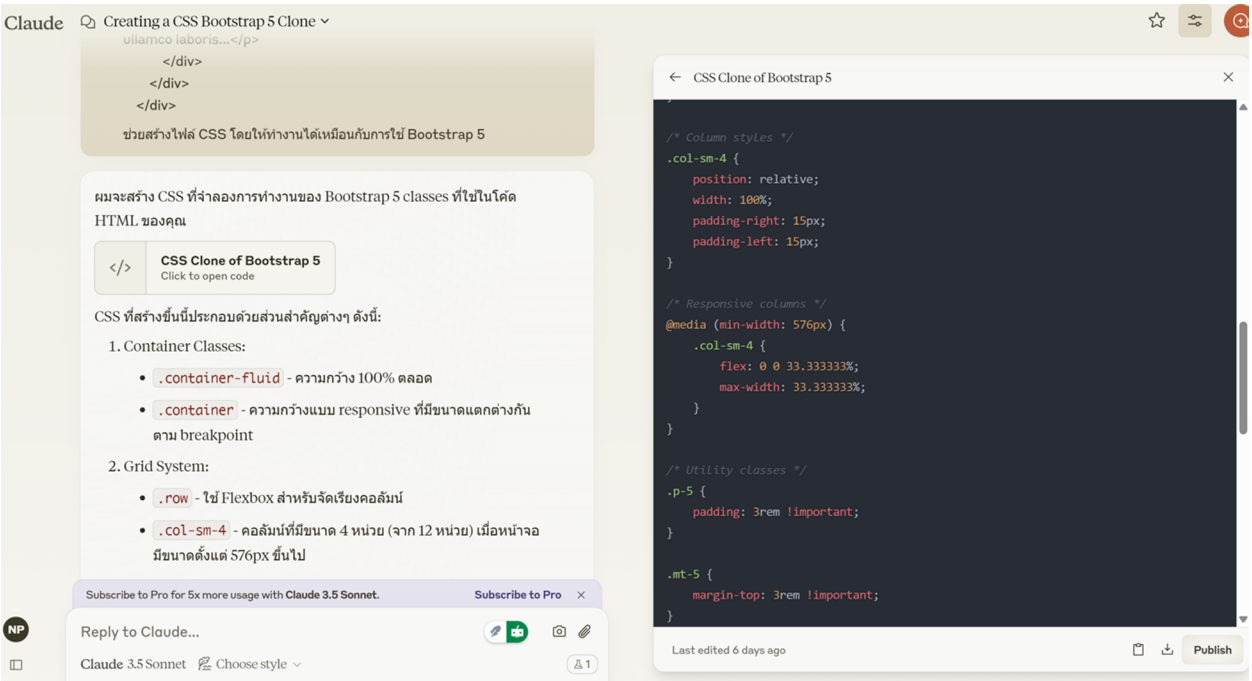
ในแง่ของการออกแบบระบบ Generative AI สามารถช่วยวางโครงสร้างของระบบซอฟต์แวร์ เช่น การออกแบบ Microservices การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับโครงการ และการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการปรับปรุงโครงสร้างที่มีอยู่เดิม นอกจากนี้ยังช่วยวิเคราะห์ปัญหาในระบบ เช่น การระบุข้อบกพร่องหรือแนวทางการปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาพ 5

การสนับสนุนกระบวนการทดสอบซอฟต์แวร์

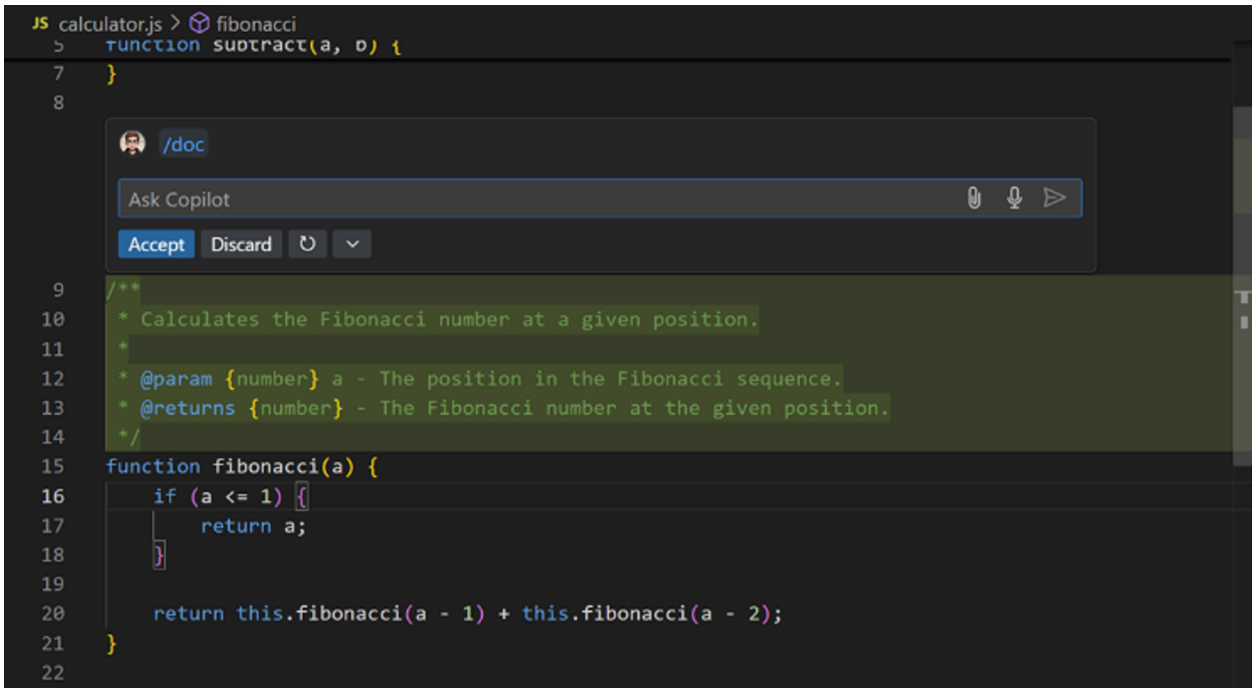
การทดสอบซอฟต์แวร์ (software testing) เป็นกระบวนการสำคัญที่สามารถนำ Generative AI เช่น ChatGPT และ Claude.ai มาช่วยสร้างชุดทดสอบ เช่น Unit Tests หรือ Integration Tests และสามารถช่วยจำลองสถานการณ์เพื่อทดสอบระบบในสถานการณ์จำเพาะ การใช้งานในส่วนนี้ช่วยลดเวลาที่ใช้ในกระบวนการทดสอบและเพิ่มความแม่นยำในการทดสอบ ดังแสดงในภาพ 6 และภาพ 7

การประยุกต์ใช้งานออกแบบซอฟต์แวร์และ UX

Generative AI สามารถนำมาเป็นเครื่องมือในวงการออกแบบซอฟต์แวร์และประสบการณ์ผู้ใช้งาน (UX design) เช่น ช่วยวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลจากผู้ใช้ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ สามารถสร้างแบบจำลองบุคคลจำลอง (persona) แผนผังการเดินทางของผู้ใช้งาน (user journey map) และเส้นทางการโต้ตอบของผู้ใช้ (user flow) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาพ 8



ภาพ 3 การใช้ Cluade.ai เพื่อเรียนรู้การสร้างเว็บเพจ



ภาพ 4 การสร้างเอกสารโค้ดด้วย Github Copilot ใน Visual Studio Code IDE

Note. Adapted from "*GitHub copilot in VS code*", by Visualstudio.com, 2024, retrieved from https://code.visualstudio.com/docs/copilot/overview

ภาพ 5 การใช้ Gemini แนะนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับโครงการ

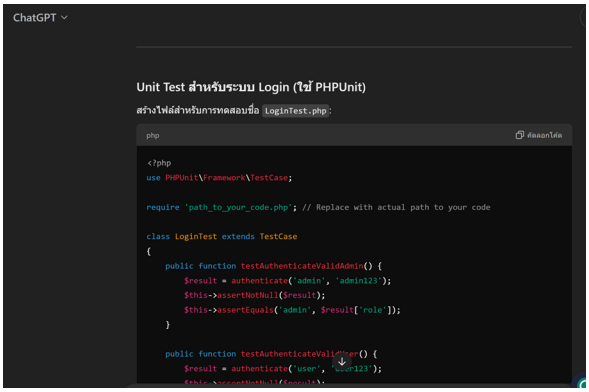
ในด้านการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ เทคโนโลยีนี้สามารถสร้างต้นแบบ (prototype) และแบบร่างหน้าจอ (wireframe) ได้รวดเร็ว โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์แนวโน้มและความต้องการของผู้ใช้งาน ช่วยให้นักออกแบบสามารถทดสอบแนวคิดได้อย่างรวดเร็วและประหยัดเวลา สามารถปรับเปลี่ยน UI ให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้งาน และการสร้างแบบทดสอบ A/B ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยภาพ 9 แสดงการใช้ Amazon Q Developer สร้างต้นแบบและแบบร่างหน้าจอ “สำหรับการบันทึกข้อมูลส่วนตัวของนักศึกษามหาวิทยาลัย ในซอฟต์แวร์ระบบทะเบียนนักศึกษา โดยใช้ html และ bootstrap5”

การประยุกต์ใช้งานออกแบบฐานข้อมูล

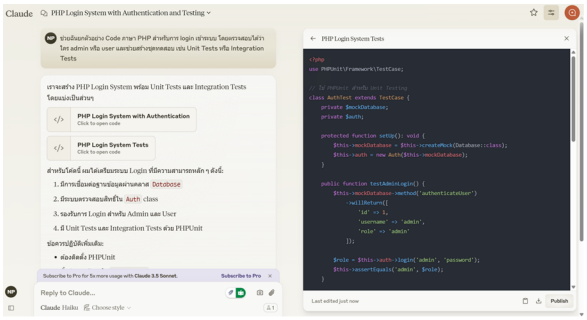
การนำ Generative AI มาประยุกต์ใช้งานด้านการออกแบบฐานข้อมูลได้เปิดมิติใหม่ในการทำงานที่ซับซ้อนให้กลายเป็นเรื่องง่ายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ตัวอย่างเช่น การออกแบบตารางฐานข้อมูลจากรายละเอียดของฟังก์ชันการทำงานของระบบซอฟต์แวร์ที่ต้องการสร้างทั้งในรูปของตารางและคำสั่ง SQL สำหรับสร้างฐานข้อมูล การสร้างคำสั่ง SQL สำหรับการคิวรีข้อมูลโดยอัตโนมัติตามคำถามที่ป้อน สามารถสร้าง ER-Diagram (Entity-Relationship Diagram ช่วยให้นักพัฒนามองเห็นภาพรวมของโครงสร้างฐานข้อมูลอย่างชัดเจน การใช้ AI ในกระบวนการนี้ช่วยลดข้อผิดพลาดและเวลาในการทำงาน ทั้งยังเพิ่มความสะดวกสำหรับนักพัฒนาที่อาจไม่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทางในด้านการออกแบบฐานข้อมูลโดยตรง เช่น การนำ Claude.ai มาใช้ในการออกแบบฐานข้อมูลสำหรับการจัดการอะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในโรงงาน โดยใช้แนวคิดแบบ Master-Detail โดยให้ระบุตารางที่เป็น Master table และ Relation table

ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในภาพ 10(1) ซึ่งเป็นรายละเอียดของฐานข้อมูลการจัดการอะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในโรงงาน ขณะที่ภาพ 10(2) แสดงผลจากการใช้ Claude.ai สร้างคำสั่ง SQL ที่สามารถนำไปใช้ในโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

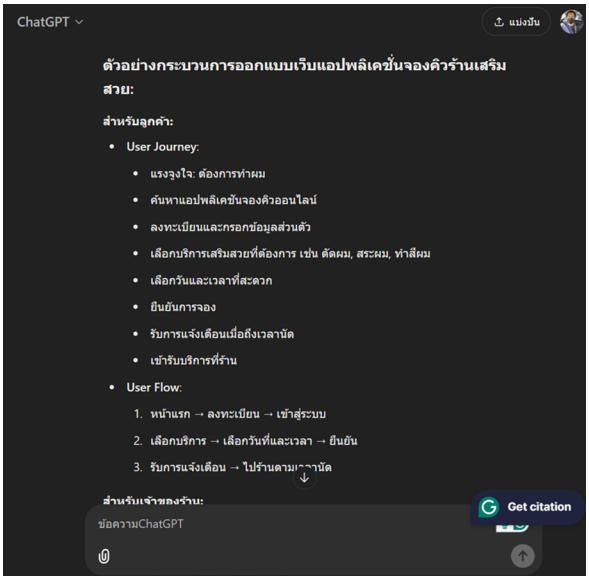
Cluade.ai ไม่เพียงแต่มีความสามารถในการออกแบบฐานข้อมูลและสร้างคำสั่ง SQL เท่านั้น แต่ยังสามารถสร้าง ER diagram ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตารางต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกสบาย โดย Cluade.ai จะสร้าง ER diagram ขึ้นมาในรูปแบบข้อความตาม Mermaid syntax ซึ่งผู้ใช้งานสามารถนำข้อความนี้ไปใช้งานบนเว็บไซต์ https://mermaid.live เพื่อสร้างแผนภาพ (diagram) ต่าง ๆ ได้อย่างง่ายดาย โดยไม่จำเป็นต้องวาดด้วยมือหรือใช้โปรแกรมกราฟิก การใช้เครื่องมือนี้ช่วยให้การสร้างแผนภาพเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในภาพ 11



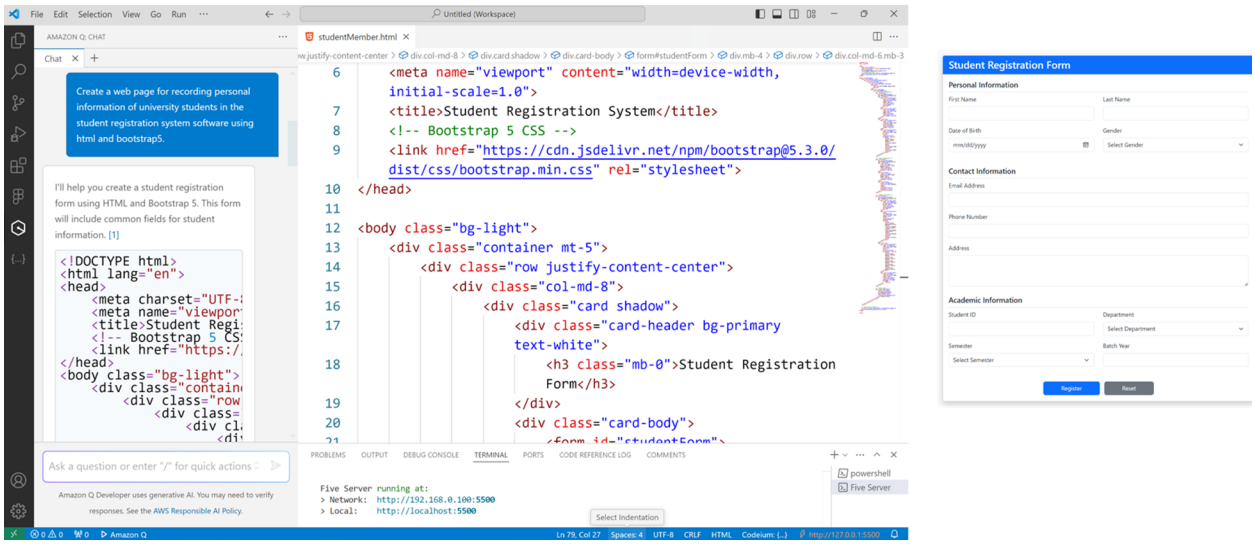
ภาพ 6 การใช้ ChatGPT เพื่อสร้างชุดทดสอบภาษา PHP



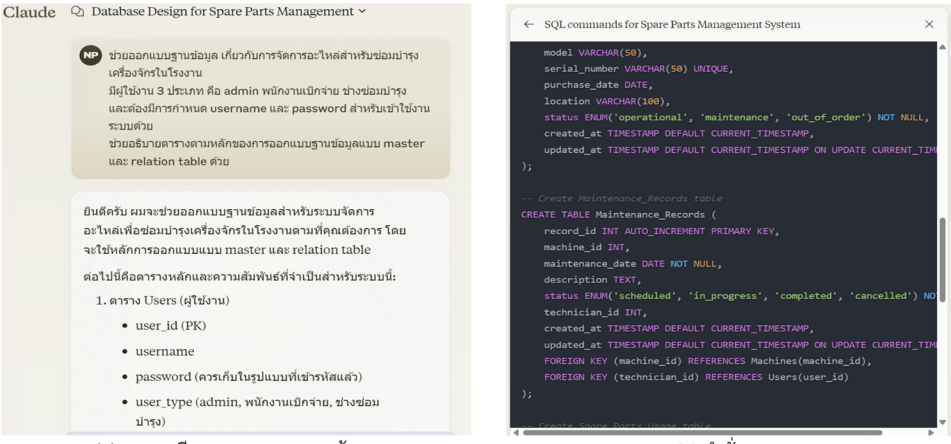
ภาพ 7 การใช้ Cluade.ai เพื่อสร้างชุดทดสอบภาษา PHP



ภาพ 8 การใช้ ChatGPT ออกแบบ User Journey และ User

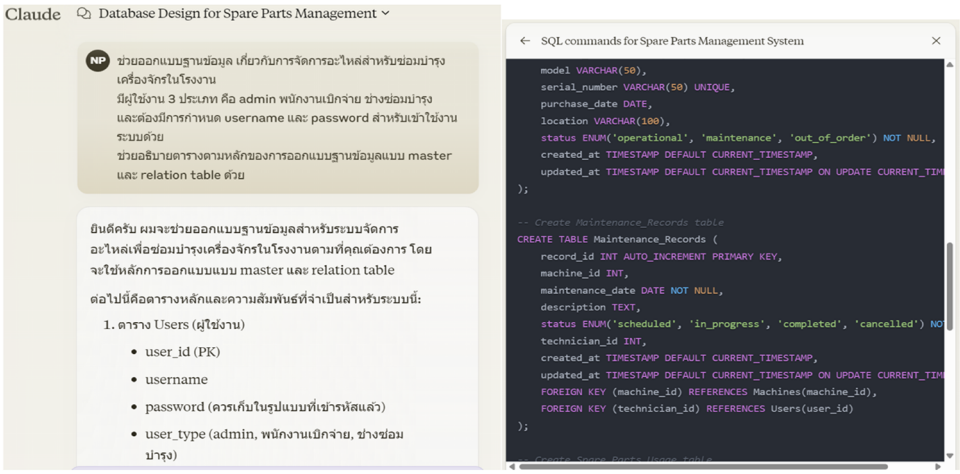


ภาพ 9 การสร้างต้นแบบและแบบร่างหน้าจอโดยใช้ Amazon Q Developer ใน Visual Studio Code IDE



(1) รายละเอียดการออกแบบฐานข้อมูล (2) คำสั่ง SQL

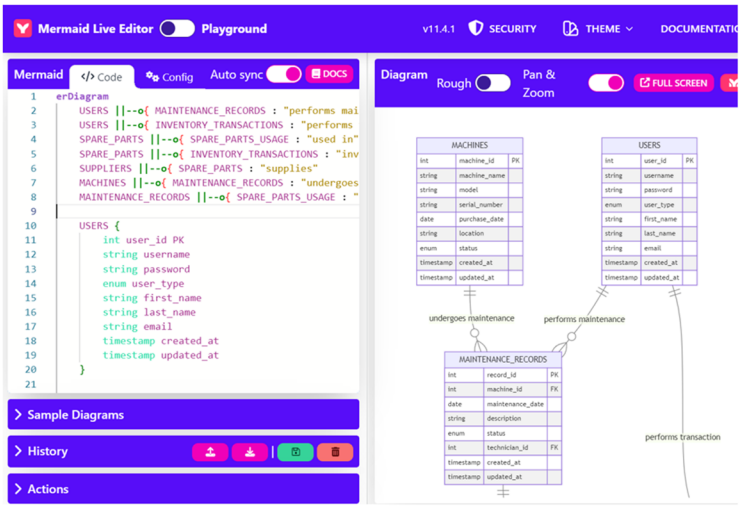
ภาพ 10(1) (1) รายละเอียดการออกแบบฐานข้อมูล และ (2) สร้างคำสั่ง SQL โดยใช้ Claude.ai



(1) รายละเอียดการออกแบบฐานข้อมูล (2) แผนภาพ ER-diagram ในเว็บไซต์ mermaid.live

ภาพ 10(2) การออกแบบฐานข้อมูล (1) และสร้างคำสั่ง SQL (2) โดยใช้ Claude.ai

(1) Mermaid syntax



(2) แผนภาพ ER-diagram ในเว็บไซต์ mermaid.live

ภาพ 11 การใช้ Claude.ai สร้าง ER-diagram เป็นข้อความแบบ (1) Mermaid syntax และสร้างเป็น (2) แผนภาพ ER-diagram ในเว็บไซต์ mermaid.live

แนวทางการใช้งาน Generative AI กับการเรียนสำหรับผู้เรียนหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ

จากหัวข้อที่ผ่านมาพบว่าในสายอาชีพด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์สามารถนำ Generative AI ไปใช้ช่วยงานด้านการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ได้ ซึ่งบทความนี้ได้ยกตัวอย่างมาเพียงบางส่วนเท่านั้น หากได้นำมาใช้ในการเรียนสามารถเสริมสร้างความสามารถทางวิชาชีพของผู้เรียนได้อย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามการมีพื้นฐานที่ดีในด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศจะทำให้สามารถนำ Generative AI มาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเข้าใจถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง ผู้เรียนจึงควรมีทักษะในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) สร้างพื้นฐานความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

ก่อนที่จะนำ Generative AI มาใช้งานในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ผู้เรียนควรมีพื้นฐานที่ความรู้ที่ดีในวิทยาการคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะในด้านการเขียนโปรแกรม การวิเคราะห์ข้อมูล และความเข้าใจเกี่ยวกับอัลกอริทึมพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น การเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) และการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (natural language processing) เพื่อที่จะสามารถใช้งาน Generative AI กับงานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพและเข้าใจการทำงานของมันรวดเร็ว

2) เข้าใจหลักการทำงานของ Generative AI

ผู้เรียนควรทำความเข้าใจหลักการพื้นฐานของ Generative AI เช่น การฝึกสอนโมเดล การเรียนรู้จากข้อมูล และการสร้างผลลัพธ์ที่เหมือนหรือสอดคล้องกับข้อมูลต้นฉบับการศึกษาหลักการต่าง ๆ เช่น GANs--Generative Adversarial Networks หรือการใช้งานโมเดลที่เรียนรู้จากข้อมูลขนาดใหญ่ เช่น GPT--Generative Pretrained Transformer จะช่วยให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) ฝึกการใช้งานเครื่องมือ Generative AI

การฝึกใช้งานเครื่องมือ Generative AI เช่น ChatGPT Claude.ai หรือโมเดลต่าง ๆ ที่สามารถสร้างข้อความ รูปภาพ หรือเสียง จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ ได้ เช่น การสร้างเนื้อหาการเรียนการสอน การออกแบบกราฟิก หรือการสร้างโปรแกรมและโค้ดอัตโนมัติ ผู้เรียนควรทดลองใช้เครื่องมือเหล่านี้ในโครงงานหรือการศึกษาทดลองในรายวิชา เพื่อเพิ่มทักษะในการประยุกต์ใช้งาน

4) การประเมินผลลัพธ์และการปรับปรุงคำตอบ

ผู้เรียนควรเรียนรู้การประเมินผลลัพธ์จากการใช้งาน Generative AI โดยการตรวจสอบความถูกต้อง

ความสมเหตุสมผล และคุณภาพของผลลัพธ์ที่ได้รับ เช่น การใช้วิธีการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับข้อมูลจริงหรือแบบจำลองที่มีอยู่แล้ว การปรับปรุงคำตอบที่ได้จากปัญญาประดิษฐ์เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการหรือวัตถุประสงค์ที่ต้องการจะทำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่ดี

5) การสร้างทักษะในการปรับปรุงและการพัฒนา AI

ผู้เรียนควรมีทักษะในการพัฒนาและปรับปรุงโมเดลปัญญาประดิษฐ์ให้ดีขึ้น โดยการทำความเข้าใจในกระบวนการฝึกสอนโมเดล การเลือกใช้ข้อมูลที่มีคุณภาพ การตั้งค่าพารามิเตอร์ และการตรวจสอบผลลัพธ์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถปรับปรุงผลลัพธ์ได้ตามความต้องการ โดยการศึกษาเกี่ยวกับการปรับแต่งโมเดล AI และการใช้งานเครื่องมือในการพัฒนา AI จะช่วยให้สามารถสร้างสรรค์งานที่มีคุณภาพสูงขึ้นได้

6) การเรียนรู้และปรับตัวในเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลง

เนื่องจาก Generative AI เป็นเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ผู้เรียนควรติดตามข่าวสารและการอัปเดตใหม่ ๆ เกี่ยวกับเทคโนโลยีนี้ และเรียนรู้วิธีการนำมันมาประยุกต์ใช้ในวิชาชีพของตัวเองอย่างต่อเนื่อง เพื่อที่จะสามารถปรับตัวได้ทันท่วงทีและใช้ประโยชน์จากความก้าวหน้าในเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์อย่างเต็มที่

แนวทางการปรับรูปแบบการสอนของผู้สอน

จากหัวข้อการนำ Generative AI ไปใช้ช่วยงานด้านการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีนี้ได้ส่งต่อกระบวนการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก ทำให้ผู้สอนสามารถนำมาใช้เครื่องมือเหล่านั้นมาสร้างเนื้อหาการเรียนการสอนในรายวิชาและยกระดับการสอนได้ดีมากขึ้น แต่สิ่งที่สำคัญนอกเหนือจากการนำใช้ในการเตรียมการสอน ผู้สอนควรมีการปรับปรุงรูปแบบการสอนอีก 3 ประเด็น ได้แก่

1) การปรับเปลี่ยนรูปแบบการมอบหมายงาน

ในปัจจุบันการมอบหมายงานของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศผู้สอนต้องคำนึงถึงความสามารถของ Generative AI ที่ทำได้ตั้งแต่การให้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับงานที่มอบหมาย การออกแบบ การสร้างโค้ด ไปจนถึงการทดสอบประสิทธิภาพ ดังนั้นการมอบหมายงานจึงควรออกแบบโจทย์ที่เน้นกระบวนการคิดและการแก้ปัญหามากกว่าการเขียนโค้ดเพียงอย่างเดียว สร้างโจทย์ที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และการวิเคราะห์เชิงลึก และมุ่งเน้นให้ผู้เรียนอธิบายเหตุผลและขั้นตอนการแก้ปัญหา

โดยมุ่งเน้นไปที่การสร้างประสบการณ์การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (engagement) โดยใช้เทคโนโลยี เช่น การประยุกต์ใช้ระบบเรียนรู้แบบปรับตัว (adaptive learning systems) ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามความสามารถของตนเอง (Kolluru et al., 2018) นอกจากนี้ยังสามารถการนำ AI มาใช้ในการปรับแต่งการมอบหมายงานให้เหมาะสมกับรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน ทำให้มีความยืดหยุ่นในการเรียนการสอนได้ (Gilakjani, 2012)

2) การพัฒนาทักษะการใช้ AI อย่างมีจรรยาบรรณ

ในยุคที่ปัญญาประดิษฐ์มีบทบาทสำคัญ การพัฒนาทักษะการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีจรรยาบรรณกลายเป็นสิ่งจำเป็นผู้สอนควรสอดแทรกแนวปฏิบัติที่ถูกต้องในการใช้เครื่องมือ Generative AI ให้กับผู้เรียน สอนวิธีการตรวจสอบและวิพากษ์สิ่งที่สร้างโดย Generative AI เช่น โค้ดโปรแกรม การออกแบบซอฟต์แวร์ และฐานข้อมูล เป็นต้น พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ไขโค้ด และสร้างความตระหนักถึงจรรยาบรรณในการใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

งานวิจัยของ Sherman et al. (2021) พบว่า การสอนปัญญาประดิษฐ์ควรรวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบของปัญญาประดิษฐ์ต่อสังคมและศีลธรรม การฝึกทักษะด้านการคิดเชิงวิพากษ์ (critical thinking) และการแก้ปัญหา ซึ่งช่วยสร้างความตระหนักรู้แก่ผู้เรียนได้

3) การปรับรูปแบบการประเมินผล

รูปแบบการประเมินผลต้องปรับเปลี่ยนเพื่อวัดความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน เช่น เน้นการสอบ

ปากเปล่าและการอธิบายแนวคิด สร้างข้อสอบที่ทดสอบกระบวนการคิดและการแก้ปัญหา ให้น้ำหนักกับการอภิปรายและการวิเคราะห์มากกว่าการส่งชิ้นงานหรือโครงงานในรายวิชาเพียงอย่างเดียว งานวิจัยของ García-Martínez et al. (2023) ได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบของการนำ AI ในการออกแบบและพัฒนากระบวนการเรียนรู้และการประเมินผล พบว่า การใช้ AI ช่วยสร้างความหลากหลายในวิธีการประเมินและส่งเสริมความเข้าใจในทักษะที่เกี่ยวข้องได้มากขึ้น

Johnson (2024) ปัจจุบันทำงานด้านการอบรมวิศวกรซอฟต์แวร์ของบริษัท Google และยังเคยสอนวิทยาการคอมพิวเตอร์ในระดับมหาวิทยาลัย กล่าวว่า ที่ Google ได้มีการปรับปรุงวิธีการการอบรมวิศวกรซอฟต์แวร์อยู่เสมอ ตั้งแต่ยุค “AI First” จนถึง “Generative AI” โดยในยุค AI First ได้ปรับการอบรมเพื่อให้เข้ากับยุค “AI First” โดยอบรมวิศวกรหลายหมื่นคนเกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) เน้นการทำความเข้าใจเครื่องมือปัญญาประดิษฐ์, เฟรมเวิร์ก และการทำงานร่วมกันในระบบใหญ่ของ Google จนถึงยุคของ Generative AI การเปลี่ยนแปลงของ Large Language Models--LLMs และ Generative AI ส่งผลให้บทบาทของวิศวกรซอฟต์แวร์เปลี่ยนแปลงไป วิศวกรจำเป็นต้องเรียนรู้การใช้ Generative AI ในการออกแบบระบบ ประเมินผลลัพธ์ และผนวกปัญญาประดิษฐ์เข้าสู่ผลิตภัณฑ์อย่างปลอดภัย การอบรมเน้นที่การสร้างความเข้าใจในศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์ เช่น การช่วยสร้างโค้ดและออกแบบระบบซับซ้อน ทำให้วิศวกรซอฟต์แวร์สามารถเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้น

Johnson (2024) กล่าวว่า หลักสูตรต้องร่วมมือกันปรับปรุงหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผู้สอนด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ในมหาวิทยาลัยได้นำมาปรับใช้ในกระบวนการสอน เนื่องจากจะทำให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพการเรียนรู้ที่รวดเร็วขึ้น เช่น การเรียนวิทยาการคอมพิวเตอร์ระดับเบื้องต้น อาจพัฒนาไปสู่การเน้นการใช้โครงสร้างข้อมูลและอัลกอริธึมมากขึ้น โดยลดเวลาการเรียนรู้โครงสร้างข้อมูลหรือการเขียนโปรแกรมโดยเริ่มต้นจากศูนย์ เน้นการใช้ปัญญาประดิษฐ์ช่วยในการเขียนโค้ด ทดสอบโค้ด และเอาชนะความท้าทายเบื้องต้นในวิชาเขียนโปรแกรม แต่ต้องระวังไม่ให้เกิดการพึ่งพาปัญญาประดิษฐ์มากจนเกินไป เพื่อให้มั่นใจว่าผู้เรียนด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศจะได้รับการเตรียมพร้อมอย่างดีสำหรับอนาคตที่พวกเขาจะเผชิญในงานด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่กำลังเปลี่ยนไป

ความท้าทายในการใช้งาน Generative AI ในการศึกษา

การใช้งาน Generative AI ในด้านการศึกษากำลังกลายเป็นเรื่องที่สำคัญในวงการการศึกษา ด้วยความสามารถที่มีศักยภาพที่จะเปลี่ยนแปลงวิธีการเรียนการสอนอย่างลึกซึ้ง อย่างไรก็ตามการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ยังคงมีความท้าทายหลายด้าน โดยบทความนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ประเด็นสำคัญ ดังนี้

1) ประเด็นจริยธรรมและความเป็นส่วนตัวของข้อมูล

Generative AI สามารถสร้างเนื้อหาได้อย่างหลากหลาย แต่การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อฝึกอบรมโมเดลปัญญาประดิษฐ์อาจมีปัญหาในเรื่องความเป็นส่วนตัวของข้อมูลผู้ใช้ การใช้งานในการศึกษาอาจเกี่ยวข้องกับข้อมูลส่วนตัวของผู้เรียนหรือข้อมูลการเรียนรู้เฉพาะบุคคล ซึ่งสร้างความกังวลในด้านจริยธรรมและความเป็นส่วนตัวได้

การใช้ปัญญาประดิษฐ์อาจต้องการการจัดเก็บและใช้ข้อมูลส่วนตัวของผู้เรียนเพื่อปรับแต่งการเรียนรู้ แต่หากไม่มีการป้องกันข้อมูลอย่างเหมาะสม อาจเสี่ยงต่อการรั่วไหลของข้อมูล (Gökoğlu, 2024) การมีอคติในโมเดลปัญญาประดิษฐ์ เกิดจากข้อมูลที่ป้อนให้ปัญญาประดิษฐ์อาจมีอคติแฝงอยู่ ซึ่งอาจนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ไม่ยุติธรรม เช่น การแนะนำเนื้อหาที่ไม่เหมาะสมหรือการประเมินผู้เรียนอย่างไม่เท่าเทียม ดังนั้นจึงควรมีความโปร่งใสในการใช้ข้อมูลปัญญาประดิษฐ์ในการประเมินผลผู้เรียน (Chan & Hu, 2023) จึงควรมีการออกแบบนโยบายที่ชัดเจนเพื่อปกป้องข้อมูลผู้เรียนและผู้สอน โดยผู้เรียนและผู้ปกครองต้องรับทราบถึงการใช้ข้อมูลส่วนตัว ซึ่งจำเป็นต้องมีการกำหนดกรอบการใช้งานที่ชัดเจน และต้องขอความยินยอมเพื่อใช้ข้อมูล (Yan, Greiff, Teuber, & Gašević, 2024)

2) ความน่าเชื่อถือของเนื้อหาที่สร้างขึ้นโดยปัญญาประดิษฐ์

แม้ว่าเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์จะสามารถสร้างเนื้อหาได้รวดเร็วแต่ยังมีข้อจำกัดในความถูกต้องของข้อมูล เช่น การสร้างคำตอบที่ไม่ถูกต้อง (Wang et al., 2023) แม้ Generative AI จะสร้างคำตอบหรือเนื้อหาที่ดูน่าเชื่อถือ แต่ก็มีโอกาสเกิด "ข้อมูลผิดพลาด" และขาดการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อหา ซึ่งอาจทำให้เกิดการเข้าใจผิดในผู้เรียน โดยเนื้อหาที่ AI สร้างขึ้นมักขาดแหล่งที่มาที่ตรวจสอบได้มีแหล่งอ้างอิงที่ไม่ชัดเจนทำให้ยากต่อการยืนยันความถูกต้อง และอาจถูกใช้ในการสร้างบทความหรือการบ้านที่ดูเหมือนสร้างขึ้นโดยมนุษย์ ซึ่งอาจส่งผลต่อความซื่อสัตย์ทางวิชาการ

Denny et al. (2024) ชี้ให้เห็นว่าการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษาอาจต้องมีการควบคุมเนื้อหาให้เหมาะสมกับหลักสูตร โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นเครื่องมือเสริมไม่ใช่ตัวแทนผู้สอนทั้งหมด จำเป็นต้องมีระบบตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะในการคิดวิเคราะห์เพื่อแยกแยะข้อมูลที่ถูกต้องจากข้อมูลที่ผิด

3) ความจำเป็นในการพัฒนาทักษะของผู้สอน

ถึงแม้ว่า Generative AI จะมีความสามารถและมีศักยภาพที่น่าสนใจในการนำมาใช้ในด้านการศึกษา แต่ก็ยังมีความท้าทายในด้านจริยธรรมและความน่าเชื่อถืออยู่ ผู้สอนจึงมีบทบาทที่สำคัญต่อการศึกษาของผู้เรียนโดยสามารถเปลี่ยนจากผู้ถ่ายทอดความรู้เป็นผู้ส่งเสริมการเรียนรู้ ดังนั้นผู้สอนจึงควรได้รับการอบรมเรื่องการใช้งานปัญญาประดิษฐ์ในด้านการศึกษาเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้ของตนเองและนำไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการพัฒนาทักษะผู้สอน Generative AI สามารถเปลี่ยนแปลงกระบวนการเตรียมความพร้อมให้กับผู้สอนโดยเพิ่มขีดความสามารถในการออกแบบและปรับเนื้อหาการสอนให้ตอบโจทย์ผู้เรียน (Moorhouse & Kohnke, 2024) ซึ่งหลักสูตรการฝึกอบรมผู้สอนในยุคปัญญาประดิษฐ์ควรเน้นความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์การพิจารณาแง่มุมเชิงจริยธรรม และความถูกต้องของข้อมูล (Zhang & Villanueva, 2023)

วิเคราะห์ผลกระทบและวิธีวัดประสิทธิภาพของการนำ Generative AI มาใช้

การนำ Generative AI มาใช้ในการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมีผลกระทบทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลกระทบและวัดประสิทธิภาพได้ผ่านวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

ผลกระทบเชิงบวก

1) การเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้

Generative AI สามารถสร้างเนื้อหาการเรียนที่ปรับแต่งได้ตามความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้นและเรียนรู้ได้เร็วขึ้น วิธีการวัดประสิทธิภาพสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบผลการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังการใช้ Generative AI ผ่านการทดสอบหรือการประเมินผลการเรียนรู้ (Learning Outcomes Assessment) เช่น การวัดคะแนนสอบหรือการประเมินความเข้าใจในเนื้อหา

2) การลดภาระงานของผู้สอน

Generative AI ช่วยลดเวลาที่ผู้สอนต้องใช้ในการเตรียมเนื้อหาและสร้างสื่อการสอน วิธีการวัดประสิทธิภาพสามารถทำได้โดยการสำรวจความพึงพอใจของผู้สอนและผู้เรียนต่อการใช้เทคโนโลยีนี้ รวมถึงการวัดเวลาที่ผู้สอนใช้ในการเตรียมการสอนก่อนและหลังการใช้ Generative AI

3) การสนับสนุนการเรียนรู้แบบรายบุคคล

Generative AI สามารถปรับเนื้อหาให้เหมาะสมกับระดับความรู้และความสามารถของผู้เรียนแต่ละคน วิธีการวัดประสิทธิภาพสามารถทำได้โดยการติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนแต่ละคนผ่านระบบการเรียนรู้แบบปรับตัว (adaptive learning systems) และการประเมินผลการเรียนรู้ที่ปรับแต่งตามความสามารถของผู้เรียนและเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้ AI

ผลกระทบเชิงลบ

1) ความน่าเชื่อถือของเนื้อหา

เนื้อหาที่สร้างโดย Generative AI อาจมีข้อผิดพลาดหรือไม่ถูกต้อง วิธีการวัดประสิทธิภาพสามารถทำได้โดยการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาที่สร้างขึ้นโดย AI ผ่านการเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ และการประเมินผลจากผู้สอนหรือผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น ๆ

2) การพึ่งพาเทคโนโลยีมากเกินไป

ผู้เรียนอาจพึ่งพา Generative AI มากเกินไปจนขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ วิธีการวัดประสิทธิภาพสามารถทำได้โดยการทดสอบทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนผ่านการสอบปากเปล่า หรือการมอบหมายงานที่ต้องใช้การวิเคราะห์เชิงลึก

3) ประเด็นด้านจริยธรรมและความเป็นส่วนตัว

การใช้ Generative AI อาจเกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนตัวของผู้เรียน วิธีการวัดประสิทธิภาพสามารถทำได้โดยการสำรวจความกังวลของผู้เรียนและผู้สอนเกี่ยวกับความเป็นส่วนตัวของข้อมูล และการตรวจสอบนโยบายการปกป้องข้อมูลของสถาบันการศึกษา

บทสรุป

เทคโนโลยี Generative AI นั้นสามารถมาใช้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างเนื้อหาการเรียนการสอนที่หลากหลายและมีความน่าสนใจ โดยเฉพาะการนำมาช่วยออกแบบสื่อการสอนที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการของผู้เรียน เช่น การสร้างแบบฝึกหัด การสรุปบทเรียน หรือแม้แต่การให้คำแนะนำในการศึกษา ซึ่งช่วยลดภาระของผู้สอนและส่งเสริมการเรียนรู้ที่เป็นรายบุคคลได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศการใช้ Generative AI ในการเขียนโปรแกรมหรือการออกแบบซอฟต์แวร์ในส่วนต่าง ๆ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและลดเวลาในการพัฒนาซอฟต์แวร์ได้อย่างมาก

อย่างไรก็ตามการนำ Generative AI ไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอนยังมีข้อจำกัดในด้านของความแม่นยำและความสามารถในการเข้าใจบริบทของผู้เรียนในระดับลึก โดยเฉพาะในกรณีของเนื้อหาที่มีความซับซ้อนหรือเป็นเนื้อหาที่ต้องการการตีความที่ลึกซึ้ง การพึ่งพา AI ในบางกรณีอาจทำให้เกิดการเข้าใจผิดหรือการเสนอข้อมูลที่ไม่ตรงกับความต้องการจริงๆ ของผู้เรียน

ในแง่ของการศึกษาในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศยังมีความท้าทายเกี่ยวกับการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ Generative AI ในการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการใช้งาน AI ต้องการความรู้ลึกซึ้งในด้านอัลกอริธึมและการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคสำหรับผู้ที่ไม่มีพื้นฐานที่แข็งแรงในด้านนี้

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การนำ Generative AI มาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพสูงในการเสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้ แต่ยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนในทุกระดับได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Reference

Bowles, D. C., & Kruger, J. S. (2023). Generating employable, intelligent graduates in a world with Generative AI: Thoughts for educators. *Pedagogy in Health Promotion, 9*(2), 75–77. https://doi.org/10.1177/23733799231175171

Bozkurt, A., Xiao, J., Lambert, S., Pazurek, A., Crompton, H., Koseoglu, S., Farrow, R., Bond, M., Nerantzi, C., Honeychurch, S., Bali, M., Dron, J., Mir, K., Stewart, B., Costello, E., Mason, J., Stracke, C. M., Romero-Hall, E., Koutropoulos, A., Toquero, C. M., Singh, L Tlili, A., Lee, K., Nichols, M., Ossiannilsson, E., Brown, M., Irvine, V., Raffaghelli, J. E., Santos-Hermosa, G Farrell, O., Adam, T., Thong, Y. L., Sani-Bozkurt, S., Sharma, R. C., Hrastinski, S., & Jandrić, P. (2023). Speculative Futures on ChatGPT and Generative Artificial Intelligence (AI): A collective reflection from the educational landscape. *Asian Journal of Distance Education, 18*(1), 53-130. https://doi.org/10.5281/zenodo.7636568

Chan, C. K. Y., & Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20*(1), 1-18. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00411-8

Chiu, T. K. (2023). Future research recommendations for transforming higher education with Generative AI. *Computers and Education Artificial Intelligence, 6*, 100197. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100197

Denny, P., Gulwani, S., Heffernan, N. T., Käser, T., Moore, S., Rafferty, A. N., & Singla, A. (2024). Generative AI for Education (GAIED): Advances, opportunities, and challenges. *arXiv preprint arXiv, 2402*, 01580. https://doi.org/10.48550/arxiv.2402.01580

García-Martínez, I., Fernández-Batanero, J. M., Fernández-Cerero, J., & León, S. P. (2023). Analysing the Impact of artificial intelligence and computational sciences on student performance: Systematic review and meta-analysis. *Journal of New Approaches in Educational Research, 12*(1), 171. https://doi.org/10.7821/naer.2023.1.1240

Gervacio, A. P. (2024). Exploring how generative AI contributes to the motivated engagement and learning production of science-oriented students. *Environment and Social Psychology, 9*(11). https://doi.org/10.59429/esp.v9i11.3194

Gilakjani, A. P. (2012). A match or mismatch between learning styles of the learners and teaching styles of the teachers. *International Journal of Modern Education and Computer Science, 4*(11), 51–60. https://doi.org/10.5815/ijmecs.2012.11.05

Visualstudio.com. (2024). *GitHub copilot in VS code*. Retrieved from https://code.visualstudio.com/docs/copilot/overview

Gökoğlu, S. (2024). Challenges and limitations of Generative AI in education. In R. Sharma & A. Bozkurt (Eds.), *Transforming education with Generative AI: Prompt engineering and synthetic content creation* (pp. 158-181). Pennsylvania: IGI Global Scientific Publishing.

Gumabay, C. A. N., & Gumabay, M. V. N. (2024). Opportunities and challenges for information technology and business educators in implementing Generative Artificial Intelligence in instruction. *International Journal of Management and Humanities, 11*(4), 1–7. https://doi.org/10.35940/ijmh.d1769.11041224

Johnson, M. (2024). Generative AI and CS education. *Communications of the ACM, 67*(4), 23–24. https://doi.org/10.1145/3632523

Kolluru, V., Mungara, S., & Chintakunta, A. N. (2018). Adaptive Learning Systems: Harnessing AI for customized educational experiences. *International Journal of Computational Science and Information Technology, 6*(3), 13–26. https://doi.org/10.5121/ijcsity.2018.6302

Lee, D., Arnold, M., Srivastava, A., Plastow, K., Strelan, P., Ploeckl, F., Lekkas, D., & Palmer, E. (2024). The impact of generative AI on higher education learning and teaching: A study of educators' perspectives. *Computers and Education Artificial Intelligence, 6,* 100221. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100221

Liang, J., Wang, L., Luo, J., Yan, Y., & Fan, C. (2023). The relationship between student interaction with Generative Artificial Intelligence and learning achievement: serial mediating roles of self-efficacy and cognitive engagement. *Frontiers in Psychology, 14*, 1285392. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1285392

Mittal, U., Sai, S., Chamola, V., & Devika, N. (2024). A Comprehensive review on Generative AI for education. *IEEE Access, 12*, 142733–142759. https://doi.org/10.1109/access.2024.3468368

Moorhouse, B. L., & Kohnke, L. (2024). The effects of generative AI on initial language teacher education: *The perceptions of teacher educators. System, 122*, 103290. https://doi.org/10.1016/j.system.2024.103290

Ruiz-Rojas, L. I., Acosta-Vargas, P., De-Moreta-Llovet, J., & Gonzalez-Rodriguez, M. (2023). Empowering education with Generative Artificial Intelligence tools: Approach with an instructional design matrix. *Sustainability, 15*(15), 11524. https://doi.org/10.3390/su151511524

Sherman, M., Martynyshyn, Y., Khlystun, O., Chukhrai, L., Kliuchko, Y., & Savkiv, U. (2021). Optimization of the Educational Environment Using Information Technologies. *International Journal of Computer Science and Network Security, 21*(4), 80–83. https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.4.12

Veluru, C. (2024). The impact of Generative AI on content curation and content advancements in education and training. *Zenodo, 11*, 121–130. https://doi.org/10.5281/zenodo.12737572

Wang, T. (2023). Navigating Generative AI (ChatGPT) in higher education: Opportunities and challenges. In C. Anutariya, D. Liu, Kinshuk, A. Tlili, J. Yang, & M. Chang, (Eds), *Smart learning for a sustainable society. ICSLE 2023. Lecture notes in educational technology* (pp. 215–225). Singapore: Springer.

Yan, L., Greiff, S., Teuber, Z., & Gašević, D. (2024). Promises and challenges of Generative Artificial Intelligence for human learning. *Nature Human Behaviour, 8*(10), 1839–1850. https://doi.org/10.1038/s41562-024-02004-5

Yan, L., Martinez-Maldonado, R., & Gasevic, D. (2024). Generative Artificial Intelligence in learning analytics: Contextualising opportunities and challenges through the learning analytics cycle. *Proceedings of the 14th Learning Analytics and Knowledge Conference* (pp. 101–111). Kyoto: Association for Computing Machinery.

Zhang, C., & Villanueva, N. L. E. (2023). Generative Artificial Intelligence preparedness and technological competence. *International Journal of Education and Humanities, 11*(2), 164–170. https://doi.org/10.54097/ijeh.v11i2.13753

การยกระดับการตรวจสอบในอุตสาหกรรมด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพโดยใช้ OpenCV
Advancing Industrial Inspection through Image Processing Techniques with OpenCV

คัมภีร์ ลิมปดาพันธ์[1] และธีรพงศ์ บริรักษ์[2]*
Khompee Limpadapun[1] and Theerapong Borirak[2]*
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
[1]Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Krungthep
[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[2]School of Engineering, Eastern Asia University
*Corresponding author: t_borirak@eau.ac.th
Received: November 29, 2024
Revised: February 25, 2025
Accepted: March 4, 2025

บทคัดย่อ

การควบคุมคุณภาพในภาคการผลิตได้พัฒนาก้าวหน้าอย่างเห็นได้ชัดในช่วงที่ผ่านมา แม้ว่าการตรวจสอบด้วยวิธีดั้งเดิมโดยใช้แรงงานคนมักเผชิญกับข้อจำกัดด้านความแม่นยำ ความสม่ำเสมอ และต้นทุนที่สูง ด้วยเหตุนี้ เทคโนโลยีการประมวลผลภาพด้วย OpenCV ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจสอบอัตโนมัติ จากการศึกษาพบว่าการบูรณาการระบบที่ใช้ OpenCV เข้ากับสายการผลิตที่มีอยู่สามารถเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับข้อบกพร่องและลดระยะเวลาในการตรวจสอบได้อย่างมีนัยสำคัญ และช่วยลดระยะเวลาในการตรวจสอบเมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิม การทดสอบในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์ และสิ่งทอ แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมคอมพิวเตอร์วิทัศน์สำหรับการวัดขนาด การวิเคราะห์รูปร่าง และการตรวจสอบสี ช่วยให้การควบคุมคุณภาพมีความแม่นยำและสม่ำเสมอยิ่งขึ้น การใช้ OpenCV สามารถลดข้อผิดพลาดในการผลิต ปรับปรุงความแม่นยำของการตรวจสอบ และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการควบคุมคุณภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ระบบยังสามารถทำงานได้ดีภายใต้สภาพแวดล้อมการผลิตที่หลากหลาย ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดบางประการ เช่น ความไวต่อสภาพแสงและความซับซ้อนของรูปทรงผลิตภัณฑ์ ยังคงต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม แนวทางที่นำเสนอนี้ช่วยเป็นรากฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาระบบตรวจสอบอัตโนมัติที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพสูงในภาคอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร การประกันคุณภาพ การตรวจสอบอัตโนมัติ

Abstract

Quality control in manufacturing has significantly progressed in recent years. However, traditional manual inspection methods often face challenges in terms of accuracy, consistency, and operational costs. To address these issues, OpenCV-based image processing technology has been adopted to enhance the efficiency of automated inspection systems. Studies have shown that integrating OpenCV into existing production lines significantly enhances defect detection accuracy while reducing inspection time. Applications in the electronics, automotive, and textile industries have shown that using computer vision algorithms for defect detection, size measurement, shape analysis, and color inspection improves quality control precision and consistency. Additionally, OpenCV-based systems have proven effective in minimizing production errors, optimizing inspection efficiency, and reducing operational costs. These systems also operate reliably across diverse production environments, further enhancing industrial competitiveness. However, certain limitations such as sensitivity to lighting variations and complex object geometries still need further development. This approach lays a strong foundation for improving automated quality control systems, enabling a more accurate, cost-effective, and modern industrial inspection process.

Keywords: machine vision, quality assurance, automated inspection

บทนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิตสมัยใหม่ การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างยิ่งในการรักษามาตรฐานและสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า (Ivanchenkova & Stasiukova, 2019) แต่ในสภาวการณ์ปัจจุบัน วิธีการตรวจสอบแบบดั้งเดิมด้วยการใช้แรงงานคนหรือเครื่องมือวัดทางกลนั้นมักจะใช้เวลานาน มีต้นทุนสูง และมีความแม่นยำที่จำกัด (Sachan et al., 2020) ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (computer vision) และการประมวลผลภาพ (image processing) ทำให้มีการพัฒนาการตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิตให้เป็นระบบอัตโนมัติ (Reyna et al., 2022) ซึ่งส่งผลไปสู่การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวม และยังเพิ่มความเร็วและความแม่นยำ และลดข้อผิดพลาดของมนุษย์ในกระบวนการผลิต ซึ่งนำไปสู่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สม่ำเสมอและความปลอดภัยในการทำงาน (Rathod & Salehi, 2020)

การพัฒนาการตรวจสอบคุณภาพในงานอุตสาหกรรมผ่านเทคนิคการประมวลผลภาพด้วย OpenCV ซึ่งเป็นไลบรารีโอเพนซอร์ส (opensource library) หรือซอฟต์แวร์เสรีที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในการพัฒนางานทางด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Cervera, 2020; Jain, Harisinghani, Gangar & Kambli, 2022; Guillen, 2019) และเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) ซึ่ง OpenCV มีเครื่องมือสำหรับการประมวลผลภาพที่สามารถใช้งานร่วมกับแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก โดยเฉพาะการตรวจจับข้อบกพร่องโดยอัตโนมัติและปรับปรุงความแม่นยำในการตรวจสอบ (Shaikh et al., 2022) การบูรณาการนี้นำไปสู่คุณภาพของผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพในการดำเนินงานที่ดีขึ้น (Honzátko et al., 2021)

บทความนี้มุ่งนำเสนอแนวคิด เทคนิค และกรณีศึกษาการใช้งาน OpenCV สำหรับการตรวจสอบคุณภาพในงานอุตสาหกรรม พร้อมทั้งนำเสนอจุดแข็งและข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับวิธีการแบบดั้งเดิม (Marques & Pitarma, 2021) และการพิจารณาในทางปฏิบัติสำหรับการนำ OpenCV ไปประยุกต์ใช้งานจริงให้เหมาะสมกับเงื่อนไขเฉพาะของแต่ละอุตสาหกรรม (Khan & Zabeeulla, 2023) เนื้อหาในบทความนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจพัฒนาระบบการตรวจสอบด้วยการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ในบริบทของอุตสาหกรรมการผลิต

พื้นฐานการประมวลผลภาพ (image processing) ด้วย OpenCV สำหรับการตรวจสอบอุตสาหกรรม

การประมวลผลภาพเพื่อการตรวจสอบในอุตสาหกรรมประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญหลายขั้นตอนที่ต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบ กระบวนการพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการประมวลผลภาพในงานอุตสาหกรรม ซึ่งเริ่มตั้งแต่การเตรียมภาพ การปรับปรุงคุณภาพ ไปจนถึงการวิเคราะห์เพื่อตรวจจับข้อบกพร่อง (Ciora & Simion, 2014) ดังภาพ 1 แสดงขั้นตอนพื้นฐานในการประมวลผลภาพสำหรับงานอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการที่เชื่อมโยงต่อเนื่องกัน 4 ขั้นตอน เริ่มจากการรับภาพ (image acquisition) ที่ได้จากอุปกรณ์บันทึกภาพ จากนั้นภาพจะถูกนำไปผ่านการประมวลผลเบื้องต้น (pre-processing) เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพ ต่อมาในขั้นตอนการแบ่งส่วนภาพ (segmentation) จะทำการแยกส่วนที่สนใจออกจากพื้นหลัง และสุดท้ายคือแยกลักษณะเด่น (feature extraction) เพื่อดึงข้อมูลสำคัญจากภาพสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป กระบวนการทั้งหมดนี้เชื่อมต่อกันด้วยลูกศรแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานที่ต่อเนื่องและเป็นระบบ

การประยุกต์ใช้ OpenCV ในอุตสาหกรรมช่วยยกระดับการตรวจสอบคุณภาพให้มีความแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยสามารถรองรับสายการผลิตที่มีความเร็วสูงและรูปทรงของผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย ผ่านการทดสอบในภาคอุตสาหกรรมที่แตกต่างกัน พบว่า

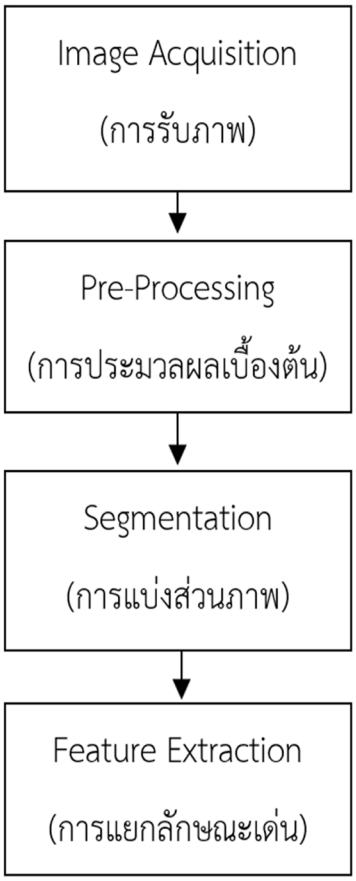
อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์: ใช้ OpenCV ในการตรวจสอบตำแหน่งชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ การวิเคราะห์ขนาดของแผงวงจร (PCB) (Pineda-Perdomo & Villatoro-Flores, 2023) และการตรวจสอบรอยบัดกรี เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากแรงงานคน

อุตสาหกรรมยานยนต์: OpenCV ถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วนอะไหล่ (Mohan et al., 2024) การวิเคราะห์พื้นผิวของตัวถังรถยนต์ (Wei et al., 2024) และการตรวจจับข้อบกพร่องของชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ ซึ่งช่วยลดความจำเป็นในการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์ และเพิ่มความเร็วในการประเมินคุณภาพของชิ้นส่วนที่ผลิต

อุตสาหกรรมสิ่งทอ: ระบบประมวลผลภาพด้วย OpenCV สามารถตรวจจับความผิดปกติของเนื้อผ้า การเปรียบเทียบเฉดสีของผ้าในกระบวนการย้อม และการตรวจสอบลวดลายของเนื้อผ้า เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ตรงตามมาตรฐานคุณภาพ (Varjovi et al., 2022)

แม้ว่าผลลัพธ์ของการทดสอบจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของแต่ละอุตสาหกรรม แต่โดยรวมพบว่า OpenCV สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการตรวจสอบ ลดเวลาการตรวจสอบ และช่วยลดต้นทุนจากข้อผิดพลาดในการผลิต ทำให้เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมกับภาคอุตสาหกรรมที่ต้องการความรวดเร็วและความแม่นยำสูง

การประมวลผลภาพเบื้องต้นเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของภาพก่อนนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คุณภาพของภาพมีผลโดยตรงต่อความแม่นยำในการตรวจจับข้อบกพร่อง การวัดคุณลักษณะที่สำคัญสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก ดังนี้



ภาพ 1 ขั้นตอนพื้นฐานในการประมวลผลภาพสำหรับงานอุตสาหกรรม

การวัดขนาด (size measurement)

การวัดขนาดเป็นหนึ่งในฟังก์ชันพื้นฐานที่สำคัญของ OpenCV สำหรับการตรวจสอบคุณภาพในอุตสาหกรรม โดยมีขั้นตอนการทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักที่เชื่อมต่อกัน เริ่มจากการนำเข้าภาพ (input image) จากนั้นผ่านขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้น (preprocessing) ซึ่งรวมถึงการกำหนดค่าขีดแบ่ง (thresholding) และการลดสัญญาณรบกวน (noise reduction) ก่อนที่จะนำไปสู่ขั้นตอนสุดท้าย คือ การวัดขนาด (size measurement) ของวัตถุในภาพ (Yongjian et al., 2020) ดังแสดงในภาพ 2

ตัวอย่างการวิเคราะห์พื้นที่และเส้นรอบรูปด้วย OpenCV แสดงการใช้ฟังก์ชัน contourArea() และ arclength() โดยมีขั้นตอนการทำงานที่สำคัญเริ่มจากการเตรียมภาพโดยแปลงเป็นภาพขาวดำและใช้ threshold เพื่อแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง จากนั้นทำการหาเส้นรอบรูป (Contours) ด้วยฟังก์ชัน findContours() โดยใช้พารามิเตอร์ RETR_EXTERNAL เพื่อหาเฉพาะขอบนอกสุด หลังจากได้ขอบของวัตถุแล้ว สามารถคำนวณหาพื้นที่ด้วยฟังก์ชัน contourArea() ซึ่งเป็นการคำนวณพื้นที่วัตถุที่ตรวจจับได้ โดยใช้สมการพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยมจากจุดพิกัด (x_i, y_i) ดังนี้

$$A = \frac{1}{2}\left|\sum_{i=1}^{n}\left(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i\right)\right| \qquad (1)$$

โดยที่:

- (x_i, y_i) เป็นพิกัดของจัดที่สร้างเส้นรอบรูป
- n คือ จำนวนจุดในเส้นรอบรูป (contour)
- จุด (x_{n+1}, y_{n+1}) คือ จุดเริ่มต้นซ้ำ (วนรอบปิด)

คำนวณเส้นรอบรูปด้วยฟังก์ชัน arclength() ซึ่งมีสมการคำนวณ ดังนี้

$$p = \sum_{i=1}^{n}\sqrt{\left(x_{i+1} - x_i\right)^2 + \left(y_{i+1} - y_i\right)^2} \qquad (2)$$

โดยที่:

- P คือ เส้นรอบรูป
- (x_i, y_i) และ (x_{n+1}, y_{n+1}) เป็นจุดที่ต่อกันในเส้นรอบรูป
- ค่ารวมเป็นผลรวมของระยะห่างระหว่างจุดทุกคู่ที่เชื่อมกัน

นอกจากนี้ยังสามารถใช้ฟังก์ชัน boundingRect() เพื่อหาขนาดพื้นที่สี่เหลี่ยมที่ครอบวัตถุ โดยใช้ในการเปรียบเทียบกับการวัดพื้นที่ในแบบสามมิติ ซึ่งแสดงรูปแบบการเขียนโค้ดดังภาพ 3

จากภาพ 4 แสดงการวัดขนาดของวัตถุ 2 รูปแบบ ได้แก่ สี่เหลี่ยมผืนผ้าและวงกลม โดยแสดงให้เห็น โดยผลจากการวัด เส้นสีเขียว คือ Contour ที่ตรวจจับได้ ข้อความสีแดง คือ พื้นที่ในหน่วย pixel2 ข้อความสีน้ำเงิน คือ เส้นรอบรูป (perimeter) ในหน่วย pixel และเส้นประสีเทา แสดงการวัดขนาดมิติต่าง ๆ

ในการประยุกต์ใช้งานจริง จำเป็นต้องมีการปรับเทียบ (calibration) เพื่อแปลงหน่วย pixel เป็นหน่วยวัดจริง เช่น มิลลิเมตร โดยใช้วัตถุอ้างอิงที่ทราบขนาดแน่นอน ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมได้แก่ การตรวจสอบขนาดของชิ้นส่วนในสายการผลิต การวัดพื้นที่ของตำหนิบนผิวผลิตภัณฑ์ การควบคุมคุณภาพในกระบวนการตัดเฉือนวัสดุ

การวิเคราะห์รูปร่าง (shape analysis)

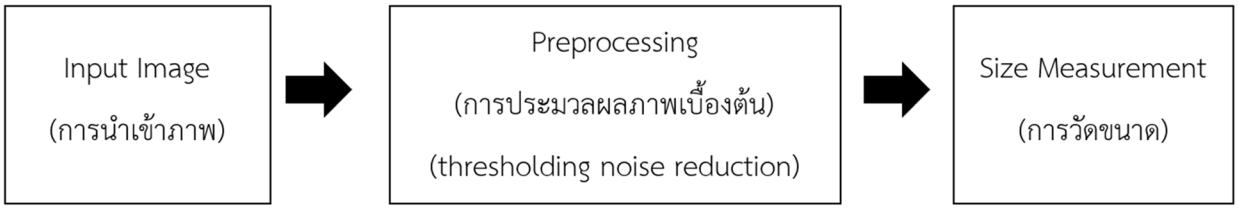
การวิเคราะห์รูปร่างด้วย OpenCV เป็นเทคนิคสำคัญในการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม (Saif et al., 2020) โดยสามารถวิเคราะห์คุณลักษณะทางเรขาคณิตของวัตถุ เช่น พื้นที่ เส้นรอบรูป จุดศูนย์กลาง มุม และความสมมาตร โดยใช้เทคนิคหลัก 3 ประการ ได้แก่ การวิเคราะห์โมเมนต์ (moments) ผ่านฟังก์ชัน cv2.moments() เพื่อคำนวณ Spatial moments และจุดศูนย์กลางมวล ซึ่งในการคำนวนโมเมนต์เป็นไปตามสมการนี้

$$M_{pq} = \sum_{x}\sum_{y} x^p y^q I(x, y) \qquad (3)$$

โดยที่:

- M_{pq} คือ ค่าของ Moment ลำดับที่ p,q
- $I(x, y)$ คือ ค่าความเข้มของพิกเซลที่จุด (x, y)
- p,q เป็นเลขชี้กำลังที่กำหนดให้ moment แต่ละตัว

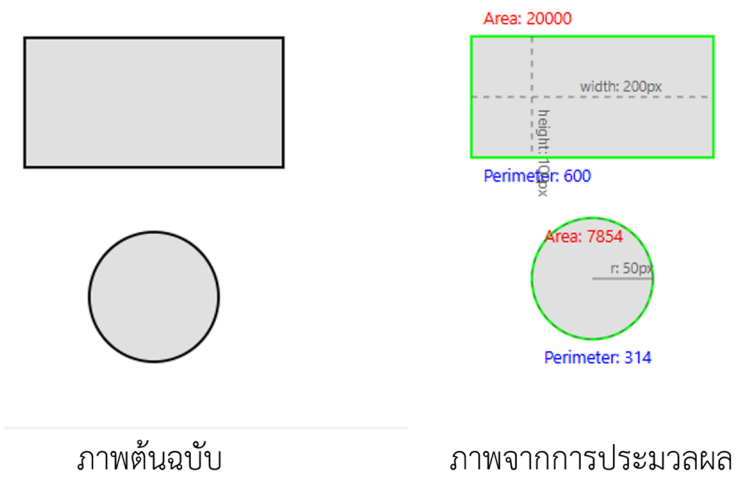
การประมาณรูปทรงเรขาคณิตด้วยฟังก์ชัน cv2.approxPolyDP() สำหรับการวิเคราะห์เส้นขอบและจุดมุม และการวิเคราะห์คุณสมบัติเพิ่มเติม เช่น อัตราส่วนความกว้างต่อความสูง ความกลม และความสมมาตร ดังแสดงในตัวอย่างโค้ด รูปแบบโค้ดการวิเคราะห์รูปร่างและการหาจุดศูนย์กลาง ดังแสดงในภาพ 5



ภาพ 2 ขั้นตอนการวัดขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

```
import cv2
# อ่านภาพ
img = cv2.imread('sample.jpg')
# แปลงเป็นภาพขาวดำ
gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
# หาขอบของวัตถุ
contours, _ = cv2.findContours(gray, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
# วัดขนาด
area = cv2.contourArea(contours[0])
perimeter = cv2.arcLength(contours[0], True)
```

ภาพ 3 รูปแบบโค้ดการวัดขนาดด้วย OpenCV



ภาพ 4 ตัวอย่างแสดงการวัดขนาดของวัตถุ 2 รูปแบบ ได้แก่ สี่เหลี่ยมผืนผ้าและวงกลม

```
# คำนวณ Moments
M = cv2.moments(contour)
# หาจุดศูนย์กลาง
cx = int(M['m10']/M['m00'])
cy = int(M['m01']/M['m00'])
```

ภาพ 5 รูปแบบโค้ดการวิเคราะห์รูปร่างและการหาจุดศูนย์กลาง

จากภาพ 6 แสดงการวิเคราะห์รูปทรงเรขาคณิตด้วย OpenCV โดยเปรียบเทียบระหว่างภาพต้นฉบับ (ซ้าย) และผลลัพธ์จากการประมวลผล (ขวา) ซึ่งแสดงการระบุจุดศูนย์กลางมวล (centroid) และการประมาณรูปทรงเรขาคณิตของวัตถุรูปแบบต่าง ๆ จากโค้ดตัวอย่างข้างต้น เราสามารถคำนวณจุดศูนย์กลางของวัตถุได้จากค่า Moments โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง การตรวจสอบสี

การตรวจสอบสีเป็นองค์ประกอบสำคัญในการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดย OpenCV สนับสนุนการวิเคราะห์ในหลายพื้นที่สี (color spaces) เพื่อความเหมาะสมกับงานที่แตกต่างกัน (Tiuftiakov et al., 2021) การแปลงพื้นที่สีเป็นพื้นฐานสำคัญในการวิเคราะห์ เช่น การแปลงจาก BGR เป็น HSV ซึ่งแยกองค์ประกอบสี ความอิ่มตัว และความสว่างออกจากกัน หรือการใช้พื้นที่สี LAB ที่สอดคล้องกับการรับรู้ของมนุษย์ (Abhigna, 2024) รูปแบบโค้ดการตรวจสอบสี ดังแสดงในภาพ 7 ในโค้ดนี้ใช้ฟังก์ชัน cv2.cvtColor() เพื่อแปลงพื้นที่สีจาก BGR (Blue-Green-Red) ไปเป็น HSV (Hue-Saturation-Value) และ LAB (Lightness-a-b) ซึ่งมีสมการ ดังนี้

$$H = a\tan\left(\frac{\sqrt{3}\left(G-B\right)}{2R-G-B}\right) \tag{4}$$

$$S = 1-\frac{3}{\left(R+G+B\right)}.\min\left(R,G,B\right)$$

$$V = \max\left(R,G,B\right)$$

โดยที่

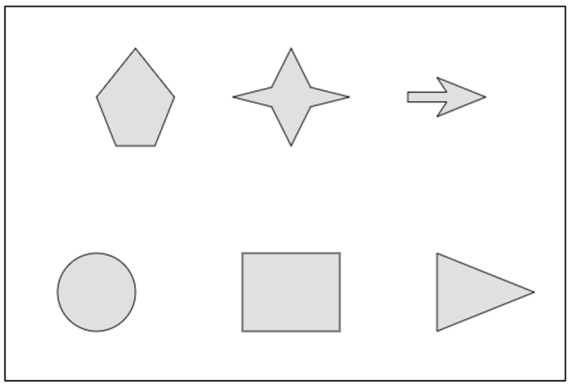
- H คือ ค่าของสี (Hue) เป็นมุมของสีในวงล้อสี (0° ถึง 360°)
- S คือ ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation)
- V คือ ค่าความสว่าง (Value)

m10/m00 สำหรับพิกัด x และ m01/m00 สำหรับพิกัด y ซึ่งผลลัพธ์จะปรากฏเป็นจุดสีแดงที่จุดศูนย์กลางของแต่ละรูปทรง ดังแสดงในภาพ 6

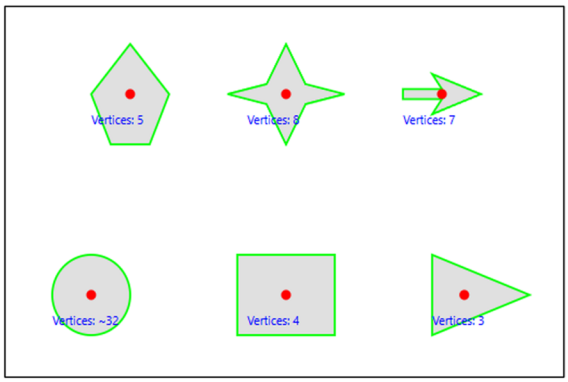
จากภาพ 8 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สีในพื้นที่สีต่าง ๆ ได้แก่ BGR HSV และ LAB พร้อมทั้งแสดงฮิสโตแกรมการกระจายตัวของสีสำหรับวัตถุตัวอย่าง 6 สี โดยแต่ละพื้นที่สีแสดงคุณลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน

จากภาพ 8 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์สีใน 2 ระบบที่สำคัญ ได้แก่ ระบบ HSV ที่แยกองค์ประกอบของสี ความอิ่มตัว และความสว่างออกจากกัน ทำให้ง่ายต่อการกำหนดช่วงและการแยกแยะสี และระบบ LAB ที่ออกแบบให้สอดคล้องกับการรับรู้สี

การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม การวิเคราะห์สีด้วย OpenCV ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สีเป็นปัจจัยสำคัญ เช่น ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การตรวจสอบความสม่ำเสมอของสีผ้าและการควบคุมคุณภาพการย้อม หรือในอุตสาหกรรมการพิมพ์ที่ต้องการความแม่นยำสูงในการควบคุมสี ระบบสามารถตรวจจับความผิดปกติของการพิมพ์และความคลาดเคลื่อนของสีได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ในสายการผลิตบรรจุภัณฑ์ การตรวจสอบสีของฉลากและการพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์ช่วยให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ออกสู่ตลาดมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่กำหนด การคัดแยกผลิตภัณฑ์ตามสีก็เป็นอีกหนึ่งการประยุกต์ใช้ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพ



ภาพต้นฉบับ

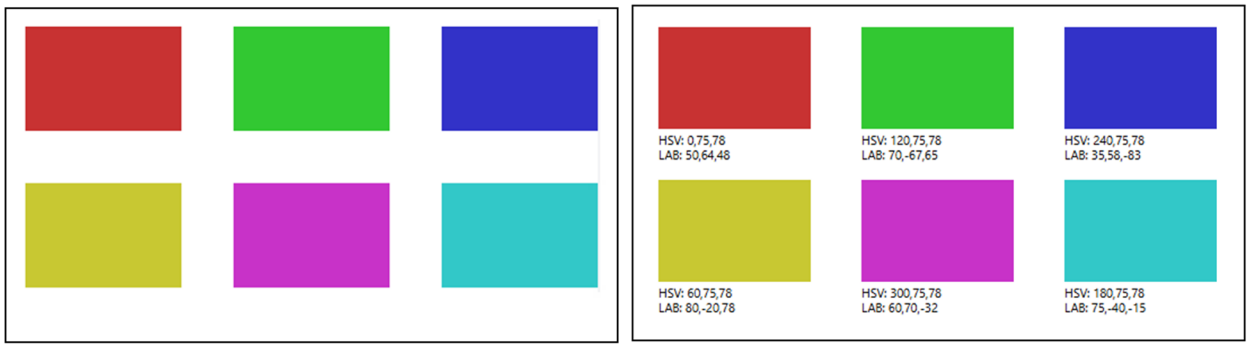


ภาพจากการประมวลผล

ภาพ 6 การวิเคราะห์รูปทรงเรขาคณิตด้วย OpenCV

```
import cv2
import numpy as np

# อ่านภาพต้นฉบับ
img = cv2.imread('sample.jpg')

# แปลงพื้นที่สี BGR เป็น HSV และ LAB
hsv = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2HSV)
lab = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2LAB)

# คำนวณค่าเฉลี่ยสีในแต่ละพื้นที่สี
bgr_mean = cv2.mean(img)[:3]
hsv_mean = cv2.mean(hsv)[:3]
lab_mean = cv2.mean(lab)[:3]

# วิเคราะห์การกระจายตัวของสี
hist = cv2.calcHist([img], [0,1,2], None, [8,8,8], [0,256,0,256,0,256])
```

ภาพ 7 รูปแบบโค้ดการวิเคราะห์สี



ภาพต้นฉบับ ภาพจากการประมวลผล

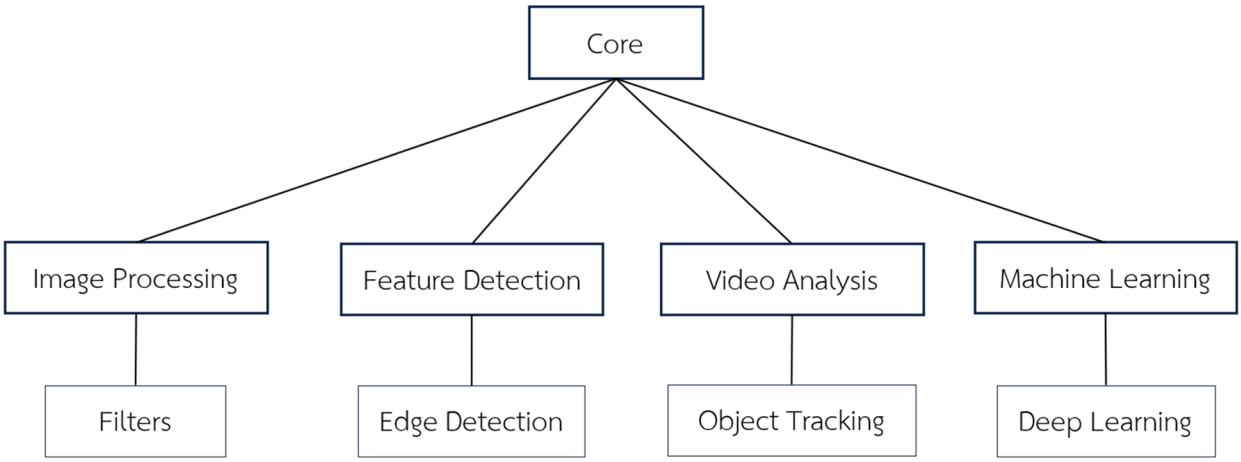
ภาพ 8 การวิเคราะห์สีด้วย OpenCV

ไลบรารีของ OpenCV

การประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพในงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือสูง OpenCV--Open Source Computer Vision Library เป็นไลบรารีการประมวลผลภาพที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการประยุกต์ใช้งานด้านการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ในอุตสาหกรรม (OpenCV Team, 2024) โดย OpenCV มีโครงสร้างแบบโมดูลาร์ที่ประกอบด้วยไลบรารีย่อยที่ทำงานเชื่อมโยงกัน ดังแสดงในภาพ 9

จากภาพ 9 แสดงให้เห็นว่า OpenCV มีโมดูล Core เป็นศูนย์กลางที่เชื่อมต่อกับโมดูลหลัก 4 ส่วน ได้แก่ Image Processing, Feature Detection, Video Analysis และ Machine Learning โดยแต่ละโมดูลหลักจะมีโมดูลย่อยที่มีความสามารถเฉพาะทาง การทำงานร่วมกันของโมดูลต่าง ๆ เหล่านี้ช่วยให้สามารถพัฒนาระบบการตรวจสอบอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพสูง (Abhigna, 2024) สำหรับรายละเอียดของแต่ละไลบรารีและการประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม ได้แสดงในตาราง 1

จากตาราง 1 ได้โครงสร้างของ OpenCV ที่แบ่งเป็น 5 ไลบรารีหลัก ได้แก่ Core Functionality Image Processing Feature Detection Video Analysis และ Machine Learning โดยแต่ละส่วนมีบทบาทเฉพาะในการประมวลผลภาพ เริ่มจาก Core Functionality ที่รับผิดชอบฟังก์ชันพื้นฐานอย่างการนำเข้า-ส่งออกภาพและการแปลงพื้นที่สี ส่วน Image Processing มุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพภาพผ่านการกรองสัญญาณรบกวนและการแยกวัตถุ ในขณะที่ Feature Detection ช่วยในการตรวจจับขอบและวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุ สำหรับ Video Analysis รองรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวและการติดตามวัตถุ และสุดท้าย Machine Learning เพิ่มความสามารถในการจำแนกประเภทวัตถุและการเรียนรู้เชิงลึก ทั้งหมดนี้ทำให้ OpenCV เป็นเครื่องมือที่ครบครันสำหรับการพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพในงานอุตสาหกรรม



ภาพ 9 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของโมดูลต่าง ๆ ในไลบรารี OpenCV

ตาราง 1

สรุปไลบรารีหลักของ OpenCV และการประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม

ไลบรารีหลัก	โมดูลย่อย	ฟังก์ชันที่สำคัญ	การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม
Core Functionality	- Image I/O	- imread(), imwrite()	- การนำเข้าและส่งออกภาพในระบบ
	- Color Space	- cvtColor()	- การแปลงพื้นที่สีเพื่อการวิเคราะห์
	- Matrix Operations	- resize(), rotate()	- การปรับแต่งภาพพื้นฐาน
Image Processing	- Filtering	- GaussianBlur(), medianBlur()	- การลดสัญญาณรบกวนในภาพ
	- Morphology	- erode(), dilate()	- การปรับปรุงคุณภาพภาพ
	- Thresholding	- threshold(), adaptiveThreshold()	- การแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง
Feature Detection	- Contours	- findContours(), drawContours()	- การตรวจจับขอบและรูปร่าง
	- Edge Detection	- Canny(), Sobel()	- การวิเคราะห์ขอบของวัตถุ
	- Feature Matching	- SIFT, SURF	- การเปรียบเทียบคุณลักษณะ
Video Analysis	- Motion Detection	- BackgroundSubtractor	- การตรวจจับการเคลื่อนไหว
	- Object Tracking	- TrackerCSRT	- การติดตามวัตถุแบบเรียลไทม์
Machine Learning	- Classification	- SVM, KNN	- การจำแนกประเภทวัตถุ
		- DNN module	- การเรียนรู้เชิงลึก

คุณลักษณะสำคัญของ OpenCV ในการประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรมสมัยใหม่

OpenCV เป็นไลบรารีโอเพนซอร์สการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ สำหรับการประมวลผลและวิเคราะห์ภาพ ความหลากหลายและประสิทธิภาพทำให้เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ รวมถึงการควบคุมคุณภาพ การตรวจจับข้อบกพร่อง และระบบอัตโนมัติ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ความปลอดภัย และความแม่นยำ ทำให้เป็นส่วนสำคัญในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

การรับภาพและการประมวลผล

OpenCV ช่วยในการรับสตรีมวิดีโอจากหลายแหล่ง ทำให้สามารถประมวลผลและวิเคราะห์ภาพแบบเรียลไทม์ สามารถประยุกต์ใช้งาน เช่น การตรวจจับข้อบกพร่องและการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต (Raileanu et al., 2020) และมีไลบรารีสนับสนุนเทคนิคการประมวลผลภาพต่าง ๆ รวมถึงการแบ่งส่วนภาพ การตรวจจับวัตถุ และการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ซึ่งสำคัญในการใช้ติดตามและควบคุมการปฏิบัติงานในอุตสาหกรรม (Suarez et al., 2014)

การจดจำวัตถุและการระบุตำแหน่ง

ความสามารถในการจดจำวัตถุของ OpenCV ช่วยในการระบุและหาตำแหน่งของชิ้นส่วนอุตสาหกรรม ซึ่งสำคัญต่อระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ คุณสมบัตินี้มีประโยชน์อย่างยิ่งในกระบวนการจัดการวัสดุและกระบวนการประกอบ (Korta et al., 2014) ความสามารถในการทำงานร่วมกับอุปกรณ์อุตสาหกรรมโดยใช้โปรโตคอลการสื่อสารมาตรฐานเข้ากับกระบวนการผลิตที่มีอยู่ (Raileanu et al., 2020)

การควบคุมคุณภาพและการตรวจจับข้อบกพร่อง

OpenCV ร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) ช่วยปรับปรุงการตรวจจับข้อบกพร่องและการควบคุมคุณภาพผ่านการทำให้กระบวนการตรวจสอบเป็นอัตโนมัติที่ให้ความแม่นยำและประสิทธิภาพสูง (Islam et al., 2024) ความสามารถในการประมวลผลแบบเรียลไทม์ช่วยลดข้อผิดพลาดและต้นทุนการผลิต (Balakrishna et al., 2024)

ความคุ้มค่าและความยืดหยุ่น

OpenCV เป็นทางเลือกที่คุ้มค่าแทนระบบสำเร็จรูปที่มีราคาแพงโดยไม่ลดทอนประสิทธิภาพ ลักษณะแบบโอเพนซอร์สช่วยให้สามารถปรับแต่งและปรับตัวตามความต้องการเฉพาะของอุตสาหกรรม ทำให้เป็นเครื่องมือที่ยืดหยุ่นสำหรับการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย (Korta et al., 2014) ความสามารถในการทำงานร่วมกับแพลตฟอร์มและภาษาโปรแกรมที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถทำงานเข้ากับอุตสาหกรรมที่หลากหลาย (Suarez et al., 2014)

ข้อจำกัดของการใช้ OpenCV ในการประยุกต์ใช้งานทางอุตสาหกรรม

OpenCV ยังมีข้อจำกัดสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพและการประยุกต์ใช้งาน บทความนี้นำเสนอข้อจำกัดหลักของ OpenCV ใน 3 ด้าน

ความไวต่อสภาพแวดล้อม

ประสิทธิภาพและความแม่นยำของ OpenCV ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมอย่างมาก ในการประยุกต์ใช้งานด้านการตรวจจับเลนถนน ปัจจัยภายนอก เช่น ความเข้มแสงที่แปรผัน พื้นผิวถนน และสิ่งกีดขวางส่งผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับอย่างมีนัยสำคัญ (Vishwakarma et al., 2015) เช่นเดียวกับความสามารถในการติดตามวัตถุที่มีประสิทธิภาพลดลงในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนที่มีการบดบังและวัตถุที่เปลี่ยนรูปร่างได้ (Jin & Yang, 2023)

ข้อจำกัดของอัลกอริทึม

อัลกอริทึมการติดตามใน OpenCV แสดงข้อจำกัดในการจัดการสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง รวมถึงความท้าทายในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณ์ ความเข้มแสง และการเคลื่อนที่ของกล้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการติดตามคนเดินเท้า (Haggui et al., 2021) เทคนิคการจับคู่แม่แบบ (template matching) ที่ใช้สำหรับค้นหาตำแหน่งของวัตถุในภาพโดยเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ (template) ยังแสดงความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม แม้จะมีความพยายามในการปรับปรุงแม่แบบแบบไดนามิก (Xiangyu & Weiting, 2013)

ความต้องการด้านการประมวลผล

OpenCV มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรการประมวลผลที่สำคัญ โดยเฉพาะในแอปพลิเคชันที่ต้องการการประมวลผลแบบเรียลไทม์ โดยเฉพาะในระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ต้องรับมือกับความผันผวนของสภาพแวดล้อม ทำให้ต้องใช้อัลกอริทึมที่ซับซ้อนและต้องการทรัพยากรการคำนวณสูง (Mishra et al., 2022) ได้แก่ หน่วยประมวลผล (CPU) และหน่วยความจำ (RAM) จำนวนมาก

ทิศทางในอนาคตของ OpenCV ในอุตสาหกรรม

การบูรณาการโมเดลขั้นสูง

การพัฒนาในอนาคตจะมุ่งเน้นการผสมผสานโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่ซับซ้อน รวมถึง CNN และ GAN เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการจดจำวัตถุและการแบ่งส่วนภาพ (Majhi & Waoo, 2024) เทคนิคการเรียนรู้แบบกำกับตนเองจะมีความสำคัญมากขึ้นในการลดการพึ่งพาข้อมูลที่มีการกำกับ

การปรับปรุงประสิทธิภาพ

การปรับปรุงประสิทธิภาพของการประมวลผลภาพด้วย OpenCV มุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงการประมวลผลแบบเรียลไทม์และความสามารถในการขยายระบบบนแพลตฟอร์มฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ (Peddie et al., 2016) การปรับปรุงนี้จะมีความสำคัญต่อการรองรับการใช้งานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และระบบฝังตัว (Stein, 2012)

การประยุกต์ใช้แบบสหวิทยาการ

การพัฒนาในอนาคตจะเกี่ยวข้องกับการบูรณาการกับความเป็นจริงเสริม ระบบไซเบอร์-กายภาพ และปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ เพื่อสร้างแอปพลิเคชันที่ครอบคลุมและเชื่อมโยงกันมากขึ้น (Liu et al., 2023) แนวทางสหวิทยาการนี้จะมีความสำคัญต่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของ OpenCV ในด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์ที่กำลังก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว

บทสรุป

OpenCV เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนกระบวนการวิจัยด้านการประมวลผลภาพ เข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนางานตรวจสอบในภาคอุตสาหกรรม โดยมีจุดเด่นในด้านการประมวลผลภาพที่ครบครัน ไม่ว่าจะเป็นการวัดขนาด การวิเคราะห์รูปร่าง และการตรวจสอบสี ซึ่งสร้างประโยชน์อย่างเห็นได้ชัดในหลากหลายอุตสาหกรรมการผลิต แม้ว่าการใช้งานในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดเรื่องความไวต่อสภาพแวดล้อมและความต้องการในการประมวลผล แต่การพัฒนาอย่างต่อเนื่องและการผสานกับเทคโนโลยีใหม่อย่าง AI และระบบประมวลผลแบบกระจาย ก็สร้างโอกาสที่น่าสนใจ การที่ OpenCV เป็นซอฟต์แวร์เสรีและมีชุมชนนักพัฒนาที่แข็งแกร่ง ทำให้มีรากฐานที่มั่นคงสำหรับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในระบบควบคุมคุณภาพอัตโนมัติ ในขณะที่กระบวนการผลิตมีความซับซ้อนมากขึ้น บทบาทของ OpenCV ในการสร้างระบบตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำจะยังคงมีความสำคัญต่อความก้าวหน้าของภาคอุตสาหกรรมต่อไป

References

Abhigna, K. (2024). Integrating OpenCV and pandas for enhanced image filtering and color detection. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM), 8*(7), 1-5. https://doi.org/10.55041/ijsrem36213

Balakrishna, K., Tiwari, V., Deshpande, A. M., Patil, S., Garg, A. K., & Geetha, B. T. (2024). Computer vision for automated quality inspection in manufacturing. *Conference: 2024 International Conference on Advances in Computing, Communication and Applied Informatics (ACCAI)* (pp. 1-6). Chennai: IEEE

Bono, F. M., Radicioni, L., & Cinquemani, S. (2023). A novel approach for quality control of automated production lines working under highly inconsistent conditions. *Engineering Applications of Artificial Intelligence, 128*, 106149. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106149

Cervera, E. (2020). GPU-accelerated vision for robots: Improving system throughput using OpenCV and CUDA. *IEEE Robotics & Automation Magazine, 27*(2), 15-27. https://doi.org/10.1109/MRA.2020.2977601

Ciora, R. A., & Simion, C. M. (2014). Industrial applications of image processing. Acta Universitatis Cibiniensis. *Technical Series, 64*(1), 17-21. https://doi.org/10.2478/aucts-2014-0004

Guillen, G. (2019). *Digital image processing with Python and OpenCV*. New York: Springer.

Haggui, O., Tchalim, M. A., & Magnier, B. (2021). A comparison of OpenCV algorithms for human tracking with a moving perspective camera. *In European Workshop on Visual Information Processing* (pp. 1-6). Paris: IEEE.

Honzátko, D., Türetken, E., Bigdeli, S. A., Dunbar, L. A., & Fua, P. (2021). Defect segmentation for multi-illumination quality control systems. *Machine Vision and Applications, 32*(4), 1-15. https://doi.org/10.1007/s00138-021-01244-z

Islam, M. R., Zamil, M. Z. H., Rayed, M. E., Kabir, M. M., Mridha, M. F., Nishimura, S., & Shin, J. (2024). Deep learning and computer vision techniques for enhanced quality control in manufacturing processes. I*EEE Access, 12*, 121449-121479. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3453664

Ivanchenkova, L., & Stasiukova, K. (2019). Quality of products in the factory system of providing competitiveness of modern production. *Ukrainian Journal of Applied Economics, 2*, 67-75. https://doi.org/10.36887/2415-8453-2019-2-8

Jain, H., Harisinghani, K., Gangar, S., & Kambli, M., (2022). DoodSearch - OpenCV with image recognition. *IEEE Conference on Interdisciplinary Approaches in Technology and Management for Social Innovation (IATMSI)* (pp. 1-4). Gwalior: IEEE.

Jin, Z., & Yang, H. (2024). Real time object tracking using deep learning and OpenCV. *Applied and Computational Engineering, 35*, 272-279. https://doi.org/10.54254/2755-2721/35/20230406

Khan, G., & Zabeeulla, Z., (2023). The smart application development in real time parallel applications with industrial automation. *International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE)* (pp. 1-7). Ballar: IEEE.

Korta, J., Kohut, J., & Uhl, T. (2014). OpenCV based vision system for industrial robot-based assembly station: calibration and testing. *Pomiary Automatyka Kontrola, 60*, 35-38. https://bibliotekanauki.pl/articles/156732

Lin, C. Y., Rahman, M. A. A., & Maropoulos, P. (2022). Enhancing the quality inspection process in food manufacturing through automation. *2022 8th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)* (pp. 379-384). Istanbul: IEEE

Liu, K., Dai, P., Lee, V. C. S., Ng, J. K. Y., & Son, S. H. (2023). *Future directions in industrial computer vision.* London: Springer.

Majhi, R. K., & Waoo, A. A. (2024). Advances in computer vision: New horizons and ongoing challenges. *Visual and Performing Arts Journal, 5*(5), 45-52. https://doi.org/10.29121/shodhkosh.v5.i5.2024.1893

Marques, G., & Pitarma, R. (2021). *Industrial informatics for quality assurance and real-time defect detection through computer vision*. London: Springer.

Mishra, S., Verma, V., Akhtar, N., Chaturvedi, S., & Perwej, Y. (2022). An intelligent motion detection using OpenCV. *International Journal of Scientific Research, 9*(2), 156-163. https://doi.org/10.32628/IJSRSET22925

Mohan, C. G., Saber, T., & Nallathambi, P. J. (2024). Recognition of industrial spare parts using an optimized convolutional neural network model. *Information, 15*(12), 793. https://doi.org/10.3390/info15120793

OpenCV Team. (2024). *About OpenCV*. Retrieved from https://opencv.org/about/

Peddie, J., Akeley, K., Debevec, P., Fonseka, E., Mangan, M., & Raphael, M. (2016). A vision for computer vision: emerging technologies. *SIGGRAPH '16: Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques Conference* (pp. 1-2). California: Association for Computing Machinery

Pineda-Perdomo, G. A., & Villatoro-Flores, H. F. (2023). Implementation of a computer vision system for fault and component analysis of computer PCBs. *2023 IEEE International Conference on Machine Learning and Applied Network Technologies (ICMLANT)* (pp. 1–6). San Salvador: IEEE

Raileanu, S., Borangiu, T., Silisteanu, A., Anton, S., & Anton, F. D. (2020). Open source platform for vision guided robotic systems integrated in manufacturing. *Journal of Control Engineering and Applied Informatics, 22*(4), 3-14. https://bit.ly/4j2bQ8A

Rathod, J. M., & Salehi, H. S. (2020). Vision system with deep learning classifiers for automatic quality inspection. *In Pattern Recognition and Tracking XXXI Vol. 11400* (pp. 22-29) (Online). USA: SPIE.

Reyna, M., Delgado, G., Akundi, A., Luna, S., & Chumacero, E. M. (2022). Product digital quality inspection using machine vision systems: A categorical review. *2022 17th Annual System of Systems Engineering Conference (SOSE)* (pp. 37-42). New York: IEEE.

Sachan, V., Deb, P. S., Sharma, S., Thakur, H., & Dubey, G. K. (2020). Product Quality Inspector. *2020 9th International Conference System Modeling and Advancement in Research Trends (SMART)* (pp. 212-215). Moradabad: IEEE

Saif, Y., Yusof, Y., Ahmed, M. I., Pathan, Z. K., Latif, K., & Kadir, A. Z. A. (2020). A framework to develop intelligent system for capturing product features using OpenCV. *Journal of Technology and Operations Management, 15*(2), 76-85. https://doi.org/10.32890/jtom2020.15.2.5

Shaikh, S., Hujare, D., & Yadav, S. (2022). Surface defect detection using convolutional neural net work model architecture. *Journal of Engineering Research and Sciences, 1*(5), 134–144. https://doi.org/10.55708/js0105014

Stein, F. (2012). The challenge of putting vision algorithms into a car. *Computer Vision and Pattern Recognition, 2012*, 89–94. https://doi.org/10.1109/CVPRW.2012.6238900

Suarez, O. D., Carrobles, M. F., Enano, N. V., García, G. B., & Gracia, I. S. (2014). *OpenCV essentials*. Birmingham: Packt Publishing.

Tiuftiakov, N. Y., Kalinichev, A. V., Pokhvishcheva, N. V., & Peshkova, M. A. (2021). Digital color analysis for colorimetric signal processing. *Sensors and Actuators B: Chemical, 343*, 130274. https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.130274

Varjovi, M. H., Talu, M. F., & Hanbay, K. (2022). Fabric defect detection using customized deep convolutional neural network for circular knitting fabrics. *Türk Doğa ve Fen Dergisi, 11*(3), 160–165. https://doi.org/10.46810/tdfd.1108264

Vishwakarma, S., Akash, C. & Yadav, D. (2015). Analysis of lane detection techniques using OpenCV. *2015 Annual IEEE India Conference (INDICON)* (pp. 1-4). New Delhi: IEEE

Xiangyu, Z., & Weiting, C. (2013). OpenCV-based video target tracking algorithm. *Journal of Image Processing, 27*(3), 1245-1252. https://patents.google.com/patent/CN102915545A/en

Wei, Y., Zhao, Z., & Gu, K. (2024). The defect detection method for automotive parts based on improved single shot multibox betector using feature enhancement. *2024 2nd International Conference on Signal Processing and Intelligent Computing (SPIC)* (pp. 891-895). Guangzhou, China: IEEE

ประเมินการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนระยะปานกลางของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยด้วยโครงข่ายประสาทและอริมา

Evaluation of Medium-Term Renewable Energy Generation Forecasting of EGAT Using Artificial Neural Networks and ARIMA

ศุภเสกข์ เกตุรักษา[1] และปฏิภาณ เกิดลาภ[1]*
Sooppasek Katruksa[1] and Patiphan Kerdlap[1]*
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[1]School of Engineering, Eastern Asia University
*Corresponding author: patiphan@eau.ac.th
Received: November 29, 2024
Revised: February 26, 2025
Accepted: March 4, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และแบบจำลอง ARIMA ในการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน โดยใช้ข้อมูลประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบด้วย 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 ประกอบด้วยข้อมูลย้อนหลัง 3 เดือน 2 เดือน 1 เดือน และรหัสเดือน และรูปแบบที่ 2 ประกอบด้วยข้อมูลย้อนหลัง 4 เดือน 3 เดือน 2 เดือน 1 เดือน และรหัสเดือน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยมี ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) เท่ากับ ร้อยละ 3.3151 ขณะที่แบบจำลอง ARIMA มีค่า MAPE เท่ากับร้อยละ 7.4184 จากผลการศึกษานี้ โครงข่ายประสาทเทียมได้รับการพิสูจน์ว่าสามารถรองรับความซับซ้อนของข้อมูลด้านการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมต่อการนำไปใช้พยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนในเชิงปฏิบัติ ซึ่งจะช่วยให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสามารถวางแผนจัดการพลังงานได้แม่นยำขึ้น ลดความสูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรพลังงาน ทั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์เพื่อส่งเสริมศักยภาพของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตด้านพลังงานทดแทนได้ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: โครงข่ายประสาทเทียม อริมา การพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

Abstract

This study aims to develop and evaluate Neural Network and ARIMA models' performance in forecasting electricity generation from renewable energy sources. The analysis used historical data on renewable energy generation from the Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT). Two data sets were employed: the first data sets from the previous 3 months, 2 months, 1 month, and a month code, while the second data sets from the previous 4 months, 3 months, 2 months, 1 month, and a month code. The findings demonstrate that Neural Networks outperformed ARIMA models, achieving an MAPE of 3.3151%, compared to 7.4184% for ARIMA. This indicates that Neural Networks are better equipped to handle the inherent complexities of renewable energy generation data, making them more suitable for practical applications in electricity forecasting. These results suggest that the adoption of Neural Network models could enable EGAT to enhance the accuracy of its energy planning, minimize resource wastage, and optimize the utilization of renewable energy resources. Furthermore, this study underscores the potential for Neural Networks to advance EGAT's capabilities in renewable energy management, supporting future innovations in this domain.

Keywords: artificial neural networks, ARIMA, renewable energy generation forecasting, Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT)

บทนำ

ปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศและความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมได้กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาการใช้พลังงานทดแทนในภาคส่วนต่าง ๆ ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานชีวมวล ได้รับความสนใจเป็นพิเศษจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดการพึ่งพาแหล่งพลังงานฟอสซิล อย่างไรก็ตาม การจัดการการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนยังคงเผชิญความท้าทายสำคัญ โดยเฉพาะในด้านการคาดการณ์ปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่ผันแปรตามธรรมชาติ (Electricity Generating Authority of Thailand, 2024)

การพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้สามารถบริหารจัดการระบบโครงข่ายไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม ลดความเสี่ยงของปัญหาด้านเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า และช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถวางแผนการผลิตและจ่ายไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การปรับปรุงความแม่นยำในการพยากรณ์จะช่วยลดต้นทุนในการดำเนินงาน ปรับสมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทาน และสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนในระยะยาวได้ดียิ่งขึ้น

การทบทวนวรรณกรรมเน้นการพยากรณ์ด้านพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนและงานวิจัยด้านอื่นที่ใช้ตัวแบบในงานวิจัยนี้พยากรณ์ค่าต่าง ๆ ที่คล้ายคลึงกัน สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาการหายใจของดินช่วยพยากรณ์ค่าในอนาคตตามรูปแบบทางประวัติย้อนหลังของข้อมูลงานวิจัยใช้ ARIMA--Autoregressive Integrated Moving Average ผลการทดลองบ่งชี้ว่าตัวแบบ Cluster-Arima ที่เสนอมีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 98.30 ซึ่งเป็นค่าความแม่นยำในระดับสูงนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแบบจำลองในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาการหายใจของดิน ซึ่งมักได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ (Wang et al., 2024)

งานวิจัยการพยากรณ์แบบผสม (DCEF) โดยการวิจัยใช้วิธีการพยากรณ์รวมกันแบบใหม่ชื่อ DCEF ซึ่งรวมกับตัวแบบ ARIMA เพื่อพยากรณ์การปล่อยคาร์บอนรายวันการศึกษาระบุพารามิเตอร์หลักสามตัวของตัวแบบ ARIMA และใช้วิธีการค้นหาตารางเพื่อกำหนดชุดค่าผสมที่เหมาะสมสำหรับพารามิเตอร์เหล่านี้ ผลการพยากรณ์บ่งชี้ว่าชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่เลือกคือ (0,1,1) (1,0,1) และ (1,0,1) (Zhong et al., 2024)

สำหรับงานวิจัยศึกษาการพยากรณ์โหลดระยะสั้นด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและอริมาโดยใช้ชุดข้อมูลจาก Irish Social Science Data Archive--ISSDA ซึ่งรวมถึงข้อมูลจากคณะกรรมาธิการควบคุมพลังงาน (CER) สำหรับ 709 ครัวเรือนในไอร์แลนด์ ชุดข้อมูลนี้ครอบคลุมของการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่สำคัญ พบว่า โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพเหนือกว่าตัวแบบอริมาอย่างมีนัยสำคัญในแง่ของความแม่นยำค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ของโครงข่ายประสาทเทียม ร้อยละ 1.80 ในขณะที่ตัวแบบอริมา มีค่า MAPE ที่สูงกว่ามีค่าประมาณร้อยละ 2.61 (Tarmanini et al., 2023)

การศึกษาที่สี่เป็นการสำรวจวรรณกรรม โดยพบว่า โครงข่ายประสาทเทียมส่วนใหญ่ใช้ในการพยากรณ์ความพร้อมใช้งานและกำลังผลิตของแหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่นพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมช่วยพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงระยะสั้นและรายชั่วโมงในการผลิตพลังงานซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการจัดการพลังงานและความเสถียรของกริดได้ โดยการศึกษาได้กล่าวว่าข้อดีที่สำคัญอย่างหนึ่งของโครงข่ายประสาทเทียม คือ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ที่ไม่เชิงเส้นที่ซับซ้อนในข้อมูลความสามารถนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งในการพยากรณ์พลังงานหมุนเวียน ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอินพุต (เช่นสภาพอากาศ) และผลผลิต (การผลิตพลังงาน) มักไม่เชิงเส้น (Abisoye et al., 2024)

งานวิจัยที่ห้า เป็นการศึกษาการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมโดยใช้รูปแบบผสมประกอบด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ที่แตกต่างกันสามแบบ ได้แก่ โครงข่ายประสาทประสาทเทียม (ANN) Support Vector Machine--SVM และ K-Nearest Neighbors--K-NN วิธีการหลายอัลกอริทึมนี้ช่วยให้ตัวแบบสามารถใช้ประโยชน์จากจุดแข็งของแต่ละอัลกอริทึมเพื่อความแม่นยำในการพยากรณ์ที่ดีขึ้นและแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำในการพยากรณ์ที่เหนือกว่า โดยมีค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยปกติ (NMAE) ที่ร้อยละ 5.54 ประสิทธิภาพนี้ดีกว่าตัวแบบอื่น ๆ ที่มีการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีช่วง NMAE ตั้งแต่ร้อยละ 5.65 ถึงร้อยละ 9.22 และต่ำกว่า NMAE เฉลี่ยที่พบในงานวิจัยอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีตั้งแต่ร้อยละ 6.73 ถึงร้อยละ 10.07 (AlShafeey & Csaki, 2024)

นอกจากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นยังมีงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ให้ผลการทดลองที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ต่ำกว่าร้อยละ 2 (Katruksa & Jiriwibhakorn, 2019, 2020; Banda & Folly, 2007); Dindem et al., 2019; Katruksa, 2013, 2020) ซึ่งได้ทดสอบพยากรณ์กับข้อมูลที่ทราบค่าจริงแล้วเพื่อเปรียบเทียบค่าผิดพลาด ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจและเป็นเหตุผลเพียงพอที่ผู้วิจัยได้เลือกตัวแบบดังกล่าวในงานวิจัยนี้ ซึ่งผู้วิจัยได้เห็นถึงประโยชน์ของการพยากรณ์นี้ เพื่อวางแผนจัดการพลังงานได้แม่นยำขึ้น ลดความสูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรพลังงาน ทั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์เพื่อส่งเสริมศักยภาพของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตด้านพลังงานทดแทน

งานวิจัยนี้ ได้นำหลักที่วิธีการวิจัยจากการทบทวนวรรณกรรม มาประยุกต์ใช้ในการทดสอบพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งผู้วิจัยได้เห็นประโยชน์ของการศึกษานี้ โดยการพยากรณ์ได้ขึ้นอยู่กับประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนและรหัสเดือน ซึ่งจะบ่งบอกถึงแนวโน้มของการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน

การพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการระบบโครงข่ายไฟฟ้าและการวางแผนการจ่ายพลังงาน การศึกษานี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (neural networks) และแบบจำลองอริมา (autoregressive integrated moving average) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับในด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเวลา (time series analysis) เพื่อนำเสนอแนวทางที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในบริบทของประเทศไทย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2. พยากรณ์ล่วงหน้าการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเพื่อประโยชน์ทางด้านการบริหารจัดการด้านพลังงานทดแทนและการสูญเสีย

3. ศึกษาแนวโน้มของการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนของการไฟฟ้าไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 1 ปีล่วงหน้า

รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน (Katruksa, 2013, 2020; Katruksa & Kullimratchai, 2024)

สำหรับการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ใช้ในงานวิจัยการฝึกสอนและพยากรณ์ด้วยฟังก์ชันไม่เชิงเส้นดังต่อไปนี้

$$PD1(t) = f\left[G(t-4), G(t-3), G(t-2), G(t-1), M(t)\right] \quad (1)$$

โดยที่ t คือ ดัชนีเวลา

$PD(t)$ คือ ผลการพยากรณ์

$G(t-4), G(t-3), G(t-2), G(t-1)$ คือ ประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนย้อนหลัง 4 เดือน 3 เดือน 2 เดือน และ 1 เดือนตามลำดับ

$M(t)$ คือ รหัสเดือน รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบการแพร่ย้อนกลับ (feedforward backpropagation neural network)

สำหรับงานวิจัยประกอบด้วยชั้นอินพุต ซึ่งประกอบด้วย ประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนและรหัสเดือน ชั้นซ่อนมีรูปแบบ 2 ชั้นซ่อน ซึ่งฝึกสอนด้วยฟังก์ชันถ่ายโอนแทนซิกมอยด์ และชั้นเอาต์พุตประมวลผลด้วยฟังก์ชันถ่ายโอนล็อกซิกมอยด์ ภาพ 1 แสดงโครงสร้างของโครงข่ายประสาทแบบ 2 ชั้นซ่อน ซึ่งนิวรอนในชั้นอินพุตจะส่งสัญญาณไปยังนิวรอนในชั้นซ่อนแรกและส่งต่อไปยังชั้นซ่อนที่ 2 และสุดท้ายสัญญาณจะถูกส่งต่อไปยังชั้นเอาต์พุต

Levenberg–Marquardt Algorithm เป็นตัวฝึกสอนโครงข่ายประสาท ซึ่งระหว่างฝึกสอนค่า weights และ biases จะถูกปรับโดยสมการ (2) และ (3) ตามลำดับ

$$\Delta W = \left(J^T(w)J(w) + \mu l\right)^{-1} J^T(w).e \quad (2)$$

$$\Delta b = \left(J^T(b)J(w) + \mu l\right)^{-1} J^T(b).e \quad (3)$$

โดยที่ $J(w)$ คือ Jacobian matrix ของ derivatives ของ error เทียบกับ weight

$J(b)$ คือ Jacobian matrix ของ derivatives ของ error เทียบกับ bias

e คือ matrix ของ errors ระหว่าง target data และ neural network output

μ คือ ค่าคงที่ ซึ่งค่าเริ่มต้นจะถูกเซ็ตค่าต่ำ ๆ

สำหรับการวัดประสิทธิภาพการฝึกสอนและการพยากรณ์โดยค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์น้อยที่สุด (Mean Absolute Percentage Error) หาได้จากสมการที่ (4)

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\left|\frac{Real\ result_i - Predicted\ result_i}{Real\ result_i}\right| \times 100\% \quad (4)$$

โดยที่ $Real\ result_i$ คือ ค่าจริงการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนของ กฟผ.

$Predicted\ result_i$ คือ ค่าการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

n คือ จำนวนข้อมูลฝึกสอนหรือทดสอบพยากรณ์

ฟังก์ชันถ่ายโอนหรือฟังก์ชันกระตุ้น (activation function) จะใช้ในการคำนวณเอาต์พุต ซึ่งในนิวรอนที่อยู่ในชั้นเดียวกันจะใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนเดียวกัน สำหรับฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้งานวิจัยนี้ มี 2 ฟังก์ชัน ดังนี้

1) ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบล็อกซิกมอยด์ (Log-Sigmoid Transfer Function) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับชั้นเอาต์พุตในกรณีศึกษานี้ สามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ (5)

$$a(n) = \frac{1}{1+e^{-n}} \tag{5}$$

2) ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid Transfer Function) ได้ถูกใช้ในชั้นซ่อนของงานนี้ สามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ (6)

$$a(n) = \frac{1-e^{-n}}{1+e^{-n}} \tag{6}$$

สามารถอธิบายกระบวนการฝึกสอนและพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนได้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดหาและเตรียมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 รูปแบบ รูปแบบที่ 1 ประกอบด้วยประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน ย้อนหลัง 3 เดือน 2 เดือน 1 เดือน และรหัสเดือน และรูปแบบที่ 2 ประกอบด้วยประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน ย้อนหลัง 4 เดือน 3 เดือน 2 เดือน 1 เดือน และรหัสเดือน

ขั้นตอนที่ 3 รับข้อมูลเพื่อแบ่งเป็นชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ

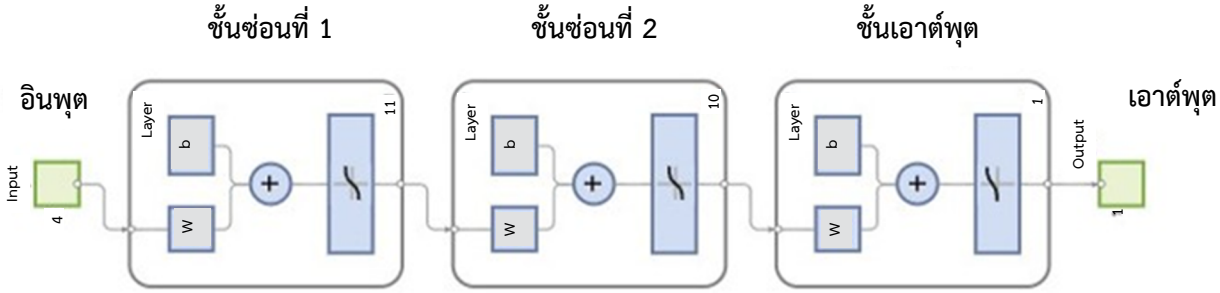
ขั้นตอนที่ 4 ปรับจำนวนชั้นซ่อน จำนวนรอบการทำซ้ำ โครงสร้าง จำนวนรอบต่อโครงสร้าง และฟังก์ชันถ่ายโอน

ขั้นตอนที่ 5 เปรียบเทียบเอาต์พุต และ MAPE ทั้ง 2 รูปแบบ เพื่อเลือกรูปแบบที่ให้ผลการจำลองดีที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 เลือกวิธีการพยากรณ์เป็น EXPERT MODELLER เพื่อให้โปรแกรมเลือกอริมาที่มีค่า p,d และ q ที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลที่ให้ค่า MAPE น้อยสุด

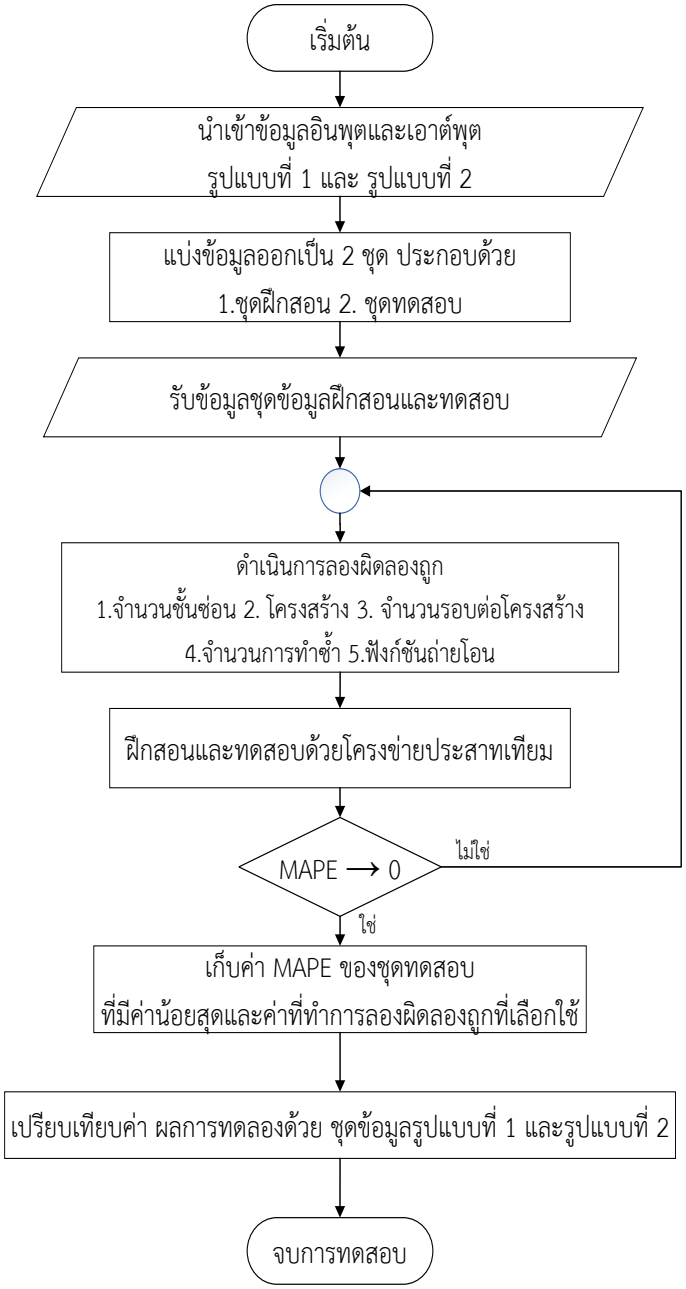
ขั้นตอนที่ 7 เลือกข้อมูลที่ต้องการให้แสดงผล เช่น ค่าพยากรณ์ MAPE R-SQUARE เป็นต้น แล้วจะได้ โมเดลอริมาที่มีค่าคงที่ ค่าสัมประสิทธิ์ ค่าคลาดเคลื่อนที่เหมาะสมที่สุด เพื่อใช้ในการทดสอบพยากรณ์

ขั้นตอนที่ 8 เปรียบเทียบผลที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน ด้วยข้อมูลรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 ดังแสดงในภาพ 2



ภาพ 1 รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน สำหรับพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน ดัดแปลงโดยได้รับอนุญาต จากผู้แต่ง “MATLAB (MathWorks, 2024)”

Note. From “*Matlab R2024a (Computer software)*”, by MathWorks, 2024, retrieved from https://www.mathworks.com/products/matlab.html



ภาพ 2 Flow Chart ทดสอบการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

บอกซ์-เจนกินส์ (Box & Jenkins) (Tripathi et al., 2021; Singh et al., 2024)

แบบจำลอง Box-Jenkins ARIMA--Autoregressive Integrated Moving Average เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา โดยเฉพาะเมื่อข้อมูลไม่อยู่ในสถานะคงที่ (non-stationary) แบบจำลองนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก:

1) ส่วน Autoregressive–AR: การถดถอย (regression) ของค่าปัจจุบันในอนุกรมเวลาโดยใช้ค่าก่อนหน้า

2) ส่วน Integrated--I: ระดับของการทำให้ข้อมูลคงที่โดยการคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลในอนุกรมเวลา

3) ส่วน Moving Average--MA: การใช้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในอดีต

แบบจำลอง ARIMA สามารถแสดงได้ในรูป ARIMA (p, d, q) ซึ่ง:

- p: ลำดับของส่วนถดถอยเชิงเส้น (autoregressive order)
- d: ระดับของการทำให้ข้อมูลคงที่ (degree of differencing)
- q: ลำดับของส่วนค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (moving average order)

สมการทางคณิตศาสตร์

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \ldots + \phi_p Y_{t-p} + \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 e_{t-2} + \theta_s e_{t-q} \quad (7)$$

โดยที่:

Y_t คือ ค่าของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

$e_t \sim N\left(0, \sigma^2\right)$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และความแปรปรวนคงที่

ϕ_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของส่วนถดถอยเชิงเส้น (AR Coefficients)

θ_j คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของส่วนค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (MA Coefficients)

จากภาพ 3 สามารถอธิบายกระบวนการฝึกสอนและพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าได้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดหาและเตรียมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 รับข้อมูลรูปแบบที่ 2 ซึ่งเป็นรูปแบบที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อแบ่งเป็นชุดเรียนรู้หรือสังเกตการณ์และชุดทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 นำชุดข้อมูลชุดเข้าโปรแกรม SPSS

ขั้นตอนที่ 4 เลือก tab analyze และ forecasting

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดอินพุตเป็นตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ เอาต์พุตเป็นตัวแปรตามหรือค่าพยากรณ์

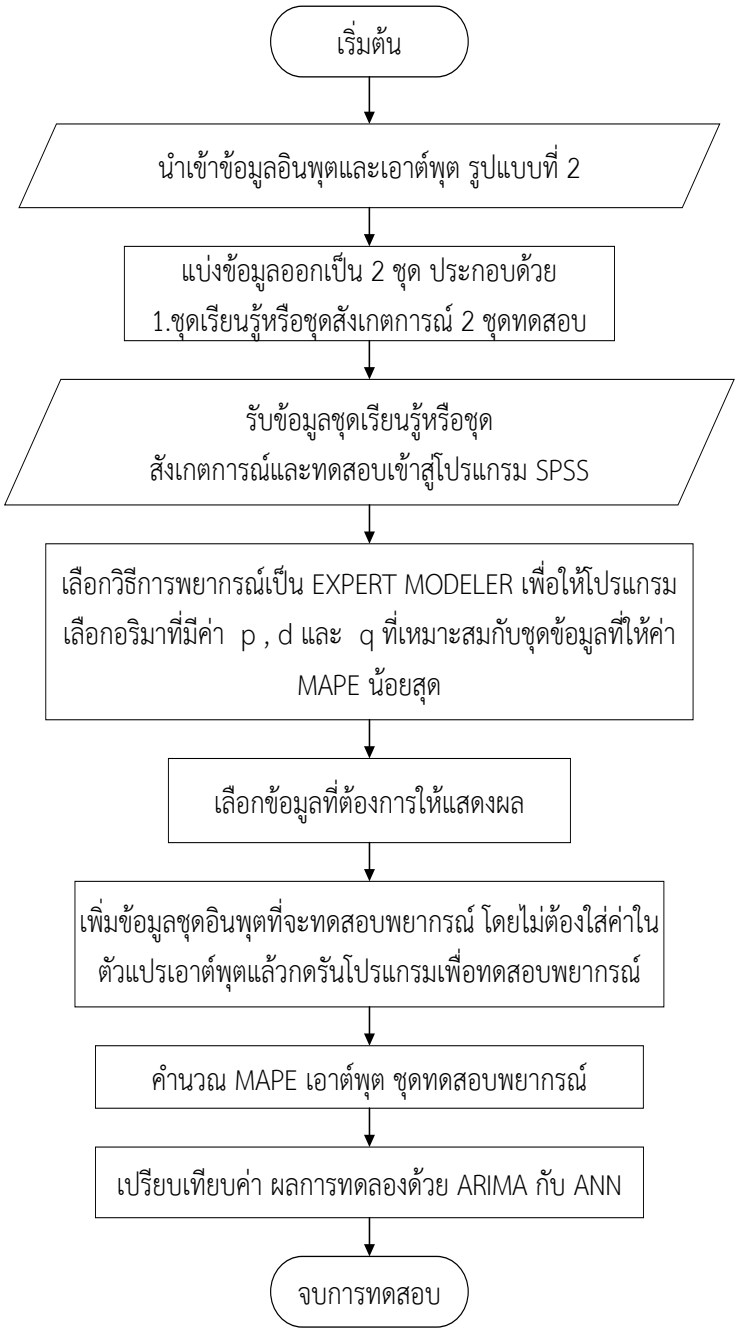
ขั้นตอนที่ 6 เลือกวิธีการพยากรณ์เป็น EXPERT MODELLER เพื่อให้โปรแกรมเลือกอริมาที่มีค่า p d และ q ที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลที่ให้ค่า MAPE น้อยสุด

ขั้นตอนที่ 7 เลือกข้อมูลที่ต้องการให้แสดงผล เช่น ค่าพยากรณ์ MAPE R-SQUARE เป็นต้น แล้วจะได้โมเดลอริมา ที่มีค่าคงที่ ค่าสัมประสิทธิ์ ค่าคลาดเคลื่อนที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการทดสอบพยากรณ์

ขั้นตอนที่ 8 เพิ่มข้อมูลชุดอินพุตที่จะทดสอบพยากรณ์ โดยไม่ต้องใส่ค่าในตัวแปรเอาต์พุตแล้วกดรันโปรแกรมเพื่อทดสอบพยากรณ์ นำค่าพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริงเพื่อคำนวณหาค่า MAPE เพื่อเปรียบเทียบกับค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม

ข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนและทดสอบพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและตัวแบบอริมา

ข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียมและตัวแบบอริมาในงานวิจัยนี้ ได้ใช้ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เดือนมกราคม 2553 ถึง เดือนธันวาคม 2566 ซึ่งแบ่งอินพุตเป็น 2 รูปแบบ โดยรูปแบบที่ 1 ประกอบด้วยประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนย้อนหลัง 3 เดือน 2 เดือน 1 เดือน และรหัสเดือน ส่วนรูปแบบที่ 2 ประกอบด้วย ประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนย้อนหลัง 4 เดือน 3 เดือน 2 เดือน 1 เดือน และรหัสเดือน ทั้งนี้ข้อมูลย้อนหลังจำนวน 13 ปี ถูกนำมาใช้ในการฝึกสอนและพัฒนาแบบจำลอง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวแบบทางสถิติ (ARIMA) และตัวแบบการเรียนรู้เชิงลึก (ANN) ตัวอย่างข้อมูลฝึกสอนและทดสอบพยากรณ์แสดงในตาราง 1 และตาราง 2 ตามลำดับ



ภาพ 3 Flow Chart ทดสอบการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนด้วยอริมา

ตาราง 1

ตัวอย่างชุดข้อมูลฝึกสอน

ลำดับที่	เดือน/ปี	อินพุต				เอาต์พุต
		ประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนย้อนหลัง 3 เดือน (จิกะวัตต์-ชั่วโมง)	ประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนย้อนหลัง 2 เดือน (จิกะวัตต์-ชั่วโมง)	ประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนย้อนหลัง 1 เดือน (จิกะวัตต์-ชั่วโมง)	รหัสเดือน	การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนเดือนที่พยากรณ์ (จิกะวัตต์-ชั่วโมง)
1	01-2553	158.0650	154.7671	192.2169	1	357.7444
2	02-2553	154.7671	192.2169	357.7444	2	322.3372
3	03-2553	192.2169	357.7444	322.3372	3	366.1750
4	04-2553	357.7444	322.3372	366.1750	4	332.7011
5	05-2553	322.3372	366.1750	332.7011	5	302.0655
6	06-2553	366.1750	332.7011	302.0655	6	275.5147
7	07-2553	332.7011	302.0655	275.5147	7	252.8817
8	08-2553	302.0655	275.5147	252.8817	8	233.2814
9	09-2553	275.5147	252.8817	233.2814	9	222.7252
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
148	04-2565	1997.88	1855.63	1891.89	4	1892.81
149	05-2565	1855.63	1891.89	1892.81	5	1894.91
150	06-2565	1891.89	1892.81	1894.91	6	1803.68
151	07-2565	1892.81	1894.91	1803.68	7	1825.85
152	08-2565	1894.91	1803.68	1825.85	8	1790.18
153	09-2565	1803.68	1825.85	1790.18	9	1595.77
154	10-2565	1825.85	1790.18	1595.77	10	1738.55
155	11-2565	1790.18	1595.77	1738.55	11	1489.68
156	12-2565	1595.77	1738.55	1489.68	12	2099.25

Note. From "*Capacity, generation, peak, consumption, import, export and fuel used*", by Energy Policy and Planning Office, 2024, retrieved from https://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/static-energy/static-electricity

ตาราง 2

ตัวอย่างชุดข้อมูลทดสอบพยากรณ์

ลำดับที่	เดือน/ปี	อินพุต				เอาต์พุต
		ประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนย้อนหลัง 3 เดือน (จิกะวัตต์-ชั่วโมง)	ประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนย้อนหลัง 2 เดือน (จิกะวัตต์-ชั่วโมง)	ประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนย้อนหลัง 1 เดือน (จิกะวัตต์-ชั่วโมง)	รหัสเดือน	การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนเดือนที่พยากรณ์ (จิกะวัตต์-ชั่วโมง)
1	01-2566	1738.5517	1489.6796	2099.2520	1	2245.7986
2	02-2566	1489.6796	2099.2520	2245.7986	2	1942.5686
3	03-2566	2099.2520	2245.7986	1942.5686	3	2116.0793
4	04-2566	2245.7986	1942.5686	2116.0793	4	1919.6675
5	05-2566	1942.5686	2116.0793	1919.6675	5	1886.6043
6	06-2566	2116.0793	1919.6675	1886.6043	6	1899.3970
7	07-2566	1919.6675	1886.6043	1899.3970	7	1926.8466
8	08-2566	1886.6043	1899.3970	1926.8466	8	2012.7159
9	09-2566	1899.3970	1926.8466	2012.7159	9	1686.9614
10	10-2566	1926.8466	2012.7159	1686.9614	10	1667.3367
11	11-2566	2012.7159	1686.9614	1667.3367	11	1746.6856
12	12-2566	1686.9614	1667.3367	1746.6856	12	2128.0372

Note. From "*Capacity, generation, peak, consumption, import, export and fuel used*", by Energy Policy and Planning Office, 2024, retrieved from https://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/static-energy/static-electricity

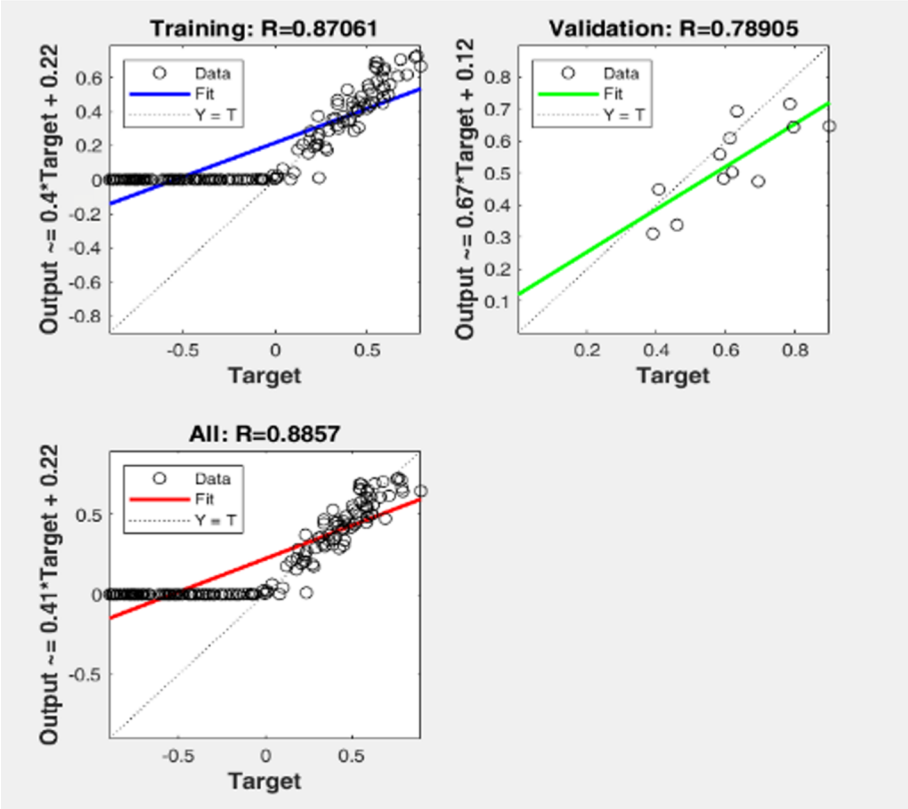
ผลการจำลอง

ในการทดลองนี้ได้จัดข้อมูลทดลอง โดยข้อมูลสำหรับฝึกสอน 156 ชุด และข้อมูลทดสอบพยากรณ์ 12 ชุด และมีการฝึกสอบและทดสอบพยากรณ์เพื่อให้ผลการทดลองดีที่สุด โดยการปรับจำนวนชั้นซ่อน จำนวนรอบการทำซ้ำ โครงสร้าง จำนวนรอบต่อโครงสร้าง และฟังก์ชันถ่ายโอนสำหรับโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน ส่วนตัวแบบอริมาได้ใช้ EXPERT MODELER เพื่อค้นหาตัวแบบอริมาที่ให้ผลการทดลองดีที่สุด โดยการทดลองนี้ได้แบ่งข้อมูลเป็น 2 รูปแบบ รูปแบบที่ 1 ประกอบด้วยอินพุต ประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนย้อนหลัง 3 เดือน 2 เดือน 1 เดือน และรหัสเดือน ส่วนรูปแบบที่ 2 ประกอบด้วยอินพุต ประวัติการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนย้อนหลัง 4 เดือน 3 เดือน 2 เดือน 1 เดือน และรหัสเดือน โดยเริ่มทดสอบพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนด้วยโครงข่ายประสาทเทียม และเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยข้อมูลรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 เมื่อได้รูปแบบที่ดีที่สุดได้นำไปทดสอบพยากรณ์ด้วยตัวแบบอริมา แล้วดำเนินการเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่ดีที่สุด

1. ผลการทดลองรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน

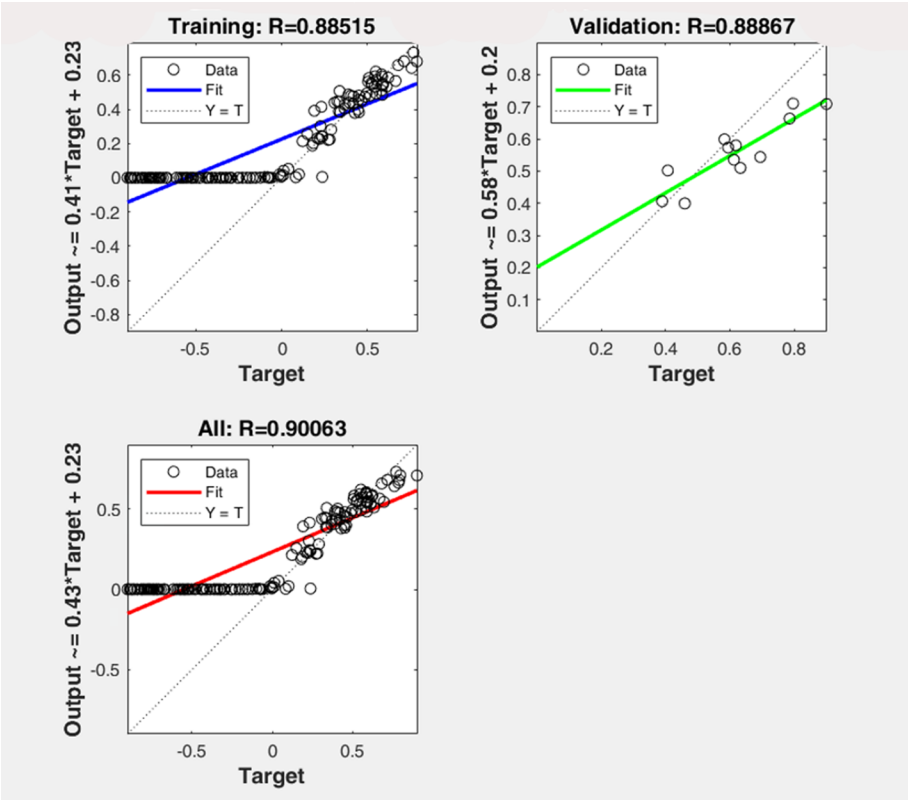
จากภาพ 4-5 และสรุปลงในตาราง 3 พบว่า ค่า R รวมของข้อมูลรูปแบบที่ 2 (0.90063) สูงกว่าเมื่อเทียบกับข้อมูลรูปแบบที่ 1 (0.8857) ค่า R สำหรับ Training และ Validation สำหรับข้อมูลรูปแบบที่ 2 คือ 0.88515 และ 0.88867 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าข้อมูลรูปแบบที่ 1 ซึ่งมีค่า 0.87061 และ 0.78905 ตามลำดับซึ่งบ่งชี้ว่าข้อมูลรูปแบบที่ 2 สามารถเรียนรู้และพยากรณ์ได้ดีกว่า

จากภาพ 6-7 และตาราง 4 พบว่า ข้อมูลรูปแบบที่ 2 มีค่า Best Validation Performance ดีกว่าข้อมูลรูปแบบที่ 1 (0.0072649 < 0.01621) ซึ่งข้อมูลรูปแบบที่ 2 มีค่า MSE น้อยกว่าและนิ่งหลังจาก epoch 10 ซึ่งสะท้อนว่ามีการฝึกสอนจนถึงจุดที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นเพื่อลดความผิดพลาด Validation Error ให้น้อยที่สุดในการพยากรณ์ ควรเลือกข้อมูลรูปแบบที่ 2 ในการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน



ภาพ 4 แสดงการวิเคราะห์การถดถอยของการฝึกสอนชุดข้อมูลรูปแบบที่ 1 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน ดัดแปลงโดยได้รับอนุญาตจากผู้แต่ง

Note. From "*Matlab R2024a (Computer software)*", by MathWorks, 2024, retrieved from https://www.mathworks.com/products/matlab.html



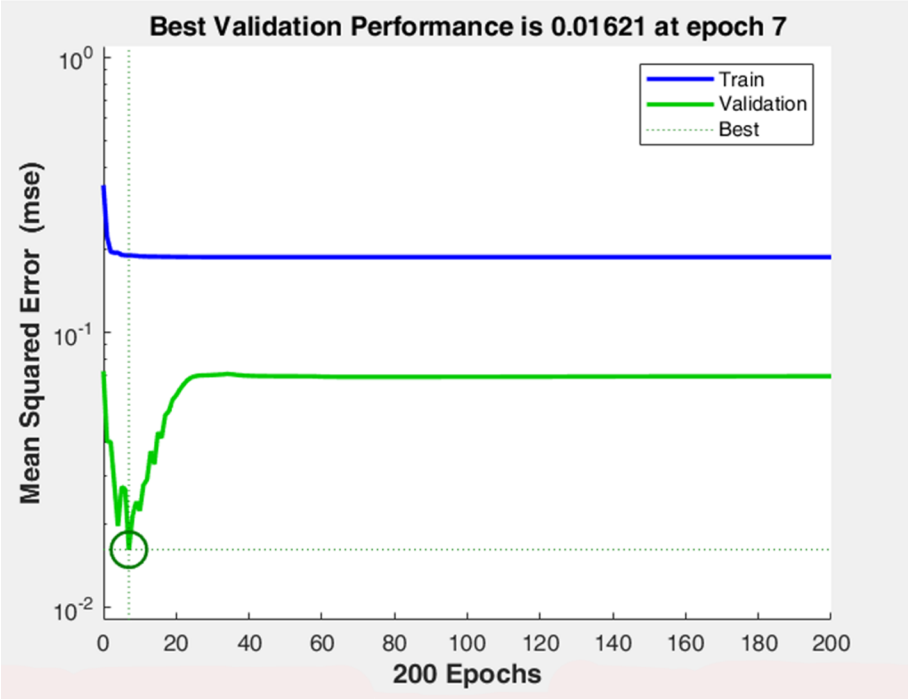
ภาพ 5 แสดงการวิเคราะห์การถดถอยของการฝึกสอนชุดข้อมูลรูปแบบที่ 2 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน ดัดแปลงโดยได้รับอนุญาตจากผู้แต่ง

Note. From "*Matlab R2024a (Computer software)*", by MathWorks, 2024, retrieved from https://www.mathworks.com/products/matlab.html

ตาราง 3

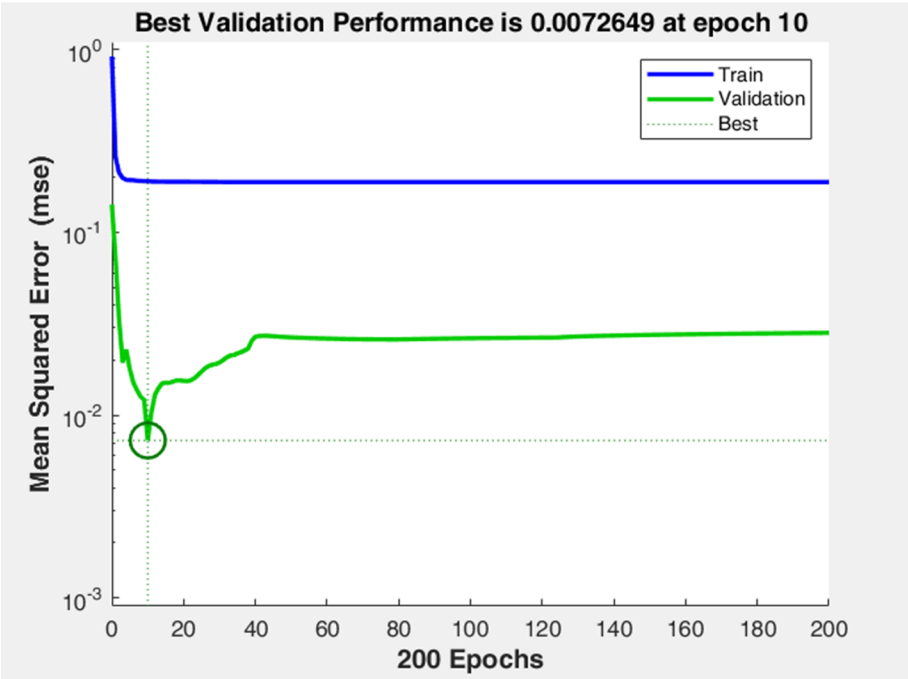
การเปรียบเทียบการวิเคราะห์การถดถอยของการฝึกสอนชุดข้อมูลรูปแบบที่ 1 และข้อมูลรูปแบบที่ 2 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน

กรณี	ข้อมูลรูปแบบที่ 1	ข้อมูลรูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ดีกว่า
Training (R)	0.87061	0.88515	ข้อมูลรูปแบบที่ 2
Validation (R)	0.78905	0.88867	ข้อมูลรูปแบบที่ 2
All (R)	0.8857	0.90063	ข้อมูลรูปแบบที่ 2



ภาพ 6 ค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย และจำนวนรอบการฝึกสอนของรูปแบบที่ 1 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน ดัดแปลงโดยได้รับอนุญาตจากผู้แต่ง

Note. From "*Matlab R2024a (Computer software)*", by MathWorks, 2024, retrieved from https://www.mathworks.com/products/matlab.html



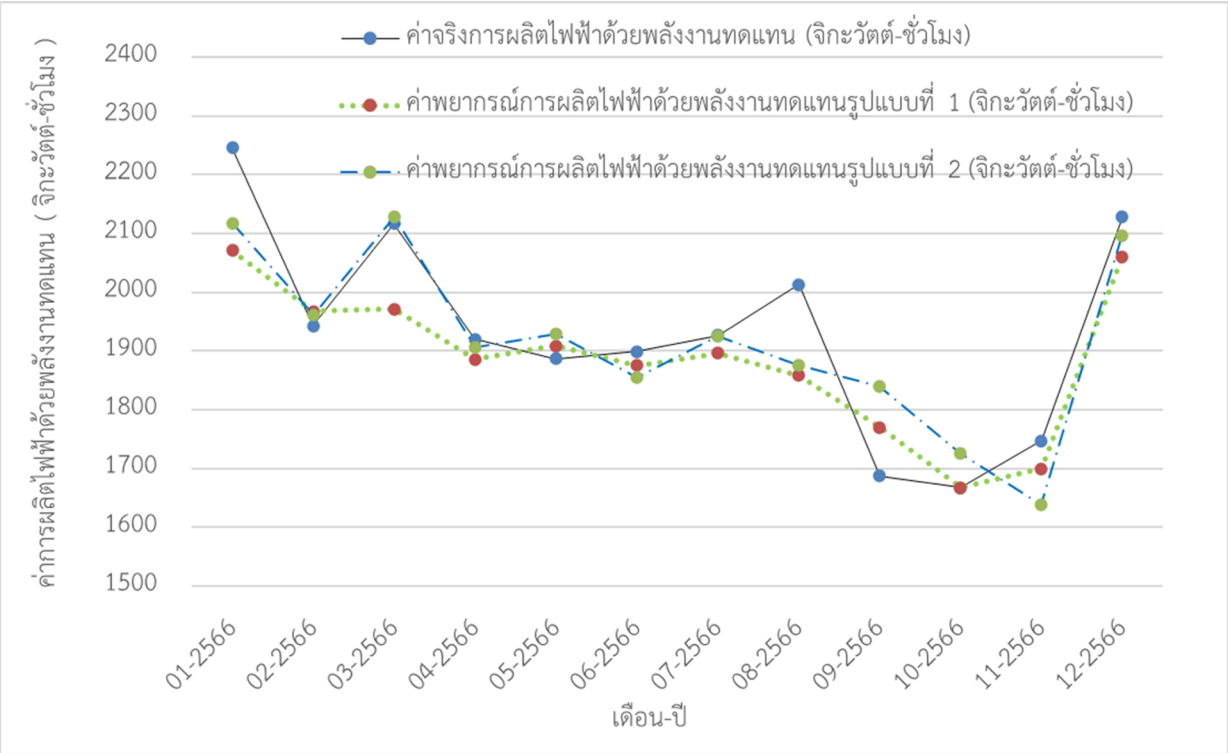
ภาพ 7 ค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย และจำนวนรอบการฝึกสอนของรูปแบบที่ 2 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน ดัดแปลงโดยได้รับอนุญาตจากผู้แต่ง

Note. From "*Matlab R2024a (Computer software)*", by MathWorks, 2024, retrieved from https://www.mathworks.com/products/matlab.html

ตาราง 4

การเปรียบเทียบค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย และจำนวนรอบการฝึกสอนของข้อมูลรูปแบบที่ 1 และข้อมูลรูปแบบที่ 2 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน

คุณสมบัติ	ข้อมูลรูปแบบที่ 1	ข้อมูลรูปแบบที่ 2
Best Validation Performance	0.01621 (Epoch 7)	0.0072649 (Epoch 10)
จุดเริ่ม Overfitting	เร็วกว่ารูปแบบที่ 2	ช้ากว่า (Epoch 10)
ค่า MSE โดยรวม	สูงกว่า	ต่ำกว่า



ภาพ 8 ผลการทดสอบพยากรณ์ของชุดข้อมูลรูปแบบที่ 1 และ รูปแบบที่ 2 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน

ตาราง 5

การเปรียบเทียบผลการทดสอบพยากรณ์ของชุดข้อมูลรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน

เดือน-ปี	ค่าจริง (Actual)	ค่าพยากรณ์ รูปแบบที่ 1	ค่าพยากรณ์ รูปแบบที่ 2	PE (รูปแบบที่ 1)	PE (รูปแบบที่ 2)	MAPE (รูปแบบที่ 1)	MAPE (รูปแบบที่ 2)	ใกล้เคียงค่าจริงที่สุด
01-2566	2245.7986	2070.8173	2116.0145	7.7915	5.7790			รูปแบบที่ 2
02-2566	1942.5686	1967.2415	1961.3354	1.2701	0.9661			รูปแบบที่ 2
03-2566	2116.0793	1971.2731	2128.9485	6.8431	0.6082			รูปแบบที่ 2
04-2566	1919.6675	1885.7977	1905.8558	1.7644	0.7195			รูปแบบที่ 2
05-2566	1886.6043	1908.0913	1928.7495	1.1389	2.2339			รูปแบบที่ 1
06-2566	1899.397	1875.3856	1855.3164	1.2642	2.3208			รูปแบบที่ 1
07-2566	1926.8466	1896.5518	1925.7624	1.5722	0.0563			รูปแบบที่ 2
08-2566	2012.7159	1857.8765	1875.9164	7.6931	6.7968			รูปแบบที่ 2
09-2566	1686.9614	1769.4775	1838.756	4.8914	8.9981			รูปแบบที่ 1
10-2566	1667.3367	1667.5755	1726.4053	0.0143	3.5427			รูปแบบที่ 1
11-2566	1746.6856	1699.6991	1638.2289	2.6900	6.2093			รูปแบบที่ 1
12-2566	2128.0372	2060.5023	2095.0441	3.1736	1.5504			รูปแบบที่ 2
					สรุป	**3.3422**	**3.3151**	

จากภาพ 8 เป็นกราฟแสดงการเปรียบผลการทดสอบพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อนพบว่า ค่าพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนของข้อมูลรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 โดยรวมกราฟใกล้เคียงค่าจริงทั้งสองรูปแบบ โดยสามารถสรุปให้ชัดเจนมากขึ้นด้วยตาราง 5 โดยเปรียบค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละเดือนพบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยข้อมูลรูปแบบที่ 2 ใกล้เคียงกับค่าจริงทั้งหมด 8 เดือน ซึ่งมากกว่าผลพยากรณ์ด้วยข้อมูลรูปแบบที่ 1 ซึ่งใกล้ค่าจริง 7 เดือนซึ่งใกล้เคียงกัน ในทำนองเดียวกันค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ของข้อมูลรูปแบบที่ 2 คือร้อยละ 3.3151 ซึ่งมีค่ามากกว่า ชุดข้อมูลรูปแบบที่ 1 ที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.3422

เพราะฉะนั้นจากการวิเคราะห์ภาพ 4 ถึง 8 และตาราง 3 ถึง 5 ค่าการวิเคราะห์การถดถอย ค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย กราฟแนวโน้ม ค่าความคลาดเคลื่อนรวมถึงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของข้อมูลทั้งสองรูปแบบจะไม่แตกต่างอย่างชัดเจน แต่ก็แสดงให้เห็นว่าข้อมูลรูปแบบที่ 2 มีค่าดังกล่าวที่ดีกว่าข้อมูลรูปแบบที่ 1 เล็กน้อย สรุปได้ว่า การเพิ่มจำนวนตัวแปรอินพุต (ข้อมูลย้อนหลัง) ในรูปแบบที่ 2 ช่วยให้ตัวแบบเรียนรู้แนวโน้มของข้อมูลได้ดีขึ้น ส่งผลให้ค่าความผิดพลาดลดลง และทำให้การพยากรณ์แม่นยำขึ้น ซึ่งเป็นเหตุผลเพียงพอที่จะเลือกข้อมูลรูปแบบที่ 2 ในการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอริมาเพื่อหาตัวแบบการพยากรณ์ที่ดีที่สุดต่อไป

2. ผลการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนด้วยตัวแบบอริมาและเปรียบเทียบกับการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน

ในขั้นตอนนี้ได้นำชุดข้อมูลรูปแบบที่ 2 ซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่ให้ผลดีที่สุดของการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน เพื่อนำมาเรียนรู้และพยากรณ์ด้วยตัวแบบอริมาได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 8 -9 และภาพ 13

จากตาราง 6 EXPERT MODELER ได้เลือกตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนคือ ARIMA (0,1,1) ค่า p = 0 ซึ่งเป็นส่วน AR หรือ AutoRegressive แสดงว่า ไม่มีการแสดงผลกระทบจากค่าที่ผ่านมา ส่วนค่า d = 1 เป็น Integrated หมายความว่า ข้อมูลต้องถูกทำให้เป็น stationarity โดยการทำ Differencing 1 ครั้ง และค่า q = 1 แสดงให้เห็นว่า MA หรือ Moving Average ใช้ค่าความคลาดเคลื่อน errors 1 ค่าที่ผ่านมา ส่วน VAR00006 คือค่าเป้าหมายที่ต้องการพยากรณ์

จากตาราง 7 พบว่า ตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์มี 1 ตัวแปร ค่าต่อมา คือ Stationary R-squared มีค่าเท่ากับ 0.587 แสดงให้เห็นว่าตัวแบบสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลหลังการทำให้เป็น stationarity หลังจาก differencing ได้ระดับปานกลาง ซึ่งค่านี้ถ้าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าอธิบายได้ดี ส่วนค่า R-squared มีค่าเป็น0.977 แสดงว่า ความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลที่ใช้การพยากรณ์ได้ดีมาก คือ ร้อยละ 97.70 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ร้อยละ 5.460 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 10 แสดงว่ามีการเรียนรู้รูปแบบของข้อมูลได้ดีก่อนทดสอบพยากรณ์ ต่อมาเป็นค่าสถิติ Ljung-Box Q (18) ซึ่งเป็นการทดสอบที่ใช้ตรวจสอบว่าค่าคลาดเคลื่อนของตัวแบบมีความสัมพันธ์เชิงเวลาหรือไม่ ซึ่งมีความสำคัญในการพิจารณาคุณภาพของตัวแบบอริมา มีค่า Statistics=21.161, DF=18-1=17 ซึ่งเป็นจำนวนองศาอิสระที่ใช้ในการทดสอบโดยคำนวณจากจำนวนของค่า Lag ที่ใช้ในการทดสอบ ลบด้วยจำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าไว้ในตัวแบบ ARIMA (0,1,1) ซึ่งมี 1 พารามิเตอร์ (คือ MA(1)) มีผลต่อค่าความน่าจะเป็น (p-value) ของสถิติ Ljung-Box (18) และ Sig.=0.219 (ค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติ p-value) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าคงเหลือไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเหมาะสมกับตัวแบบอริมา และสุดท้ายเป็นค่า Number of Outliers เป็น 0 แสดงว่าไม่มีชุดข้อมูลที่แตกต่างจากแนวโน้มของข้อมูลส่วนใหญ่ หรือไม่มีค่าผิดปกติอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับพยากรณ์ของตัวแบบ

จากภาพ 9 แสดงข้อมูลของ Model VAR00006-Model_1 จากการวิเคราะห์ ARIMA (0,1,1) Observed (เส้นสีแดง) แสดงข้อมูลจริง (historical data) ที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ ARIMA เป็นการฝึกสอนเพื่อให้มีแนวโน้มในการพยากรณ์ดังแสดงเส้น Forecast (เส้นสีน้ำเงิน) ซึ่งเป็นการทดสอบพยากรณ์ช่วงเดือน มกราคม 2566 ถึงเดือน ธันวาคม 2566 ส่วนเส้นแนวตั้งสีดำเป็นเส้นแบ่งระหว่างข้อมูลจริง (observed) หรือช่วงการฝึกสอน และข้อมูลพยากรณ์ (forecast) เพื่อเปรียบเทียบค่าเป้าหมายจะพบว่าแนวโน้มข้อมูลจริง (สีแดง) มีลักษณะเป็นขาขึ้น (uptrend) และมีการพยากรณ์ (สีฟ้า) ต่อเนื่องจากแนวโน้มของข้อมูลสังเกตหรือฝึกสอน เป็นแนวโน้มต่อเนื่องกันจากกราฟ ไม่มีสัญญาณของการ overfitting (ซับซ้อนเกิน) หรือ underfitting (เรียบเกินไป)การแบ่งข้อมูลสังเกตหรือการฝึกสอนและข้อมูลพยากรณ์อย่างชัดเจน ช่วยให้สามารถประเมินประสิทธิภาพของการพยากรณ์โดยเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมาย ดังนั้นแสดงว่า ARIMA (0,1,1) สามารถเรียนรู้แนวโน้มของข้อมูลได้ดี และการพยากรณ์ในช่วงเวลาถัดไป (สีฟ้า) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ใช้เรียนรู้ในอดีต

ตาราง 6

ผลการเลือก ARIMA (0,1,1) ด้วย EXPERT MODELER ของโปรแกรม SPSS ดัดแปลงโดยได้รับอนุญาตจากผู้แต่ง

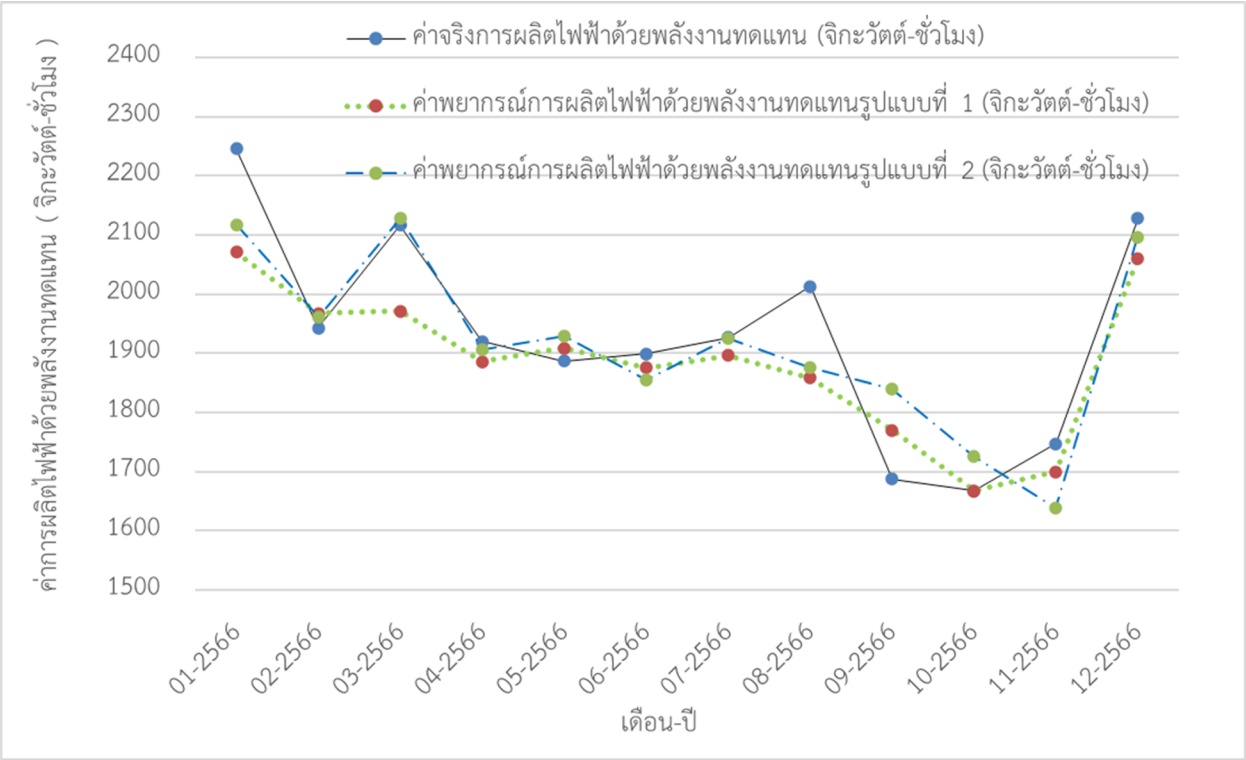
Model Description			
			Model Type
Model ID	VAR00006	Model_1	ARIMA (0,1,1)

Note. From "*IBM SPSS statistics (Computer software)*", by IBM Corp., 2024, retrieved from https://www.ibm.com/products/spss-statistics

ตาราง 7

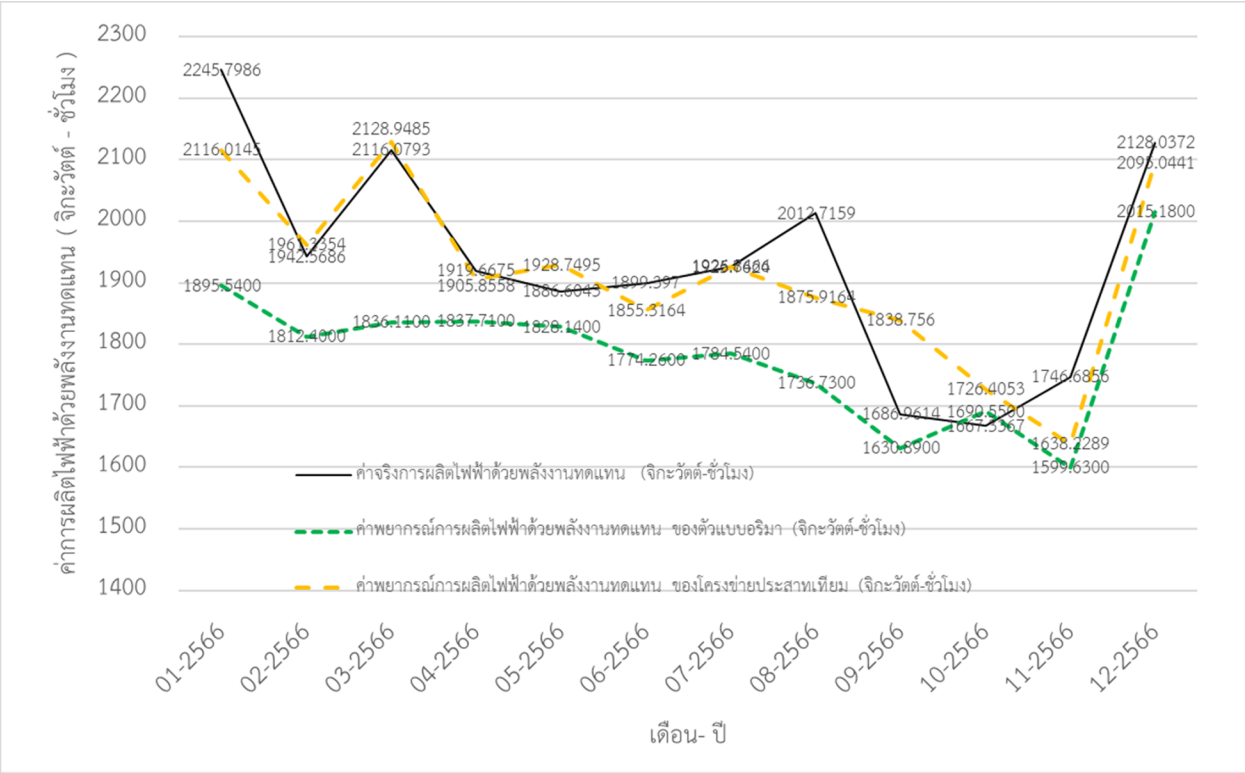
ค่าสถิติผลการวิเคราะห์ด้วย ARIMA (0,1,1) ของโปรแกรม SPSS ดัดแปลงโดยได้รับอนุญาตจากผู้แต่ง

	Model Statistics							
	Model Fit Statistics				Ljung Box Q (18)			
	Number of Predictors	Stationary R. squared	R. squared	MAPE	Statistics	DF	Sig.	Number of Outliers
VAR00006-Model_1	1	.587	.977	5.460	21.161	17	.219	0



ภาพ 9 ข้อมูลอนุกรมเวลา เปรียบเทียบระหว่าง Observed (ค่าจริงที่สังเกตได้) กับ Forecast (ค่าพยากรณ์) ดัดแปลงโดยได้รับอนุญาตจากผู้แต่ง

Note. From "*IBM SPSS statistics (Computer software)*", by IBM Corp., 2024, retrieved from https://www.ibm.com/products/spss-statistics



ภาพ 10 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน และตัวแบบอริมา

ตาราง 8

แสดงการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน และตัวแบบอริมา

เดือน-ปี	ค่าจริง (Actual)	ค่าพยากรณ์ ด้วย ARIMA	ค่าพยากรณ์ ด้วย ANN	APE (ARIMA) %	APE (ANN) %	MAPE(ARIMA) %	MAPE (ANN) %	ใกล้เคียง ค่าจริงที่สุด
01-2566	2245.7986	1895.5400	2116.0145	15.5962	5.7790			ANN
02-2566	1942.5686	1812.4000	1961.3354	6.7008	0.9661			ANN
03-2566	2116.0793	1836.1100	2128.9485	13.2306	0.6082			ANN
04-2566	1919.6675	1837.7100	1905.8558	4.2694	0.7195			ANN
05-2566	1886.6043	1828.1400	1928.7495	3.0989	2.2339			ANN
06-2566	1899.397	1774.2600	1855.3164	6.5882	2.3208			ANN
07-2566	1926.8466	1784.5400	1925.7624	7.3855	0.0563			ANN
08-2566	2012.7159	1736.7300	1875.9164	13.7121	6.7968			ANN
09-2566	1686.9614	1630.8900	1838.756	3.3238	8.9981			ARIMA
10-2566	1667.3367	1690.5500	1726.4053	1.3922	3.5427			ARIMA
11-2566	1746.6856	1599.6300	1638.2289	8.4191	6.2093			ANN
12-2566	2128.0372	2015.1800	2095.0441	5.3033	1.5504			ANN
					สรุป	3.3422	3.3151	

วิเคราะห์ประกอบกันระหว่างภาพ 10 และตาราง 8 จะพบว่า แนวโน้มผลการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมจะใกล้เคียงค่าจริงมากกว่าจำนวน 10 เดือน ส่วนตัวแบบอริมาจะใกล้เคียงค่าจริงมากกว่าเพียง 2 เดือน คือ เดือน 10 และ เดือน 11 นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบด้วยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อนมีค่าร้อยละ 3.3151 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ของตัวแบบอริมาซึ่งมีค่าร้อยละ 7.4181 ซึ่งข้อมูลดังกล่าวข้างต้นบ่งชี้ได้ว่าโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อนมีประสิทธิภาพดีกว่าตัวแบบอริมาอย่างชัดเจน

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนระหว่างโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน และตัวแบบอริมา โดยใช้ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน ให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำกว่าด้วยค่า MAPE เพียงร้อยละ 3.3151 เมื่อเทียบกับอริมาที่มีค่า MAPE ร้อยละ 7.4184 ซึ่งแสดงถึงความสามารถของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อนในการจัดการข้อมูลที่มีความซับซ้อนและแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงสูงในด้านพลังงานทดแทน โดยเฉพาะในบริบทของประเทศไทย งานวิจัยนี้สรุปว่าโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน เป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้จริงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการพลังงานและสนับสนุนการวางแผนพลังงานที่ยั่งยืนของ กฟผ.

ข้อเสนอแนะการปรับปรุงข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์

1. พิจารณาเพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลสภาพอากาศ หรือปัจจัยเศรษฐกิจที่อาจมีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความครอบคลุมของโมเดล

2. การใช้งานร่วมกับอริมา แทนที่จะเปรียบเทียบแยกกัน การพิจารณาการใช้งานโครงข่ายประสาทเทียม และอริมาร่วมกัน เช่น การใช้อริมาสำหรับการตรวจจับแนวโน้ม (trend) และโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการจับความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน อาจเพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์

3. การทดสอบในสถานการณ์จริงควรนำรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่พัฒนาไปทดลองใช้งานในสถานการณ์จริง พร้อมกับการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินความแม่นยำและประสิทธิภาพในระยะยาว

การศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

1. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AI อื่น ๆ ควรทดลองใช้เทคโนโลยี Machine Learning ขั้นสูง เช่น XGBoost Random Forest หรือแม้กระทั่ง Deep Learning แบบ Generative Adversarial Networks--GANs เพื่อสำรวจประสิทธิภาพและความสามารถของเทคนิคอื่น ๆ ในการพยากรณ์ข้อมูลที่ซับซ้อน

2. การผสมผสานเทคนิคหลายรูปแบบการผสมผสานโครงข่ายประสาทเทียมและอริมา รวมถึงโมเดลพยากรณ์อื่น ๆ ในลักษณะผสม (hybrid models) เพื่อดึงจุดเด่นของแต่ละวิธีมาใช้ร่วมกัน อาจช่วยเพิ่มความแม่นยำและความน่าเชื่อถือในการพยากรณ์

3. การปรับตัวกับข้อมูลแบบเรียลไทม์ (real-time data) การศึกษาเพิ่มเติมควรเน้นการพัฒนาระบบที่สามารถรับมือกับข้อมูลแบบเรียลไทม์ เช่น การผลิตไฟฟ้ารายชั่วโมงหรือรายวัน ซึ่งต้องใช้โมเดลที่สามารถปรับตัวได้เร็วและมีประสิทธิภาพสูง

References

Abisoye, B. O., Sun, Y., & Zenghui, W. (2024). A survey of artificial intelligence methods for renewable energy forecasting: Methodologies and insights. *Renewable Energy Focus, 48*, 100529. https://doi.org/10.1016/j.ref.2023.100529

AlShafeey, M., & Csaki, C. (2024). Adaptive machine learning for forecasting in wind energy: A dynamic, multi-algorithmic approach for short and long-term predictions. *Heliyon, 10*, e34807. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34807

Banda, E., & Folly, K. A. (2007). Short Term Load Forecasting Using Artificial Neural Network. *2007 IEEE Lausanne Power Tech* (pp. 108-112). Lausanne: IEEE

Dindem, P., Jirivibhakorn, S., & Keturksa, S. (2019). Long-term electricity demand forecasting for the EGAT system using neural networks. *In Proceedings of the 42nd Electrical Engineering Conference* (pp. 41-44). Bangkok: Mahidol University. (in Thai)

Energy Policy and Planning Office. (2024). *Capacity, generation, peak, consumption, import, export and fuel used*. Retrieved from https://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/static-energy/static-electricity (in Thai)

Electricity Generating Authority of Thailand. (2024). *Renewable energy: Background and development.* Retrieved from https://www.egat.co.th/home/renewables (in Thai)

IBM Corp. (2024). I*BM SPSS statistics (computer software)*. Retrieved from https://www.ibm.com/products/spss-statistics. (in Thai)

Jiriwibhakorn, S. (2011). *Applications of neural networks in power system*. Bangkok: Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)

Jiriwibhakorn, S. (2022). *Forecasting machines in power systems*. Bangkok: Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)

Katruksa, S. (2013). *Facility energy sage modeling and medium term load forecasting with artificial Neural Networks And Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory Study* (Master's thesis). King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)

Katruksa, S. (2020). *Mid-term load forecasting based on artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation). KingMongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)

Katruksa, S., & Jiriwibhakorn, S. (2015). Facility energy usage modeling and medium term load forecasting with Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems. *Kasetsart Engineering Journal, 28*(91), 61-69. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/kuengj/article/view/79349/63422 (in Thai)

Katruksa, S., & Jiriwibhakorn, S. (2019). Application data for electricity load forecasting models. *The 5th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology* (pp. 450-453). Luang Prabang: PDR.

Katruksa, S., & Jiriwibhakorn, S. (2020). Evaluation of mid-term load forecasting case study based on Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) and Artificial Neural Networks (ANNs). *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.), 15*(4), 283-293. https://doi.org/10.15866/iree.v15i4.17766

Katruksa, S., & Kullimratchai, P. (2024). Application of Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems in The Electrical Power System. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 18*(1), 1–19. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/266469 (in Thai)

MathWorks. (2024). *Matlab R2024a (Computer software)*. Retrieved from https://www.mathworks.com/products/matlab.html (in Thai)

Meesut, P. (2009). *Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems. Management Information Systems*. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)

Singh, S., Parmar, K. S., & Kumar, J. (2024). Development of multi-forecasting model using Monte Carlo simulation coupled with wavelet denoising-ARIMA model. *Mathematics and Computers in Simulation, 2024*, Related articles. https://doi.org/10.1016/j.matcom.2024.10.040.

Tarmanini, C., Sarma, N., Gezegin, C., & Ozgonenel, O. (2023). Short term load forecasting based on ARIMA and ANN approaches. *Energy Reports, 9*, 550–557. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.01.060

Tripathi, P. K., Sen, R., & Upadhyay, S. K. (2021). A Bayes algorithm for model compatibility and comparison of ARMA (p, q) models. *Statistics in Transition New Series, 22*(2), 95–123. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/236830/1/10.21307_stattrans-2021-018.pdf

Wang, G., Su, H., Mo, L., Yi, X., & Wu, P. (2024). Forecasting of soil respiration time series via clustered ARIMA. *Computers and Electronics in Agriculture, 225*, 109315. https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109315

Zhong, W., Zhai, D., Xu, W., Gong, W., Yan, C., Zhang, Y., & Qi, L. (2024). Accurate and efficient daily carbon emission forecasting based on improved ARIMA. *Applied Energy, 376*, 124232. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124232

การหาค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์กระบวนการแบบ FDM ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นส่วน ABS โดยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง

Optimization of FDM Process Parameters on Dimensional Error of ABS Parts by Response Surface Methodology

ทัตพงศ์ ลิ้มหลาย[1]* และวรรณลักษณ์ เหล่าทวีทรัพย์[1]
Tattapong Limlay[1]* and Wannalak Laotaweesub[1]
[1]ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[1]Department of Mechanical Engineering Technology, College of Industrial Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
*Corresponding author: s6503017810067@email.kmutnb.ac.th
Received: July 20, 2024
Revised: September 20, 2024
Accepted: September 27, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับพารามิเตอร์กระบวนการพิมพ์แบบหลอมละลายเส้นใย (Fused Deposition Modeling--FDM) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นส่วน ABS ให้อยู่ในขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่กำหนด โดยกำหนดให้พารามิเตอร์ที่ใช้พิจารณาได้แก่ ความหนาชั้น ความเร็วของหัวฉีด และความหนาของผนัง จากนั้นทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธีส่วนประสมกลาง (central composite design) โดยเก็บค่าตอบสนองจากการวัดขนาดของชิ้นส่วนกรณีศึกษาด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ผลลัพธ์จากการตั้งค่าตามค่าพารามิเตอร์กระบวนการพิมพ์ คือ ความหนาชั้นอยู่ที่ 0.3485 mm ความเร็วในการพิมพ์อยู่ที่ 20 mm/s และความหนาผนังชั้นอยู่ที่ 2.4949 mm และในกระบวนการพิมพ์ควรพักเครื่องพิมพ์อย่างน้อย 10 นาที หลังจากพิมพ์ชิ้นส่วนเสร็จ ส่งผลให้ขนาดของชิ้นส่วนกรณีศึกษาอยู่ในขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่กำหนด

คำสำคัญ: กระบวนการผลิตแบบเติมเนื้อ ความหนาของชั้น ความเร็วในการพิมพ์ ความหนาผนัง วิธีส่วนประสมกลาง

Abstract

This research aims to determine optimal parameters for the Fused Deposition Modeling--FDM process to reduce the dimensional tolerance of ABS parts within the specified tolerance range. The parameters considered include layer thickness, print speed, and wall thickness. The experimental design was then performed using the Central Composite Design method, with response values collected by measuring the dimensions of the study parts using a Vernier caliper. The results from setting the printing process parameters are a layer thickness of 0.3485 mm, a printing speed of 20 mm/s, and a wall thickness of 2.4949 mm. After completing the print, the printer should be rested for at least 10 minutes. This results in the dimensions of the case study parts falling within the specified tolerance.

Keywords: additive manufacturing, layer thickness, printing speed, wall thickness, central composite design

บทนำ

กระบวนการขึ้นรูปแบบเติมเนื้อวัสดุ (Additive Manufacturing--AM) เป็นกระบวนการขึ้นรูปแบบเติมวัสดุลงบนฐานพิมพ์บนชั้นต่อชั้น จนเกิดเป็นวัตถุสามมิติ โดยใช้โมเดลสามมิติ (CAD model) สามารถผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่จำเป็นต้องมีการเตรียมการที่ซับซ้อน หรือเครื่องมือเพิ่มเติม เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิม เช่น การตัดเนื้อวัสดุ หรือการฉีดวัสดุลงในแม่พิมพ์ ซึ่งจำเป็นต้องมีการเตรียมขั้นตอนการขึ้นรูปอย่างละเอียด เพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน (Zhang, 2021) ซึ่งกระบวนการนี้ได้มีการพัฒนาเทคนิคใหม่ โดยกระบวนการพิมพ์สามมิติแบบหลอมละลายเส้นใย (Fused Deposition Modeling--FDM) เป็นหนึ่งในกระบวนการขึ้นรูปแบบเติมเนื้อวัสดุ โดยการหลอมละลายเส้นใยวัสดุด้วยความร้อนที่หัวฉีด และฉีดวัสดุลงบนฐานพิมพ์เป็นชั้นต่อชั้น กระบวนการนี้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุดในกระบวนการขึ้นรูปแบบเติมเนื้อวัสดุ ดังนั้นจึงนิยมใช้กันอย่างมากในอุตสาหกรรม (Sieminski, 2021) ในปัจจุบันได้มีงานวิจัยที่ใช้กระบวนการพิมพ์แบบ FDM ในการพัฒนาชิ้นส่วนเพื่อทดแทน หรือใช้เพื่อจำลองหน้าที่การทำงาน (Cali & Calian, 2012) จากการศึกษาชิ้นส่วนข้อต่อมือเทียมด้วยกระบวนการผลิตแบบ FDM เพื่อพัฒนาให้สามารถผลิตข้อต่อเทียมโดยไม่ต้องประกอบชิ้นส่วน ในขณะเดียวกันได้มีงานวิจัยพัฒนาชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมเพื่อใช้ทดแทนชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยผลิตด้วยกระบวนการแบบ FDM (Sathish & Vijaya-kumar, 2018) จากการศึกษาพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนขนาดของชิ้นส่วนที่พิมพ์ด้วยกระบวนการพิมพ์แบบ FDM เป็นปัญหาที่สำคัญที่ส่งผลต่อการประกอบชิ้นส่วน ทำให้ชิ้นส่วนที่ผลิตมีความแม่นยำน้อย จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับพารามิเตอร์กระบวนการพิมพ์ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาดของชิ้นส่วน ดังตาราง 1

จากตาราง 1 แสดงผลจากการสืบค้นข้อมูลจากงานวิจัยต่าง ๆ ซึ่งพบว่า ส่วนใหญ่ศึกษาเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อชิ้นงานที่มีลักษณะสี่เหลี่ยม เช่น (Sood et al, 2009) การใช้ชิ้นงานสี่เหลี่ยมขนาด 80x10x4 mm ในการทดสอบพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อขนาดของชิ้นงานโดยใช้วิธีทากุชิ พบว่า การปรับพารามิเตอร์ทั้งหมดลดลง ยกเว้นช่องว่างภายในช่วยเพิ่มคุณภาพของชิ้นงานได้ (Equbal et al, 2017) การใช้ชิ้นส่วนสี่เหลี่ยม ในการศึกษาพารามิเตอร์เดียวกันโดยใช้การทดลองด้วยวิธีส่วนประสมกลาง (Central Composite Design--CCD) พบว่า ผลลัพธ์มีความใกล้เคียงกันกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่น ๆ ที่ศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อชิ้นงานที่มีรูปร่างเป็น

ทรงกระบอก เช่น (Sudin et al., 2016) การใช้ชิ้นส่วนที่มีรูปทรงทั่วไปรวมถึงทรงกระบอก ในการศึกษาเกี่ยวกับขนาดชิ้นงานที่ส่งผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงาน ซึ่งผลการทดลองพบว่า ถ้าชิ้นส่วนที่พิมพ์มีลักษณะเป็นทรงกระบอกและรู จะมีค่าความแม่นยำน้อยมาก ซึ่งหากต้องการให้ชิ้นส่วนมีความแม่นยำต้องชดเชยขนาดที่คลาดเคลื่อนไป เพื่อให้ชิ้นส่วนแม่นยำ และ (Wu, 2018) การใช้ชิ้นส่วนทรงกระบอกในการศึกษาผลกระทบของความหนาของชั้นที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของขนาด พบว่าความหนาชั้นน้อยลงส่งผลให้คุณภาพของชิ้นงานดีขึ้น แต่เวลาในการพิมพ์ที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น จากการศึกษางานวิจัยส่วนใหญ่ให้ความสนใจในการนำชิ้นส่วนประกอบมาใช้จริงน้อยมาก เนื่องจากมีชิ้นงานที่พิมพ์ด้วยกระบวนการนี้มีข้อบกพร่องจำนวนมาก ทำให้การนำชิ้นงานมากใช้จริงจึงเป็นเรื่องยากอย่างมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำชิ้นส่วนประกอบที่มีอยู่ในอุตสาหกรรมทั่วไป เป็นกรณีศึกษาในการทดลอง นอกจากนี้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีการใช้วิธีการออกแบบการทดลองหลัก ๆ สองวิธี ได้แก่ วิธีส่วนประสมกลาง (CCD) และวิธีทากุชิ (Taguchi L27) เนื่องจากสองวิธีเป็นวิธีที่ใช้จำนวนการทดลองน้อยเมื่อเทียบกับวิธีแบบ Full Factorial Design (Raymond, 2009) ซึ่งได้มีงานวิจัยที่มีการเปรียบเทียบวิธีการทั้งสองวิธี เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในการทดลอง (Gao et al., 2022) จากการสืบค้นพบว่าวิธีทากุชิ (Taguchi L27) มีจำนวนการทดลองน้อยกว่าวิธีส่วนประสมกลาง (CCD) แต่จากการหาค่าความเหมาะสม วิธีส่วนประสมกลาง (CCD) ได้ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีทากุชิ เนื่องจากวิธีทากุชิจะตัดการทดลองที่ไม่จำเป็นออกเพื่อลดจำนวนการทดลองที่ไม่จำเป็น ทำให้บางครั้งอาจพลาดผลลัพธ์ที่ดีที่สุดไป ซึ่งในทางกลับกันวิธีส่วนประสมกลาง (CCD) จะวิเคราะห์ปัจจัยทุกระดับที่มีความซับซ้อนได้ดี ทำให้มีการใช้จำนวนการทดลองและเวลามากขึ้น และส่งผลต่อผลลัพธ์ที่มีความเหมาะสมที่สุด นอกจากนี้ในการพิจารณาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาดจากงานวิจัยของ (Dey & Yodo, 2019) จากการศึกษาเกี่ยวกับพารามิเตอร์ทั้งหมดที่มีผลต่อชิ้นส่วนที่พิมพ์ ได้แก่ ช่องว่างภายใน (gap) ทิศทางการวาง อุณหภูมิหัวฉีด ความหนาแน่นภายใน ความหนาชั้น ความเร็วในการพิมพ์และความหนาผนัง เป็นต้น โดยรวบรวมงานวิจัยที่มีการศึกษาตามผลกระทบต่าง ๆ เช่น ความแข็งแรง ความหยาบผิว และความคลาดเคลื่อนขนาดที่ส่งผลต่อชิ้นส่วน แต่เนื่องจากพารามิเตอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันมีจำนวนมาก จากงานวิจัยดังตาราง 1 พบว่า พารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของขนาดทั้งหมด 3 พารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ ความหนาชั้น คือ พารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดในการพิมพ์ด้วยกระบวนการแบบ FDM เนื่องจากส่งผลต่อคุณภาพพื้นผิว และความแม่นยำของขนาดชิ้นส่วน ยิ่งความหนาชั้นน้อยลงยิ่งทำให้ผิวละเอียดยิ่งขึ้น แต่ในทางตรงข้ามกันส่งผลให้เวลาในพิมพ์เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน และนอกจากนี้ยังทำให้เกิดความร้อนสะสม ส่งผลให้ขนาดชิ้นงานเกิดการหดตัวหลังจากการพิมพ์ และทำให้ขนาดของชิ้นส่วนเกิดเปลี่ยนแปลงไป พารามิเตอร์ความเร็วในการพิมพ์ คือ อัตราความเร็วในการเคลื่อนที่ขณะทำการฉีดวัสดุลงบนฐานพิมพ์ระหว่างการพิมพ์ชิ้นส่วน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อ รูปร่างขนาดของชิ้นส่วน หากความเร็วในการพิมพ์สูงเกินไป อาจส่งผลหัวฉีดปล่อยวัสดุเร็วจนทำให้ชิ้นส่วนที่พิมพ์มีเวลาในการเย็นตัวไม่ทัน อาจส่งผลให้ชิ้นส่วนเกิดการเสียรูป หรือขนาดของชิ้นส่วนแตกต่างไปจากที่กำหนด และพารามิเตอร์ความหนาผนัง คือ ความหนาชั้นของโครงสร้างพื้นผิวล้อมรอบชิ้นส่วนในระนาบ XY ซึ่งการปรับความหนาของผนังที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ขนาดของชิ้นส่วนเกิดความคลาดเคลื่อนจากขนาดที่กำหนด โดยความหนาของผนังที่หนาเกินไปอาจทำให้วัสดุสะสมในบริเวณนั้นมากเกินไป ส่งผลให้ขนาดของชิ้นส่วนใหญ่กว่าขนาดที่กำหนด ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นส่วน ซึ่งทั้ง 3 พารามิเตอร์มีผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนของขนาด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงวิเคราะห์ผลเกี่ยวกับการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการพิมพ์แบบ FDM โดยพิจารณาพารามิเตอร์ 3 พารามิเตอร์ คือ ความหนาชั้น ความเร็วในการพิมพ์ และความหนาผนัง เพื่อปรับระดับของพารามิเตอร์ในการพิมพ์ให้ชิ้นส่วนกรณีศึกษามีขนาดอยู่ในช่วงของขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่กำหนด

ตาราง 1

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย	พารามิเตอร์		วิธีการทดลอง
Sood et al. (2009)	- ความกว้างของเส้นใย	- ทิศทางการพิมพ์	วิธีทากุชิ
	- ช่องว่างระหว่างเส้นใย	- ความหนาชั้น	(Taguchi L27)
Sudin et al. (2016)	- ขนาดทรงกระบอก	- ขนาดของรู	-
	- ขนาดทรงกลม	- ขนาดของร่อง	
Equbal et al. (2017)	- ช่องว่างระหว่างเส้นใย	- องศาภายใน	วิธีส่วนประสบกลาง
	- ความกว้างของเส้นใย		(CCD)
Mahmood et al. (2018)	- อุณหภูมิห้องพิมพ์	- อุณหภูมิหัวฉีด	วิธีทากุชิ
	- ความหนาแน่นภายใน	- จำนวนชั้นผนัง	(Taguchi L27)
Wu. (2018)	- ความหนาชั้น		-
Buj-Corral et al. (2022)	- วัสดุ		-
Jayashuriya et al. (2022)	- ความหนาแน่นภายใน	- ความเร็วพิมพ์	วิธีทากุชิ
	- ความหนาของผนังชั้น	- ความหนาชั้น	(Taguchi L9)
Elkaseer et al. (2020)	- ความหนาแน่นภายใน	- มุมเอียง	วิธีทากุชิ
	- ความเร็วในการพิมพ์	- ความหนาชั้น	(Taguchi L50)
	- อุณหภูมิหัวฉีด		
Aslani et al. (2020)	- อัตราไหล	- จำนวนชั้นผนัง	วิธีทากุชิ
	- โครงสร้างภายใน	- อุณหภูมิหัวฉีด	(Taguchi L9)
Hanon et al. (2021)	- องศาโครงสร้างภายใน	- ทิศทางการพิมพ์	-
	- ความหนาของชั้น	- สีของเส้นใย	
Shakeri et al. (2021)	- ความหนาของชั้น	- อุณหภูมิโต๊ะ	วิธีทากุชิ
	- ความเร็วในการพิมพ์	- อุณหภูมิหัวฉีด	(Taguchi L9)
Buj-Corral et al. (2021)	- ความหนาชั้น	- ความเร็วพิมพ์	2-level full
	- อุณหภูมิฉีด	- อัตราไหล	factorial design
Wicaksono et al. (2022)	- อุณหภูมิหัวฉีด	- ความหนาแน่น	วิธีทากุชิ
	- อุณหภูมิโต๊ะ	- ความหนาชั้น	(Taguchi L25)
	- ความเร็วในการพิมพ์	- อุณหภูมิห้อง	
Vanaei et al. (2022)	- อุณหภูมิการไหล	- อุณหภูมิโต๊ะ	วิธีส่วนประสบกลาง
	- ความเร็วในการพิมพ์		(CCD)
Gao et al. (2022)	- ความกว้างของชั้น	- อุณหภูมิหัวฉีด	วิธีส่วนประสบกลาง
	- ความเร็วในการพิมพ์	- ความหนาชั้น	(CCD)/วิธีทากุชิ
			(Taguchi L27)

ตาราง 1 (ต่อ)

งานวิจัย	พารามิเตอร์		วิธีการทดลอง
Dey & Yodo (2019)	- ช่องว่างภายใน	- ความหนาชั้น	
	- ทิศทางการวาง	- ความหนาผนัง	
	- อุณหภูมิหัวฉีด	- ความเร็วพิมพ์	-
	- ความหนาแน่นภายใน	- องศาโครงสร้าง	
	- โครงสร้างภายใน	- ความหนาโครงสร้าง	

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. การจัดเตรียมชิ้นส่วนกรณีศึกษา

ชิ้นส่วนกรณีศึกษาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ กำหนดให้เป็นชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมที่นิยมใช้กับงานแม่พิมพ์โลหะ ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมตำแหน่งในการขึ้นรูปชิ้นงาน และช่วยรองรับแม่พิมพ์ไม่ให้เกิดการสึกหรอ คือ สลักแบบมีบ่า เป็นชิ้นส่วนกรณีศึกษา ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ 25 mm และมีความยาวอยู่ที่ 57 mm วัสดุของชิ้นส่วน คือ S45C โดยกำหนดให้ค่าคลาดเคลื่อนของขนาดที่ยอมรับได้แสดงดังภาพ 1 จากนั้นทำการสร้างเป็นโมเดลสามมิติด้วยโปรแกรม SolidWorks เพื่อเซฟเป็นไฟล์ STL และนำมาแปลงเป็นข้อมูล G-code สำหรับสั่งพิมพ์ชิ้นส่วนบนเครื่องพิมพ์สามมิติ

2. การตรวจสอบชิ้นส่วนกรณีศึกษาที่พิมพ์ตามค่าเริ่มต้นของเครื่องพิมพ์

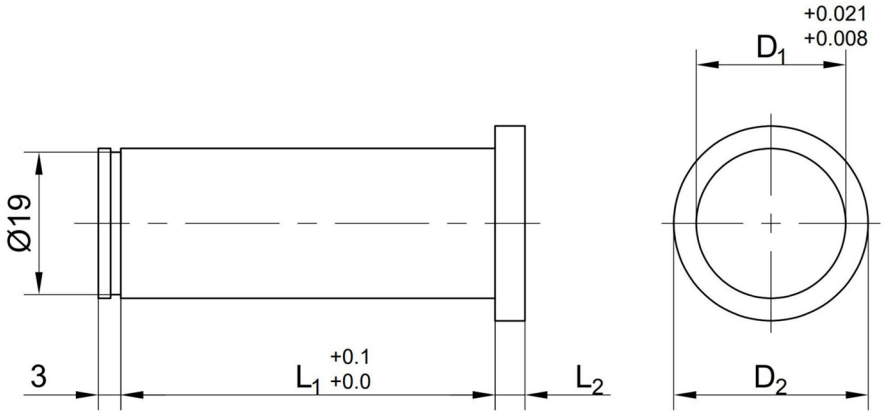
ขั้นตอนนี้คือการสร้างชิ้นส่วนกรณีศึกษา โดยกำหนดให้พารามิเตอร์ในการพิมพ์เป็นค่าเริ่มต้นของเครื่องพิมพ์รุ่น MakerBot Method X เพื่อตรวจสอบปัญหาของชิ้นส่วนที่พิมพ์ด้วยกระบวนการแบบ FDM โดยวัดขนาดชิ้นส่วนด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) ซึ่งคุณสมบัติของเครื่องพิมพ์มีพื้นที่ในการพิมพ์ชิ้นส่วนอยู่ที่ 152x190x196 mm เป็นระบบสองหัวฉีด ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ ±0.2 mm และวัสดุที่ใช้ คือ อะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน-สไตรีน (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene--ABS) ซึ่งเป็นพลาสติกที่นิยมใช้กันอย่างมากในการนำมาพิมพ์ชิ้นส่วนสามมิติ เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ โดยตัวอย่างชิ้นส่วนที่พิมพ์แสดงดังภาพ 2

จากผลลัพธ์ที่ได้รับดังตาราง 2 การตรวจสอบชิ้นส่วนกรณีศึกษาที่พิมพ์โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นจากโปรแกรม MakerBot Method X จากการวัดพบว่า ขนาดของชิ้นส่วนทั้งหมดไม่อยู่ในช่วงของขอบเขตคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงปรับปรุงคุณภาพของชิ้นส่วนด้วยการปรับระดับของพารามิเตอร์ เพื่อให้ขนาดอยู่ในช่วงของค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

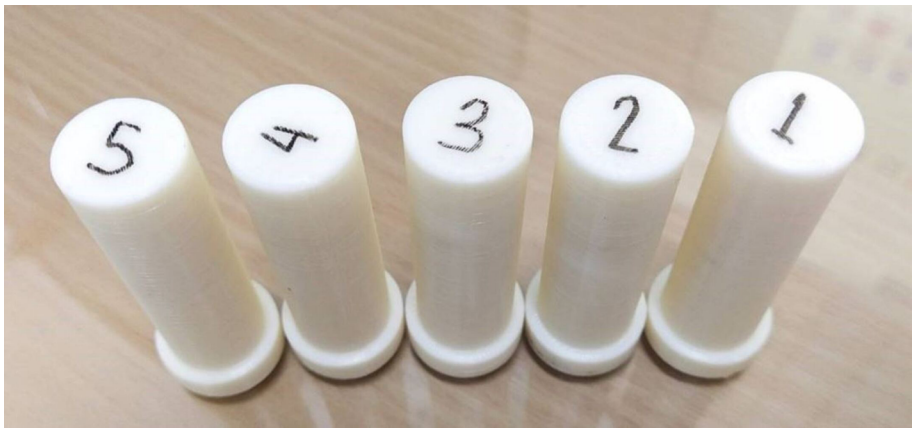
3. การกำหนดพารามิเตอร์ และการสร้างชิ้นส่วนกรณีศึกษา

การพิจารณาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาดของชิ้นส่วนกรณีศึกษา ถูกพิจารณาจากงานวิจัยที่สืบค้นเกี่ยวกับระดับพารามิเตอร์ที่มีอยู่ในกระบวนการทั้งหมดตามตาราง 1 และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงสรุปพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพิจารณา แสดงดังตาราง 3

ลักษณะของพารามิเตอร์ที่ใช้พิจารณาในงานวิจัย คือ ความหนาชั้น ความเร็วในการพิมพ์ และความหนาผนัง โดยลักษณะของพารามิเตอร์แสดงดังภาพ 3 และพารามิเตอร์อื่น ๆ ถูกตั้งค่าตามค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นแสดงดังตาราง 2



ภาพ 1 ขนาดของชิ้นส่วนกรณีศึกษา



ภาพ 2 ลักษณะชิ้นส่วนกรณีศึกษาที่พิมพ์ตามค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น

ตาราง 2

ผลลัพธ์จากการวัดชิ้นส่วนกรณีศึกษาที่ตั้งค่าตามค่าเริ่มต้นของโปรแกรม MakerBot Method X

ชิ้นส่วนกรณีศึกษาที่พิมพ์ตามค่า Default ที่แนะนำจากโปรกแกรม MakerBot (±0.2 mm): ABS LH = 0.2 mm PS = 55 mm/s TW = 1 mm				
ครั้งที่	**ขนาดชิ้นส่วนกรณีศึกษา**			
	$D_1 = \phi 20^{+0.021}_{+0.008}$ mn	$L_1 = 50^{+0.100}_{0}$ mn	$D_2 = \phi 26$mn	$L_2 = 4$mn
	20.008 20.021	**50.000 50.100**		
1	20.089	50.257	26.125	4.166
2	20.106	50.275	26.164	4.296
3	20.101	50.266	26.115	4.226
4	20.085	50.213	26.176	4.265
5	20.116	50.293	26.117	4.173

ตาราง 3

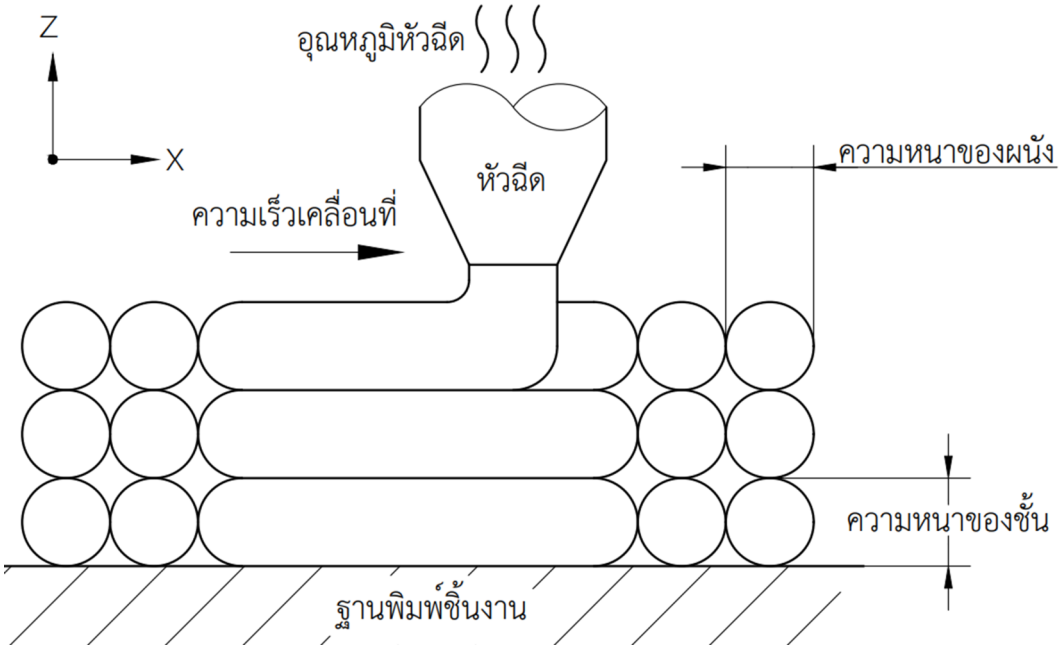
พารามิเตอร์ที่ในงานวิจัยนี้

พารามิเตอร์	ระดับ	
	ต่ำสุด	สูงสุด
ความหนาชั้น (LH)	0.1 mm	0.4 mm
ความเร็วในการพิมพ์ (SP)	20 mm/s	60 mm/s
ความหนาผนังชั้น (WT)	1 mm	3 mm

ตาราง 4

ค่าพารามิเตอร์กระบวนการพิมพ์เริ่มต้น

พารามิเตอร์	ระดับ
วัสดุ	ABS
ความหนาแน่น	20%
อุณหภูมิหัวฉีด	260°C
อุณหภูมิโต๊ะขึ้นรูป	90°C
อัตราไหล	100%
โครงสร้างภายใน	Grid



ภาพ 3 ลักษณะพารามิเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัย

4. การออกแบบการทดลองด้วยวิธีส่วนประสมกลาง (Central Composite Design--CCD)

การออกแบบการทดลองด้วยวิธีส่วนประสมกลาง (Central Composite Design--CCD) ถูกใช้ในการพิจารณาผลกระทบของพารามิเตอร์ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากวิธีนี้ให้ความสำคัญทุกระดับของพารามิเตอร์ ทำให้มีประสิทธิภาพในการทดลองที่มีพารามิเตอร์หลายตัว และมีความยืดหยุ่นในการเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ดี โดยใช้โปรแกรม Minitab19 ในการวิเคราะห์ กำหนดให้ Cube Point=8 Center point in cube=1 Axial Point=6 ซึ่งได้จำนวนการทดลองทั้ง 15 การทดลอง แสดงดังตาราง 5

จากนั้นทำการสร้างชิ้นส่วนกรณีศึกษา โดยการพิมพ์ชิ้นส่วนทั้งหมด 15 ชิ้น และกำหนดระดับของพารามิเตอร์ในการพิมพ์ตามแผนการออกแบบการทดลอง ซึ่งลักษณะของชิ้นส่วนกรณีศึกษาแสดงดังภาพ 4

5. การเก็บค่าตอบสนอง

การเก็บข้อมูลค่าตอบสนองในงานวิจัยนี้ ดำเนินการโดยพิจารณาค่าตอบสนองจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter--D) และความยาว (Length--L) ของชิ้นส่วนกรณีศึกษา โดยวัดชิ้นส่วนด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) รุ่น Sylvac S-Cal PRO ที่มีความแม่นยำสูงสุด 0.001 mm ดังภาพ 5

ขั้นตอนการวัดชิ้นส่วนจะวัดทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัดชิ้นส่วนกรณีศึกษา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้รับทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบและหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการพิมพ์ชิ้นส่วนกรณีศึกษาให้อยู่ในช่วงของขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่กำหนด

ตาราง 5

ตัวอย่างการจัดจำนวนการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

จำนวน	ความหนาชั้น (LH)	ความเร็วในการพิมพ์ (SP)	ความหนาผนัง (WT)
1	0.10	20	1
2	0.40	20	1
3	0.10	60	1
4	0.40	60	1
5	0.10	20	3
6	0.40	20	3
7	0.10	60	3
8	0.40	60	3
9	0.10	40	2
10	0.40	40	2
11	0.25	20	2
12	0.25	60	2
13	0.25	40	1
14	0.25	40	3
15	0.25	40	2

ภาพ 4 ตัวอย่างชิ้นส่วนกรณีศึกษาทั้ง 15 ชิ้น

ภาพ 5 ตัวอย่างการวัดขนาดของชิ้นส่วน ABS

ผลลัพธ์ของงานวิจัย

1. ผลลัพธ์การวิเคราะห์ของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter–D)

ผลลัพธ์การวิเคราะห์ผลกระทบของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter--D) ของชิ้นส่วนกรณีศึกษา จะแสดงในรูปแบบของสมการถดถอย ดังสมการที่ 1 และระดับความเหมาะสมของข้อมูลที่ได้รับหรือ ค่า R-squared อยู่ที่ 96.70%

$$D = 19.113 + 5.349\,(LH) + 0.00486\,(SP) + 0.045\,(WT) - 7.86(LH \times LH) + 0.000082(SP \times SP) - 0.0077\,(WT \times WT) + 0.00253\,(LH \times SP) + 0.019\,(LH\ x\ WT) - 0.00143\,(SP \times WT) \quad (1)$$

ดังแสดงตาราง 6 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยกำหนดให้ระดับนัยสำคัญอยู่ที่ 0.05 พบว่า พารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญต่อความคลาดเคลื่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) คือ ความหนาชั้น (LH) ความหนาชั้นกำลังสอง (LH2) เนื่องจากมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ส่วนพารามิเตอร์ที่มีค่า P-value มากกว่า 0.05 คือ พารามิเตอร์ที่ไม่มีนัยสำคัญ หรือมีนัยสำคัญน้อยมาก

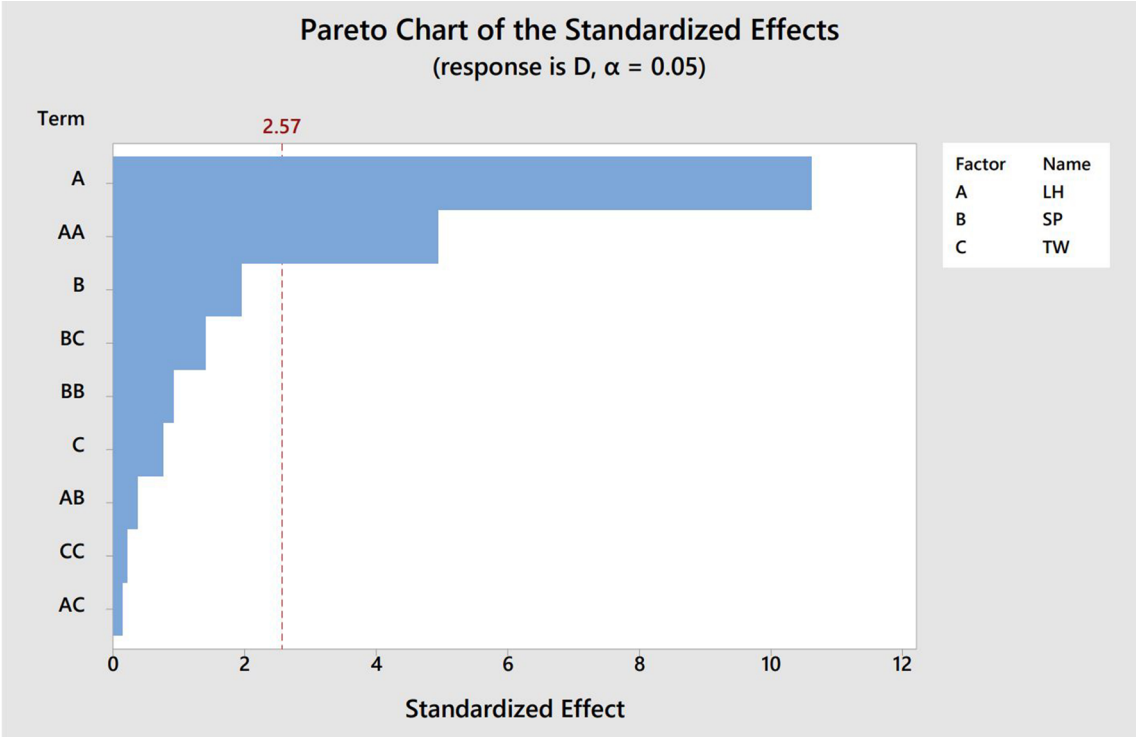
จากตาราง 6 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยกำหนดให้ระดับนัยสำคัญอยู่ที่ 0.05 พบว่า พารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญต่อความคลาดเคลื่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) คือ ความหนาชั้น (LH) ความหนาชั้นกำลังสอง (LH2) เนื่องจากมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ส่วนพารามิเตอร์ที่มีค่า P-value มากกว่า 0.05 คือ พารามิเตอร์ที่ไม่มีนัยสำคัญ หรือมีนัยสำคัญน้อยมาก

จากภาพ 6 แผนภูมิพาเรโต (Parato Chart) ของความคลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) กำหนดให้เส้นประแนวนอนสีแดงที่ระดับ 2.57 แสดงถึงค่าเกณฑ์นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 หากพารามิเตอร์เกินค่าเกณฑ์นี้ หมายความว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพบว่าพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ ความหนาของชั้น (LH) รองลงมาคือ ความหนาของชั้นกำลังสอง (LH2) ตามลำดับ ส่วนพารามิเตอร์ที่มีระดับน้อยกว่าเกณฑ์ คือ พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญน้อย

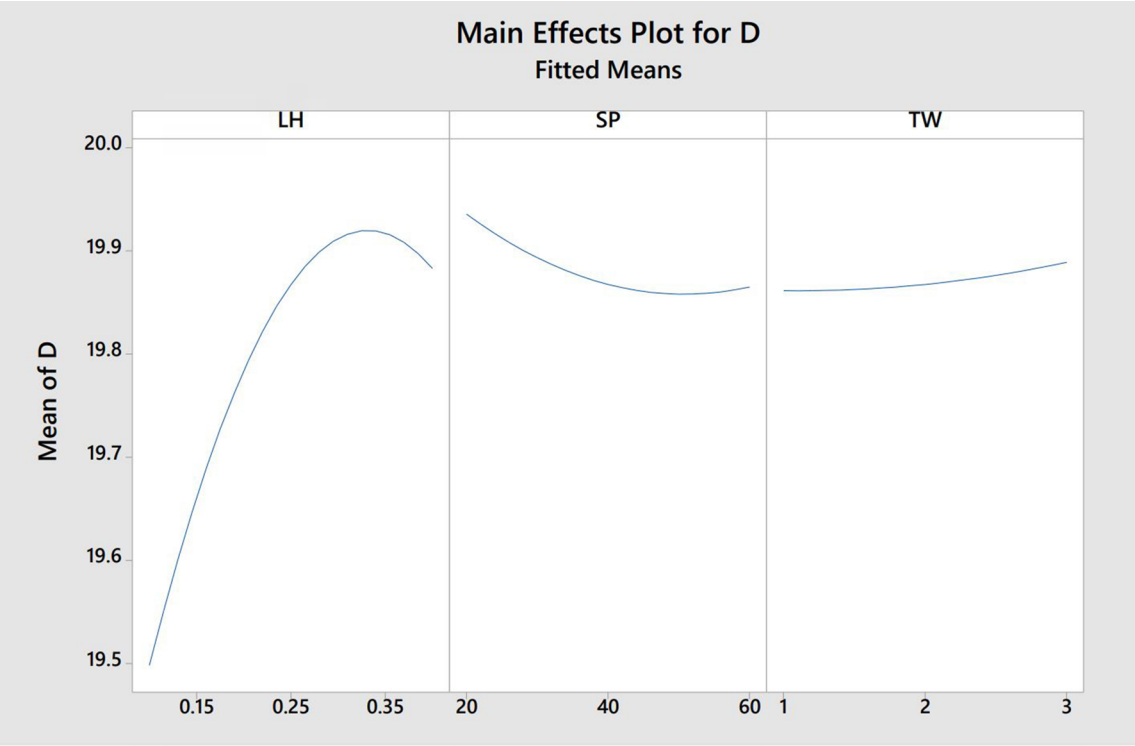
ตาราง 6

ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของความคลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

พารามิเตอร์	DF	Adj SS	F-Value	P-Value
ความหนาชั้น	1	0.370049	112.61	0.000
ความเร็วในการพิมพ์	1	0.012461	3.79	0.109
ความหนาผนังชั้น	1	0.001886	0.57	0.483
ความหนาชั้น x ความหนาชั้น	1	0.080341	24.45	0.004
ความเร็วในการพิมพ์ x ความเร็วในการพิมพ์	1	0.002785	0.85	0.400
ความหนาผนังชั้น x ความหนาผนังชั้น	1	0.000154	0.05	0.837
ความหนาชั้น x ความเร็วในการพิมพ์	1	0.000460	0.14	0.724
ความหนาชั้น x ความหนาผนัง	1	0.000064	0.02	0.894
ความเร็วในการพิมพ์ x ความหนาผนัง	1	0.006536	1.99	0.218
Error	5	0.016431	-	-
Total	14	0.497362	-	-



ภาพ 6 แผนภูมิพาเรโต (Parato Chart) ของความคลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter--D)



ภาพ 7 ผลกระทบของพารามิเตอร์เดี่ยว (main effects) ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

จากภาพ 7 ผลลัพธ์ของผลกระทบของพารามิเตอร์เดี่ยว (main effects) ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (DE) พบว่า ชิ้นส่วนส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่าขนาดที่กำหนด (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง=20 มม.) โดยแนวโน้มของความหนาชั้น (LH) ยิ่งมากยิ่งทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เข้าใกล้ขนาดที่กำหนด (Ø20) มากขึ้นก่อนที่จะลดลงเล็กน้อย ในขณะเดียวกันความเร็วในการพิมพ์ (SP) และความหนาผนัง (WT) ยิ่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ขนาดชิ้นส่วนเข้าใกล้ขนาดที่กำหนดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สำหรับผลลัพธ์ของผลกระทบของพารามิเตอร์ร่วม (interaction) ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) จากตาราง 6 พบว่า การปรับพารามิเตอร์ร่วมกันไม่ส่งผลหรือส่งผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

2. ผลลัพธ์การวิเคราะห์ผลกระทบของพารามิเตอร์ที่ส่งผลความคลาดเคลื่อนขนาดความยาวของชิ้นส่วนกรณีศึกษา (Length--L)

ผลลัพธ์การวิเคราะห์ผลกระทบของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของขนาดความยาว (Length--L) ของชิ้นส่วนกรณีศึกษา จะแสดงในรูปแบบของสมการถดถอย ดังสมการที่ 2 และระดับความเหมาะสมของข้อมูลที่ได้รับหรือ ค่า R-squared อยู่ที่ 87.52%

$$L = 49.744 + 0.310\,(LH) + 0.00828\,(SP) + 0.098\,(WT) + 0.21\,(LH \times LH) - 0.000002\,(SP \times SP) + 0.0156\,(WT \times WT) - 0.01172\,(LH \times SP) - 0.0917\,(LH \times WT) - 0.002587\,(SP \times WT) \quad (2)$$

จากตาราง 7 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยกำหนดให้ระดับนัยสำคัญอยู่ที่ 0.05 พบว่า พารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญต่อความคลาดเคลื่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) คือ ความหนาชั้น (LH) ความหนาผนัง (WT) และความเร็วในการพิมพ์ x ความหนาผนัง (SPxWT) เนื่องจากมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ส่วนพารามิเตอร์ที่มีค่า P-value มากกว่า 0.05 คือพารามิเตอร์ที่ไม่มีนัยสำคัญ หรือมีนัยสำคัญน้อยมาก

จากภาพ 8 แผนภูมิพาเรโต (Parato Chart) ของความคลาดเคลื่อนของขนาดความยาว (L) พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ การปรับความเร็วในการพิมพ์ x ความหนาผนัง (SPxWT) พร้อมกัน รองลงมาคือ ความหนาชั้น (LH) และความหนาผนัง (WT) ตามลำดับ ส่วนพารามิเตอร์ที่มีระดับน้อยกว่าเกณฑ์ คือพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญน้อยมาก

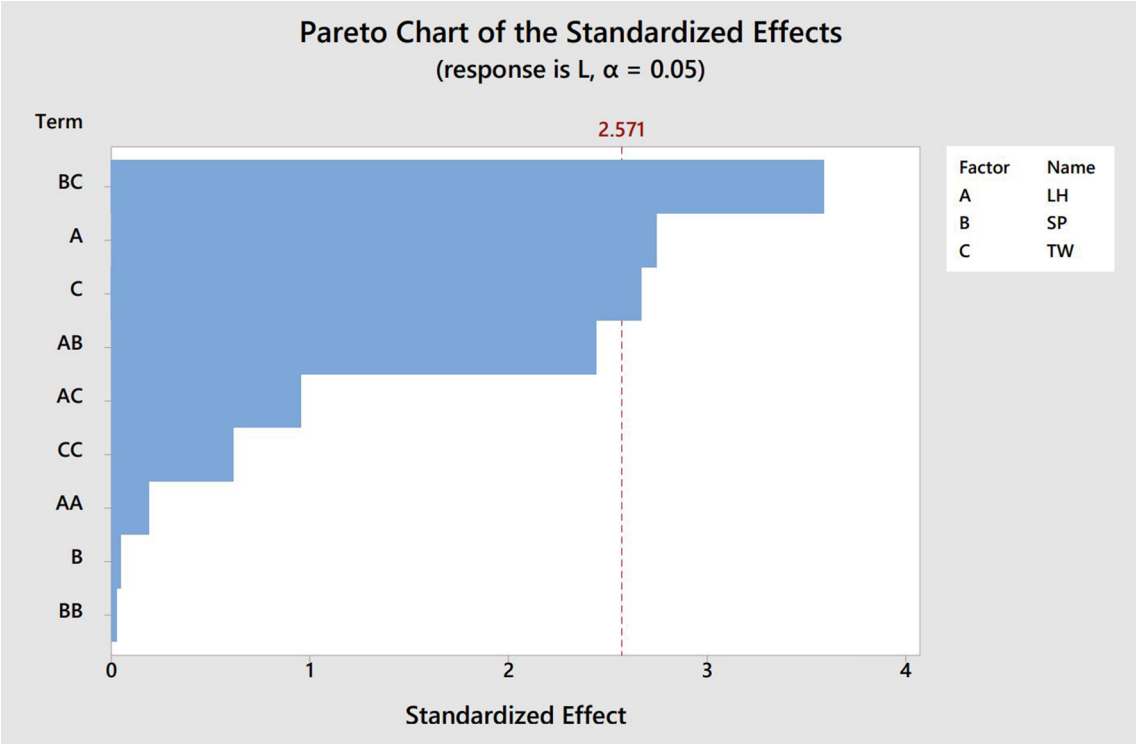
จากภาพ 9 ผลลัพธ์ของผลกระทบของพารามิเตอร์เดี่ยว (main effects) ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของขนาดความยาว (L) พบว่า ขนาดของชิ้นส่วนส่วนใหญ่มี

ขนาดมากกว่าขนาดที่กำหนด (ความยาว=50 มม.) โดยแนวโน้มของความหนาชั้น (LH) ยิ่งมากทำให้ขนาดความยาวเข้าใกล้ขนาดที่กำหนด ในตรงข้ามกันความหนาผนังยิ่งลดลงยิ่งเข้าใกล้ขนาดที่กำหนดมากขึ้น แต่ความเร็วในการพิมพ์ (SP) มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ส่วนผลลัพธ์ของผลกระทบของพารามิเตอร์ร่วม (interaction) ดังแสดงภาพ 10 ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของขนาดความยาว (L) พบว่า แนวโน้มที่มีความสำคัญ คือ ความเร็วในการพิมพ์ x ความหนาผนัง (SPxWT) ซึ่งแนวโน้มได้แสดงให้เห็นว่าการปรับสองพารามิเตอร์พร้อมกันโดยการปรับให้ความหนาผนัง และความเร็วลดลง ส่งผลให้ขนาดเข้าใกล้ขนาดที่กำหนดมากขึ้น ส่วนพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญน้อยมาก คือ ความหนาชั้น x ความเร็วในการพิมพ์ (LHxSP) และความหนาชั้น x ความหนาผนัง (LHxWT)

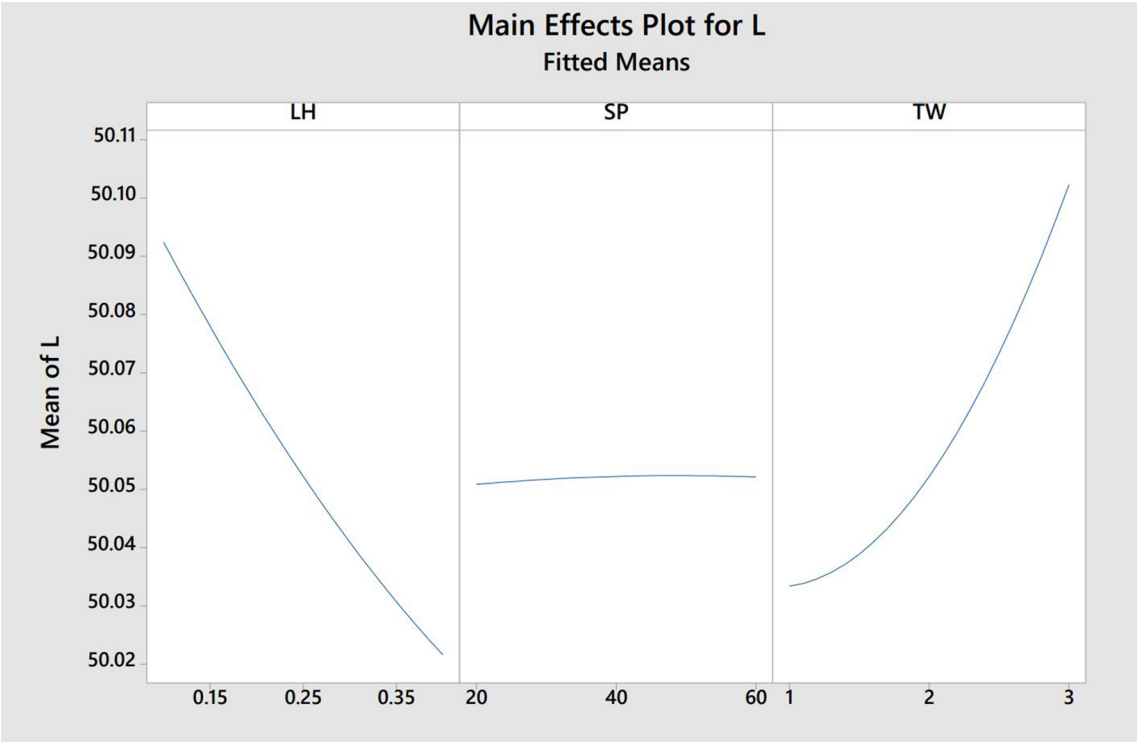
ตาราง 7

ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของความคลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

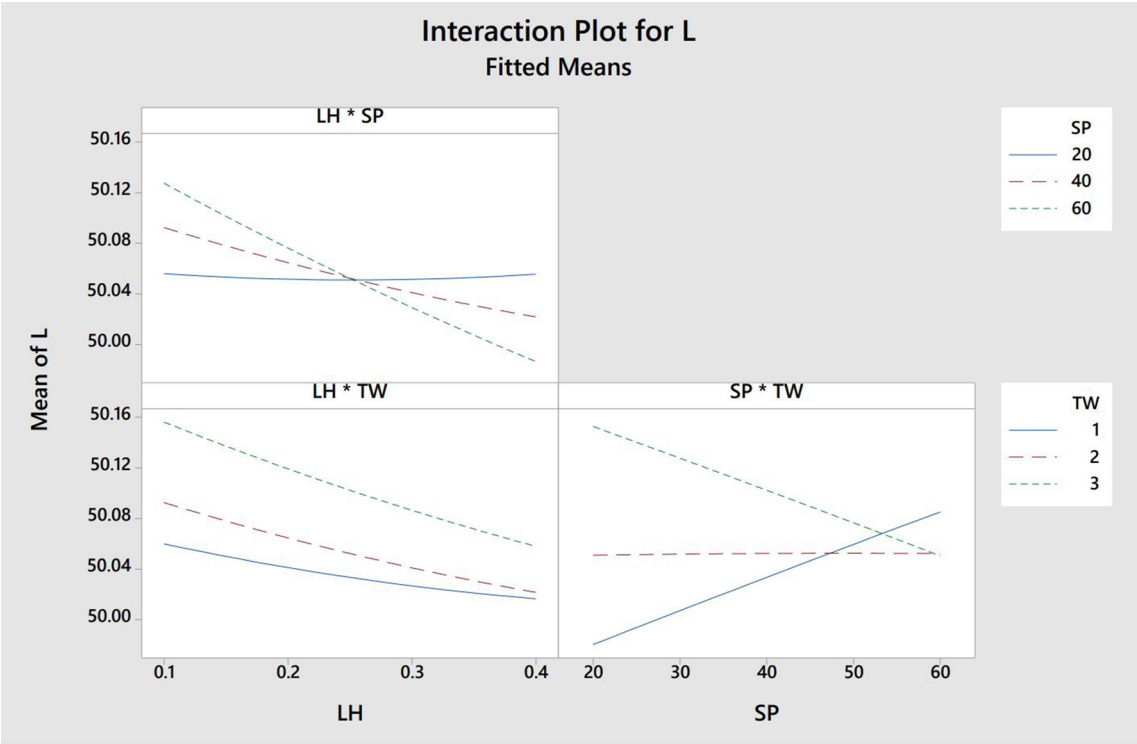
พารามิเตอร์	DF	Adj SS	F-Value	P-Value
ความหนาชั้น	1	0.012532	7.54	0.041
ความเร็วในการพิมพ์	1	0.000004	0.00	0.963
ความหนาผนังชั้น	1	0.011857	7.13	0.044
ความหนาชั้น x ความหนาชั้น	1	0.000059	0.04	0.858
ความเร็วในการพิมพ์ x ความเร็วในการพิมพ์	1	0.000001	0.00	0.978
ความหนาผนังชั้น x ความหนาผนังชั้น	1	0.000627	0.38	0.566
ความหนาชั้น x ความเร็วในการพิมพ์	1	0.009894	5.95	0.059
ความหนาชั้น x ความหนาผนัง	1	0.001512	0.91	0.384
ความเร็วในการพิมพ์ x ความหนาผนัง	1	0.021424	12.89	0.016
Error	5	0.008312	-	-
Total	14	0.066585	-	-



ภาพ 8 แผนภูมิพาเรโต (Parato Chart) ของความคลาดเคลื่อนของขนาดความยาว (Length--L)



ภาพ 9 ผลกระทบของพารามิเตอร์เดี่ยวที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของขนาดความยาว



ภาพ 10 ผลกระทบของพารามิเตอร์ร่วมที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของขนาดความยาว

3. ผลลัพธ์การหาค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์กระบวนการพิมพ์

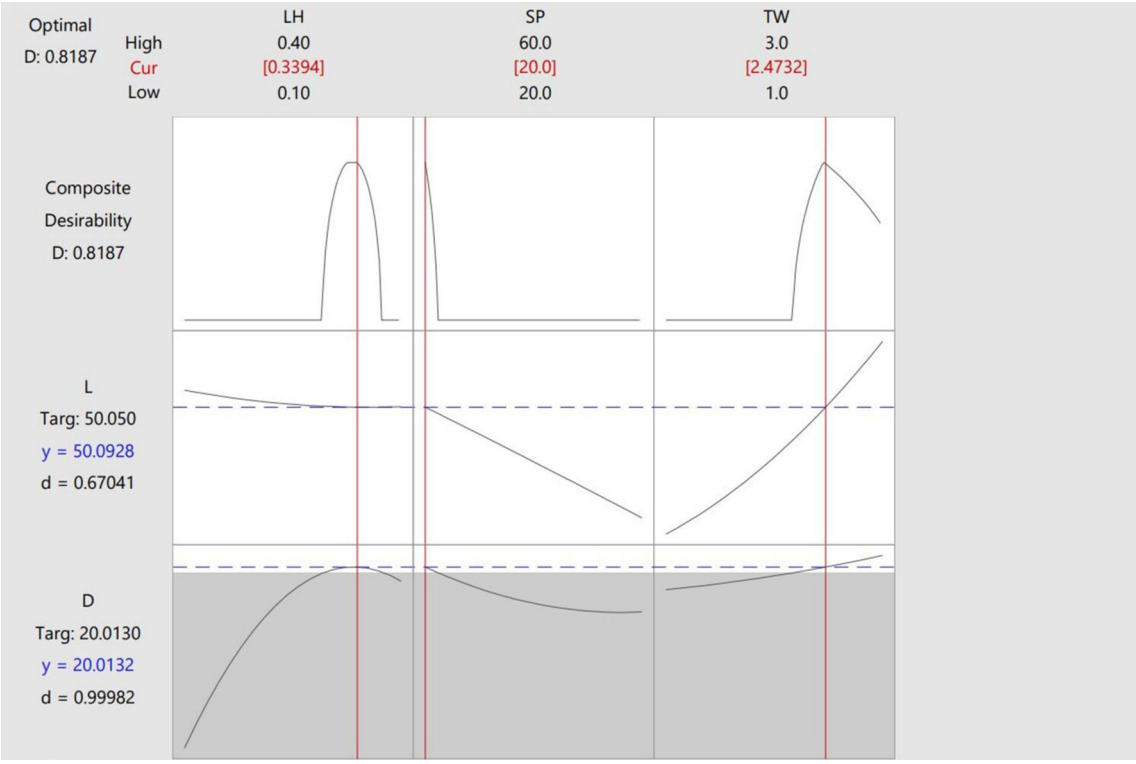
ผลลัพธ์การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการพิมพ์ชิ้นงาน กำหนดให้จุดมุ่งหมาย คือ ทำให้ขนาดชิ้นส่วนกรณีศึกษามีขนาดอยู่ในช่วงความคลาดเคลื่อนที่กำหนด โดยใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ ซึ่งผลลัพธ์แสดงดังภาพ 11

จากภาพ 11 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่แนะนำโดยผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab คือ ความหนาชั้นอยู่ที่ 0.3394 mm ความเร็วในการพิมพ์อยู่ที่ 20 mm/s และความหนาผนังชั้นอยู่ที่ 2.4732 mm โดยผลลัพธ์ค่าตอบสนองที่ได้รับ คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง=20.0132 mm และความยาว=50.0928 mm ส่วนผลลัพธ์ค่าความพึงพอใจ (composite desirability) โดยรวมของสภาวะที่เหมาะสมนั้นอยู่ที่ 0.8187 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับ 1 หมายความว่า ข้อมูลมีความแม่นยำในการวิเคราะห์

4. การตรวจสอบประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอในการวิเคราะห์ทางสถิติ

การตรวจสอบประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอในการวิเคราะห์ทางสถิติ คือการตรวจสอบผลลัพธ์การวัดขนาดของชิ้นส่วนกรณีศึกษาที่พิมพ์ด้วยพารามิเตอร์ที่เหมาะสมตามผลการวิเคราะห์ ให้ขนาดของชิ้นส่วนอยู่ในขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่กำหนดดังแสดงตาราง 8

จากตาราง 8 ผลลัพธ์จากการวัดชิ้นส่วนกรณีศึกษาที่พิมพ์ด้วยค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมตามผลการวิเคราะห์พบว่าชิ้นส่วนส่วนใหญ่มีขนาดคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงขอบเขตที่กำหนด ยกเว้นชิ้นส่วนที่ 4 ที่มีขนาดความยาวเกินขอบเขตที่กำหนดเล็กน้อย



ภาพ 11 ผลลัพธ์กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ตาราง 8

ผลลัพธ์การวัดขนาดของชิ้นส่วนกรณีศึกษาที่พิมพ์ด้วยพารามิเตอร์ที่เหมาะสมตามผลการวิเคราะห์

ชิ้นส่วนกรณีศึกษาที่พิมพ์ด้วยพารามิเตอร์ที่เหมาะสมตามผลการวิเคราะห์
LH = 0.3485 mm PS = 20 mm/s TW = 2.4747 mm

ครั้งที่	ขนาดชิ้นส่วนกรณีศึกษา			
	$D_1 = \phi 20^{+0.021}_{+0.008}$ mn	$L_1 = 50^{+0.100}_{0}$ mn	$D_2 = \phi 26$mn	$L_2 = 4$mn
	20.008 20.021	50.000 50.100		
1	20.009	50.079	26.106	4.009
2	20.014	50.068	26.136	4.055
3	20.017	50.046	26.153	4.048
4	20.018	50.124	26.123	4.026
5	20.009	50.079	26.168	4.010
6	20.014	50.091	26.064	3.976
7	20.011	50.085	26.119	4.016
8	20.019	50.092	26.102	4.021
9	20.015	50.089	26.068	4.052
10	20.018	50.081	26.032	4.020

สรุปผลการทดสอบและการอภิปราย

จากสรุปผลของงานวิจัยพบว่า พารามิเตอร์ที่ส่งต่อความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นส่วนกรณีศึกษามากที่สุด คือ ความหนาชั้น (LH) ทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวของชิ้นส่วนอย่างชัดเจน โดยที่การปรับความหนาชั้น (LH) เพิ่มขึ้นช่วยให้ขนาดของชิ้นส่วนเข้าใกล้ขนาดตามที่กำหนดมากยิ่งขึ้น ซึ่งการปรับความหนาชั้นน้อยลง ทำให้จำนวนชั้นในการขึ้นรูปมีมากขึ้น และทำให้เกิดความร้อนสะสมในเนื้อวัสดุ ส่งผลให้ชิ้นส่วนเกิดการหดตัวจนเกิดความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นส่วนได้ ส่วนความหนาผนัง (WT) ส่งผลโดยตรงต่อความยาวของชิ้นส่วน ยิ่งปรับความหนาผนังลดลงทำให้ขนาดเข้าใกล้ขนาดตามที่กำหนดมากขึ้น

จากสรุปผลการหาค่าความเหมาะสมของพารามิเตอร์ พบว่า ค่าความเหมาะสมของพารามิเตอร์ที่ได้รับจากการวิเคราะห์ในโปรแกรม Minitab คือ ความหนาชั้นอยู่ที่ 0.3394 mm ความเร็วในการพิมพ์อยู่ที่ 20 mm/s และความหนาผนังชั้นอยู่ที่ 2.4732 mm โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดชิ้นส่วน พบว่า ชิ้นส่วนกรณีศึกษาทั้งหมด 10 ชิ้น มีเพียง 1 ชิ้นที่มีขนาดความยาวเกินขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่กำหนด ดังนั้นเพื่อให้การพิมพ์ชิ้นส่วนกรณีศึกษามีขนาดอยู่ในขอบเขตที่กำหนด ตามข้อกำหนดของเครื่องพิมพ์สามมิติที่ใช้ในการทดลองต้องพักเครื่องพิมพ์อย่างน้อย 10 นาที หลังจากพิมพ์ชิ้นงานเสร็จทุกครั้ง เนื่องจากภายในเครื่องพิมพ์มีความร้อนสะสมภายใน อาจส่งผลต่อขนาดของชิ้นส่วนกรณีศึกษาได้ และการนำค่าที่ได้รับจากการวิเคราะห์ไปใช้งานจริงในการตั้งค่าเครื่องพิมพ์สามมิติที่เหมาะสม คือ ความหนาชั้นที่ 0.339 mm ความเร็วในการพิมพ์ที่ 20 mm/s และความหนาผนังที่ 2.473 mm เนื่องจากในการตั้งค่ากับเครื่องพิมพ์สามมิติสามารถกำหนดได้เพียงทศนิยม 3 ตำแหน่งเท่านั้น สรุปได้ว่า การปรับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมช่วยให้ชิ้นส่วนกรณีศึกษามีขนาดอยู่ในขอบเขตความคลาดเคลื่อนของขนาดที่กำหนด และสามารถนำชิ้นส่วนมาทดแทนชิ้นส่วนมาตรฐานในอุตสาหกรรมได้ ซึ่งในอนาคตงานวิจัยนี้สามารถ

พัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของการวิเคราะห์ค่าตอบสนองเกี่ยวกับรูปร่างรูปทรงของชิ้นส่วน (GD&T) และความหลากหลายของวัสดุที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์สามมิติ เพื่อให้ชิ้นส่วนที่พิมพ์ด้วยกระบวนการนี้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตามสัญญาเลขที่ CIT-2022-GRAD-19

References

Aslani, K. E., Kitsakis, K., & Kechagias, J. D. (2020). On the application of grey Taguchi method for benchmarking the dimensional accuracy of the PLA fused filament fabrication process. *Sciences, 2*, 1016. https://doi.org/10.1007/s42452-020-2823-z

Buj-Corral, I., Bagheri, A., & Sivatte-Adroer, M. (2021). Effect of Printing Parameters on Dimensional Error, Surface Roughness and Porosity of FFF Printed Parts with Grid Structure. *Polymer, 13*, 1213. https://doi.org/10.3390/polym13081213

Buj-Corral, I., & Zayas-Figueras, E. E. (2023) "Comparative study about dimensional accuracy and form errors of FFF printed spur gears using PLA and Nylon. *Polymer Testing, 117*, 107862. https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107862

Choudhari, C.M., & Patil, V. D. (2016) "Product Development and its Comparative Analysis by SLA, SLS and FDM Rapid Prototyping Processes. *Materials Science and Engineering, 149*, 012009. https://doi.org/10.1088/1757-899X/149/1/012009

Calì, J., Calian, D. A., Amati, C., & Kleinberger, R. (2012). 3D-Printing of Non - Assembly, Articulated Models. *ACM Transactions on Graphics, 31*(6), 130. https://doi.org/10.1145/2366145.236614

Dey, A., & Yodo, N. (2019) A Systematic Survey of FDM Process Parameter Optimization and Their Influence on Part Characteristics. *Journal of Manufacturing and Materials Processing, 3*, 64. https://doi.org/10.3390/jmmp3030064

Elkaseer, A., Schneider, S., & Scholz, S. G. (2020). Experiment-Based Process Modeling and Optimization for High-Quality and Resource-Efficient FFF 3D Printing. *Sciences, 10*, 2899. https://doi.org/10.3390/app10082899

Equbal, A., Soon, A. K.., & Razzaq, A. (2017). Optimization of process parameters of FDM part for minimizing its dimensional inaccuracy. *International Journal of Mechanical and Production, 7*(2), 57-66. https://bit.ly/42bclXc

Hanon, M. M., Zsidai, L., & Ma, Q. (2021). Accuracy investigation of 3D printed PLA with various process parameters and different colors. *Materials Today: Proceedings, 42*, 3089-3096. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.1246

Gautam, J., & Aravinth, N. (2022). Studies on the effect of part geometry and process parameter on the dimensional deviation of additive manufactured part using ABS material. Progress in Additive Manufacturing. *Progress in Additive Manufacturing, 6,* 1183-1193. https://doi.org/10.1007/s40964-022-00292-9

Gao, G., & Xu, F. (2022). Parametric optimization of FDM process for improving mechanical strengths using Taguchi method and response surface method: A comparative investigation. *Machines, 10*, 750. https://doi.org/10.3390/machines10090750

Qureshi, S. M., & Talamona, D. (2018). Taguchi based process optimization for dimension and tolerance control for fused deposition modelling. *Additive Manufacturing, 21*, 183-190. https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.03.009

Raymond, M. (2009) Experimental Designs for Fitting Response Surfaces – I. In W. A. Shewhart & S. S. Wilks (Eds.), *Response Surface Methodology* (pp. 281-348). United States: Wiley

Shakeri, Z., Benfriha, K., & Zirak, N. (2021). Optimization of FFF Processing Parameters to Improve Geometrical Accuracy and Mechanical Behavior of Polyamide 6 Using Grey Relational Analysis (GRA). *ISSI Scientific Reports Series, 2021*, 1-29. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1118150/v1

Sieminski, P. (2021). Chapter 2 - Introduction to fused deposition modeling. In J. Pou, A. Riveiro & J. P. Davim (Eds), *Additive manufacturing* (pp. 217-275). Netherlands: Elsevier

Solomon, J., & Gunasekaran, S. (2020). A review on the various processing parametersin FDM. *Materials Today: Proceedings, 37*(2), 509-514. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.484

Sood, A. K., & Mahapatra, O. (2009). Improving dimensional accuracy of Fused Deposition Modelling processed part using grey Taguchi method. *Materials and Design, 30,* 4243–4252. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.04.030

Sudin, M. N., Shamsudin, S. A., & Abdullah, M. A. (2016). Effect of part features on dimensional accuracy of FDM model. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 11*(13), 8067-8072. https://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2016/jeas_0716_4564.pdf

Suthat Na Ayutthaya, P., & Luangpaiboon, P. (2551). *Design and analysis of experiments*. Bangkok: Top publishing house (in Thai)

Vanaei, H. R., Khellad, S., & Tcharkhtchi, A. (2022). Roadmap: Numerical-experimental investigation and optimization of 3D-printed parts using response surface methodology. *Materials, 15*, 7193. https://doi.org/10.3390/ma15207193

Vijayakumar, S., & Ayyangar, A. K. (2018) Design and fabrication of industrial components using 3D printing. *Materials Today: Proceedings, 5*, 14489–14498. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.03.036

Wicaksono, M. B., & Nugraha, F. A. N. (2022) “Optimization of 3D printing parameters using the Taguchi method to improve dimensional precision. *Additive Manufacturing, 12*(2), 70-75. https://doi.org/10.35134/jitekin.v12i2.72

Wu, J. (2018) Study on optimization of 3D printing parameters. *Materials Science and Engineering, 392*, 062050. https://doi.org/10.1088/1757-899X/392/6/062050

Yan, Q., Dong, H., Su, J., Han, J., Song, B., Wei, Q, & Shi, Y. (2018). A review of 3D printing technology for medical applications. *Engineering, 4*, 729–742. https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.07.021

Zadpoor, A. A., & Malda, J. (2016). Additive Manufacturing of Biomaterials, Tissues and Organs. *Biomedical Engineering, 45*, 1-11. https://doi.org/10.1007/s10439-016-1719-y.

Zhang, X., & Liou, F. (2021) Chapter 1 - Introduction to additive manufacturing. In J. Pou, A. Riveiro, & J. P. Davim (Eds), *Additive manufacturing* (pp. 1-31). Netherlands: Elsevier

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารและศักยภาพของคาร์บอนสะสมในต้นไม้ ภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

Carbon Dioxide Emissions from Building Electrification and The Potential for Carbon Storage in Trees at Dhurakij Pundit University

ประยุทธ์ ฤทธิเดช[1]*, ศิริเดช คำสุพรหม[1] และศุภรัชชัย วรรัตน์[2]
Prayuth Rittidatch[1]*, Siridech Kumsuprom[1] and Suparatchai Vorarat[2]
[1]วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
[1]International College, Dhurakij Pundit University
[2]วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
[2]College of Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University
*Corresponding author: prayuth.rit@dpu.ac.th
Received: September 17, 2024
Revised: October 25, 2024
Accepted: October 31, 2024

บทคัดย่อ

ปัญหาภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญระดับโลกที่หลายประเทศให้ความสำคัญ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารและศักยภาพของคาร์บอนสะสมในต้นไม้ใหญ่ภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ โดยการศึกษาแบ่งพื้นที่ตามการใช้พลังงานไฟฟ้าออกเป็น 3 พื้นที่ โดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2565 มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมประมาณ 4,473,852 kWh/year คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดเท่ากับ 2,678,047.81 tCO_2e/year มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดในพื้นที่การศึกษาที่ 1 เท่ากับ 1,191,214 tCO_2e/year คิดเป็น 44.48% และต่ำที่สุดอยู่ในพื้นที่การศึกษาที่ 3 เท่ากับ 590,219.60 tCO_2e/year คิดเป็น 22.04% มีการคำนวณปริมาณคาร์บอนสะสมในต้นไม้ โดยการจัดเก็บข้อมูลเส้นรอบวงของต้นไม้ทุกต้นในพื้นที่การศึกษา เพื่อคำนวณหามวลชีวภาพโดยใช้สมการอัลโลแมตริก และหาค่าปริมาณการสะสมคาร์บอนโดยนำค่ามวลชีวภาพคูณด้วย Conversion Factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.5 จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ในมหาวิทยาลัยมีพรรณไม้ทั้งหมด 1,231 ต้น มากที่สุดอยู่ในพื้นที่การศึกษาที่ 1 จำนวน 746 ต้น และน้อยที่สุดอยู่ในพื้นที่การศึกษาที่ 2 จำนวน 64 ต้น ปริมาณคาร์บอนสะสมของต้นไม้ทั้งหมดเท่ากับ 176,364.70 ton/year มากที่สุดคือพื้นที่การศึกษาที่ 1 เท่ากับ 130,401.09 ton/year คิดเป็น 73.94% และน้อยที่สุด คือพื้นที่การศึกษาที่ 2 เท่ากับ 820.76 ton/year คิดเป็น 0.46% เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้กับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพลังงานไฟฟ้า พบว่าพื้นที่การศึกษาที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้สูงที่สุด คิดเป็น 10.94%

คำสำคัญ: ความเป็นกลางทางคาร์บอน ปริมาณการสะสมคาร์บอน การกักเก็บคาร์บอน การจัดการพลังงาน

Abstract

Global warming is a significant worldwide environmental issue that receives attention from many countries. This research aims to investigate the carbon dioxide emissions from using electrical energy in buildings and the capacity for carbon storage in mature trees at Dhurakij Pundit University. The study divided the area according to electrical energy use into three areas using electrical energy use data for 2565. The total electrical energy consumption is approximately 4,473,852 kWh/year, equivalent to total carbon dioxide emissions of 2,678,047.81 tCO_2e/year. It has the highest carbon dioxide emissions. In study area 1, it was equal to 1,191,214 tCO_2e/year, accounting for 44.48%, and the lowest in study area 3 was 590,219.60 tCO_2e/year, accounting for 22.04% and calculating the amount of carbon stored in trees by collecting data on the circumference of every tree in the study area. To estimate biomass using the allometric equation, find the amount of carbon storage by multiplying the biomass value by the conversion factor, equal to 0.5. The study found that the university area has 1,231 trees, with the most being in Study Area 1, with 746 trees, and the least in Study Area 2, with 64 trees. The total amount of accumulated carbon is 176,364.70 tons/year; the highest is in Study Area 1, equal to 130,401.09 tons/year, accounting for 73.94%, and the least. It is in Study Area 2, equal to 820.76 tons/year, accounting for 0.46%. When comparing the percentage of carbon stored by trees with the amount of carbon dioxide released by electric power, it was found that study area 1 had the highest percentage of carbon storage from trees, accounting for 10.94%.

Keywords: carbon neutrality, carbon stock, carbon sequestration, energy management

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ มีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การขยายตัวของอุตสาหกรรม การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการทำลายป่า ซึ่งล้วนก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศที่มากขึ้น ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยในปี พ.ศ. 2561 อุณหภูมิโลกสูงกว่าช่วงปี พ.ศ. 2393-2443 ถึง 1.1±0.1 °C และช่วงทศวรรษที่ผ่านมา (ปี พ.ศ. 2553-2562) นับว่าเป็นช่วงที่ร้อนที่สุดที่ได้บันทึกไว้ (World Meteorological Organization (WMO), 2020) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อระบบนิเวศ สุขภาพ เศรษฐกิจและสังคม รวมถึงสภาพอากาศที่แปรปรวนอย่างรุนแรง ไม่ว่าจะเป็นพายุ น้ำท่วม ภัยแล้ง และคลื่นความร้อน (Tokeeree et. al., 2020) ระบบนิเวศน์ป่าไม้สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้โดยลดอัตราการเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศผ่านการสังเคราะห์แสงที่เพิ่มขึ้น เช่น การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการเจริญเติบโตของต้นไม้ และการกักเก็บคาร์บอนในพืชและดิน (Dalmonech et. al., 2022; Ke et. al., 2023) ปัญหาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัญหาระดับโลกที่หลายประเทศให้ความสำคัญซึ่งประเทศที่มีการปล่อยก๊าซในปริมาณมากต้องเป็นผู้รับผิดชอบ (Dong et. al., 2023) จากปัญหาดังกล่าวทำให้ทุกประเทศให้ความสำคัญและตระหนักถึง โดยมีการร่วมมือแก้ไขปัญหาอย่างจริงจังเพื่อแก้ไขปัญหา และที่ผ่านมาในระดับนานาชาติได้ทำข้อตกลงว่าด้วยการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อทำให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน (Vorarat et. al., 2023)

จากความต้องการการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นในภาคอาคาร (building sector) ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลัก โดยเฉพาะอาคารสถาบันการศึกษาซึ่ง

ข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (Ministry of Energy, 2017) พบว่า อาคารประเภทสถานศึกษามีสัดส่วนการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศสูงถึง 65% ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 25% และระบบอื่น ๆ 10% และจากข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พ.ศ. 2562 (Office Of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2019) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ 373 $MtCO_2e$ แยกเป็นภาคพลังงานและขนส่ง 261 $MtCO_2e$ (70%) ภาคเกษตรกรรม 57 $MtCO_2e$ (15%) ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ 38 $MtCO_2e$ (10%) ภาคของเสีย 17 $MtCO_2e$ (5%) แม้ว่าต้นไม้จะสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านการแลกเปลี่ยนคาร์บอน ระหว่างระบบนิเวศกับบรรยากาศโดยการสังเคราะห์แสงของพืช การหายใจของสิ่งมีชีวิต และการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึงปีละประมาณ 2.6 $MtCO_2e$ แต่ไม่อาจชดเชยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรม พลังงาน ขนส่ง เกษตรกรรม และอื่น ๆ (Community Forestry Development Division, 2557)

จากเหตุผลข้างต้นและจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า การวางแผนการจัดการพลังงานเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากสำหรับอาคารสถานศึกษา การประหยัดและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืนจะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด และผู้วิจัยยังให้ความสนใจเรื่องการดูดซับปริมาณก๊าซคาร์บอนในรูปแบบปริมาณคาร์บอนสะสมของต้นไม้ (Nwankwo et. al., 2023) ที่ปลูกในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ เพื่อให้ทราบว่าต้นไม้ที่อยู่ในมหาวิทยาลัย สามารถช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในปริมาณเท่าไร ซึ่งเป็นคาร์บอนเครดิตของมหาวิทยาลัย ทั้งยังเป็นแนวทางในการส่งเสริมพื้นที่ปลูกต้นไม้เพื่อเพิ่มปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในบรรยากาศทำให้เกิดความสมดุล (Bordoloi et. al., 2022) และเพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่การจัดการความเป็นกลางทางคาร์บอนมุ่งสู่เป้าหมายมหาวิทยาลัยที่ยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อคำนวณหาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานในอาคารและปริมาณคาร์บอนสะสมในต้นไม้ภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2. เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นำไปสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

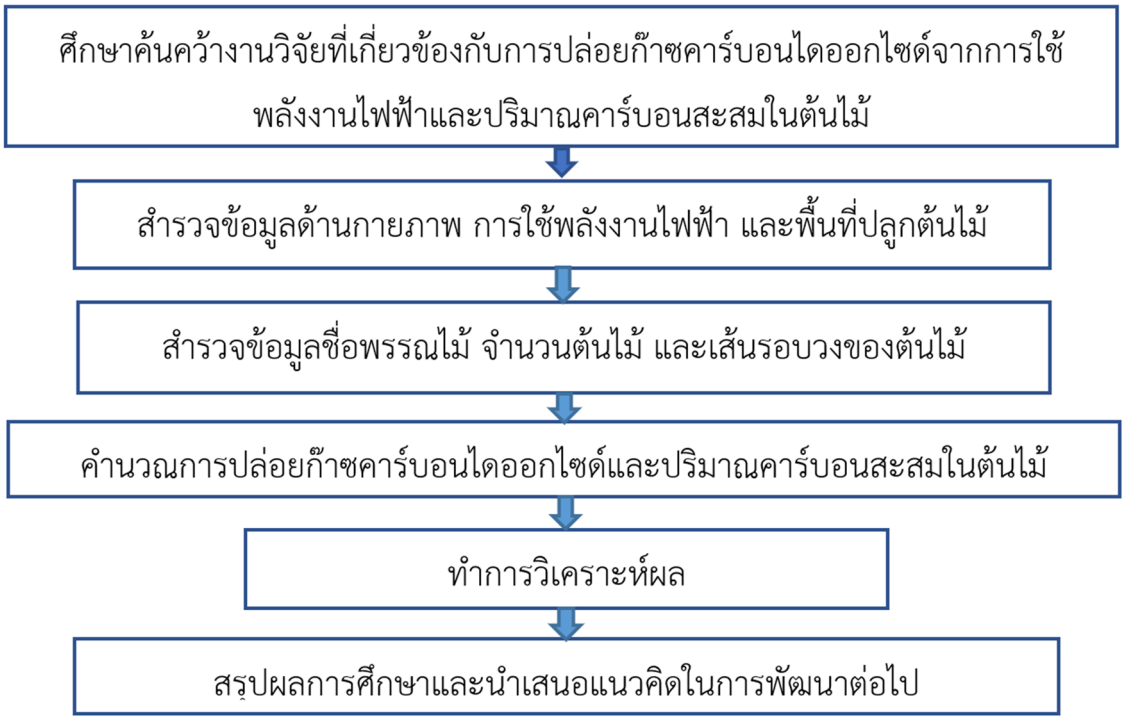
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณคาร์บอนสะสมในต้นไม้ภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังแสดงในภาพ 1

1. สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ประกอบไปด้วยอาคารทั้งหมด 22 อาคาร พื้นที่ใช้สอยแบ่งออกเป็นอาคารสำนักงาน ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องสมุด หอพักนักศึกษา ศูนย์วัฒนธรรม อาคารจอดรถ ศูนย์อาหาร และศูนย์กีฬา โดยงานวิจัยนี้จะทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกลุ่มมิเตอร์ไฟฟ้า 3 มิเตอร์ ได้แก่ มิเตอร์ 79016059 79053028 และ79038610 ซึ่งประกอบไปด้วยอาคาร 1 2 3 4 5 6 7 10 อาคารสำนักอธิการบดี1-2 ศูนย์วัฒนธรรม DPU Place ศูนย์อาหาร และศูนย์กีฬา รวมทั้งหมด 14 อาคาร แสดงดังภาพ 2 และ 3

จากตาราง 1 แสดงข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ โดยแยกอาคารออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ High rise Medium rise และ Low rise ทั้ง 3 กลุ่มอาคาร มีพื้นที่ใช้สอยชั้นล่างของอาคาร ดังนี้ กลุ่มอาคาร High rise (6,536 m^2) กลุ่มอาคาร Medium rise (12,307 m^2) และกลุ่มอาคาร Low rise (11,616 m^2) คิดเป็นพื้นที่ใช้สอย 36.46% และพื้นที่ในมหาวิทยาลัยยังมีพื้นที่สีเขียวที่ปกคลุมด้วยต้นไม้และพืชคลุมดินคิดเป็น 63.54% จากพื้นที่ทั้งหมด



ภาพ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ภาพ 2 แผนผังแสดงอาคารต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตาราง 1

ข้อมูลพื้นที่ใช้สอยภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ประเภทอาคาร	พื้นที่ชั้นล่างของอาคาร(m^2)	พื้นที่สีเขียว (m^2)	พื้นที่รวม (m^2)
High rise	6,536	741	7,277
Medium rise	12,307	5,510	17,817
Low rise	11,616	46,836	58,452
Total	30,459	53,087	83,546

การกำหนดพื้นที่ศึกษาปริมาณคาร์บอนสะสมในต้นไม้ โดยอ้างอิงพื้นที่ตามกลุ่มมิเตอร์การใช้พลังงานไฟฟ้าและกลุ่มอาคารภายในมหาวิทยาลัย จำนวน 3 กลุ่มมิเตอร์ โดยแต่ละแปลงมีพื้นที่ศึกษาครอบคลุมอาคารต่าง ๆ (แสดงดังภาพ 3) ดังนี้

พื้นที่ศึกษาที่ 1 กลุ่มมิเตอร์ 79016059 มีพื้นที่ประมาณ 51,676.81 m^2 ประกอบด้วยพื้นที่บริเวณอาคาร 1 2 3 4 5 10 และศูนย์กีฬา พื้นที่ศึกษาที่ 2 กลุ่มมิเตอร์ 79053028 มีพื้นที่ประมาณ 7,351.15 m^2 ประกอบด้วยพื้นที่บริเวณอาคาร 6 และ 7 และพื้นที่ศึกษาที่ 3 กลุ่มมิเตอร์ 79038610 มีพื้นที่ประมาณ 16,658 m^2 ประกอบด้วยพื้นที่บริเวณอาคารสำนักอธิการบดี 1-2 DPU Place ศูนย์อาหาร และศูนย์วัฒนธรรม

2. การเก็บข้อมูล

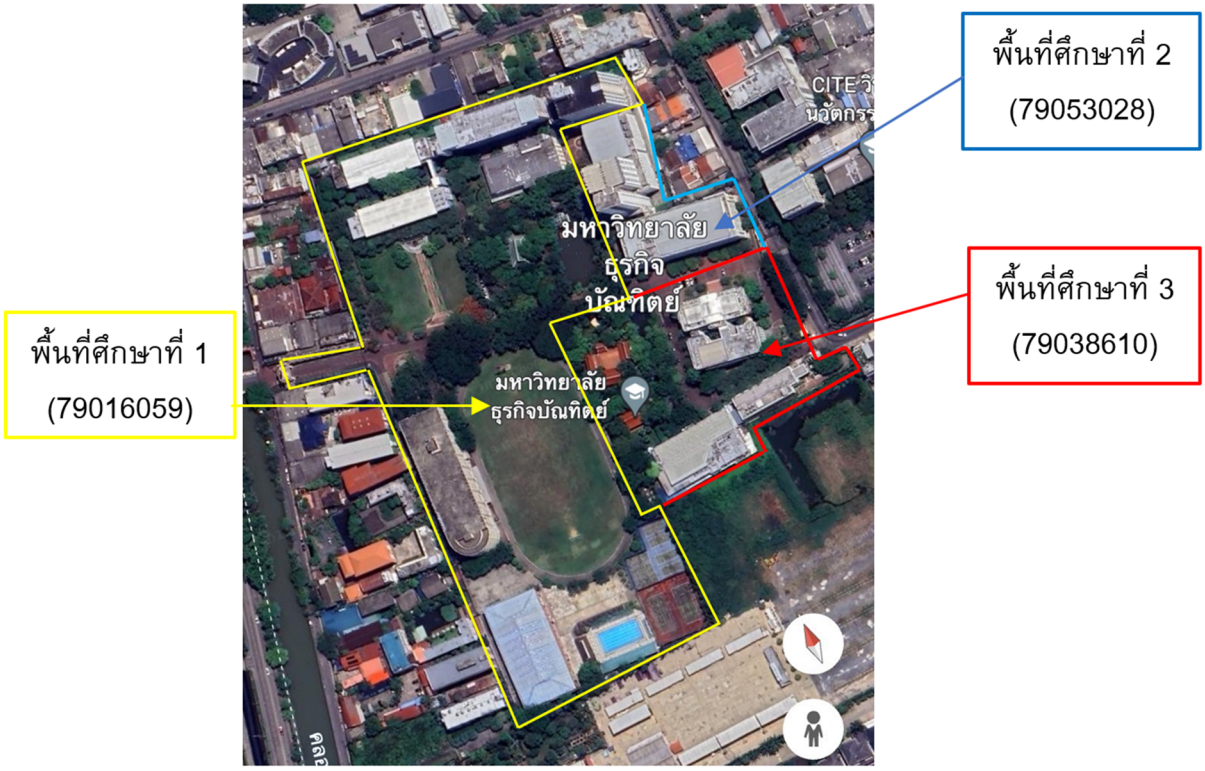
2.1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2565 รวมอยู่ที่ 5,441,852 kWh/year ประกอบด้วย 4 มิเตอร์ไฟฟ้า คือมิเตอร์เลขที่ 79016059 79053028 79038610 และ 79073554 โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามเลขที่มิเตอร์เท่ากับ 1,990,000 kWh/year 1,497,852 kWh/year 986,000 kWh/year และ 968,000 kWh/year ตามลำดับ

2.2 ข้อมูลพรรณไม้ที่สำรวจพบในพื้นที่ศึกษา

พรรณไม้ในบริเวณพื้นที่ศึกษา เฉพาะไม้ยืนต้นที่ระดับความสูง 1.3 m จากพื้นดิน เส้นรอบวงของต้นไม้ 15 cm ขึ้นไป (แสดงดังภาพ 4) (TGO, 2008) ทั้งหมดจำนวน 1,231 ต้น พรรณไม้แต่ละพื้นที่ศึกษามีรายละเอียด ดังนี้

พื้นที่ศึกษาที่ 1 พรรณไม้ที่พบ 108 สายพันธุ์ จำนวน 746 ต้น ได้แก่ งิ้ว ลีลาวดี แปรงล้างขวด พิกุล อินทนิลน้ำ จำปี โพธิ์ มะพร้าว ไทร ไกร หว้า ปีบ มะขามป้อม กระโดน ประดู่บ้าน ตะลิงปริง หนวดปลาหมึกยักษ์ จิกน้ำ ขานาง หางนกยูงฝรั่ง คงคาเดือด(ช้างเผือก) ข่อย กันเกรา ปออีเก้ง มะกอกเกลื้อน สาละ สาธร ประดู่แดง แก้วมุกดา โพธิ์ทะเล จันกระพ้อ หลิวลู่ลม ลำพูน มะตาด พะยูง ยมหิน ลำดวน บุนนาค เติม(ประดู่ส้ม) ไข่เน่า มะหาด มะรุม ขี้เหล็ก หว้า กัลปพฤกษ์ สารภี มะขาม ทองหลาง กุ่มบก ราชพฤกษ์(คูน) พลอง ติ้ว แก้ว ตะแบก ตะคล้อ อบเชย สีเสียด บัวสวรรค์ สะแก เต่าร้าง นนทรี กรวยป่า มะเดื่ออุทุมพร แฝดแดง ตันหยง กระทุ่มนา เกด ประสัก ยอ หมากเขียว อิน-จัน จำปาเทศ จามจุรีสีทอง(พฤกษ์) กระดังงาสงขลา พะยอม ทองอุไร ไทรใบ เฟืองฟ้า อโศกอินเดีย แสงจันทร์ มะเฟือง ไผ่รวก โมกลา เสลา หูกวาง ตีนเป็ดน้ำ ชมพูพันธุ์ทิพย์ ทองกวาว ชงโคฮอลแลนด์ ข่อย(กระถาง) พยาสัตบรรณ หมากแดง พุดน้ำบุศย์ หิรัญญิการ์ การเวก หมากนวล กระดิ่งนางฟ้า ซองออฟอินเดีย กระทิง มะฮอกกานี แคนา จามจุรี ไผ่เหลือง ประดู่ป่า มะยม ปาล์มหางกระรอก สิบสองปันนา ไทรเกาหลี ละมุด และมะกอกน้ำ



ภาพ 3 แผนผังแสดงข้อมูลพื้นที่ศึกษาจัดตามกลุ่มมิเตอร์จ่ายไฟฟ้าให้กับอาคาร

พื้นที่ศึกษาที่ 2 พรรณไม้ที่พบ 12 สายพันธุ์ จำนวน 64 ต้น ได้แก่ ตะแบก โมกมัน มะฮอกกานี หางนกยูงฝรั่ง หูกระจง ข่อย นนทรี ข่อยดัด แสงจันทร์ หมากเขียว การเวก และแก้ว

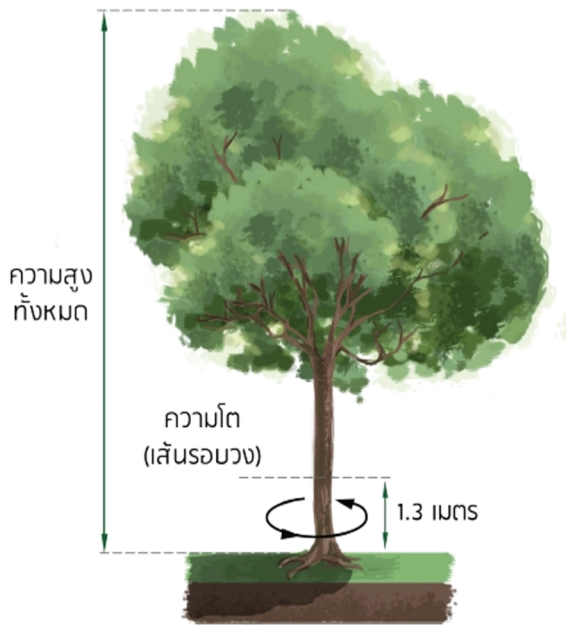
พื้นที่ศึกษาที่ 3 พรรณไม้ที่พบ 100 สายพันธุ์ จำนวน 421 ต้น ได้แก่ มะเดื่ออุทุมพร หมากนวล หมากเขียว ปาล์มขวด พิลังกาสา ช้องแมว สัก พญาสัตบรรณ ไข่ดาว มะฮอกกานี ลีลาวดี กระเบาน้ำ ตีนเป็ดน้ำ มะขามป้อม พิลังกาสา กระดิ่งนางฟ้า ตะลิงปริง พิกุล พะยอม หมากสง จำปี การบูร โมกพวง โมกด่าง โมกลา พลองกินลูก แก้วเจ้าจอม นมแมว ปีบยูนาน หว้า แก้ว อบเชย สะเดา สะเดา (ควินิน) ปาล์มพัด ไผ่เลี้ยง นนทรี อินทนิลน้ำ ราชพฤกษ์ (คูน) สะแก เพกา พระเจ้าห้าพระองค์ สาละ กระพี้จั่น ชมพู่ มะเหมี่ยว มะพร้าว สาเก ชะมวง กระทิง ปลาหมึกยักษ์ มะเฟือง ยอ มะเกลือ หูกวาง เติม(ประดู่ส้ม) ลำดวน ขนุน ตะคร้อ มะม่วง โพธิ์ รวงผึ้ง ไทร บุนนาค ยอเถื่อน บุหงาส่าหรี แก้วมุกดา เตาร้าง กัลปพฤกษ์ ปาล์มชวา หมากแดง มะขาม ตะแบก ปีบ จิกน้ำ อ้อยช้าง แคนา มะกล่ำกันเกลา น้ำเต้าต้น อโศกน้ำ ไทรเกาหลี อินทผาลัม หางนกยูงฝรั่ง กล้วยพัด อินทนิลบก ประดู่บ้าน หมากเหลือง ศรียะลา(โสกเหลือง) โมกซ้อน ยางนา ตะโกนา หูกระจง ไทรใบสักแคระ ประดู่ป่า หิรัญญิการ์ พวงคราม การเวก รำเพย แสงจันทร์ และเล็บมือนาง

2.3 ข้อมูลการสำรวจต้นไม้

จะใช้สายวัดขนาดเส้นรอบวงของต้นไม้ยืนต้นที่ระดับความสูง 1.3 m (GTO, 2008) วัดเฉพาะไม้ใหญ่ คือ ต้นไม้ยืนต้นที่มีเส้นรอบวงตั้งแต่ 15 cm ขึ้นไป โดยวัดทุกต้นในพื้นที่ศึกษา และทำการบันทึกข้อมูลลำดับพื้นที่ศึกษา ชื่อพรรณไม้ และเส้นรอบวงของต้นไม้ หน่วย cm บันทึกและจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์ Excel.xlsx

2.3.1 เส้นรอบวงของต้นไม้

จากการศึกษาเส้นรอบวงของต้นไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา เส้นรอบวงของต้นไม้พื้นที่ศึกษาที่ 1 2 และ 3 มีเส้นรอบวงต้นไม้รวมเท่ากับ 46,449.70 cm 3,699.40 cm และ 27,336.20 cm ตามลำดับ พบว่า เส้นรอบวงต้นไม้รวมมากที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 คิดเป็น 59.95% และน้อยที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 คิดเป็น 4.77% และค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงต้นไม้พื้นที่ศึกษาที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 62.27 cm 57.80 cm และ 64.93 cm ตามลำดับ โดยเส้นรอบวงต้นไม้เฉลี่ยมากที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 3 คิดเป็น 35.10% (SD=2.94) และน้อยที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 คิดเป็น 31.24%



ภาพ 4 แสดงการวัดความโตและความสูงของต้นไม้
Note. From "*How can we plant trees to help reduce global warming*", by Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO), 2008, Copyright by Thailand Greenhouse Gas Management Organization.

2.3.2 เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้

จากการศึกษาเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ พื้นที่ศึกษาที่ 1 2 และ 3 มีเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้รวมอยู่ที่ 14,792.90 cm 1,178.15 cm และ 8,705.80 cm ตามลำดับ พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้รวมมากที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 คิดเป็น 59.95% และน้อยที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 คิดเป็น 4.77% และค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้พื้นที่ศึกษาที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 19.83 cm, 18.41 cm และ 20.68 cm ตามลำดับ โดยเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้เฉลี่ยมากที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 3 คิดเป็น 35.10% (SD=0.94) และน้อยที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 คิดเป็น 31.24%

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อประเมินผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้การประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ของปี พ.ศ. 2566 มีค่า Emission Factor เท่ากับ 0.5986 $kgCO_2e/kWh$ (TGO, 2023) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1) (Vorarat et. al., 2023)

$$CO_2 Emissions = ER * 0.5986 kgCO_2e / kWh \quad (1)$$

โดยที่ ER คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (kWh)

การคำนวณปริมาณคาร์บอนสะสมในต้นไม้ นำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ มาคำนวณหามวลชีวภาพ โดยใช้สมการที่ (2) (Brown et. al., 1989; Makpan et. al., 2018)

$$Y = 38.4908 - 11.7883D + 1.1926D^2 \quad (2)$$

เมื่อ Y = ค่าประมาณมวลชีวภาพของไม้ใหญ่ (kg)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ (cm)

นำมวลชีวภาพที่ได้มาหาค่าปริมาณคาร์บอนที่สะสม (kg) โดยค่าคาร์บอนที่สะสมจะคิดเป็น 50% ของมวลชีวภาพเมื่อนำมาคูณด้วย 0.5 จะได้ค่าปริมาณคาร์บอนที่สะสม โดยใช้สมการที่ (3) (Makpan et. al., 2018; Kumar et. al., 2023)

$$C = 0.5 \times Y \rightarrow ton \quad (3)$$

นำปริมาณคาร์บอนที่คำนวณได้มาหาค่าการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้สมการที่ (4) (Chandaeng et. al., 2020)

$$\text{การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์} = C\frac{44}{12}tCO_2 \quad (4)$$

ทำการคำนวณความสามารถในการผลิตออกซิเจน (O_2) โดยใช้สมการที่ (5) (Singkran, 2021)

$$\text{ความสามารถในการผลิตออกซิเจน} = C\frac{32}{12}tO_2 \quad (5)$$

ผลการวิจัย

1. คำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกลุ่มอาคาร

การคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกลุ่มอาคาร โดยจะทำการคำนวณจากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของกลุ่มอาคาร (สมการที่ 1) จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2565 กลุ่มมิเตอร์ที่ 1 (79016059) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,990,000 kWh/year คิดเป็นปริมาณ

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1,191,214 tCO_2e/year กลุ่มมิเตอร์ที่ 2 (79053028) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,497,852 kWh/year คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 896,614.21 tCO_2e/year และกลุ่มมิเตอร์ที่ 3 (79038610) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 986,000 kWh/year คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 590,219.60 tCO_2e/year มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมเท่ากับ 4,473,852 kWh/year คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2,678,047.81 tCO_2e/year จากทั้ง 3 กลุ่มอาคาร พบว่า กลุ่มมิเตอร์ที่ 1 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดคิดเป็น 44.48% และกลุ่มมิเตอร์ที่ 3 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำสุดคิดเป็น 22.04%

2. คำนวณปริมาณคาร์บอนสะสมในต้นไม้

2.1 มวลชีวภาพของต้นไม้

ต้นไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษามีมวลชีวภาพรวม โดยพื้นที่ศึกษาที่ 1 2 และ 3 (สมการที่ 2) มีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 260,802,182.65 kg, 1,641,523.54 kg และ 90,285,703.22 kg ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพไม้ใหญ่ต่อต้นของพื้นที่ศึกษา 1 2 และ 3 เท่ากับ 273.69 kg 225.67 kg และ 304.74 kg ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 2

จากการศึกษามวลชีวภาพของต้นไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา พบว่า มีมวลชีวภาพรวมมากที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 คิดเป็น 73.94% และน้อยที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 คิดเป็น 0.46% และค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพมากที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 3 คิดเป็น 37.90% และน้อยที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 คิดเป็น 28.06%

2.2 ปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมดของต้นไม้

ค่าคาร์บอนที่สะสมจะคิดเป็น 50% ของมวลชีวภาพนำมาคูณด้วย 0.5 (สมการที่ 3) จะได้ปริมาณคาร์บอนที่สะสม พบว่า ต้นไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษามีปริมาณคาร์บอนรวมของพื้นที่ศึกษาที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 130,401.09 ton/year 820.76 ton/year และ 45,142.85 ton/year ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนสะสมของพื้นที่ศึกษาที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 136.85 kg 112.84 kg และ 152.37 kg ตามลำดับ ซึ่งปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมดเท่ากับ 176,364.70 ton/year ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 2

มวลชีวภาพของต้นไม้

พื้นที่ศึกษา	มวลชีวภาพรวม (kg)	มวลชีวภาพเฉลี่ยต่อต้น (kg)
1	260,802,182.65	273.69
2	1,641,523.54	225.67
3	90,285,703.22	304.74
รวม	**352,729,409.41**	**804.11**

ตาราง 3

ปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมดของต้นไม้

พื้นที่ศึกษา	ปริมาณคาร์บอน (kg)	ปริมาณคาร์บอน (ton)	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยต่อต้น (kg)
1	130,401,091.33	130,401.09	136.85
2	820,761.77	820.76	112.84
3	45,142,851.61	45,142.85	152.37
รวม	**176,364,704.70**	**176,364.70**	**402.05**

พื้นที่ศึกษาที่ 1 คิดเป็น 73.94% และน้อยที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 คิดเป็น 0.46% และค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนของต้นไม้มากที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 3 คิดเป็น 37.90% และน้อยที่สุดอยู่ในพื้นที่ศึกษาที่ 2 คิดเป็น 28.06%

2.3 ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความสามารถในการผลิตออกซิเจน

2.3.1 ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (สมการที่ 4) พบว่า ต้นไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษามีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมของพื้นที่ศึกษา 1 2 และ 3 เท่ากับ 478,137.33 tCO_2/year, 3,009.46 tCO_2/year และ 165,523.79 tCO_2/year ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ศึกษา 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.50 tCO_2 0.41 tCO_2 และ 0.56 tCO_2 ตามลำดับ

2.3.2 ความสามารถในการผลิตออกซิเจน O_2

ความสามารถในการผลิตออกซิเจน O_2 (สมการที่ 5) พบว่า ต้นไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษามีความสามารถในการผลิตออกซิเจน O2 รวมของพื้นที่ศึกษา 1 2 และ 3 เท่ากับ 347,736.24 tO_2/year, 2,188.70 tO_2/year และ 120,380.94 tO_2/year ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความสามารถในการผลิตออกซิเจน O2 ของพื้นที่ศึกษา 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.36 tO_2 0.30 tO_2 และ 0.41 tO_2 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาพบว่า พรรณไม้ในพื้นที่ศึกษามีทั้งหมด 1,231 ต้น สามารถกักเก็บปริมาณคาร์บอนสะสมได้ทั้งหมด 176,364,704.70 kg/year สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 646,670.58 tCO_2/year และยังสามารถผลิตออกซิเจน O_2 ได้เท่ากับ 470,305.88 tO2/year ซึ่งต้นไม้มีบทบาททั้งในด้านการกักเก็บหรือดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งยังสามารถผลิตออกซิเจนได้ ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งต้นไม้จะนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสร้างอาหาร และเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพ ในขณะที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ต้นไม้จะกักเก็บคาร์บอนไว้ในส่วนของลำต้น ราก กิ่งและใบ ในรูปของมวลชีวภาพ ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งหากมีผลผลิตมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น พื้นที่นั้นก็จะมีการกักเก็บคาร์บอนตามผลผลิตมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้น ในทางกลับกันหากพื้นที่นั้นมีผลผลิตมวลชีวภาพลดลงเนื่องจากมีการตัดต้นไม้นำออกมาใช้ประโยชน์ พื้นที่นั้นก็จะมีการกักเก็บคาร์บอนตามผลผลิตมวลชีวภาพลดลง

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณคาร์บอนบอนสะสมในต้นไม้ภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเป็นแนวทางไปสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ คือการที่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เข้าสู่ชั้นบรรยากาศเท่ากับปริมาณคาร์บอนถูกดูดซับกลับคืนมา โดยใช้แนวทางการปลูกต้นไม้ การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้นทาง เช่น การใช้พลังงานหมุนเวียน (renewable energy) และการชดเชยด้วยคาร์บอนเครดิต (Carbon offsets) โดยการศึกษาพบว่ามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมคิดเป็น 4,473,852 kWh/year คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดเท่ากับ 2,678,047.81 tCO_2e/year แยกเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3 พื้นที่ ประกอบด้วยพื้นที่ 1 2 และ 3 ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1,191,214 tCO_2e/year 896,614.21 tCO_2e/year และ 590,219.60 tCO_2e/year ตามลำดับ และมีการกักเก็บปริมาณคาร์บอนของต้นไม้พื้นที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 130,401.09 ton/year 820.76 ton/year และ 45,412.85 ton/year ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้กับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพลังงานไฟฟ้า พบว่าพื้นที่การศึกษาที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้สูงที่สุด คิดเป็น 10.94% รองลงมาคือ พื้นที่การศึกษาที่ 3 คิดเป็น 7.69% โดยรวมสามารถกักเก็บปริมาณคาร์บอนรวมทั้งหมดได้ 176,364.70 ton/year คิดเป็นปริมาณเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 402.05 kg/year จากต้นไม้ทั้งหมด 1,231 ต้น สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ทั้งหมด 646,670.58 tCO_2/year และยังสามารถผลิตออกซิเจน O_2 ได้ 470,305.88 tO_2/year จากข้อมูลข้าง

ต้นพบว่าปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พื้นที่ที่ 1 สามารถกักเก็บคาร์บอนได้สูงที่สุด แต่ก็มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุดเช่นกัน เพื่อก้าวสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนอย่างยั่งยืนมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ จำเป็นต้องลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง และหันมาใช้พลังงานหมุนเวียนเพิ่มมากขึ้น โดยเลือกใช้การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แทนเนื่องจากมหาวิทยาลัยมีพื้นที่ดาดฟ้าของอาคารค่อนข้างมาก และรวมถึงการเพิ่มพื้นที่สีเขียวและพื้นที่สำหรับปลูกต้นไม้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ถือเป็นเพียงส่วนหนึ่งของการมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนของสถานศึกษา ซึ่งยังมีอีกหลายมาตรการที่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และเพิ่มปริมาณคาร์บอนสะสมได้ เช่น การปรับปรุงกรอบอาคารโดยเลือกใช้วัสดุมีค่าการการนำความร้อนต่ำ การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนอุปกรณ์ไฟฟ้าเดิมที่มีประสิทธิภาพต่ำ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และการเพิ่มพื้นที่สีเขียวโดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่สนับสนุนทั้งข้อมูล ความรู้ เทคนิคต่าง ๆ ขอขอบคุณนายนุชา สถิตย์พงษ์ ผู้จัดการ General Support & Services ที่สนับสนุนข้อมูลต้นไม้ภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ และขอขอบคุณฝ่ายพัฒนาสถานที่และซ่อมบำรุง ฝ่ายภูมิทัศน์และยานพาหนะที่ช่วยอำนวยความสะดวกและให้การช่วยเหลือเป็นอย่างดี

References

Bordoloi, R., Das, B., Tripathi, O. P., Sahoo, U. K., Nath, A. J., Deb, S., Das, D. J., Gupta, A., Devi, N. B., Charturvedi, S. S., Tiwari, B. K., Paul, A., & Tajo, L. (2022). Satellite based integrated approaches to modelling spatial carbon stock and carbon sequestration potential of different land uses of Northeast India. *Environmental and Sustainability Indicators, 13,* 100166. https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100166

Brown, S., Gillespie, A. J. R., & Lugo, A. E. (1989). Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Applications to Forest Inventory Data. *Forest Science, 35*(4), 881–902. https://doi.org/10.1093/forestscience/35.4.881

Chandaeng, W., Puangchit, L., Junkerd, N., Jumwong, N. 2020. Carbon stock of different forest communities at Wang Nam Khiao forestry research and student training station, Nakhon Ratchasima province. *Thai Journal of Forestry, 39*(1), 57-70. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf/article/view/245961/168134 (in Thai)

Community Forestry Development Division. (2023). *Manual exploring carbon storage and biodiversity in community forests*. Bangkok: Community Forestry Development Division. (in Thai)

Dalmonech, D., Marano, G., Amthor, J. S., Cescatti, A., Lindner, M., Trotta, C., & Collalti, A. (2022). Feasibility of enhancing carbon sequestration and stock capacity in temperate and boreal European forests via changes to management regimes. *Agricultural and Forest Meteorology, 327*, 109203. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109203

Dong, H., Chen, Y., Huang, X., & Cheng, S. (2023). Multi-scenario simulation of spatial structure and carbon sequestration evaluation in residential green space. *Ecological Indicators, 154*, 110902. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110902

Ke, S., Zhang, Z., & Wang, Y. (2023). China's forest carbon sinks and mitigation potential from carbon sequestration trading perspective. *Ecological Indicators, 148*, 110054. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110054

Kumar, N., Nishtha, & Kumar, J. (2023). Estimation of carbon sequestration by some selected dominant tree species of Chandigarh University, Gharuan, *Mohali. Materials Today: Proceedings, 2023*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.210

Makpan, W., Rabsaithong, J., & Lee, S. (2018). Carbon stock of trees in nakhon si thammarat rajabhat university. *Srinakharinwirot University Journal of Sciences and Technology, 10*(20), 119–128. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/swujournal/article/view/170515 (in Thai)

Ministry of Energy. (2017). *Building design guidelines for energy conservation. Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation*. Bangkok: Ministry of Energy (in Thai)

Nwankwo, C., Tse, A. C., Nwankwoala, H. O., Giadom, F. D., & Acra, E. J. (2023). Below ground carbon stock and carbon sequestration potentials of mangrove sediments in Eastern Niger Delta, Nigeria: Implication for climate change. *Scientific African, 22*, e01898. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01898

Office Of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (2019). *Total greenhouse gas emissions in Thailand classified by sector (2000–2019)*. Retrieved from http://env_data.onep.go.th/reports/subject/view/170 (in Thai)

Singkran, N. (2021). *Determination of carbon sequestration and oxygen production of trees in public parks of Bangkok Metropolis for sustainable urban development and reduction of CO_2 emission into the atmosphere* (Research report). Bangkok: Chulalongkorn University (in Thai)

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO). (2008). *How can we plant trees to help reduce global warming*. Bangkok: Thailand Greenhouse Gas Management Organization. (in Thai)

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO). (2023). *Emission factor*. Bangkok: Thailand Greenhouse Gas Management Organization. (in Thai)

Tokeeree, Y., Jarat, C., Novacek, D., & Saraph, N. (2020). Carbon storage in biomass of perennial plants at ban sangtawan community forest, Surin province. *PSRU Journal of Science and Technology, 5*(3), 23–36. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/Scipsru/article/view/240748

Vorarat, S., Rittidatch, P., & Phdungsilp, A. (2023). Modeling of an electrical energy generation system from solar cell towards carbon neutrality in Dhurakij Pundit Uuniversity. *VRU Research and Development Journal Science and Technology, 18*(3), 43-55. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/article/view/263187/179285

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มที่มีส่วนผสมของสารสกัดพิกัดเบญจเทียน
Development of Balm Containing Benjathian Remedy Extract

สุพรรษา หวังเกษม[1] บิสมิล เจะโยะ[1] วิทวัส หมาดอี[1] และกุสุมาลย์ น้อยผา[1]*
Supansa Wangkasem[1], Bismin Cehyoh[1], Wittawat Mard-e[1] and Kusumarn Noipha[1]*
[1]หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
[1]Bachelor of Thai Traditional Medicine Program, Faculty of Health and Sports Science,
Thaksin University, Phatthalung Campus
*Coresponding author: kusumarn.n@hotmail.com
Received: September 14, 2024
Revised: November 16, 2024
Accepted: November 21, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มที่มีส่วนผสมของสารสกัดพิกัดเบญจเทียน โดยศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น และศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพิกัดเบญจเทียน ประกอบด้วย เมล็ดเทียนดำเทียนแดง เทียนขาว เทียนข้าวเปลือก และเทียนตาตั๊กแตน จากการศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นด้วยวิธีการอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน พบสารกลุ่มอัลคาลอยด์ คาดิแอคไกลโคไซต์ คูมาริน ฟลาโวนอยด์ สเตอรอยด์ แทนนิน และเทอร์ปินอยด์ ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging และวิธี ABTS radical cation decolorization พบว่า เทียนแดง มีค่า IC_{50} สูงที่สุด เท่ากับ 30.31 และ 76.90 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เทียนขาวมีปริมาณฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์รวมมากที่สุด เท่ากับ 58.51±1.78 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง และ 85.71±3.80 มิลลิกรัมเควอซิตินต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ จากผลการศึกษาเบื้องต้น จึงนำสารสกัดพิกัดเบญจเทียนมาเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์บาล์ม โดยมีสัดส่วนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพของบาล์มเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นบาล์มที่มีน้ำมันหอมระเหยและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย ซึ่งในอนาคตสามารถนำผลิตภัณฑ์บาล์มนี้ไปพัฒนาต่อยอดในระดับอุตสาหกรรมต่อไปได้

คำสำคัญ: บาล์ม พิกัดเบญจเทียน ฤทธิ์ทางชีวภาพ

Abstract

This research aims to develop balm containing extracts from the Benjathian remedy. The study involves a preliminary phytochemical analysis and an investigation of the antioxidant properties of the extracts, which include the *Nigella sativa* L., *Lepidium sativum* L., *Cuminum cyminum* L., *Foeniculum vulgare* Mill., and *Anethum graveolens* L. The preliminary phytochemical analysis, using color reaction and precipitation methods, revealed the presence of alkaloids, cardiac glycosides, coumarins, flavonoids, steroids, tannins, and terpenoids. The antioxidant activity was studied using the DPPH radical scavenging method and ABTS radical cation decolorization method, with *Lepidium sativum* L. showing the highest IC_{50} values of 30.31 µg/mL and 76.90 µg/mL, respectively. Among these, *Cuminum cyminum* L. was found to have the highest total phenolic and flavonoid content, with values of 58.51±1.78 mg GAE/g and 85.71±3.80 mg QE/g, respectively. Based on preliminary study results, the extract from the Benjathian remedy extract was mixed into a balm product at a concentration of 0.5%. The physical properties of the balm were tested and met the standard criteria for such products. Therefore, a balm with essential oils and antioxidant properties has the potential for diverse product development and can be further scaled up for industrial production in the future.

Keyword: balm, Benjathian remedy, bioactivity

บทนำ

เมล็ดเทียนดำ (*Nigella sativa* L.) เมล็ดเทียนแดง (*Lepidium sativum* L.) เมล็ดเทียนขาว (*Cuminum cyminum* L.) เมล็ดเทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare* Miller.) และ เมล็ดเทียนตาตั๊กแตน (*Anethum graveolens* L.) เป็นพืชสมุนไพรในตำรับยาแผนไทย ที่เรียกว่า พิกัดเบญจเทียน (Benjathian remedy) ประกอบด้วยสมุนไพรห้าสิ่ง (หรือห้าชนิด) มีสรรพคุณตามตำรา คือ แก้ลมเสมหะ และดีระคนกัน แก้พิษโลหิต แก้ทางปัสสาวะ แก้นิ่ว แก้มุตกิต บำรุงธาตุ บำรุงกำลัง (Department of medical sciences, ministry of public health, 1998) อีกทั้งสมุนไพรในพิกัดเบญจเทียนมีกลิ่นหอมเฉพาะ มักใช้ในตำรับยาแก้ลมกองละเอียด แก้วิงเวียน อีกทั้งยังมีรายงานการพบสารต้านอนุมูลอิสระ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสมุนไพรในพิกัดทุกตัว (Jaengklang et al., 2022; Basavegowda, Raveesha & Amruthesh, 2022; Beyazen et al., 2017; Manok & Limcharoen, 2015) และมีงานวิจัยว่าการใช้สารสกัดเทียนขาว (200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนัก) ลดความเครียดในหนูทดลองได้ เมื่อได้รับพร้อมกับฟลูเมซานิล โดยการลดตัวยับยั้งรีเซ็ปเตอร์ GABA อย่างมีนัยสำคัญ (Mohan et al., 2023) ทั้งยังมีการศึกษาเกี่ยวกับสารสกัดน้ำมันเทียนดำ ในการลดความเครียด และช่วยการนอนหลับ ในกลุ่มอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี 73 คน โดยให้รับประทานสารสกัดน้ำมันเทียนดำ 200 มิลลิกรัมเป็นเวลา 90 วัน พบว่า ประสิทธิภาพการนอนดีขึ้น ความเครียดลดลง และพบการเพิ่มของเมลาโทนินในน้ำลายอาสาสมัครอย่างมีนัยสำคัญ

และเช่นเดียวกัน ในเทียนแต่ละชนิดมีองค์ประกอบจำพวกกลุ่มของน้ำมันหอมระเหยอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น ในเทียนขาวที่พบน้ำมันหอมระเหยกลุ่มลินาลูล (Linalool) (Kazemi et al., 2016) ที่เป็นสารในกลุ่ม โมโนเทอปีน (Monoterpene) ที่มีผลต่อประสาทส่วนกลาง ระงับอาการชัก ลดความเครียด ทำให้ร่างกายสงบ และมีรายงานวิจัยของ Linck et al. (2009) ที่ให้หนูทดลองสูดดมลินาลูลเป็นเวลา 60 นาที พบว่าหนูมีการเคลื่อนไหวและอุณหภูมิร่างกายลดลง และมีอาการง่วงนอนโดยไม่มีผลกระทบหรือลดประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญในความสามารถในการเคลื่อนไหว ซึ่งน้ำมันหอมระเหยนั้นมีการ

ใช้กันมาอย่างแพร่หลาย มีพืชหลายชนิดที่ถูกนำมาสกัดให้ได้น้ำมันหอมระเหยเพื่อใช้รักษาโรคและบำบัดความเครียด ความวิตกกังวล ลดภาวะซึมเศร้า และช่วยให้นอนหลับได้ดียิ่งขึ้น (Perry & Perry, 2006) ซึ่งจากข้อมูลเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าพิกัดเบญจเทียนมีสรรพคุณนอกเหนือจากที่ระบุไว้ตามตำราพิกัดเบญจเทียน (Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health, 1998)

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า (สนค.) กระทรวงพาณิชย์ เผยว่า สภาพเศรษฐกิจและสังคมที่เร่งรีบและแข่งขันสูงส่งผลให้เกิดปัญหานอนไม่หลับ ซึ่งกระทบต่อสุขภาพและประสิทธิภาพการทำงาน จึงทำให้ Sleep Economy หรือ Sleep-Health Economy กลายเป็นเทรนด์สำคัญ มีการคาดการณ์ว่ามูลค่าเศรษฐกิจด้านการนอนของโลกจะเพิ่มขึ้นเป็น 585,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐในปี 2567 เพื่อตอบสนองความต้องการการนอนหลับที่มีคุณภาพ (Thansettakij, 2023) สำหรับโรคนอนไม่หลับ (Insomnia) เป็นปัญหาที่พบได้บ่อย โดยผู้ป่วยมักไม่พอใจกับคุณภาพและปริมาณการนอนหลับ แม้ว่าสภาพแวดล้อมและโอกาสในการนอนหลับจะเหมาะสม ความชุกของโรคนี้ในประเทศต่าง ๆ เช่น ยุโรปและอเมริกาอยู่ระหว่างร้อยละ 6.9 ถึง ร้อยละ 27.3 (Avidan & Neubauer, 2017; Kripke, 2016; Brown, Basheer, McKenna, Strecker & McCarley, 2012; Leproult & Cauter, 2010; Monograph, 2004) ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ร้อยละ 29.2 (Philips, 2019) ในขณะที่ในประเทศไทยพบถึงร้อยละ 30-40 หรือกว่า 19 ล้านคน จากประชากรทั้งหมด (Department of Mental Health, Ministry of Public Health, 2023) โรคนอนไม่หลับส่งผลกระทบทั้งต่อการทำงาน สังคม ความรู้ความเข้าใจ และเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคทางจิต เช่น ความวิตกกังวลและซึมเศร้า รวมถึงโรคทางกาย เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจและโรคเมตาบอลิซึม (Welz, Emberger-Klein & Menrad, 2018; Zhang et al., 2019) การป่วยและอุบัติเหตุที่เกิดจากการนอนไม่หลับยังเป็นภาระทางเศรษฐกิจ (Ashraf et al., 2019; Frass et al., 2012) การรักษาสามารถทำได้หลายวิธี โดยยาสมุนไพรเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยและได้รับความนิยม แม้ว่าบางยากล่อมประสาทจะถูกยกเลิกการใช้ไป เนื่องจากอาการไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้น (Zhang, 2019; Welz et al., 2018; Kripke, 2016; Frass et al., 2012) และในปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุขยังสนับสนุนการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพมากขึ้นอีกด้วย

จากปัญหาการนอนหลับที่พบได้บ่อย ตลาดสำหรับผู้ที่มีปัญหานอนไม่หลับเปิดโอกาสให้เกิดผลิตภัณฑ์และบริการที่ช่วยส่งเสริมการนอนหลับ หนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ คือ บาล์มที่มีน้ำมันหอมระเหยและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งช่วยให้ผ่อนคลาย ลดภาวะเครียด โดยในปัจจุบันเริ่มมีการจำหน่ายมากขึ้น การศึกษานี้ได้พัฒนาบาล์มที่มีส่วนผสมสารสกัดจากพิกัดเบญจเทียน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เช่น บาล์มนวดผ่อนคลาย น้ำมันนวดบำบัด บาล์มฟื้นฟูกล้ามเนื้อ บาล์มบำรุงผิวหน้า บาล์มทาเท้าผ่อนคลาย และสเปรย์ปรับอากาศที่ช่วยให้การนอนหลับดีขึ้น ซึ่งในอนาคตสามารถนำผลิตภัณฑ์เหล่านี้ไปพัฒนาต่อยอดในระดับอุตสาหกรรมได้

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นในพิกัดเบญจเทียน
2. ศึกษาฤทธิ์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพิกัดเบญจเทียน
3. พัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มที่มีส่วนผสมของสารสกัดพิกัดเบญจเทียน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดหยาบเอทานอลจากพิกัดเบญจเทียน

จัดซื้อสมุนไพรพิกัดเบญจเทียนจากร้านขายสมุนไพรในภาคใต้ที่ได้มาตรฐานโดยสุ่มแบบเจาะจง จำนวน 3 ร้าน (Shop 1 Shop 2 และ Shop 3) และตรวจสอบความถูกต้องของลักษณะทั่วไปของสมุนไพรแห้ง (สี กลิ่น รส รูปร่าง) โดยนักพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และ หมอพื้นบ้านด้านเภสัชกรรมแผนไทย จังหวัดพัทลุง ซึ่งพิกัดเบญจเทียน ประกอบด้วย เมล็ดเทียนดำ (*Nigella sativa* L.) เมล็ดเทียนแดง (*Lepidium sativum* L.) เมล็ดเทียนขาว (*Cuminum cyminum* L.) เมล็ดเทียนข้าวเปลือก (*Foeniculum vulgare* Miller.) และเมล็ดเทียนตาตั๊กแตน (Anethum graveolens L.)

1.1 การเตรียมสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเอทานอล (maceration) นำพิกัดเบญจเทียนและสมุนไพรในพิกัดแต่ชนิด มาบดเป็นผง ส่วนละ 200 กรัม (โดยน้ำ

หนักแห้ง) มาสกัดด้วยตัวทำละลายจากตัวทำละลายเอทานอล 95% โดยการแช่สมุนไพร เป็นเวลา 3 วัน โดยเขย่าทุกวัน จากนั้นทำการกรองเอาสารสกัดและเติมเอทานอล 95% อีกครั้ง ทำซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออก ด้วยเครื่อง Vacuum rotary evaporator โดยใช้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 175 มิลลิบาร์ คำนวณหาปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้ (% Yield) และเก็บสารสกัดที่ได้ในขวดแก้วปิดฝาสนิทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดลองในขั้นต่อไป

1.2 การเตรียมสารสกัดหยาบโดยการสกัดน้ำมัน (mechanical extraction) นำพิกัดเบญจเทียนและสมุนไพรในพิกัดแต่ชนิด หนัก 200 กรัม บีบอัดน้ำมันด้วยเครื่องสกัดน้ำมัน (MT-K28C) ที่ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นำน้ำมันที่ได้ไปทำการปั่นเหวี่ยงตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge (H1750R) ด้วยความเร็ว 5000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำน้ำมันที่ได้มาชั่งน้ำหนักและคำนวณหาร้อยละผลผลิตของสารสกัดที่ได้ (% Yield) และทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเก็บน้ำมันที่ได้ในขวดแก้วปิดฝาสนิทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดลองในขั้นต่อไป

2. การศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของพิกัดเบญจเทียนและพืชสมุนไพรที่เป็นองค์ประกอบ

การศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของพิกัดเบญจเทียน โดยแบ่งการทดสอบสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ออกเป็น 9 กลุ่ม ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอร์รอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน (Wanmanee et al., 2021; Ayoola et al., 2008)

3. การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดในพิกัดเบญจเทียน

3.1 การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดในพิกัดเบญจเทียน ด้วยวิธี 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazy (DPPH) radical scavenging ที่ดัดแปลงจาก Braca et al. (2002) เตรียมสารละลาย DPPH radical ในเอทานอล 0.2 มิลลิโมลาร์ และเตรียมสาร ตัวอย่างในเอทานอล และเติม DPPH ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงไปในสารละลายแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และบ่มไว้ในที่มืดประมาณ 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร และคำนวณค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH radical scavenging) จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\%\ Radical\ scavenging = \left[1-\left(A_{sample} / A_{control}\right)\right]\times 100 \quad (1)$$

เมื่อ A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง
$A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH

3.2 การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดในพิกัดเบญจเทียน ด้วยวิธี 2,2′-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical cation decolorization assay ดัดแปลงจากวิธีของ Arnao, Cano and Acosta (2001) เตรียมสารละลาย ABTS โดยการชั่งสาร ABTS 0.0036 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ผสมสารโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (K2S2O8) 0.00067 กรัม แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง ทำการทดสอบสารตัวอย่างโดยผสมสารละลายตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร กับสารละลาย ABTSปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใน 96 well plate ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร โดยใช้กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) เป็นสารมาตรฐาน จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจากสูตร

$$\%\ Inhibition = 100\times(A_0 - A_S)/A_0 \quad (2)$$

เมื่อ A_0 คือ ค่าดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม
A_S คือ ค่าดูดกลืนของแสงตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การหาปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colormetric เป็นวิธีดัดแปลงจาก Majhenic, Skerget, and Knez (2007) และ Thongmak et al. (2021) ซึ่งใช้กรดแกลลิก (Gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน โดยการ

ผสมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 0-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หรือสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร กับ Folin-Ciocalteu colormetric ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.35 โมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที วัดค่าความดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

5. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม

การหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetric assay ซึ่งดัดแปลงจาก Ghasemzadeh, Jaafar and Rahmat (2015) โดยหยดสารละลายสารสกัดสมุนไพร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงใน 96 well plate เติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Aluminium chloride) ความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร จากนั้นตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ซึ่งในการทดสอบใช้สารมาตรฐานเควอซิติน (Quercetin) ที่ความเข้มข้นในช่วง 0-100 ไมโครกรัมต่อมิลิลิตร โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารมาตรฐานไปสร้างกราฟมาตรฐานจากนั้นคำนวณปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมในรูปกรัมสมมูล (Quercetin equivalent: mgQE.g-1)

6. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มช่วยในการนอนหลับที่มีส่วนผสมของสารสกัดพิกัดเบญจเทียน

พัฒนาสูตรโดยดัดแปลงจาก Domea (2018) เป็นสูตรพื้นฐานจากสารเคมีที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักของการผลิตบาล์ม ได้แก่ วาสลีน (Vaseline) พาราฟิน แว็กซ์ (Paraffin wax) เมนทอล (Menthol) น้ำมันสกัดพิกัดเบญจเทียน สีผสมอาหาร และสารสกัดพิกัดเบญจเทียน โดยนำมาผสมกับสกัดหยาบเอทานอลพิกัดเบญจเทียนในสัดส่วนที่เหมาะสม

7. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของบาล์มช่วยในการนอนหลับ

การศึกษาความคงสภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ดัดแปลงจาก Domea (2018) เป็นการทดสอบการกระจายบนผิว การแยกชั้น ความมัน ความหนืด กลิ่น และสี โดยนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร ใส่ในภาชนะป้องกันแสงแดด เก็บไว้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่างกัน คือ อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน และทดสอบในสภาวะร้อน-เย็นสลับกัน (heating-cooling) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส รอบละ 48 ชั่วโมง จำนวน 6 รอบ จากนั้นบันทึกการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์

8. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive analytical statistic) ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการทดลอง

1. การศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นในพิกัดเบญจเทียน

1.1 การสกัดสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเอทานอล (maceration)

ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดหยาบจากเทียนขาวให้ร้อยละผลผลิตมากที่สุด รองลงมาคือ เทียนแดง และให้ร้อยละผลผลิตน้อยที่สุด คือ เทียนตาตั๊กแตน โดยสารสกัดหยาบเอทานอลมีร้อยละผลผลิตและลักษณะทางกายภาพดังแสดงใน ตาราง 1

1.2 การสกัดสารสกัดหยาบโดยการสกัดน้ำมัน (mechanical extraction)

ผลการศึกษาพบว่า ได้น้ำมันจากเทียนดำมากที่สุด รองลงมาคือ เทียนแดง ส่วนเทียนขาว เทียนข้าวเปลือก และ เทียนตาตั๊กแตน ให้ร้อยละผลผลิตน้ำมันน้อยที่สุด แสดงดังตาราง 2

1.3 การศึกษาพฤกษเคมีเบื้องต้นของพิกัดเบญจเทียน

ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดจากพิกัดเบญจเทียน เมล็ดเทียนดำ เทียนแดง เทียนขาว เทียนข้าวเปลือก และเทียนตาตั๊กแตน พบสารกลุ่มอัลคาลอยด์ คาร์ดิแอคไกลโคไซด์ คูมาริน ฟลาโวนอยด์ สเตียรอยด์ แทนนินและเทอร์พินอยด์ ยกเว้นสารสกัดจากเทียนแดงจะไม่พบสารกลุ่มสเตียรอยด์ สารสกัดจากเทียนตาตั๊กแตนจะไม่พบสารกลุ่มแทนนิน โดยซึ่งสารสกัดจากทุกตัวจะไม่พบสารกลุ่มแอนทราควิโนน และซาโปนิน (ตาราง 3)

ตาราง 1

ลักษณะ และร้อยละผลผลิต (%yield) ของสารสกัดเอทานอลพิกัดเบญจเทียนและสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบ

สารสกัดเอทานอล	น้ำหนักสมุนไพรแห้ง (กรัม)	ร้อยละผลผลิต (% Yield; กรัมต่อน้ำหนักแห้ง)	ลักษณะทางกายภาพ
พิกัดเบญจเทียน	200	1.62 ± 0.46	สีเหลืองเข้ม เหนียวหนืด
เทียนดำ	200	1.23 ± 0.19	สีเหลืองน้ำตาล เหนียวหนืด
เทียนแดง	200	3.08 ± 1.85	สีเหลืองส้มเข้ม เหนียวหนืด
เทียนขาว	200	3.86 ± 0.58	สีเหลืองเขียว เหนียวหนืด
เทียนข้าวเปลือก	200	1.20 ± 0.38	สีเขียว เหนียวหนืด
เทียนตาตั๊กแตน	200	1.02 ± 0.43	สีน้ำตาล เหนียวหนืด

ตาราง 2

ลักษณะ และร้อยละผลผลิต (%yield) ของสารสกัดน้ำมันพิกัดเบญจเทียนและสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบ

สารสกัดน้ำมัน	น้ำหนักสมุนไพรแห้ง (กรัม)	ร้อยละผลผลิต (% Yield; กรัมต่อน้ำหนักแห้ง)	ลักษณะทางกายภาพ
พิกัดเบญจเทียน	200	10.05 ± 1.29	น้ำมันสีเหลืองเข้ม เหลว
เทียนดำ	200	28.51 ± 1.56	น้ำมันสีเหลืองน้ำตาล เหลว
เทียนแดง	200	12.27 ± 0.52	น้ำมันสีเหลืองส้มเข้ม เหลว
เทียนขาว	200	1.36 ± 0.31	น้ำมันสีเหลืองเขียว เหลว
เทียนข้าวเปลือก	200	1.68 ± 2.06	น้ำมันสีเขียว เหลว
เทียนตาตั๊กแตน	200	0.19 ± 0.02	น้ำมันสีน้ำตาล เหลว

ตาราง 3

สารพฤกษเคมีเบื้องต้นของของสารสกัดเอทานอลพิกัดเบญจเทียนและสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบ

สารสกัดเอทานอล	แอนทราควิโนน	อัลคาลอยด์	คาร์ดิแอคไกลโคไซด์	คูมาริน	ฟลาโวนอยด์	ซาโปนิน	สเตียรอยด์	แทนนิน	เทอร์พีนอยด์
เบญจเทียน	–	++	+	+	+	-	+	++	++
เทียนดำ	–	+	+	++	+	-	+	++	+
เทียนแดง	–	+	++	++	++	-	–	++	++
เทียนขาว	–	+	++	++	++	-	++	++	++
เทียนข้าวเปลือก	–	++	+	++	+	-	+	+	++
เทียนตาตั๊กแตน	–	+	+	+	+	-	++	–	++

หมายเหตุ: (+) พบ (++) พบมาก (–) ไม่พบ

2. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

2.1 การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดในพิกัดเบญจเทียน

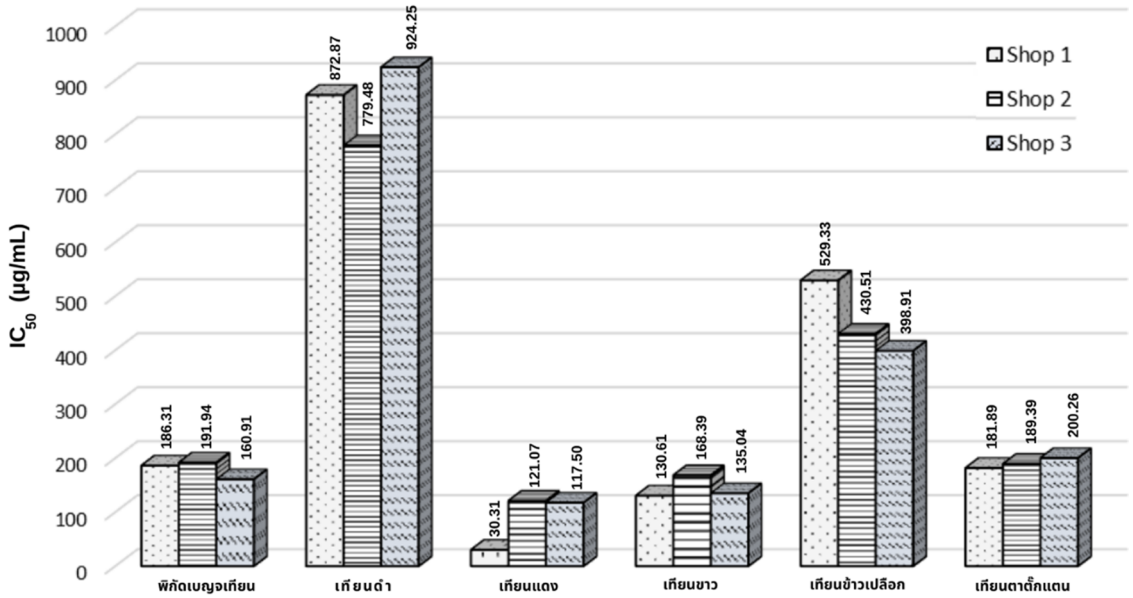
การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH free radical scavenging activity พบว่า สารสกัดแต่ละชนิดออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน โดยสารสกัดหยาบเอทานอลของเทียนแดง (Shop 1) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้ดีที่สุด IC_{50} เท่ากับ 30.31 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมา คือ สกัดหยาบเอทานอลจากเทียนขาว (Shop 1) IC_{50} เท่ากับ 130.61 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสกัดหยาบเอทานอลจากเทียนดำ (Shop 3) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด IC_{50} เท่ากับ 924.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงดังภาพ 1 และการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี ABTS free radical scavenging activity พบว่า สารสกัดแต่ละชนิดออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน โดยสารสกัดหยาบเอทานอลจากเทียนแดง (Shop 1) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด IC_{50} เท่ากับ 76.90 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ สารสกัดหยาบเอทานอลจากพิกัดเบญจเทียน (Shop 1) IC_{50} เท่ากับ 88.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสารสกัดหยาบเอทานอลจากเทียนตาตั๊กแตน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด (Shop 1) IC_{50} เท่ากับ 175.77 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงดัง ภาพ 2

2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดเอทานอลพิกัดเบญจเทียนและสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบ

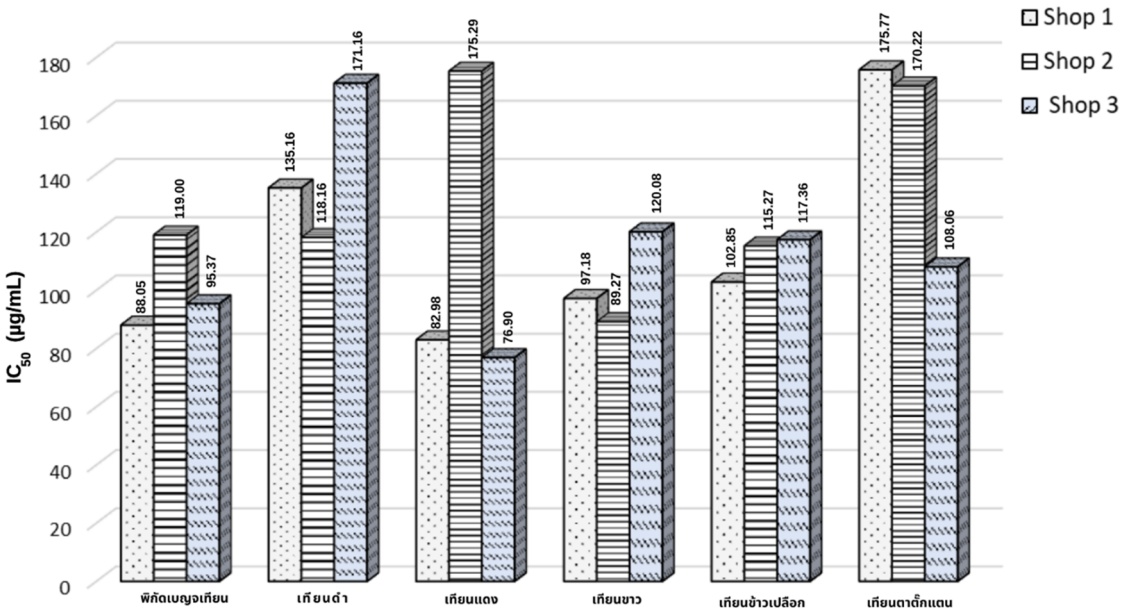
สารประกอบฟีนอลิกเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืชโดยมีคุณสมบัติรีดอกซ์ (Redox) ซึ่งมีส่วนช่วยในการต้านอนุมูลอิสระ (Soobrattee et al., 2005) กลุ่มไฮดรอกซิล (-OH) ของสารสกัดจากพืชช่วยในการกำจัดอนุมูลอิสระเพื่อหาปริมาณปริมาณฟีนอลิก มีการใช้สารละลาย Folin–Ciocalteu และวิเคราะห์ผลเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก ($y=0.0126x+0.1105$ $R^2=0.9809$) ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพ 3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกในสารสกัด แสดงเป็นค่าเทียบเท่ากรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักสารสกัดแห้ง (mgGAE.g-1) (ภาพ 4) ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดเอทานอลอยู่ระหว่าง 29.23±4.44 ถึง 65.62±5.47 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง โดยมีค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 แหล่งซื้อ (Shop 1 Shop 2 Shop 3) ซึ่งสารสกัดเอทานอลของเทียนตาตั๊กแตน (Shop 1) มีปริมาณฟีนอลิกสูงที่สุด 65.62±5.47 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง รองลงมาคือ สกัดเอทานอลของเทียนขาว (Shop 1) มีค่าเท่ากับ 58.51±1.78 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ในขณะที่สารสกัดเอทานอลของเทียนดำ (Shop 2) มีปริมาณฟีนอลิกต่ำที่สุด 29.23±4.44 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดเอทานอลพิกัดเบญจเทียนและสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบ

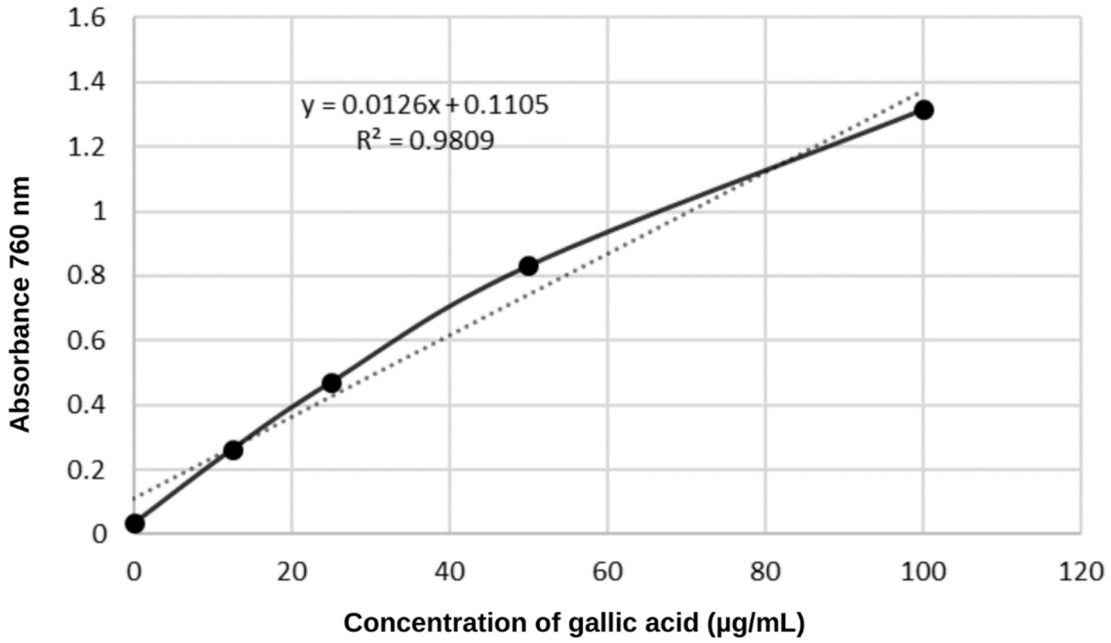
หาปริมาณของสารฟลาโวนอยด์ในสารสกัด โดยใช้วิธี Aluminum chloride colorimetric method ผลการวิเคราะห์ได้มาจากเส้นสอบเทียบ ($y=0.0079x+ 0.0631$ $R^2=0.9998$) ที่สร้างขึ้นด้วยความเข้มข้นของ เควอซิตินที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพ 5) และค่าผลลัพธ์จะถูกแสดงเป็นค่าเทียบเท่าของเควอซิติน (QE) ต่อกรัมของน้ำหนักสารสกัดแห้ง (mgQE.g-1) (ภาพ 6) ปริมาณองสารฟลาโวนอยด์ในสารสกัดอยู่ในช่วง 20.33±1.26 ถึง 85.71±3.80 มิลลิกรัมเควอซิตินต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งสารสกัดเอทานอลของเทียนขาว (Shop 1) มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด 85.71±3.80 มิลลิกรัมเควอซิตินต่อกรัมตัวอย่าง รองลงมาคือ สกัดเอทานอลของพิกัดเบญเทียน (Shop 1) มีค่าเท่ากับ 81.09±6.08 มิลลิกรัมเควอซิตินต่อกรัมตัวอย่าง ในขณะที่สารสกัดเอทานอลของเทียนข้าวเปลือก (Shop 3) มีปริมาณฟลาโวนอยด์ต่ำที่สุด 20.33±1.26 มิลลิกรัมเควอซิตินต่อกรัมตัวอย่าง



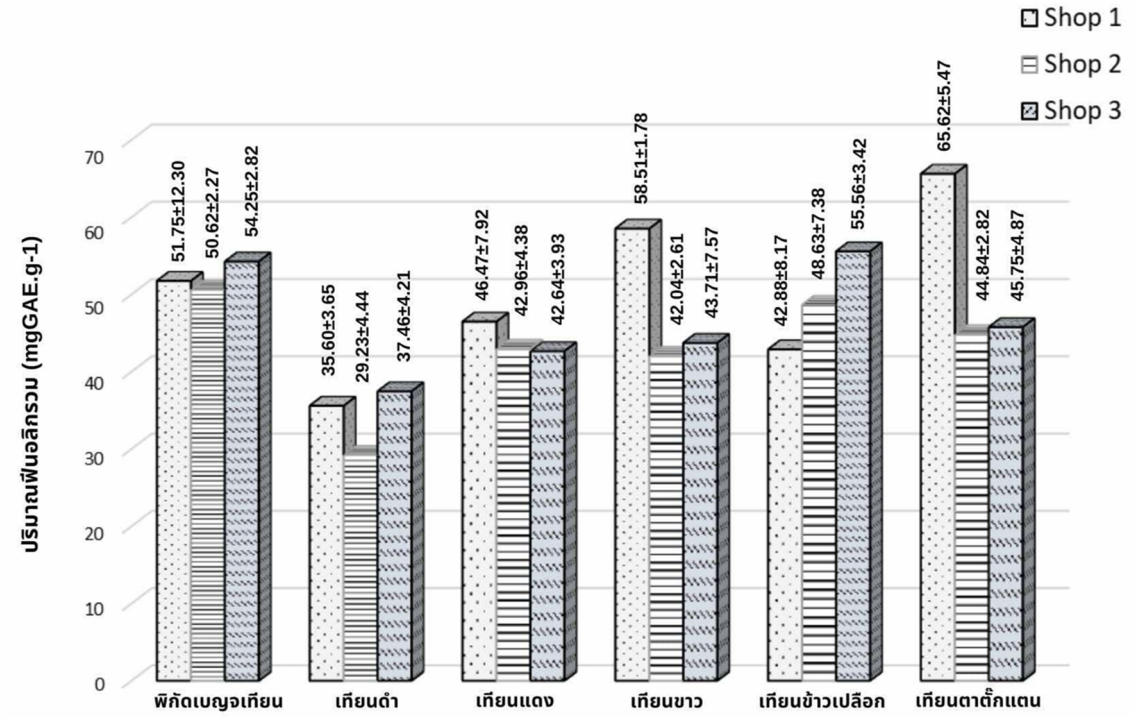
ภาพ 1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพิกัดเบญจเทียนและสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging



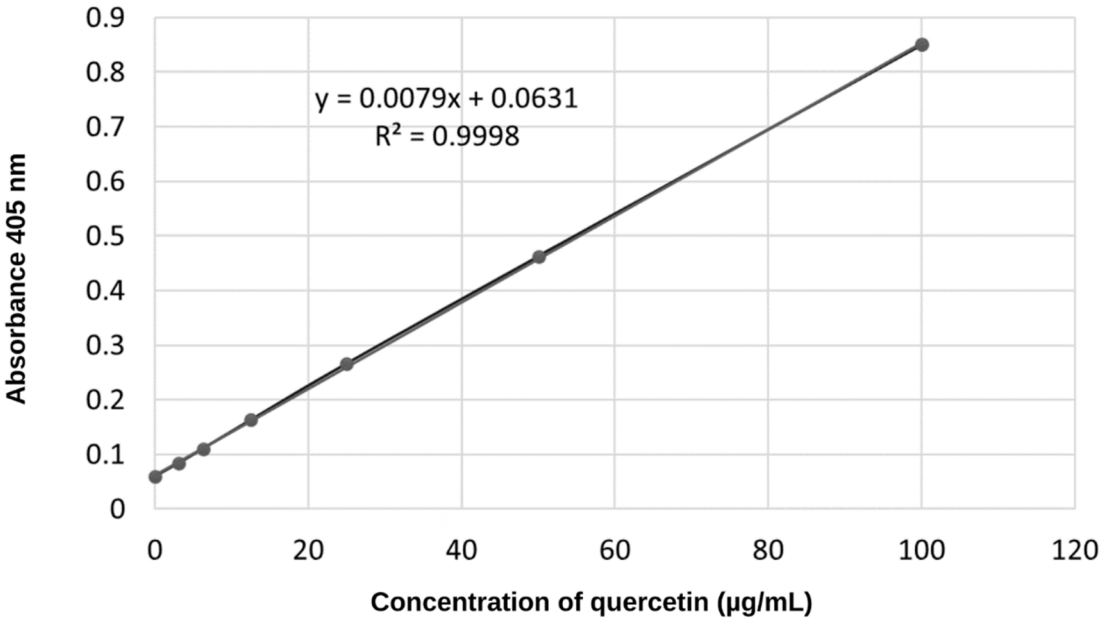
ภาพ 2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพิกัดเบญจเทียนและสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบด้วยวิธี ABTS radical cation decolorization



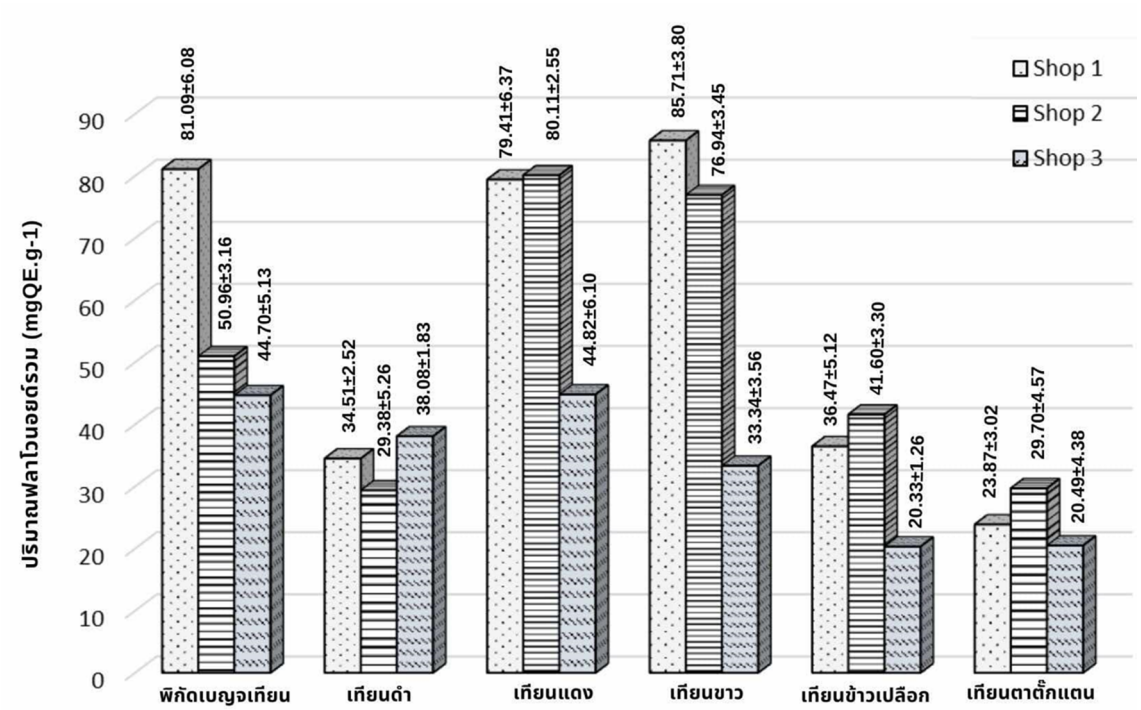
ภาพ 3 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค (Gallic acid) ที่ความเข้มข้น 0.00 – 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร



ภาพ 4 ปริมาณฟีนอลิกรวม (mgGAE.g-1) ของสารสกัดพิกัดเบญจเทียนและสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu colorimetric



ภาพ 5 กราฟมาตรฐานของเควอซิติน (Quercetin) ที่ความเข้มข้น 0.00–100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร



ภาพ 6 ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mgQE.g-1) ของสารสกัดพิกัดเบญจเทียนและสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบโดยใช้วิธี Aluminum chloride colorimetric

3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มช่วยในการนอนหลับที่มีส่วนผสมของสารสกัดพิกัดเบญจเทียน

3.1 การพัฒนาสูตรตำรับบาล์ม

พัฒนาสูตรพื้นฐานจากสารเคมีที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักของการผลิตบาล์ม ได้แก่ วาสลีน (Vaseline) พาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax) เมนทอล (Menthol) น้ำมันเบญจเทียน สีผสมอาหาร และสารสกัดพิกัดเบญจเทียน โดยนำ มาผสมกับสกัดหยาบเอทานอลพิกัดเบญจเทียน โดยอ้างอิงจากผลการทดลอง จากผลการศึกษาสารพฤกษเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟีนอลิกรวม และปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม พบว่า สารสกัดเอทานอลของพิกัดเบญจเทียนมีสารกลุ่ม terpenoid ซึ่งสารกลุ่มที่ให้ความหอม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การเตรียมสารสกัดสมุนไพรเพื่อตั้งตำรับบาล์มนั้น สารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลสามารถนำมาใช้เตรียมเป็นส่วนผสมได้ในด้านการผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับสารประกอบตัวอื่น ๆ ที่ใช้เตรียมเป็นเนื้อบาล์มพื้นฐาน (เนื้อเบส) ดังนั้น จึงเลือกสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายเอทานอลพัฒนาสูตรบาล์มต่อไป เนื่องจากสารสกัดหยาบเอทานอลจากพิกัดเบญจเทียน มีฤทธิ์ยับยั้งสารอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 87.75-90.50 ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จึงนำมาใช้เป็นส่วนผสมในสัดส่วนร้อยละ 0.5 อีกทั้งยังมีส่วนผสมของน้ำมันสกัดพิกัดเบญจเทียน เนื่องจากน้ำมันพิกัดเบญจเทียนมีกลิ่นหอม ช่วยให้ความชุ่มชื่น และช่วยให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีความนุ่มลื่น ซึมเข้าสู่ผิวหนังได้ดี โดยได้ทำการทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มเติมเพื่อยืนยันสรรพคุณอีกครั้ง ได้ผลแสดงดังตาราง 4 โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้พัฒนาตั้งสูตรตำรับทั้งหมด 5 สูตร มีการปรับร้อยละส่วนประกอบระหว่างวาสลีน พาราฟิน แว็กซ์ และน้ำมันพิกัดเบญจเทียน เพื่อให้ได้ลักษณะของเนื้อบาล์มที่มีความเหมาะสมสามารถนำมาบรรจุในหลอดบรรจุภัณฑ์ต่อไปได้ แสดงดังตาราง 5

ตาราง 4

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดน้ำมันพิกัดเบญจเทียน

พิกัดเบญจเทียน	IC_{50} DPPH (µg/mL)	IC_{50} ABTS (µg/mL)	ปริมาณฟีนอลิกรวม (mgGAE.g-1)	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mgQE.g-1)
Shop 1	1248.72	1027.86	6.76	ND
Shop 2	1383.09	1928.56	9.58	ND
Shop 3	1028.98	909.01	8.84	ND

หมายเหตุ: (ND) Not-Detected

ตาราง 5

สูตรผลิตภัณฑ์บาล์มที่มีส่วนผสมของพิกัดเบญจเทียน

ส่วนประกอบ	คุณสมบัติ	สูตร				
		F1	F2	F3	F4	F5
สารสกัดเอทานอลพิกัดเบญจเทียน	สารออกฤทธิ์ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
วาสลีน	ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้ผิว ไม่เกิดปฏิกิริยาต่อผิว	45.00	45.00	45.00	50.00	55.00
พาราฟิน แว็กซ์	ช่วยเพิ่มความคงตัวของส่วนผสมและเสริมการซึมเข้าสู่ผิว	15.00	20.00	25.00	15.00	15.00
น้ำมันพิกัดเบญจเทียน	ทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์นุ่มลื่นและเรียบเนียน ช่วยรักษาความชุ่มชื้นให้กับผิว	29.20	24.20	19.20	24.20	19.20
เมนทอล	ให้ความเย็นและความสดชื่น ช่วยเพิ่มกลิ่นหอมของผลิตภัณฑ์	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
สีผสมอาหาร	สารเติมแต่ง	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
		100	100	100	100	100

หมายเหตุ: ตำรับ (Formulas) = F1 F2 F3 F4 F5

3.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของบาล์ม

จากผลการทดสอบพบว่า การทดสอบความคงสภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เป็นการทดสอบการกระจายบนผิว การแยกชั้น ความมัน ความหนืด กลิ่น และสี ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เช่นเดียวกับการทดสอบในสภาวะร้อน-เย็นสลับกัน (heating-cooling) จำนวน 6 รอบ (ตาราง 6) สรุปสูตรตำรับที่ดีที่สุดคือสูตรตำรับ F1 เนื่องจากมีการกระจายบนผิว การแยกชั้น กลิ่น และสีใกล้เคียงกับอีก 4 ตำรับ แต่มีความมัน ความหนืด ที่น้อยกว่า เหมาะกับผลิตและการนำไปใช้งาน และสามารถนำมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ได้เหมาะสมกับการใช้งานที่ทันสมัยในปัจจุบัน คือ บรรจุในหลอดบรรจุบาล์มเปิดใช้งานแบบหมุนได้ ขนาดพกพาสะดวก ขนาดบรรจุ 5 กรัมต่อแท่ง ปริมาณที่พอเหมาะกับการใช้งานที่ไม่นานเกินไป และกลิ่นยังไม่จางหายไป แสดงดังภาพ 7

เกณฑ์การประเมิน

1. ความสามารถในการกระจายตัวบนผิวแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ +++ กระจายตัวได้ดีเยี่ยมโดยไม่เกิดคราบขาว ++ กระจายตัวได้ปานกลาง มีคราบขาวเล็กน้อย + กระจายตัวได้น้อย มีคราบขาวค่อนข้างมาก และ – กระจายตัวได้ไม่ดี มีคราบขาวและสารตกค้างบนผิว

2. การแยกชั้นแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ + ไม่แยกชั้น และ – แยกชั้น

3. ความมันแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ +++ ความมันสูง ++ ความมันปานกลาง + ความมันต่ำ และ – ไม่มัน

4. ความหนืดแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ +++ ข้นหนืดมาก ++ ข้นหนืดปานกลาง + ข้นเล็กน้อย และ – เหลว

5. กลิ่นแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ + กลิ่นหอมน่าพึงพอใจ และ – กลิ่นไม่น่าพึงพอใจ

6. สีแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ + ปกติ และ – ไม่พึงประสงค์

ตาราง 6

ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การทดสอบความสามารถในการกระจายบนผิวหนัง การแยกชั้น ความมัน ความเหนียว กลิ่น และสี ที่ (1) อุณหภูมิห้อง (2) 4 องศาเซลเซียส และ (3) 45 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 1 เดือนและ (4) สภาวะร้อน-เย็น เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ผลิตเสร็จใหม่

สภาวะ	ลักษณะความคงตัวทางกายภาพ					
	การกระจายบนผิวหนัง	การแยกชั้น	ความมัน	ความหนืด	กลิ่น	สี
ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ผลิตเสร็จใหม่						
F1	+++	+	+	+	+	+
F2	+++	+	+	++	+	+
F3	+++	+	+	+++	+	+
F4	+++	+	++	+	+	+
F5	+++	+	++	++	+	+
อุณหภูมิห้อง						
F1	+++	+	+	+	+	+
F2	+++	+	+	++	+	+
F3	+++	+	+	+++	+	+
F4	+++	+	++	+	+	+
F5	+++	+	++	++	+	+

ตาราง 6 (ต่อ)

สภาวะ	ลักษณะความคงตัวทางกายภาพ					
	การกระจายบนผิวหนัง	การแยกชั้น	ความมัน	ความหนืด	กลิ่น	สี
4 องศาเซลเซียส						
F1	+++	+	+	+	+	+
F2	+++	+	+	++	+	+
F3	+++	+	+	+++	+	+
F4	+++	+	++	+	+	+
F5	+++	+	++	++	+	+
45 องศาเซลเซียส						
F1	+++	+	+	+	+	+
F2	+++	+	+	++	+	+
F3	+++	+	+	+++	+	+
F4	+++	+	++	+	+	+
F5	+++	+	++	++	+	+
สภาวะร้อน-เย็น						
F1	+++	+	+	+	+	+
F2	+++	+	+	++	+	+
F3	+++	+	+	+++	+	+
F4	+++	+	++	+	+	+
F5	+++	+	++	++	+	+

หมายเหตุ: ตำรับ (Formulas) = F1 F2 F3 F4 F5

ภาพ 7 ผลิตภัณฑ์บาล์ม (5 กรัม) ที่มีส่วนผสมของสารสกัดพิกัดเบญจเทียนในบรรจุภัณฑ์แบบหลอด

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาร้อยละของสารสกัดหยาบของพิกัดเบญจเทียน พบร้อยละของสารสกัดหยาบเท่ากับ 1.62±0.46 และไม่พบว่า มีรายงานการศึกษาร้อยละสารสกัดหยาบมาก่อนหน้านี้ และเมล็ดเทียนดำ เทียนแดง เทียนขาว เทียนข้าวเปลือก เทียนตาตั๊กแตน พบร้อยละของสารสกัดหยาบเท่ากับ 1.23±0.19 3.08±1.8 3.86±0.58 1.20±0.38 และ 1.02±0.43 ตามลำดับ และซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Vongnoom (2019) ที่พบร้อยละของสารสกัดหยาบเท่ากับ 3.57 1.74 2.47 0.22 และ 2.01 ตามลำดับ ซึ่งร้อยละของสารสกัดหยาบนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากใช้วิธีการสกัดที่เดียวกันเคียงกัน อีกทั้งสมุนไพรในพิกัดเบญจเทียนส่วนใหญ่เป็นสมุนไพรที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายกันในประเทศแถบเมดิเตอร์เรเนียน (Faculty of Pharmaceutical Sciences Ubon Ratchathani University, 2022) ซึ่งมาจากภูมิประเทศใกล้เคียงกัน ทำให้ไม่มีผลต่อความแตกต่างของค่าร้อยละของสารสกัดหยาบ

ผลการศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นในสารสกัดของพิกัดเบญจเทียนและสมุนไพรในพิกัด พบว่า สารสกัดทุกตัวไม่พบสารกลุ่มแอนทราควิโนน แต่จะพบสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ คาร์ดิแอคไกลโคไซด์ คูมาริน ฟลาโวนอยด์ สเตียรอยด์ แทนนินและเทอร์พินอยด์ ยกเว้นสารสกัดจากเมล็ดเทียนข้าวเปลือกและสารสกัดจากพิกัดเบญจเทียนจะไม่พบสารกลุ่มซาโปนิน สารสกัดจากเมล็ดเทียนแดงไม่พบสารกลุ่มสเตียรอยด์ และจากสารสกัดเมล็ดเทียนตาตั๊กแตนไม่พบสารกลุ่มแทนนิน โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lakshmanan et al. (2020) ที่ไม่พบสารแอนทราควิโนนในเทียนขาว และ Sontakke et al. (2019) ที่ไม่พบสารซาโปนินที่อาจก่อให้เกิดความระคายเคืองเช่นกัน

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging ตามเกณฑ์ของ Gomes de Melo et al. (2010) กล่าวว่า ถ้าค่า IC_{50} ต่ำกว่า 65 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงว่า มีฤทธิ์ดี (Good activity) ค่า IC_{50} ระหว่าง 65-152 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีฤทธิ์ปานกลาง (Average activity) ส่วนค่า IC_{50} มากกว่า 152 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงว่า มีฤทธิ์ต่ำ (Low activity) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า สารสกัดเทียนแดงและเทียนขาวมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ระดับกลาง สารสกัดพิกัดเบญจเทียน สารสกัดเทียนดำ สารสกัดเทียนข้าวเปลือก สารสกัดเทียนตาตั๊กแตน มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Jaengklang et al. (2022) ที่พบสารสกัดเทียนดำ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ต่ำ (260.79±2.23 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) และรายงานวิจัยของ Beyazen, Dessalegn and Mamo (2017) ที่พบสารสกัดเทียนดำ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ต่ำ (576.45±76.77 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดหยาบที่ได้จากวัตถุดิบสมุนไพรจากแต่ละร้านให้ผลการศึกษาต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากหลายปัจจัย เช่น ความเก่า-ใหม่ของวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัด โดยวัตถุดิบที่เก่าอาจสูญเสียคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระไปบางส่วน หรือจากวิธีการเก็บรักษาวัตถุดิบที่แตกต่างกันในแต่ละร้าน เช่น การเก็บในสภาพที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้คุณภาพของสารสกัดลดลง รวมถึงการสกัดที่อาจใช้เทคนิคหรือระยะเวลาแตกต่างกัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากแต่ละร้านไม่เท่ากัน แต่อย่างไรก็ดี สารสกัดที่ใช้ทดสอบในงานวิจัยนี้เป็นเพียงสารสกัดหยาบ อาจทำให้มีฤทธิ์ที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งควรต่อไปถึงสารสำคัญที่ได้จากสารสกัดหยาบดังกล่าว

จากผลการศึกษาครั้งนี้เทียนดำมีปริมาณสารฟีนอลิกมีค่าอยู่ในช่วง 29.22-37.46 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งมีค่ามากกว่าจากรายงานวิจัยของ Jaengklang et al. (2022) (0.07±0.03 มิลลิกรัม/100 กรัม) และงานวิจัยของ Bueraheng and Petchlert (2015) (14.74±0.01 มิลลิกรัม/กรัม) การศึกษาครั้งนี้เทียนแดงมีปริมาณสารฟีนอลิกมีค่าอยู่ในช่วง 42.64-46.47 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งมีค่าน้อยกว่าจากรายงานวิจัยของ Sultan and Katib (2021) (1043 ± 0.15 มิลลิกรัม/100 กรัม) การศึกษาครั้งนี้เทียนขาวมีปริมาณสารฟีนอลิกมีค่าอยู่ในช่วง 42.04-58.51 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งมีค่ามากกว่าจากรายงานวิจัยของ Bueraheng and Petchlert (2015) (12.28 ± 0.01 มิลลิกรัม/กรัม) การศึกษาครั้งนี้เทียนตาตั๊กแตนมีปริมาณสารฟีนอลิกมีค่าอยู่ในช่วง 44.84-65.62 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งมีค่ามากกว่าจากรายงานวิจัยของ Tanruean, Kaewnarin and Rakariyatham (2014) (22.1±1.10 มิลลิกรัม/กรัม) จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า สารสกัดเทียนดำ เทียนแดง เทียนขาว เทียนข้าวเปลือก มี

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากกว่าเมื่อเทียบกับรายงานวิจัยของ Jaengklang et al. (2022) ที่พบเทียนดำมีปริมาณเท่ากับ 0.17±0.11 มิลลิกรัมเควอซิตินต่อมิลลิกรัมตัวอย่าง Sultan and Katib (2021) ที่พบเทียนแดงมีปริมาณเท่ากับ 993.43±0.16 มิลลิกรัมเควอซิตินต่อร้อยกรัมตัวอย่าง El-Serehy, Al-Misned, Irshad and Ismail (2016) ที่พบเทียนขาวมีปริมาณเท่ากับ 15.81±0.39 มิลลิกรัมเควอซิตินต่อมิลลิกรัมตัวอย่าง Ouariachi et al. (2014) ที่พบเทียนข้าวเปลือกมีปริมาณาเท่ากับ 23±3.1 ไมโครกรัมเควอซิตินต่อมิลลิกรัมตัวอย่าง และเทียนตาตั๊กแตนในการศึกษาครั้งนี้ มีปริมาณน้อยกว่า Bahramikia and Yazdanparast (2008) ที่มีปริมาณเท่ากับ 135.20±3.60 มิลลิกรัมเควอซิตินต่อกรัมตัวอย่าง ดังนั้นสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในธรรมชาติในพืชแต่ละชนิด จะมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับขั้นตอนการสกัด วิธีการทดสอบตลอดจนพื้นที่การเพาะปลูกรวมถึงสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกันไป

สารสกัดสมุนไพรจากพิกัดเบญจเทียน พบสารพฤกษเคมี ได้แก่ กลุ่มอัลคาลอยด์ คาร์ดิแอคไกลโคไซด์ คูมาริน ฟลาโวนอยด์ สเตียรอยด์ แทนนิน และเทอร์พินอยด์ ไม่พบสารกลุ่ม แอนทราควิโนน และซาโปนินที่อาจก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อเยื่อเมือกของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่ไม่มีอันตรายต่อร่างกายหากได้รับสารซาโปนินโดยการกินหรือกลืนเข้าไป เนื่องจากสารซาโปนินสามารถสลายตัวได้เองด้วยทำให้ความเป็นพิษของซาโปนินลดลง แต่อาจเกิดผื่นคันบริเวณผิวหนังได้ (Niranam, 2010) ดังนันจึงเหมาะที่จะนำมาทำผลิตภัณฑ์บาล์มที่ใช้กับผิวหนัง นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกว่า เทอร์ปีนอยด์ ไม่เพียงส่งผลด้านร่างกายเท่านั้น แต่ยังส่งผลดีต่อจิตใจ ช่วยให้ระบบประสาทผ่อนคลาย ช่วยบรรเทาความวิตกกังวลและความเครียด (Agatonovic-Kustrin, Kustrin, Gegechkori & Morton, 2020) เนื่องจากเทอร์ปีนอยด์ในน้ำมันหอมระเหยมีสารกลุ่มโมโนเทอร์ปีนอยด์ (Monoterpenoid) ที่ช่วยป้องกันความวิตกกังวล ลดความเครียด ด้วยกลไกลการควบคุมเซโรโทนิน (Serotonin) (ตัวรับ 5HT1A) ซึ่งมีความสำคัญต่อการรับมือความเครียดและยังมีความสัมพันธ์กับตัวรับอะดรีเนิร์จิก (Adrenergic) ในช่วงที่เกิดความเครียด (Cox-Georgian et al., 2019; Nagoor Meeran et al., 2017) อีกทั้งพิกัดเบญจเทียนยังมีปริมาณฟีนอลิกรวมฟลาโวนอยด์รวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถนำมาผสมในผลิตภัณฑ์บาล์มช่วยในการนอนหลับได้ และมีส่วนประกอบต่างๆที่ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์บาล์มมีความคงตัว นุ่มลื่นและชุ่มชื้น เหมาะสำหรับการใช้งานและการพัฒนาเข้าสู่ระดับอุตสาหกรรม หรือจำหน่ายออกสู่ท้องตลาดได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นเพื่อสำรวจศักยภาพของบาล์มที่มีสารสกัดจากพิกัดเบญจเทียนในการช่วยลดอาการเครียด ช่วยผ่อนคลาย และช่วยให้นอนหลับได้ การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้สามารถยืนยันผลลัพธ์ในระดับที่ชัดเจนและครบถ้วน การทดลองในระยะยาวและการศึกษาประสิทธิผลของบาล์มเบญจเทียนในกลุ่มตัวอย่างที่มีปัญหาการนอนหลับและภาวะเครียดจริงจะเป็นสิ่งสำคัญในการประเมินความสามารถของผลิตภัณฑ์นี้อย่างถูกต้อง โดยอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณสารสกัดที่เหมาะสม วิธีการใช้งานที่ดีที่สุด และผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นเพื่อให้สามารถยืนยันประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการใช้บาล์มนี้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

สนับสนุนทุนวิจัยโดยคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

References

Agatonovic-Kustrin, S., Kustrin, E., Gegechkori, V., & Morton, D. W. (2020). Anxiolytic terpenoids and aromatherapy for anxiety and depression. *Advances in experimental medicine and biology, 1260*, 283–296. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42667-5_11

Arnao, M. B., Cano, A., & Acosta, M., (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 73*, 239-244. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00324-1

Ashraf, M., Saeed, H., Saleem, Z., Rathore, H. A., Rasool, F., Tahir, E., Bhatti, T., Khalid, J., Bhatti, I., & Tariq, A. (2019). A cross-sectional assessment of knowledge, attitudes and self-perceived effectiveness of complementary and alternative medicine among pharmacy and non-pharmacy university students. *BMC Complementary and Alternative Medicine, 19*(1), 95. https://doi.org/10.1186/s12906-019-2503-y

Avidan, A. Y., & Neubauer, D. N. (2017). Chronic insomnia disorder. *Continuum (Minneapolis, Minn.), 23*(4), 1064–1092. https://doi.org/10.1212/01.CON.0000522244.13784.bf

Ayoola, G. A., Coker, H. A. B., Adesegun, S. A., Adepoju-Bello, A. A., Obaweya, K., Ezennia, E. C., & Atangbayila, T. O. (2008) Phytochemical screening and antioxidant activities of some selected medicinal plants used for Malaria Therapy in Southwestern Nigeria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 7*, 1019-1024. https://doi.org/10.4314/tjpr.v7i3.14686

Bahramikia, S., & Yazdanparast, R. (2008). Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of Different Fractions of Anethum Graveolens Leaves Using in Vitro Models. *Pharmacologyonline, 2,* 219-233. https://pharmacologyonline.silae.it/files/archives/2008/vol2/21_Yazdanparast.pdf

Basavegowda, J., Raveesha, R. A. K., & Amruthesh, K.N. (2022). Bioactivity and Phytochemical Studies of Seed Extracts of Anethum graveolens Linn. *Letters in Applied NanoBioScience, 11*(2), 3560-3572. https://doi.org/10.33263/LIANBS112.35603572

Beyazen, A., Dessalegn, E., & Mamo, W. (2017). Phytochemical screening, antioxidant and antimicrobial activities of seeds of Foeniculum vulgare (ensilal). *World Journal of Pharmaceutical Sciences, 5*(3), 198-208. https://www.wjpsonline.com/index.php/wjps/article/view/phytochemical-screening-antioxidant-foeniculum-vulgare

Braca, A., Sortino, C., Politi, M., Morelli, I., & Mendez, J. (2002). Antioxidant activity of flavonoids from Licania licaniaeflora. *Journal of Ethnopharmacology, 79*(3), 379–381. https://doi.org/10.1016/s0378-8741(01)00413-5

Brown, R. E., Basheer, R., McKenna, J. T., Strecker, R. E., & McCarley, R. W. (2012). Control of sleep and wakefulness. *Physiological Reviews, 92*(3), 1087–1187. https://doi.org/10.1152/physrev.00032.2011

Bueraheng, S., & Petchlert, C. (2015). Antioxidant activity of ethanol extracts from *Nigella sativa* and *Cuminum cyminum* L. *In Proceedings The 7th National Science Research Conference* (pp.1-6). Phitsanulok: Naresuan University. (in Thai)

Cox-Georgian, D., Ramadoss, N., Dona, C., & Basu, C. (2019). Therapeutic and medicinal uses of terpenes. *Medicinal Plants: From Farm to Pharmacy, 12*, 333–359. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31269-5_15

Department of Mental Health, Ministry of Public Health. (2023). *Insomnia is related to the body clock and can be resolved without medication*. Retrieved from https://dmh.go.th. (in Thai)

Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. (1998). *General Traditional Thai Medicine Textbook*. Nonthaburi: Department of medical sciences, ministry of public health (in Thai)

Domea, Y., (2018). The development of Wan Roy Pad Balm products in the enterprise development of herbs Klong Luang district, Klong Luang district Pathumthani. VRU Research and Development Journal Science and Technolog, 13(2), 64-73. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/article/view/143375/106138 (in Thai)

El-Serehy, H.A., Al-Misned, F.A., Irshad, R., & Ismail, M.M., (2016). ln Vitro Antioxidant and Anti-herpes Activities of Cuminum cyminum Seeds Extract. *Biomedical Research, 27*(4), 1255-1260. https://www.alliedacademies.org/articles/ln-vitro-antioxidant-and-antiherpes-activities-of-cuminum-cyminum-seeds-extract.pdf

Faculty of Pharmaceutical Sciences, Ubon Ratchathani University. (2022). *Herbal medicine database Faculty of Pharmaceutical Sciences Ubon Ratchathani University*. Retrieved from https://phar.ubu.ac.th/main/database. (in Thai)

Frass, M., Strassl, R. P., Friehs, H., Mullner, M., Kundi, M., & Kaye, A. D. (2012). Use and Acceptance of Complementary and Alternative Medicine Among the General Population and Medical Personnel. *Ochsner Journal, 12*(1), 45–56. https://www.ochsnerjournal.org/content/12/1/45

Ghasemzadeh, A., Jaafar, H.Z. & Rahmat, A. (2015). Phytochemical constituents and biological activities of different extracts of *Strobilanthes crispus* (L.) Bremek leaves grown in different locations of Malaysia. *BMC Complementary and Alternative Medicine, 15*, 422. https://doi.org/10.1186/s12906-015-0873-3

Gomes de Melo, J., de Sousa Araújo, T. A., Thijan Nobre de Almeida e Castro, V., Lyra de Vasconcelos Cabral, D., do Desterro Rodrigues, M., Carneiro do Nascimento, S., Cavalcanti de Amorim, E. L., & de Albuquerque, U. P. (2010). Antiproliferative activity, Antioxidant Capacity and Tannin Content in Plants of Semi-arid Northeastern Brazil. *Molecules (Basel, Switzerland), 15*(12), 8534–8542. https://doi.org/10.3390/molecules15128534

Jaengklang, C., Duanyai, S., Somee, W., Thomtakhob, S., & Saengsai, P. (2022). Study on total phenolic content, total flavonoid content and free radical scavenging activity in herbal extracts. *Journal of Traditional Thai Medical Research, 8*(1), 93-105. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/ttm/article/view/255806 (in Thai)

Kazemi, N., Kahrizi, D., Mansouri, M., Karim, H., Vaziri, S., Zargooshi, J., Khanahmadi, M., Shokrinia, M., & Mohammad, N. (2016). Induction of Linalool as a Pharmaceutical and Medicinal Metabolite via Cell Suspension Culture of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Cellular and Molecular Biology, 62*(6), 65-68. https://www.cellmolbiol.org/index.php/CMB/article/view/874/559

Kripke, D. F. (2016). Hypnotic drug risks of mortality, infection, depression, and cancer: But lack of benefit. *F1000Research, 5,* 918. https://doi.org/10.12688/f1000research.8729.3

Lakshmanan, G., Selvam, R., Altemimi, A. B., Baldelli, A., Bharathi, A. R., Gopalakrishnan, B., Karthik, L., Saravanan, D., Kavitha, M., Mohammed, M. J., Cacciola, F., Jayalakshmi, G., & Pratap-Singh, A. (2023). Phytochemical screening of ethanolic extracts of Cuminum cyminum L. seeds along with the evaluation of antidiabetic properties by molecular docking approach. *Natural Product Research, 37*(4), 681–686. https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2078973

Leproult, R., & Van Cauter, E. (2010). Role of sleep and sleep loss in hormonal release and metabolism. Endocrine Development, 17, 11–21. https://doi.org/10.1159/000262524

Linck, V. M., da Silva, A. L., Figueiró, M., Piato, A. L., Herrmann, A. P., Dupont Birck, F., Caramão, E. B., Nunes, D. S., Moreno, P. R., & Elisabetsky, E. (2009). Inhaled linalool-induced sedation in mice. Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology, 16(4), 303–307. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2008.08.001

Majhenic, L., Skerget, M., & Knez, Z. (2007). Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food Chemistry, 104*(3), 1258-1268. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.074

Manok, S., & Limcharoen, P. (2015). Investigating antioxidant activity by DPPH, ABTS and FRAP assay and total phenolic Ccompounds of herbal extracts in Ya-Hom Thepphachit. *Advanced Science, 15*(1), 106-117. https://sci.bsru.ac.th/sciweb/e-magazine/15-1/chapter-10.pdf (in thai)

Mohan, M. E., Thomas, J. V., Mohan, M. C., Das, S. S., Prabhakara, P., & Sasidharan, B.C.P. (2023). A proprietary black cumin oil extract (Nigella sativa) (BlaQmax®) modulates stress-sleep-immunity axis safely: Randomized double-blind placebo-controlled study. *Frontiers In Nutrition, 2023*, 1-15, https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1152680.

Monograph. (2004). Valeriana officinalis. *Alternative Medicine Review, 9*(4), 438–441. https://altmedrev.com/wp-content/uploads/2019/02/v9-4-438.pdf

Nagoor Meeran, M. F., Javed, H., Taee, H., Al, Azimullah, S., & Ojha, S. K. (2017). Pharmacological properties and molecular mechanisms of thymol: Prospects for its therapeutic potential and pharmaceutical development. *Front. Pharmacol, 8,* 380. https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00380

Niranam. (2010). Saponins, information sources sound towers and information centers science and technology. Retrieved from http://siweb.dss.go.th/repack/fulltext/IR. (in Thai)

Ouariachi, E., El-Lahhit, N., Bouyanzer, A., Hammouti, B., Paolini, J., Majidi, L., Desjobert, J-M., & Costa, J. (2014). Chemical composition and antioxidant activity of essential oils and solvent extracts of *Foeniculum Vulgare* Mill. from Morocco. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 6*(4), 743-748. https://bit.ly/4l6OxMK

Perry, N., & Perry, E. (2006). Aromatherapy in the management of psychiatric disorders: clinical and neuropharmacological perspectives. *CNS Drugs, 20*(4), 257–280. https://doi.org/10.2165/00023210-200620040-00001

Philips. (2019). *The global pursuit of better sleep health, in global sleep survey, 1-9*. Retrieved from https://dmh.go.th. (in Thai)

Sontakke, K. S., Shinde, S. K., More, R. A., Gorathkar, C. K., & Anasane, P.Y. (2019). Preliminary phytochemical analysis, antioxidant and tyrosinase inhibition activities of seeds of *Lepidium sativum* L., *AJANTA, 8*, 66-71. https://bit.ly/42ayG7s

Soobrattee, M. A., Neergheen, V. S., Luximon-Ramma, A., Aruoma, O. I., & Bahorun, T. (2005). Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. *Mutation Research, 579*(1-2), 200–213. https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2005.03.023

Sultan, N. M, & Katib R. (2021). Evaluation of total phenolic content, total flavonoids content and free radical scavenging activity of *Lepidium Sativum* L. seeds and leaves planted in Syria. *Bulletin of Pharmaceutical Sciences, 44*(2), 377-385. https://doi.org/10.21608/BFSA.2021.207156

Tanruean, K., Kaewnarin, K., & Rakariyatham, N. (2014). Antibacterial and antioxidant activities of *Anethum graveolens* L. dried fruit extracts. *Chiang Mai Journal of Science, 41*(3), 649-660. https://epg.science.cmu.ac.th/ejournal/journal-detail.php?id=5026 (in Thai)

Thansettakij. (2023). The 'sleep-seeking market' is growing rapidly, presenting opportunities for dietary supplements and Thai herbal products. Retrieved from https://www.thansettakij.com/business/economy/575546. (in Thai)

Thongmak, K., Janpat, T., Chandang, R., Marde, W., & Noipha, K. (2021). Preliminary phytochemical study and antioxidant activity of five flowers remedy. *Journal of Traditional Thai Medical, 7*(2), 61-74. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/ttm/article/view/249991/174286 (in Thai)

Vongnoom, C. (2019). *Characteristic Identification for Controlling Herbal Materials in Practical Skills in Thai Traditional Pharmacy 1 Subject* (Research report). Pathum Thani: Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)

Wanmanee, N., Siriwattanavorakul, P., Munee, S., Maneechot, A., Marde, W., & Noipha, K. (2021). Phytochemical study, total phenolic, and antioxidant activity of herbal extracts for development of a hand treatment serum. *Journal of Traditional Thai Medical Research, 2*(7), 31-44. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/ttm/article/download/249560/174285/932921 (in Thai)

Welz, A.N., Emberger-Klein, A., & Menrad, K. (2018). Why people use herbal medicine: Insights from a focus-group study in Germany. *BMC Complementary Medicine and Therapies, 18*, 92. https://doi.org/10.1186/s12906-018-2160-6.

Zhang, H., Liu, P., Wu, X., Zhang, Y., & Cong, D. (2019). Effectiveness of chinese herbal medicine for patients with primary insomnia: A PRISMA-compliant meta-analysis. *Medicine (Baltimore), 98*(24), e15967. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000015967.

การพัฒนาระบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษา: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

The Development of a Mental Health Promotion System in Educational Institutions for Preventing Depression Among Students: A Case Study of Nakhon Pathom Rajabhat University

หทัยชนก บัวเจริญ[1] วริยา จันทร์ขำ[1]* เรียม นมรักษ์[1] วิรญา อาระหัง[2] และดารินทร์ โพธิ์ตั้งธรรม[3]

Hathaichanok Buajaroen[1], Wariya Chankham[1]*, Riam Namarak[1], Wiraya Arahung[2] and Darin Photangtham[3]

[1]คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

[1]Faculty of Nursing, Nakhon Pathom Rajabhat University

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

[2]Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University

[3]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

[3]Faculty of Management Science, Nakhon Pathom Rajabhat University

*Corresponding author: cwariya@webmail.npru.ac.th

Received: August 3, 2024

Revised: October 10, 2024

Accepted: October 15, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาระบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้า กลุ่มตัวอย่าง คือ (1) นักศึกษา จำนวน 221 คน (2) ผู้บริหาร ประธานสาขา เจ้าหน้าที่กองพัฒนานักศึกษา พยาบาลและแพทย์ด้านจิตเวช จำนวน 95 คน และ3) คณาจารย์ จำนวน 215 คน เครื่องมือการวิจัยเชิงปริมาณคือ (1) แบบประเมินความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต (2) แบบประเมินความแข็งแกร่งในชีวิต (3) แบบคัดกรองโรคซึมเศร้าอย่างง่าย 2Q 9Q ของกรมสุขภาพจิต (4) แบบประเมินผลความภาคภูมิใจในตนเอง เครื่องมือเชิงคุณภาพคือ แนวทางการสนทนากลุ่ม แนวทางการสัมภาษณ์เชิงลึกตามประเด็นที่เกี่ยวข้อง แนวคำถามการจดบันทึก แนวทางการวิเคราะห์ แบบสังเกตแบบมีส่วนร่วม แนวทางการประชุมเชิงปฏิบัติการตามประเด็นที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการวิจัย จำนวน 2 วงรอบ ใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เพื่อออกแบบระบบ ทดสอบและปรับปรุงระบบ เพื่อหาข้อสรุป ใช้สถิติเชิงพรรณนา สถิติเชิงอนุมาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และค่าที Pair-T-test แนวทางการสนทนากลุ่ม สัมภาษณ์เชิงลึก วิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า ระบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษา ประกอบด้วย การเสริมสร้างความรอบรู้ด้านสุขภาพจิตโดยใช้แอปพลิเคชัน การเสริมความแข็งแกร่งในชีวิตด้วยระบบการให้คำปรึกษาผ่านคลินิก การสร้างกิจกรรมและจัดสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการป้องกันภาวะซึมเศร้า

คำสำคัญ: การเสริมสร้างสุขภาพจิต ภาวะซึมเศร้า สถานศึกษา

Abstract

This research was a participatory action study aimed at developing a mental health promotion system in educational institutions to prevent depression. The sample group consisted of (1) 221 students, (2) 95 administrators, program heads, student development officers, nurses, and psychiatrists, and (3) 215 lecturers. Quantitative research tools include (1) a mental health literacy assessment, (2) a life resilience assessment, (3) the 2Q 9Q depression screening tool from the Department of Mental Health, and (4) a self-esteem assessment. Qualitative tools consist of guidelines for focus group discussions, in-depth interviews, observation, and participatory action workshops. The research was conducted in two rounds using participatory workshops to design, test, and improve the system. Data were analyzed using descriptive statistics, inferential statistics, Pearson correlation coefficients, and Pair-T-tests. Qualitative data were analyzed through thematic content comparison. The results indicate that the mental health promotion system in educational institutions to prevent depression includes mental health literacy improvement via an application, life resilience enhancement through a counselling system via a clinic, and the creation of activities and environments conducive to depression prevention.

Keywords: mental health promotion, depression, educational institution

บทนำ

ภาวะซึมเศร้าในนักศึกษาระดับอุดมศึกษาทั่วโลกเป็นปัญหาทางสุขภาพจิตที่เกิดขึ้นได้บ่อย (Dawood, Mitsu, Ghadeer & Alrabodh, 2017) โดยเฉพาะนักศึกษาที่มีปัจจัยด้านความเครียดในการเรียน การใช้ชีวิตตามลำพัง (Abdollahi, Hosseinian & Asmundson, 2018) การวางแผนช่วงใกล้สำเร็จการศึกษา การจัดการเวลา สาเหตุของการลดน้ำหนัก สภาพเศรษฐกิจ และความคาดหวังของตนเอง (Patten & Vaterlaus, 2021) จะส่งให้เกิดอาการของโรคซึมเศร้าได้มากขึ้นจนสามารถฆ่าตัวตายสำเร็จกว่า 800,000 รายต่อปี โดยเฉพาะช่วงอายุ 15-29 ปี พบว่า ป่วยเป็นโรคซึมเศร้าและเป็นสาเหตุการตายอันดับที่ 2 ในช่วงวัยนี้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหลาย ๆ ด้าน และเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาสุขภาพจิต หากนักศึกษาปรับตัวไม่ได้ จะส่งผลให้เกิดการเจ็บป่วยทางด้านร่างกายและจิตใจที่รุนแรงกว่านั้น จนทำให้เกิดโอกาสในการฆ่าตัวตายสำเร็จสูง (Raniti et al., 2020; Anxiety and Depression Association of America, 2024)

ภาวะซึมเศร้าจึงยังเป็นปัญหาสุขภาพจิตที่ท้าทายต่อการพัฒนาศักยภาพของบุคคลในทุกประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักศึกษาที่กำลังศึกษาในระบบมหาวิทยาลัย จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า นักศึกษาที่ภาวะซึมเศร้าที่ไม่ได้รับการดูแลช่วยเหลือทันถ่วงที อาจส่งผลกระทบต่อศักยภาพด้านการเรียนและผลการเรียน ปฏิสัมพันธ์กับสังคม ตลอดจนส่งผลกระทบต่อภาวการณ์ไม่มีงานทำในอนาคต หลายงานวิจัยสะท้อนปัญหาเชิงระบบในมหาวิทยาลัยว่า ปัญหาภาวะซึมเศร้าในนักศึกษาระดับอุดมศึกษาไม่ได้รับการแก้ไข อาจเนื่องจากอุปสรรคในการเข้าถึงแหล่งบริการสุขภาพที่มีจำกัด จำนวนบุคลากรด้านสุขภาพที่ได้รับการพัฒนาศักยภาพในการดูแลมีจำนวนน้อย และแหล่งให้การช่วยเหลือนักศึกษาที่ป่วยด้วยโรคซึมเศร้าที่มีอยู่อย่างจำกัด (Abdollahi, Hosseinian & Asmundson, 2018; Patten & Vaterlaus, 2021; Raniti et al., 2020) ตลอดจนบุคคลากรทางสุขภาพที่ผ่านการฝึกอบรมการดูแลผู้ป่วยด้วยโรคซึมเศร้า(Major depressive disorder) ยังมีจำนวนน้อย และการเข้าถึงกลุ่มนักศึกษาที่มีโรคซึมเศร้าเข้าถึงยากเพราะสังคมตีตราว่าเป็นบุคคล

ที่เจ็บป่วยด้วยโรคทางจิตเวชส่งผลให้ผู้ป่วยโรคซึมเศร้าขาดการรักษาที่เหมาะสม (Anxiety and Depression Association of America, 2024)

สถิติภาวะซึมเศร้ากับนักศึกษาในมหาวิทยาลัยในต่างประเทศพบว่า นักศึกษามีภาวะซึมเศร้าร้อยละ 30 และพบว่า กว่าร้อยละ 4 ของนักศึกษากำลังเผชิญกับโรคซึมเศร้าอย่างรุนแรงหรือการศึกษาความชุกของภาวะซึมเศร้าในนิสิตนักศึกษาที่กำลังศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา การศึกษาเกี่ยวกับภาวะซึมเศร้าในนักศึกษาชั้นปีที่ 1–4 ในจังหวัดเชียงรายพบว่า นักศึกษามีภาวะซึมเศร้า ร้อยละ 31.90 (Islam, Low, Tong, Yuen & Abdullah, 2018)ภาวะซึมเศร้าเกิดขึ้นได้กับนักศึกษาที่มีภาวะเครียดจากการเรียน (Meuangkhwa, Klongdee & Chaniang, 2021) ปัจจัยที่สัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าหลายงาน พบว่า เกิดจากความไม่เพียงพอของรายรับ (p=0.032) (Keawkanta & Rungreangkongkulkij, 2015) ขาดความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต (mental health literacy) ที่นักศึกษาไม่ทราบแหล่งให้ความช่วยเหลือ เข้าไม่ถึงนักวิชาชีพด้านสุขภาพจิต เพื่อรับการดูแล รักษา ฟื้นฟู ขาดการป้องกันและลดความรุนแรงของความผิดปกติทางจิตใจที่ยังมีให้บริการไม่มากพอ (Abdollahi, Hosseinian & Asmundson, 2018; Buajaroen, Chankham, Namarak, Ararang & Potungtham, 2023) จนส่งผลให้มีภาวะซึมเศร้า มีความรอบรู้ด้านสุขภาพจิตน้อยกว่าวัยรุ่นที่ไม่มีภาวะซึมเศร้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Chootong et al., 2019) อีกทั้งปัจจัยที่สัมพันธ์กับความรอบรู้ด้านสุขภาพมากที่สุดคือ ความผาสุกในจิตใจ (Jorm, 2000) และความรอบรู้สุขภาพจิตมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางลบกับความเหงา (Nomrak, Chankham& Buacharoen, 2024) วัยรุ่นปัจจุบันยังขาดการเสริมสร้างความแข็งแกร่งในชีวิต ซึ่งถือเป็นปัจจัยปกป้องการเกิดภาวะซึมเศร้าในนักศึกษามหาวิทยาลัย (Dias, Campos, Almeida & Palha, 2018) การขาดความแข็งแกร่งในชีวิตเมื่อเผชิญเหตุการณ์เลวร้ายจึงไม่สามารถรับมือกับผลกระทบที่เกิดจากเหตุการณ์นั้นได้หากความเข้มแข็งทางใจต่ำ จะก่อให้เกิดความเครียดได้ง่าย ไม่สามารถจัดการปัญหาได้ด้วยตนเอง ขาดผู้ให้คำปรึกษา มีความรู้สึกคุณค่าในตนเองต่ำ นำไปสู่ภาวะซึมเศร้าในที่สุด (Chidmongkol, Mueannadon & Kaewma, 2020; Choeisuwan et al., 2018)

ในสถาบันการศึกษาหลายแห่ง การดูแลสุขภาพจิตของนักเรียนมักจะถูกจัดทำในลักษณะของการจัดบริการให้คำปรึกษาทางจิตใจ แต่ยังขาดการบูรณาการในเชิงระบบที่ครอบคลุม ซึ่งการดูแลเหล่านี้มักจำกัดอยู่ในรูปแบบการให้คำปรึกษาเฉพาะเมื่อปัญหานั้นเกิดขึ้นแล้ว ขณะที่ความรอบรู้ด้านสุขภาพจิตยังไม่ถูกพัฒนาในระดับเชิงป้องกัน การพัฒนารูปแบบการให้คำปรึกษาจึงควรเริ่มจากการพัฒนาระบบการดูแลสุขภาพจิตในสถาบันการศึกษาเดิมเพื่อปรับปรุงและบูรณาการให้ครอบคลุมถึงการป้องกันและการส่งเสริมสุขภาพจิต

เช่นเดียวกับสถานการณ์ของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งที่มีเหตุการณ์นักศึกษาตัดสินใจฆ่าตัวตายโดยกระโดดจากตึกสูงเมื่อปี พ.ศ. 2562 หลังจากเหตุการณ์ดังกล่าว พบว่า มีนักศึกษาบางส่วนที่มีภาวะเครียด มีภาวะวิตกกังวล มีภาวะซึมเศร้า รวมตัวกันและสร้างกลุ่มเพื่อนช่วยเพื่อนในการแก้ไขปัญหาให้คำแนะนำซึ่งกันและกัน ตลอดจนได้มีการรับประทานยารักษาโรค ณ โรงพยาบาลโดยไม่เปิดเผยข้อมูล แต่ต้องการรับการช่วยเหลือจากมหาวิทยาลัย ทางมหาวิทยาลัย จึงทำการสำรวจข้อมูลสุขภาพจิต แบบออนไลน์จากตัวแทนนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จำนวน 2,092 คน พบว่า นักศึกษามีภาวะเครียดสูงร้อยละ 16.15 ภาวะซึมเศร้าระดับสูงร้อยละ 1.24 ภาวะคิดฆ่าตัวตายร้อยละ 3.10 (Nomrak, Chankham & Buacharoen, 2024)

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า นักศึกษาในสถานศึกษาทั้งในและต่างประเทศกำลังเผชิญกับการเกิดภาวะซึมเศร้าที่มีแนวโน้มสูงขึ้นและมีความเสี่ยงต่อการฆ่าตัวตายมากขึ้น การสร้างนโยบายสาธารณะเพื่อสุขภาพของสถานศึกษา จึงต้องกำหนดนโยบายที่จะเป็น “สถานศึกษาสุขภาพดีน่าศึกษา” หรือ “สถานศึกษา สร้างเสริมสุขภาพ” ในรูปธรรมและนำสู่การปฏิบัติจริง ไม่มุ่งเน้นเฉพาะระดับรายวิชาและกิจกรรมที่สำคัญในช่วงปฐมนิเทศและปัจฉิมนิเทศเท่านั้น

จากปัญหาดังกล่าวระบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาที่พัฒนาขึ้นมานั้นควรอิงตามแนวคิดของความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต (mental health literacy) และความแข็งแกร่งทางจิตใจ (resilience) สองแนวคิดนี้มีบทบาทสำคัญในการสร้างความสามารถในการรับมือกับ

สถานการณ์ที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้า ความรอบรู้ด้านสุขภาพจิตช่วยให้นักศึกษามีความเข้าใจเกี่ยวกับสุขภาพจิตและสามารถจัดการกับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ความแข็งแกร่งทางจิตใจช่วยให้นักศึกษามีความสามารถในการฟื้นตัวจากความเครียดหรือความยากลำบาก การบริการคลินิกเพื่อสุขภาพจิตในสถาบันการศึกษาควรประกอบด้วยการคัดกรองความเสี่ยงทางสุขภาพจิต การให้คำปรึกษาเชิงป้องกัน และการฝึกทักษะในการจัดการกับความเครียด นอกจากนี้ ยังควรมีการจัดกิจกรรมกลุ่มเพื่อเสริมสร้างทักษะการรับมือกับปัญหาและการผ่อนคลายอารมณ์ เช่น การฝึกสมาธิ การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพจิต และการจัดอบรมความรู้เกี่ยวกับการดูแลตนเองในด้านสุขภาพจิต การบริการเหล่านี้สามารถช่วยลดความเสี่ยงของภาวะซึมเศร้าและส่งเสริมสุขภาพจิตที่ดีในระยะยาวได้ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่า การพัฒนาระบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาควรเป็นแนวทางสำคัญในการเสริมสร้างบทบาทสำคัญของสถาบันการศึกษาต่อนักศึกษาให้มีประสิทธิภาพโดยอาศัยความร่วมมือกับทุกภาคส่วนร่วมมือกันจะป้องกันภาวะซึมเศร้าได้ในที่สุด

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนารูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาระบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษา ใช้กรอบแนวคิดการสร้างเสริมสุขภาพในสถานศึกษายุทธศาสตร์ 5 ประการตามแนวคิดกฎบัตรออตตาวา (WHO, 1986). ซึ่งเป็นเป้าหมายขององค์การอนามัยโลกให้เป็นสถานศึกษาสร้างเสริมสุขภาพที่เด็กและเยาวชนสามารถอยู่อาศัย ศึกษาและทำงานได้อย่างมีสุขภาพดีส่งเสริมภาวะสุขภาพระดับสูงสุดตามศักยภาพสูงสุดของบุคคล (Thompson, Watson & Tilford, 2018).

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (participatory action research)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย

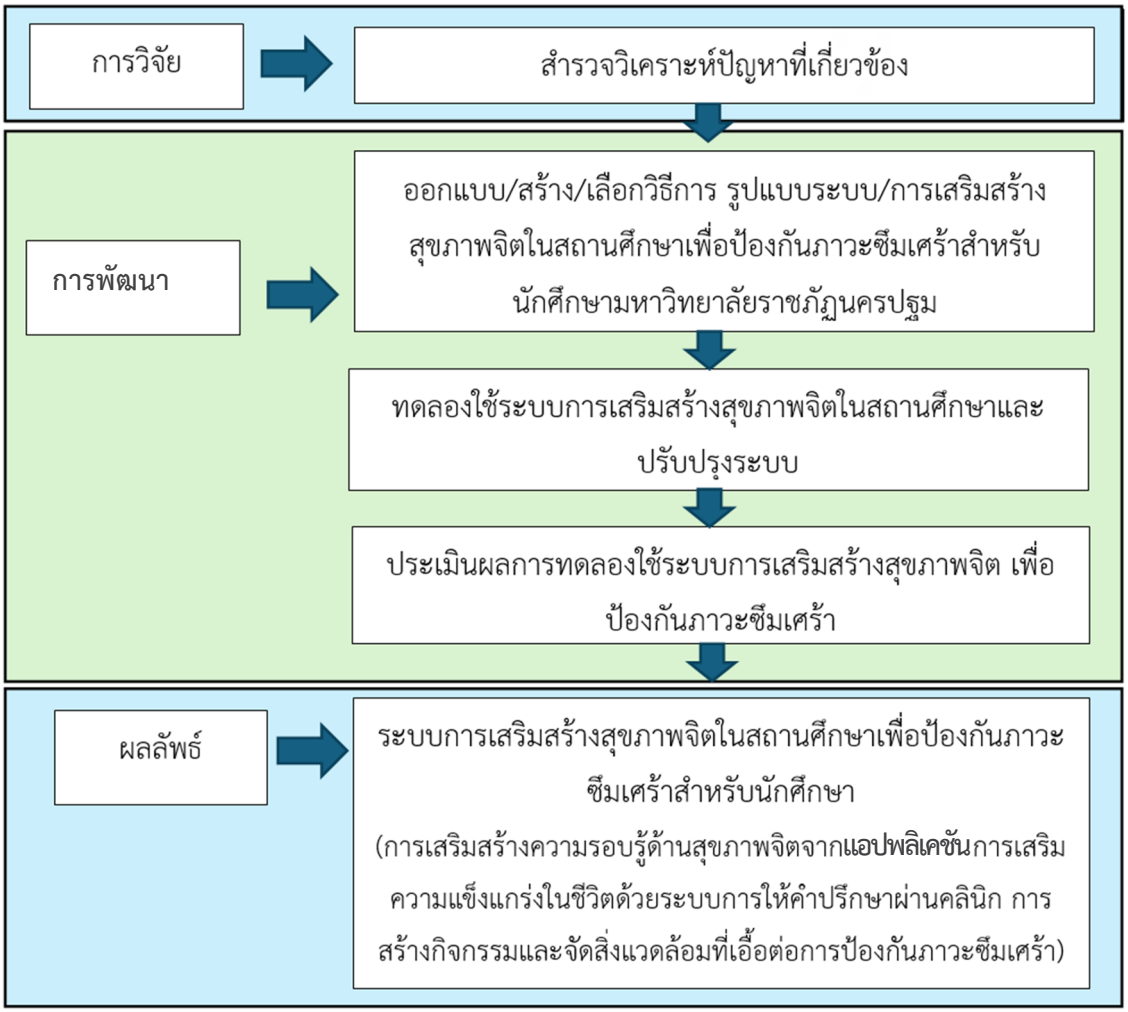
กลุ่มพัฒนาระบบ คือ

1) ผู้บริหาร 26 คน ประธานสาขา 59 คน เจ้าหน้าที่กองพัฒนานักศึกษา 5 คน พยาบาลประจำศูนย์สุขภาพชุมชนและจิตแพทย์ 5 คน กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 100 ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 95 คน

2) คณาจารย์ทั้งมหาวิทยาลัยจำนวน 400 คน ใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิตามสัดส่วนตามแต่ละคณะ โดยดำเนินการขอรายชื่อและจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากงานบริหารบุคคล โดยหยิบรายชื่อตามสภาพปัญหาจากการประเมินจนครบจำนวนกลุ่มตัวอย่าง กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Krejcie and Morgan(1970) กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 ของจำนวนประชากรทั้งหมด คิดเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 196 คน แต่เพื่อป้องกันการไม่ตอบกลับของกลุ่มตัวอย่างจึงเพิ่มอีกร้อยละ 10 จึงได้ขนาดกลุ่มทั้งหมด 215 คน

กลุ่มผู้ทดลองใช้ระบบ คือ

3) นักศึกษาที่มีภาวะเสี่ยงด้านสุขภาพจิตจำนวน 429 คน นักศึกษาทั้งมหาวิทยาลัยจากการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิตามสัดส่วนตามแต่ละสาขา แต่ละชั้นปี 1-4 ในทุกคณะ สำหรับนักศึกษาที่มีภาวะเสี่ยงด้านสุขภาพจิตใช้จากฐานข้อมูลที่ทำการสำรวจข้อมูลสุขภาพจิตแบบออนไลน์จากตัวแทนนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โดยดำเนินการขอรายชื่อและจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ขึ้น โดยหยิบรายชื่อตามสภาพปัญหาจากการประเมินจนครบจำนวนกลุ่มตัวอย่าง กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Krejcie and Morgan (1970) กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 ของจำนวนประชากรทั้งหมด คิดเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 201 คน แต่เพื่อป้องกันการไม่เข้าร่วมกิจกรรมของกลุ่มตัวอย่างจึงเพิ่มอีกร้อยละ 10 จึงได้ขนาดกลุ่มทั้งหมด 221 คน โดยมีเกณฑ์คัดเข้าคือ ผู้ที่มีคะแนนแบบคัดกรองภาวะซึมเศร้า 2Q และ 9Q คะแนน 7-12 คะแนน หากมีคะแนนตั้งแต่ 13 ขึ้นไปจะส่งต่อเพื่อรักษากับจิตแพทย์ และน้อยกว่า 7 คะแนนจะติดตามเป็นระยะ



ภาพ 1 กรอบแนวคิด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือในกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมโดย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วนคือ เครื่องมือเชิงปริมาณ และเครื่องมือเชิงคุณภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือเชิงปริมาณประกอบด้วย

1.1 แบบประเมินความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต ผู้วิจัยนำมาจากของ (Sriwichai, Boonchiang & Kreausukon, 2020) แปลมาจาก Dias, Campos, Almeida and Palha (2018) มีจำนวน 29 ข้อ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความรู้เกี่ยวกับปัญหาทางสุขภาพจิต จำนวน 11 ข้อ (2) ความเชื่อที่ผิดเกี่ยวกับปัญหาทางสุขภาพจิตจำนวน 8 ข้อ (3) การรู้และพฤติกรรมในการแสวงหาแหล่งรับความช่วยเหลือเบื้องต้น จำนวน 6 ข้อ (4) กลยุทธ์สำหรับช่วยเหลือตนเองได้อย่างเหมาะสม จำนวน 4 ข้อ ลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตั้งแต่ 5 ระดับ ถึงตั้งแต่ไม่เห็นด้วยอย่างมาก ให้ 5 คะแนน จนถึง เห็นด้วยอย่างมาก ให้ 1 คะแนน การแปลผลระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต คะแนนเฉลี่ยความรอบรู้ด้านสุขภาพจิตทั้งรายด้านและภาพรวมมากำหนดระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต โดยเทียบกับเกณฑ์ จากนั้นหาความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และนำมาหาค่าความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) ได้ค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา .80 จากนั้นหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินโดยนำไปทดลองใช้ (try out) กับนักศึกษาในมหาวิทยาลัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน หาค่าความเที่ยง (reliability) แบบสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha

Coefficient) แบบประเมินความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.94

1.2 แบบประเมินความแข็งแกร่งในชีวิต ผู้วิจัยนำมาจาก Ninchan (2015) มีข้อคำถามทั้งหมด 28 ข้อ 3 องค์ประกอบหลัก คือ (1) ฉันมี 9 ข้อ (2) ฉันเป็น 10 ข้อ (3) ฉันสามารถ 9 ข้อ เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า แต่ละข้อคำถามมีคำตอบให้เลือกตอบ 5 ระดับ ตั้งแต่ระดับ 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย 3 หมายถึง เฉย ๆ 4 หมายถึง เห็นด้วย และ 5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง ผู้วิจัยนำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน หาค่าความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) ได้ค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา 1.00 จากนั้นหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินโดยนำไปทดลองใช้ (try out) กับนักศึกษาในมหาวิทยาลัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน หาค่าความเที่ยง (reliability) แบบสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ความแข็งแกร่งในชีวิตมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.98

1.3 แบบคัดกรองโรคซึมเศร้าอย่างง่าย 2Q 9Q ของกรมสุขภาพจิต เป็นเครื่องมือมาตรฐานที่ผู้วิจัยนำมาจากของกรมสุขภาพจิต 9Q ซึ่งเป็นเครื่องมือมาตรฐาน โดยทำการ Receiver Operating Characteristic Curve analysis = 0.9283 (95% CI = 0.8931–0.9635)

2. เครื่องมือเชิงคุณภาพประกอบด้วย

2.1 แนวทางการสนทนากลุ่ม

2.2 แนวทางการสัมภาษณ์เชิงลึกตามประเด็นที่เกี่ยวข้อง

2.3 แนวคำถามการจดบันทึกแนวทางการวิเคราะห์

2.4 แบบสังเกตแบบมีส่วนร่วม

2.5 แนวทางการประชุมเชิงปฏิบัติการตามประเด็นที่เกี่ยวข้อง

ผ่านการประเมินความเหมาะสมของคำถามจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านการพยาบาลสุขภาพจิตจำนวน 1 ท่าน และด้านการสร้างเสริมสุขภาพจิตจำนวน 1 ท่าน ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการรักษา (จิตแพทย์) จำนวน 1 ท่าน รวมจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาความเชื่อมโยงความสอดคล้องกับบริบทของการศึกษา และนำมาหาค่าความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) ได้ค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา 0.98

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการพิจารณารับรองจริยธรรมจากคณะอนุกรรมการจริยธรรมงานวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เลขที่ใบรับรองจริยธรรม 048/2564 วันที่ 2 ก.ย. 2565-1 ก.ย 2566 ผู้วิจัยสอบถามความสมัครใจของผู้ให้ข้อมูลในการเข้าร่วมการวิจัยของกลุ่มตัวอย่างโดยการแนะนำตัว แจ้งวัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินการและขั้นตอนการเก็บข้อมูลโดยสรุป ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ชี้แจงถึงการเข้าร่วมวิจัยนี้ไม่มีความเสี่ยง การเข้าร่วมวิจัยเป็นไปด้วยความสมัครใจ สามารถปฏิเสธหรือถอนตัวจากการเข้าร่วมวิจัยได้ตลอดเวลาโดยไม่ต้องชี้แจงเหตุผลใด ๆ ให้ผู้วิจัยทราบแต่อย่างใด คำตอบหรือข้อมูลที่ได้จากการสนทนา หรือ แบบสอบถาม แบบประเมินของกลุ่มตัวอย่างจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ ไม่มีการระบุบุคคล การนำเสนอผลการศึกษา การอภิปรายผลจะนำเสนอในภาพรวมของงานวิจัยเท่านั้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการทั้งมีหมด มี 4 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการและวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ พัฒนากระบวนการ

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิต

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงระบบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการและวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัย ดำเนินการ ดังนี้

1) วิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิจากผลการแบบคัดกรองโรค ซึมเศร้าอย่างง่าย 2Q 9Q

2) ผู้วิจัยศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการโดยแจกแบบสอบถามแบบออนไลน์เพื่อสำรวจประเด็นการศึกษาสถานการณ์ปัญหาความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต การเสริมสร้างความแข็งแกร่งในชีวิตและความต้องการระบบการให้คำปรึกษาดูแลสุขภาพจิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้า ใช้แบบสอบถามออนไลน์เกี่ยวกับแบบประเมินความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต แบบประเมินความแข็งแกร่งในชีวิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้า แบบคัดกรองโรคซึมเศร้าอย่างง่าย 2Q 9Q ของกรมสุขภาพจิตแก่กลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาที่มีภาวะเสี่ยงด้านสุขภาพจิต จำนวน 221 คน

3) วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต การเสริมสร้างความแข็งแกร่งในชีวิตและความต้องการระบบการให้คำปรึกษาดูแลสุขภาพจิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าโดยสะท้อนข้อมูลด้วยการสนทนากลุ่มหรือการสัมภาษณ์เจาะลึก และการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อรับฟังข้อมูลและคืนข้อมูล สะท้อนข้อมูลย้อนกลับให้กับกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาที่มีภาวะเสี่ยงด้านสุขภาพจิต จำนวน 221 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

4) วิเคราะห์เปรียบเทียบชุดข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพให้สรุปผลเป็นแผนที่สถานการณ์ปัญหาความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต การเสริมสร้างความแข็งแกร่งในชีวิตและความต้องการระบบการให้คำปรึกษาดูแลสุขภาพจิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมเพื่อนำผลที่สรุปได้นำไปสู่การออกแบบและพัฒนารูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้า

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ พัฒนากระบวนการ

1) ผู้วิจัยจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ เพื่อค้นหาการออกแบบ พัฒนากระบวนการ เงื่อนไข หารือประเด็น การวางแผนระบบการให้คำปรึกษาดูแลสุขภาพจิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้า การวางแผนพัฒนารูปแบบการเสริมสร้างความแข็งแกร่งในชีวิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้า กับกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่ม

2) ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับมาและนำผลการสอบถามมาวิเคราะห์รูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โดยนำผลการวิเคราะห์ให้ผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิวิพากษ์ระบบการให้คำปรึกษาก่อนนำไปทดลองใช้

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิต

1) วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของรูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม แบบประเมินผลกิจกรรมและนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ ก่อนนำไปทดลองใช้จริง

2) ผู้วิจัยเตรียมความพร้อมในการจัดสถานที่และประชาสัมพันธ์คลินิกในการให้บริการตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นโดยประชาสัมพันธ์ทางสื่อออนไลน์ มีการลงทะเบียนเข้าร่วมกิจกรรมโดยดำเนินการในไลน์กลุ่มประธานสาขา เพื่อส่งต่อให้นักศึกษาที่มีภาวะเสี่ยงด้านสุขภาพจิตที่สนใจเข้าร่วมกิจกรรมตามขั้นตอนของรูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

3) ดำเนินกิจกรรมตามรูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมกับนักศึกษาที่มีภาวะเสี่ยงด้านสุขภาพจิตจำนวน 41 คนภายหลังเข้าร่วมกิจกรรมแล้วผู้วิจัยส่งลิงค์ให้ประเมินผลการให้คำปรึกษาดูแลสุขภาพจิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงระบบ

สรุปข้อมูลจากการดำเนินกิจกรรมตามรูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

การวิเคราะห์ข้อมูล

ระบุวิเคราะห์สภาพปัญหาวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการประเมินแบบประเมินความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต แบบประเมินความแข็งแกร่งในชีวิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้า แบบคัดกรองโรคซึมเศร้าอย่างง่าย 2Q 9Q ของกรมสุขภาพจิต โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ค่าร้อยละ การแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และค่าที Pair-T-test วิเคราะห์ข้อมูล

จากการสัมภาษณ์ การสนทนากลุ่ม จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงเนื้อหา ตีความ สรุปประเด็นเชื่อมโยงเหตุผลในการศึกษา ถอดคำสัมภาษณ์คำต่อคำ กำหนดหมวดหมู่ ตีความ วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ หาความสัมพันธ์ สังเคราะห์ประโยค

ส่วนรูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม วิเคราะห์กระบวนการที่เกิดขึ้นตอบโจทย์ตามปัญหาแล้ว การวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงเนื้อหา ตีความ สรุปประเด็นเชื่อมโยงเหตุผลในการศึกษา ถอดคำสัมภาษณ์คำต่อคำ กำหนดหมวดหมู่ ตีความ วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ หาความสัมพันธ์ สังเคราะห์ประโยค สรุปความสัมพันธ์ การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้าจากหลายแหล่ง หลายวิธีการ

ผลการวิจัย

วงรอบที่ 1 สถานการณ์การเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

การระบุประเด็นปัญหา สภาวะสุขภาพจิตของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่มีภาวะซึมเศร้าระดับน้อย ร้อยละ 78.29 (321 คน) ภาวะซึมเศร้าระดับปานกลาง ร้อยละ 21.71 (89 คน) โดยนักศึกษามีปัญหาความรอบรู้ด้านสุขภาพจิตระดับต่ำ ร้อยละ 86.59 (355 คน) โดยเฉพาะความรอบรู้ด้านปัญหาทางสุขภาพจิตไม่มีความเข้าใจในอาการและอาการของโรค มีความเชื่อที่ผิดเกี่ยวกับปัญหาทางสุขาภพจิตไม่กล้าไปพบแพทย์เพราะจะถูกเข้าใจผิดว่าเสียสติจนทำให้สัมพันธภาพกับเพื่อนและอาจารย์ไม่ดี แล้วยังกระทบต่อผลการเรียนด้วย ทั้งนี้นักศึกษายังไม่ทราบแหล่งของการแสวงหาเพื่อรับการช่วยเหลือเบื้องต้น ขาดกลยุทธ์ในการช่วยเหลือตนเองให้เหมาะสมกับอาการของตนเองไม่ได้ ปัญหาการจัดการเวลาไม่ได้ ใช้เวลากับการเล่นโซเชียลมีเดียวันละ 2-5 ชั่วโมงต่อวันส่งผลกระทบต่อการเรียนและทำให้จัดการการดำเนินชีวิตของตนเองไม่ได้ ขาดวินัยในการเรียนและการจัดการดำเนินชีวิต ปัญหาไม่มีระบบการให้บริการเกี่ยวกับสุขภาพจิตของมหาวิทยาลัย เมื่อนักศึกษาพบปัญหาเครียด หาทางออกไม่ได้จะไม่ทราบว่าควรจัดการอย่างไรไปที่ไหน อาจารย์ที่ปรึกษาไม่ทราบว่าจะให้คำปรึกษาจากใคร หากอาจารย์ที่ปรึกษาพบ คือ มีอาการหนักแล้วต้องไปพบจิตแพทย์ ปัญหาไม่มีสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการดูแลสุขภาพจิต มหาวิทยาลัยไม่ได้มีสถานที่ในการให้บริการเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพจิต ไม่มีหน่วยงานรองรับการให้บริการ มีเพียงศูนย์สุขภาพชุมชนที่ให้บริการแต่ไม่มีแพทย์เฉพาะทาง พยาบาลประเมินสุขภาพเบื้องต้นแล้วส่งต่อไปยังโรงพยาบาลส่งผลให้นักศึกษาไม่อยากรับบริการเพราะมีความยุ่งยากไม่สะดวก

การวางแผนแก้ไขปัญหา จากสภาพปัญหาสภาวะสุขภาพจิตของนักศึกษาข้างต้น ทีมผู้วิจัยได้ทำการประเมินความแข็งแกร่งในชีวิตพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีความแข็งแกร่งในชีวิตระดับสูง ร้อยละ 62.44 (256 คน) ความแข็งแกร่งในชีวิตระดับปานกลาง ร้อยละ 36.82 (151 คน) ความแข็งแกร่งในชีวิตระดับต่ำ ร้อยละ 0.74 (3 คน) กลุ่มตัวอย่างจึงระดมสมองร่วมกันและมีความเห็นตรงกันว่า ควรพัฒนาระบบการให้คำปรึกษาดูแลสุขภาพจิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าโดยวางแผนแก้ไขปัญหาด้วยการออกแบบ “รูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม” และหารือร่วมกับผู้บริหาร ประธานสาขา เจ้าหน้าที่กองพัฒนานักศึกษา พยาบาลประจำศูนย์สุขภาพชุมชน แพทย์ด้านจิตเวช เสนอแนะให้จัดการอบรมเชิงปฏิบัติการอบรมให้ความรู้แก่อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ที่สนใจ นักศึกษา เกี่ยวกับภาวะซึมเศร้า การเพิ่มความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต ทักษะการให้คำปรึกษาหรือการขอรับคำปรึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้า

การปฏิบัติ ผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้ (1) เตรียมรายละเอียดของ “รูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม” คือ (1.1) จัดประชุมเชิงปฏิบัติการฝึกอบรมให้ความรู้การเพิ่มความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต ทักษะการให้คำปรึกษาหรือการขอรับคำปรึกษาเกี่ยวกับการป้องกันภาวะซึมเศร้าแก่ประธานสาขา เจ้าหน้าที่กองพัฒนานักศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ที่สนใจนักศึกษา จำนวน 6 ชั่วโมง (1.2) จัดทำการประเมินคัดกรองแบบคัดกรองโรคซึมเศร้าอย่างง่าย 2Q 9Q ของกรม

สุขภาพจิต (1.3) เปิดคลินิกชีวิตมีสุข (happy life clinic) โดยคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จัดทีมอาจารย์ที่ผ่านการอบรมการพยาบาลเฉพาะทางด้านสุขภาพจิตประจำวันเพื่อให้คำปรึกษาทางออนไลน์ และ ณ ห้องให้คำปรึกษา คณะพยาบาลศาสตร์ (2) จัดทำแบนเนอร์และประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริหารมหาวิทยาลัย ประธานสาขา เจ้าหน้าที่กองพัฒนานักศึกษาทราบระบบและกลไกของการให้คำปรึกษา (3) ออกแบบระบบการให้คำปรึกษาสุขภาพจิตโดย (3.1) นัดหมายเพื่อพบอาจารย์พยาบาลผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพจิตจำนวน 2 ครั้ง และทางออนไลน์ 1 ครั้ง (3.2) ออกแบบกิจกรรมกลุ่มบำบัด กิจกรรมเสริมความมั่นใจ กิจกรรมการจัดการความเครียด เพื่อให้เหมาะสมกับปัญหาและความต้องการของนักศึกษา (3.3) ออกแบบระบบติดตามกลุ่มเสี่ยง โดยพัฒนาระบบเตือนภัยและใช้กลุ่มเพื่อนช่วยเพื่อนผ่านกลุ่มนายกสโมสรนักศึกษาของแต่ละคณะ (4) ออกแบบสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อสุขภาพ

การประเมินผลการสะท้อนกลับ

นักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการภายหลังจากนักศึกษาเข้าระบบการให้คำปรึกษาการดูแลสุขภาพจิต ผู้วิจัยได้นำผลไปทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต ความแข็งแกร่งในชีวิต และภาวะซึมเศร้าของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ความรอบรู้ด้านสุขภาพจิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความแข็งแกร่งในชีวิตในนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=0.08$ $p<0.01$) ความแข็งแกร่งในชีวิตมีความสัมพันธ์ทางลบกับภาวะซึมเศร้าในนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=-0.33$ $p=0.00$) และความรอบรู้ด้านสุขภาพจิตมีความสัมพันธ์ทางบวกกับภาวะซึมเศร้าของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=0.14$ $p=0.00$)

ส่งผลให้ชัดเจนว่า หากจัดทำกิจกรรมเพื่อเสริมความรอบรู้ด้านสุขภาพจิตสำหรับนักศึกษาจะช่วยให้ป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษาได้อย่างดี โดยต้องคำนึงถึงการสร้างสื่อโซเชียลมีเดียเพื่อเพิ่มช่องทางการให้คำปรึกษาได้ทันทีกับผู้เชี่ยวชาญโดยไม่เปิดเผยตัวตน และควรมีการจัดสถานที่ให้คำปรึกษาแบบไม่เปิดเผย มีบริการแพทย์ตรวจและประเมินภาวะซึมเศร้าอย่างต่อเนื่อง โดยวงรอบนี้ใช้ระยะเวลา 7 เดือน

ตาราง 1

ความสัมพันธ์ระหว่างความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต ความแข็งแกร่งในชีวิต และภาวะซึมเศร้าของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร	ความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต	ความแข็งแกร่งในชีวิต	ภาวะซึมเศร้า
ความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต	1		1
ความแข็งแกร่งในชีวิต	0.08*	1	
ภาวะซึมเศร้า	0.14*	-0.33*	

*P<.01

วงรอบที่ 2 การออกแบบรูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ซึ่งประกอบด้วย (1) การประเมินคัดกรองกลุ่มเสี่ยงที่มีภาวะซึมเศร้า (2) การให้คำปรึกษานักศึกษาที่มีภาวะซึมเศร้าและส่งต่อรักษาที่โรงพยาบาล (3) กิจกรรมเสริมความรู้ความเข้าใจเรื่องภาวะซึมเศร้า การเสริมสร้างความแข็งแกร่งในชีวิต (4) ระบบติดตามในกลุ่มเสี่ยง

เป็นการนำผลการดำเนินการในวงรอบที่ 1 มาสร้างรูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ดังนี้

ปัญหา (1) ขาดสื่อเกี่ยวกับความรอบรู้ด้านสุขภาพจิตแก่นักศึกษาทางโซเชียลมีเดีย (2) ขาดการประชาสัมพันธ์การดำเนินการของระบบการให้คำปรึกษาเพื่อดูแลสุขภาพจิตด้วยคลินิกชีวิตมีสุข (3) ขาดการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อสุขภาพจิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าในมหาวิทยาลัย

การปฏิบัติ จากเวทีสะท้อนคิดการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเกิดการนำรูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมไปปฏิบัติพร้อมทั้งสรุปผลข้อสังเกตการดำเนินการ ดังนี้ (1) สร้างแอปพลิเคชันเสริมความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต แล้วเผยแพร่สู่นักศึกษา (2) ผู้วิจัยปรับปรุงและพัฒนา “คลินิกชีวิตมีสุข” โดยเน้น กิจกรรม

เสริมสร้างความแข็งแกร่งในชีวิตด้วยกิจกรรมเสริมความเชื่อมั่นในตนเอง กิจกรรมการจัดการความเครียด กิจกรรมกลุ่มบำบัด กิจกรรมคัดกรองด้วยแบบคัดกรองโรคซึมเศร้าอย่างง่าย 2Q 9Q ของกรมสุขภาพจิตแก่นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ปีละ 1 ครั้ง กิจกรรมพบพยาบาลสุขภาพจิตและจิตเวชหลังจากรับบริการ จะมีการประเมินความภาคภูมิใจในตนเอง (rosenberg self-esteem scale) หากผ่านตามเกณฑ์จะปิดการให้บริการ ทั้งนี้หากนักศึกษามีปัญหาเร่งด่วนนอกเวลา คลินิกชีวิตมีสุขยังมีบริการสายด่วนตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีการหมุนเวียนอาจารย์พยาบาลให้บริการทางออนไลน์ เพื่อแก้ปัญหาอย่างทันที 3) การสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อสุขภาพจิตโดยคณะพยาบาลศาสตร์ได้จัดห้องให้คำปรึกษาที่มีความเป็นส่วนตัว มีเก้าอี้นวดบำบัด จัดเตรียมห้องเสริมคุณค่าแห่งตน

การประเมินผลและการสะท้อนกลับ การดำเนินการ 1 วงรอบระยะเวลา 8 เดือน พบว่า มีนักศึกษา 41 คน ได้ทดลองใช้รูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และหลังจากการได้รับบริการจากระบบการให้การปรึกษาดูแลสุขภาพจิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้า ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีคะแนนความภาคภูมิใจในตนเอง (rosenberg self-esteem scale) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ $p<.05$

ตาราง 2

การเปรียบเทียบความภาคภูมิใจในตนเองก่อนและหลังได้รับคำการให้คำปรึกษาดูแลสุขภาพจิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้า (N=41)

คุณค่าแห่งตน	X	SD	t	df	P
ก่อนทดลอง	16.39	1.935	35.279	40	.000
หลังทดลอง	24.61	1.973			

$p<.05$

ผลลัพธ์ การดำเนินการเป็นไปตามเกณฑ์ไม่มีผู้ยุติการวิจัย และสามารถสรุปผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ดังนี้

1. บทเรียนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการพัฒนารูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมเน้นการพัฒนาทักษะบุคคลที่จำเป็นเพื่อสุขภาพจิต การปรับเปลี่ยนระบบบริการสุขภาพ และการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อสุขภาพจิต

2. คลินิกชีวิตมีสุข เป็นระบบบริการที่สร้างเข้าถึงได้แบบไร้ขีดจำกัด ให้บริการ 24 ชั่วโมง ออกแบบกิจกรรมเพิ่มความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต เพิ่มกิจกรรมเสริมสร้างความแข็งแกร่งในชีวิต และสร้างการเข้าถึงระบบการให้บริการจากระบบการให้การปรึกษาดูแลสุขภาพจิตเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าจนเกิดความภาคภูมิใจในตนเอง

รูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมเป็นต้นแบบของการพัฒนาสถาบันการศึกษาสร้างเสริมสุขภาพจิตด้วย (1) การพัฒนาทักษะส่วนบุคคลที่จำเป็นต้องการป้องกันภาวะซึมเศร้าด้วยกิจกรรมการเสริมความรอบรู้ด้านสุขภาพจิตผ่านแอปพลิเคชัน (2) การปรับเปลี่ยนระบบบริการสุขภาพด้วย “คลินิกชีวิตมีสุข” (happy life clinic) จัดระบบการให้คำปรึกษาผ่านกิจกรรมการคัดกรองสุขภาพจิตนักศึกษาปีละ 1 ครั้ง กิจกรรมกลุ่มบำบัดโดยผู้เชี่ยวชาญ กิจกรรมเสริมสร้างความแข็งแกร่งของชีวิตด้วยการจัดการความเครียด กลุ่มเพื่อนช่วยเพื่อน และระบบการติดตามกลุ่มเสี่ยงผ่านอาจารย์ที่ปรึกษา (3) การสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อสุขภาพจิตด้วยการมีห้องเสริมคุณค่าแห่งตน เพื่อให้มหาวิทยาลัยได้จัดข้อเสนอเชิงนโยบายสาธารณะการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษาในเครือมหาวิทยาลัยราชภัฏ

อภิปรายผล

ผลของการวิจัยรูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ประกอบด้วย (1) เสริมสร้างความรอบรู้ด้านสุขภาพจิตจากแอปพลิเคชัน (2) การเสริม

ความแข็งแกร่งในชีวิตด้วยระบบการให้คำปรึกษาผ่านคลินิก (3) การสร้างกิจกรรมและจัดสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการป้องกันภาวะซึมเศร้า ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของการสร้างเสริมสุขภาพในสถานศึกษาตามกฎบัตรออตตาวาขององค์กรอนามัยโลก 3 องค์ประกอบ คือ การพัฒนาทักษะบุคคลที่จำเป็นเพื่อสุขภาพจิต การปรับเปลี่ยนระบบบริการสุขภาพ และการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการสร้างเสริมสุขภาพจิต ซึ่งยังไม่ครบตามแนวคิดการสร้างเสริมสุขภาพในสถานศึกษาที่กำหนดยุทธศาสตร์ 5 ประการตามแนวคิดกฎบัตรออตตาวา (Sriwichai, Boonchiang & Kreausukon, 2020) และตรงกับผลการศึกษาการขับเคลื่อนกลยุทธ์มหาวิทยาลัยสร้างเสริมสุขภาพสู่การปฏิบัติเฉพาะการสร้างสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่เอื้อต่อการสร้างเสริมสุขภาพ โดยทุกผลการศึกษาไม่ได้ระบุเรื่องการสร้างเสริมสุขภาพจิต แต่ให้ข้อคิดเห็นว่า มหาวิทยาลัยสร้างเสริมสุขภาพต้องมาจากผู้บริหาร ผู้นำต้องศึกษา เข้าใจหลักการของมหาวิทยาลัยสร้างเสริมสุขภาพก่อนการกำหนดนโยบายด้วยกระบวนการสร้างการมีส่วนร่วมในทุกระดับเพื่อวางแผนหางบประมาณสนับสนุนการดำเนินโครงการ/กิจกรรม กำกับติดตามการประเมินการใช้งบประมาณ พัฒนาปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อสุขภาพ และหาเครือข่ายเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลและประสานความร่วมมือต่อกัน (Samsupa & Komgkraphan, 2023)

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมยังขาดการสร้างนโยบายสาธารณะด้านสุขภาพจิตที่ครอบคลุม ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการมุ่งเน้นเป้าหมายในประเด็นเฉพาะทางสุขภาพที่ไม่ครอบคลุมปัญหาภาวะซึมเศร้าของนักศึกษาอย่างแท้จริง โดยแม้จะมีการดำเนินกิจกรรมและการสนับสนุนด้านสุขภาพในบางมิติ แต่มหาวิทยาลัยยังไม่ได้ให้ความสำคัญเพียงพอกับการป้องกันและดูแลสุขภาพจิตของนักศึกษาอย่างเป็นระบบ

การขาดนโยบายที่ชัดเจนในด้านนี้อาจเกิดจากการประเมินว่าภาวะซึมเศร้ายังไม่ใช่ปัญหาที่สำคัญในกลุ่มนักศึกษาของมหาวิทยาลัยนี้ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการรับรู้ของผู้บริหารว่ากลุ่มนักศึกษามีความแข็งแกร่งทางจิตใจและมีเครือข่ายการสนับสนุนที่เพียงพอ อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Smith (2020); Brown and Jones (2018) ชี้ให้เห็นว่า สุขภาพจิตเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จทางการศึกษาและคุณภาพชีวิตของนักศึกษาอย่างมาก โดยเฉพาะในสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษา การที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมยังไม่ได้สร้างนโยบายสาธารณะด้านสุขภาพจิตอย่างชัดเจน จึงอาจทำให้นักศึกษาที่มีปัญหาทางสุขภาพจิตไม่ได้รับการสนับสนุนที่เหมาะสม

นอกจากนี้ การไม่จัดตั้งกลุ่มหรือชมรมที่มุ่งเน้นการเสริมสร้างสุขภาพจิตภายในมหาวิทยาลัย รวมถึงการขาดความร่วมมือจากชุมชนรอบข้าง สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาและเสริมสร้างเครือข่ายสนับสนุนภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย การมีส่วนร่วมของชุมชนในการสร้างเสริมสุขภาพจิตของนักศึกษาไม่เพียงแต่จะช่วยลดภาวะซึมเศร้า แต่ยังเป็นการสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนภายในมหาวิทยาลัยด้วย (Doe, 2019; National Institutes of Health, 2021)

จากผลการศึกษานี้ เป็นที่ชัดเจนว่ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมควรพิจารณาแนวทางการสร้างนโยบายสาธารณะด้านสุขภาพจิตและการส่งเสริมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องอย่างจริงจัง เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของนักศึกษาได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ การวิจัยเพิ่มเติมที่เน้นการประเมินผลของนโยบายและการดำเนินกิจกรรมสุขภาพจิตในมหาวิทยาลัยอื่น ๆ อาจช่วยให้มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมสามารถพัฒนานโยบายและกิจกรรมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ส่วนแนวคิดของการพัฒนาทักษะบุคคลที่จำเป็นเพื่อสุขภาพจิตตามรูปแบบการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมเน้นการเสริมความรอบรู้ด้านสุขภาพจิต ความแข็งแกร่งในชีวิต และระบบการให้คำปรึกษาการดูแลสุขภาพจิตโดยวัดผลลัพธ์จากความภาคภูมิใจในตนเองเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้านั้น แม้ว่าจะมีงานวิจัยสะท้อนว่า การทำหน้าที่ของครอบครัว ความผูกพันกับเพื่อน และความรู้สึกมีคุณค่าในตนเองอาจมีผลต่อภาวะซึมเศร้าได้ (Samarksavee & Sangon, 2015) หรือหลังจากสถานการณ์โควิดนักศึกษาส่วนใหญ่มีการรู้คิดและปรับความคิดได้เหมาะสมกับสถานการณ์ได้ จะช่วยให้บุคคลมีการดำเนินชีวิตที่มีความสุขและส่งผลต่อพลังสุขภาพจิตของนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Thanoi, Pornchaikate Au-Yeong & Ondee, 2012) แต่ผลงานวิจัยครั้งนี้มอง

ต่างสำหรับแนวคิดการป้องกันภาวะซึมเศร้าที่ดีต้องเสริมความแข็งแกร่งในชีวิตและใช้แหล่งสนับสนุนที่ให้การช่วยเหลือตนเองจนทำให้เข้าใจตนเอง เกิดความมั่นใจ ความภาคภูมิใจในตนเองทำให้เกิดภาวะซึมเศร้าได้น้อยลง ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่ดีมากกว่าการสนับสนุนทางสังคม (Chankham, Namarak, Buajaroen & Portangtham, 2024) อีกทั้งระบบการให้คำปรึกษาการดูแลสุขภาพจิตถือว่าเป็นทางออกสำหรับสถาบันการศึกษาควรจัดให้มีระบบการให้คำปรึกษาสุขภาพจิตแก่นักศึกษาทุกคน (Samsupa & Komgkraphan, 2023) มีการจัดกิจกรรมเสริมทักษะการให้คำปรึกษาปัญหาด้านสุขภาพในกลุ่มเพื่อนด้วยกัน การมีผู้ให้คำปรึกษาที่ดี การเสริมสร้างความเข้มแข็งในชีวิตและการสนับสนุนทางสังคมจะสามารถช่วยป้องกันภาวะซึมเศร้าได้

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาทักษะส่วนบุคคลให้นักศึกษาเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อป้องกันสามารถมีวิธีการเผชิญปัญหาที่เหมาะสม และมีความแข็งแกร่งของชีวิตในการจัดการความเครียด

2. สถาบันควรส่งเสริมศักยภาพบุคคลกรในการดูแล จัดการภาวะสุขภาพจิตเบื้องต้นให้แก่นักศึกษา

3. สถาบันการศึกษาควรจัดรูปแบบการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อสุขภาพจิต และการจัดระบบการให้บริการด้านสุขภาพจิต เช่นการให้คำปรึกษา การคัดกรองสุขภาพจิตนักศึกษาปี 1-4 กิจกรรมกลุ่มบำบัดโดยผู้เชี่ยวชาญ กิจกรรมเสริมสร้างความแข็งแกร่งของชีวิต และระบบการติดตามกลุ่มเสี่ยงของมหาวิทยาลัย

4. สถานศึกษาควรมีการศึกษาข้อเสนอเชิงนโยบายสาธารณะในการเสริมสร้างสุขภาพจิตในสถานศึกษาเพื่อป้องกันภาวะซึมเศร้าสำหรับนักศึกษาในเครือมหาวิทยาลัยราชภัฏ เป็นต้น

References

Abdollahi, A., Hosseinian, S., & Asmundson, G. J. G. (2018). Coping styles mediate perfectionism associations with depression among undergraduate students. *The Journal of General Psychology, 145*(1), 93-105. https://doi.org/10.1080/00221309.2017.1421137

Anxiety and Depression Association of America. (2023). *Depression anxiety and depression association of America*. Retrieved from https://adaa.org/understanding-anxiety/depression

Brown, L., & Jones, M. (2018). The role of public health policies in university settings. *Journal of Health Education Research & Development, 35*(4), 567-589. https://doi.org/10.1177/1757975918773406

Buajaroen, H., Chankham, W., Namarak, R., Ararang, W., & Potungtham, D. (2024). *A study of depression and anxiety in staff and students of Rajabhat Nakhon Pathom University* (Master's thesis). Rajabhat Nakhon Pathom University. (in Thai)

Chankham, W., Namarak, R., Buajaroen, H., & Potungtham, D. (2024). A development of a mental health counseling system for preventing depression among university students in Nakhon Pathom province. Journal of the Royal Thai Army Nurses, 25(1), 177-185. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JRTAN/article/view/266695 (in Thai)

Chidmongkol, R., Mueannadon, R., & Kaewma, S. (2020). Depression and mental health literacy in adolescents. *Journal of Nursing and Health Research, 21*(2), 40-51. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/bcnpy/article/view/243064 (in Thai)

Choeisuwan, C., & Tansantawee, A. (2018). Selected factors health literacy of nursing students in Royal Thai Navy College of Nursing. *Royal Thai Navy Medical Journal, 45*(2), 250-264. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/nmdjournal/article/view/158604/177905 (in Thai)

Chootong, R., Wiwattanaworaset, P., Buathong, N., Noofong, Y., Chaithaweesuo, P., Cheecharoen, P. (2019). Mental health status, family state and family functioning of undergraduate students in a Southern University. *Journal of the Psychiatric Association of Thailand, 64*(4), 337-350. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JPAT/article/view/231893 (in Thai)

Dias, P., Campos, L., Almeida, H., & Palha, F. (2018). Mental health literacy in young adults: Adaptation and psychometric properties of the mental health literacy questionnaire. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 15*(7), 13-18. https://doi.org/10.3390/ijerph15071318

Doe, J. (2019). Health promotion in higher education. In A. Green (Ed.), *Health systems* (3rd ed.). Boston: Springer.

Dawood, E., Mitsu, R., Ghadeer, H. A., & Alrabodh, F. (2017). Assessment of depression and its contributing factors among undergraduate nursing students. *International Journal of Nursing, 4*(2), 69-79. https://doi.org/10.15640/ijn.v4n2a6

Grotberg, E. H. (1995). *The international resilience project: Promoting resilience in children*. Retrieved from https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED383424.pdf

Intasuwan, U., & Jindawutthipan, S. (2021). Depression in early adolescence adversity quotient. *EAU Heritage Journal Science and Technolog, 15*(2), 64–74. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/248887 (in Thai)

Islam, M., Low, W. Y., Tong, W. T., Yuen, C., & Abdullah, A. (2018). Factors associated with depression among university students in Malaysia: A cross-sectional study. *KnE Life Sciences, 4*(4), 415-427. https://doi.org/10.18502/kls.v4i4.2302

Jorm, A. F. (2000). Mental health literacy: Public knowledge and beliefs about mental disorders. *British Journal of Psychiatry, 177*, 396-401. https://doi.org/10.1192/bjp.177.5.396

Kathayat, C. B. (2024). Mindfulness meditation for enhanced mental health and academic performance: A review. *SP Swag: Sudur Pashchim Wisdom of Academic Gentry Journal, 1*(1), 27-34. https://doi.org/10.69476/sdpr.2024.v01i01.003

Keawkanta, P., & Rungreangkongkulkij, S. (2015). Prevalence of depression in higher education students in Chiangrai Province. *Nurse Journal CMU, 42*(2), 48-64. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/cmunursing/article/view/53260/150363 (in Thai)

Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement, 30*(3), 607-610. https://doi.org/10.1177/001316447003000308

Meuangkhwa, P., Klongdee, K., & Chaniang, S. (2021). Depression among Thai undergraduate students: The critical role of higher educational institutions. *Journal of Nursing Science and Health, 21*(41), 104-116. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/nursingsiamjournal/article/view/244029 (in Thai)

National Institutes of Health. (2021). *Managing stress in higher education NIH*. Retrieved from https://www.nih.gov/stress-management

Ninchan, P. (2015). *Resilience: Concept, assessment, and application*. Bangkok: Judthong Publishing. (in Thai)

Nomrak, R., Chankham, W., & Buacharoen, H. (2024). The relationship between mental health literacy, resilience in life, and depression in Nakhon Pathom Rajabhat University students. *Journal of Nursing and Public Health Research, 4*(2), 1-16. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jnphr/article/view/265694 (in Thai)

Patten, E. V., & Vaterlaus, J. M. (2021). Prevalence of depression, anxiety, and stress in undergraduate dietetics students. *Journal of Nutrition Education and Behavior, 53*(1), 67-74. https://doi.org/10.1016/j.jneb.2020.08.014

Phunphean, P., & Baitrakool, N. (2018). Roles of nurse in bipolar disorder care. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 12*(3), 101–106. Retrieved from https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/158178 (in Thai)

Pusomsri, P. (2020). Depression disorder, serious health issue closes to us. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 14*(2), 51–58. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/241073 (in Thai)

Raniti, M., Aston, R., Bennett, K., Izquierdo, C. N., Fridgant, M., & Cehun, E. (2020). *Global standards and indicators for health promoting schools draft 3*. Retrieved from https://bit.ly/3E8yg9q

Samarksavee, N., & Sangon, S. (2015). Factors associated with depression in nursing students. Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing, 29(3), 11-27. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/JPNMH/article/view/90483/71050 (in Thai)

Samsupa, K., & Komgkraphan, U. (2023). The enhancement of undergraduate students' resilience quotient during the pandemic COVID-19 cognitive behavioral group counseling. *BCNNON Health Science Research Journal, 17*(2), 13–25. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JHR/article/view/263217 (in Thai)

Sawangmek, T. (2015). The university enhancement towards health promotion university. *Journal of Education and Innovation, 17*(1), 169–178. retrieved from https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/29717 (in Thai)

Smith, J. A. (2020). *Mental health in universities* (2nd ed.). New York: Academic Press.

Sriwichai, N., Boonchiang, W., & Kreausukon, P. (2020). The correlation between mental health literacy, mental well-being, and loneliness among the student at Chiang Mai University. *Chiang Mai University Journal of Humanities, 22*(1), 143–161. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JHUMANS/article/view/242454 (in Thai)

Suwanwaiphatthana, W. (2016). Relationship Between Selected Factors and Depression of Adolescents in Nakhonratchasima, Thailand. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 10*(3), 129–134. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/57843 (in Thai)

Thanoi, W., Pornchaikate Au-Yeong, A., & Ondee, P. Factors affecting the mental health of the faculty of nursing students, Mahidol University. *Journal of Thailand Nursing and Midwifery Council, 27*, 60–76. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/TJONC/article/view/11632 (in Thai)

Thongbang, P. (2019). Predictive factors that influence depression amongst Sirindhorn College of Public Health Suphanburi. *Journal of Yanasangvorn Research Institute Mahamakut Buddhist University, 10*(1), 27–36. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/yri/article/view/202834 (in Thai)

Thompson, S. R., Watson, M. C., & Tilford, S. (2018). The Ottawa Charter 30 years on: Still an important standard for health promotion. *International Journal of Health Promotion and Education, 56*(2),73-84. https://doi.org/10.1080/14635240.2017.1415765

World Health Organization. (1986). *Ottawa charter for health promotion: First international conference on health promotion, the move towards a new public*. Geneva: World Health Organization

การศึกษาความสามารถในการออกแรงยกของผู้สูงอายุที่ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไป เกษตรกร และที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ โดยใช้หลักวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์

A Study of the Lifting Strength Capabilities of General Labor Farmer and Unemployed Elder Using Human Factors Engineering

ภรภัทร ศิลปศาสตร์[1] ณรงค์เดช สวนเพชร[1] และพรศิริ จงกล[1]*

Porapat Sinlapasat[1], Narongdet Suanpet[1] and Pornsiri Jongkol[1]*

[1]สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[1]Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

*Coresponding author: pornsiri@sut.ac.th

Received: September 4, 2024

Revised: October 10, 2024

Accepted: October 17, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจโดยใช้แบบสอบถามและการศึกษาเชิงการทดลอง โดยเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่ประกอบอาชีพเกษตรกร รับจ้างทั่วไป และไม่ได้ประกอบอาชีพในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) วัดความสามารถในการออกแรงยกของผู้สูงอายุ (2) ศึกษาผลกระทบของการออกแรงยกที่ระดับพื้นของผู้สูงอายุ (3) ศึกษาความแตกต่างของแรงยกที่ได้จากการวัดที่ความสูงระดับพื้นของผู้สูงอายุในอาชีพเกษตรกร รับจ้างทั่วไป และไม่ได้ประกอบอาชีพ ซึ่งดำเนินการกับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 201 คน งานวิจัยนี้ได้แบ่งประเภทของข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลการวัดสัดส่วนร่างกาย และข้อมูลการวัดความสามารถในการออกแรงยก โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่าผู้สูงอายุที่เข้าร่วมการวิจัยเป็นเพศชาย 74 คน และเพศหญิง 127 คน มีอายุเฉลี่ย 69 ปี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร 146 คน อาชีพรับจ้างทั่วไป 37 คน และไม่ได้ประกอบอาชีพ 18 คน จากข้อมูลการวัดสัดส่วนร่างกาย พบว่าเพศชายมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายมากกว่าเพศหญิงใน 4 มิติ ได้แก่ ความสูง ความยาว ความกว้าง และน้ำหนัก ซึ่งโครงสร้างทางด้านร่างกายนี้จะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการออกแรงยกชี้ให้เห็นว่าความสามารถในการออกแรงยกของผู้ที่ไม่ได้ประกอบอาชีพมีความแตกต่างกับผู้ที่ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความสามารถในการออกแรงยกของผู้ที่ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไปมีความแตกต่างกับผู้ที่ประกอบอาชีพเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามความสามารถในการออกแรงยกของผู้ที่ไม่ได้ประกอบอาชีพไม่มีความแตกต่างกับผู้ที่ประกอบอาชีพเกษตรกร ผลที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปกำหนดแนวทางในการทำงานเพื่อใช้ออกแบบงานให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุในแต่ละอาชีพได้

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ ความสามารถในการออกแรงยก รับจ้างทั่วไป เกษตรกร ไม่ได้ประกอบอาชีพ

Abstract

This research is an exploratory study utilizing questionnaires and experimental research, collecting data from a sample group of farmers, general laborers, and unemployed elders in the lower northeastern region of Thailand. The objectives are (1) to measure the lifting strength of the elderly (2) to study the effects of lifting at ground level among the elderly, and (3) to examine the differences in lifting strength measured at ground level among elderly individuals in farming, general labor, and unemployed elder. This research was conducted with a total sample of 201 participants. The research categorized the data into three parts: basic information about the sample, body measurement data, and data on lifting strength measurements, analyzed using statistical software. The findings indicate that the elderly participants included 74 males and 127 females, with an average age of 69 years. The majority were engaged in a farmer (146 participants), general labor (37 participants), and unemployed elder (18 participants). From the body dimension measurement data, it was found that males had a higher average body dimension than females in four dimensions: height, length, width, and weight, and this physical structure decreases with increasing age. Additionally, the analysis of lifting strength indicates a significant difference in lifting strength between those unemployed elders and those working as general laborers, while there is also a significant difference in lifting strength between general laborers and farmers. However, there is no significant difference in lifting strength between unemployed elders and farmers. The findings from the research can help establish guidelines for designing jobs to suit the needs of elderly people in different professions.

Keywords: elder, lifting ability, general labor, farmer, unemployed

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วทางสังคม ทำให้ในหลาย ๆ ภาคส่วนต้องปรับเปลี่ยนแนวทางเพื่อให้ตอบรับกับแนวทางการพัฒนาประเทศที่เปลี่ยนไป จากเดิมที่เป็นการใช้อุตสาหกรรมในการนำประเทศเปลี่ยนเป็นการขับเคลื่อนประเทศด้วยนวัตกรรมและเทคโนโลยี ซึ่งส่งผลต่อสถาบันครอบครัวที่มีขนาดเล็กลง เกิดรูปแบบครอบครัวใหม่ ๆ ขึ้น เกิดความเหลื่อมล้ำขึ้นในเรื่องรายได้ การใช้ชีวิต ความเป็นอยู่และสิทธิทางสังคมที่ควรได้ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรในปัจจุบันนี้ ส่งผลให้หลายประเทศทั่วโลกกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (aging society) ประเทศไทยเป็นอีกหนึ่งในประเทศที่กำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ โดยมีนิยาม “ผู้สูงอายุ” ตามพระราชบัญญัติผู้สูงอายุ 2546 หมายความว่า บุคคลซึ่งมีอายุเกินกว่า 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไปและมีสัญชาติไทย ในปี พ.ศ. 2566 ประเทศไทยมีประชากรทั้งสิ้น 66,052,615 ล้านคน เป็นเพศหญิง 33,828,607 ล้านคน เพศชาย 32,224,008 ล้านคน มีจำนวนผู้สูงอายุทั้งสิ้น 13,064,929 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 19 ของประชากรทั้งหมด ในขณะที่ประชากรไทยโดยรวมมีอัตราลดลง แต่ประชากรสูงอายุกลับเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่เร็วมาก โดยอีก 20 ปีข้างหน้า ประชากรไทยจะลดลงจาก 66 ล้านคน เหลือเพียง 60 ล้านคน แต่จำนวนประชากรผู้สูงอายุจะเพิ่มจาก 13 ล้านคน เป็น 19 ล้านคน ทำให้ก้าวเข้าสู่สังคมวัยสูงอายุอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้การพัฒนาประเทศต้องเน้นให้เกิดความสมดุลเพื่อการพัฒนาไปสู่ความมั่นคงยั่งยืน (Department of Provincial Administration, 2023)

ประเทศไทยเล็งเห็นถึงความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ตามแผนเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-พ.ศ. 2570) (Office of the National Economic and Social Development

Council, 2022) โดยการเข้าสู่สังคมสูงวัยอาจส่งผลให้ปัญหาความเหลื่อมล้ำในประเทศทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น เนื่องจากกลุ่มผู้สูงอายุมักจะมีความเหลื่อมล้ำทางรายได้สูงกว่ากลุ่มผู้มีอายุน้อย และการที่ประชากรวัยแรงงานที่มีสัดส่วนลดลงอย่างต่อเนื่อง อาจนำมาซึ่งปัญหาขาดแคลนกำลังแรงงานในประเทศ ตอกย้ำความจำเป็นในการพึ่งพาแรงงานต่างชาติมากขึ้น และส่งผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมต่อประเทศไทยอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในด้านการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ความสามารถในการแข่งขันและผลิตภาพแรงงาน รวมถึงความต้องการงบประมาณเพื่อเป็นสวัสดิการรองรับวัยเกษียณ จากอัตราการพึ่งพิงของผู้สูงอายุต่อวัยแรงงานและภาระทางการคลังในด้านการดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

การเตรียมความพร้อมในด้านสังคมและเสริมศักยภาพประชากรในทุกช่วงวัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวัยสูงอายุเพื่อให้มีคุณภาพและสามารถพึ่งพาตนเองได้ในอนาคต ผู้สูงอายุทุกคนจำเป็นต้องเอาใจใส่ดูแลตัวเองให้มากขึ้น เช่นเดียวกันกับบุตรหลานที่จำเป็นต้องให้ความระมัดระวัง และดูแลเอาใจใส่ผู้สูงอายุเป็นอย่างดี เพราะการเปลี่ยนแปลงของผู้สูงอายุประกอบไปด้วยการเปลี่ยนในปัจจัยหลายด้าน ทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคมและเศรษฐกิจของผู้สูงอายุ ซึ่งทางด้านร่างกายเป็นด้านที่เปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด เช่น โรคเกี่ยวกับการเสื่อมของกระดูก การสูญเสียมวลกล้ามเนื้อและกำลังกล้ามเนื้อจะเห็นเด่นชัดขึ้นเมื่ออายุ 50 ปีขึ้นไป และจะเกิดเร็วขึ้นเมื่ออายุ 60 ปี ขึ้นไป ซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถทางกาย ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ (V. Kupnirattisaikul, 2015)

การสูญเสียมวลกล้ามเนื้อและกำลังกล้ามเนื้อ ในทุกส่วนของร่างกายมักเกิดขึ้นในผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุหลายคนจึงประสบกับปัญหาที่อาจส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวัน ขณะที่คนปกติโดยทั่วไปจะมีมวลกล้ามเนื้อสูงที่สุด (peak muscle mass) ในช่วงอายุ 30–40 ปี หลังจากอายุ 40 ปี มวลกล้ามเนื้อจะเริ่มลดลงร้อยละ 1–2 ต่อปี และจะพบการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงอายุ 50–60 ปีขึ้นไป ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะลดลงประมาณร้อยละ 1.5 ต่อปี และลดลงเร็วขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้นจนเริ่มมีผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันหลังอายุ 65 ปี (Bangkok Hospital, 2018) ซึ่งอาจทำให้ผู้สูงอายุได้รับบาดเจ็บจากการใช้แรงที่เกินกำลังของกล้ามเนื้อส่วนนั้น ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาความสามารถในการออกแรงยกของผู้สูงอายุในอาชีพต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบวิธีการทำงานของผู้สูงอายุ อันจะส่งผลให้ผู้สูงอายุดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างปลอดภัยและใช้ชีวิตในสังคมได้อย่างปกติสุข

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวัดความสามารถในการออกแรงยกของผู้สูงอายุในอาชีพรับจ้างทั่วไป เกษตรกร และที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ

2. เพื่อศึกษาผลกระทบของการออกแรงยกที่ระดับพื้นของผู้สูงอายุในอาชีพรับจ้างทั่วไป เกษตรกร และที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ

3. เพื่อศึกษาความแตกต่างของแรงยกที่ได้จากการวัดที่ความสูงระดับพื้นของผู้สูงอายุในอาชีพรับจ้างทั่วไป เกษตรกร และที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ

แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์

การยศาสตร์ (ergonomics) หรือวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ (human factors engineering) หมายถึง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคนกับสิ่งแวดล้อมในสภาวะการทำงานต่าง ๆ โดยการประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพของมนุษย์มาประสานเข้ากับองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมและกลศาสตร์เพื่อนำมาออกแบบและจัดสภาพการปฏิบัติงานให้เกิดความเหมาะสมกับความสามารถและข้อจำกัดของร่างกายผู้ปฏิบัติงาน ทั้งนี้เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานเป็นสำคัญเพื่อให้เกิดความสะดวกสบายและมีคุณภาพชีวิตในการทำงานที่ดีไม่เกิดความเมื่อยล้าและลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุและโรคจากการทำงานลง (Boriboonsuksri, 2020) ลักษณะที่สำคัญของมนุษย์ในหลักวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์มี 2 เรื่อง คือ ความสามารถในการออกแรงและสัดส่วนร่างกาย

2. การวัดสัดส่วนร่างกาย

การวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในสภาวะหยุดนิ่งเป็นวิธีการที่นิยมมากกว่าการวัดแบบเคลื่อนไหว โดยการวัดขนาดลำตัว ศีรษะ แขน ขา ทั้งท่ายืนและท่านั่งที่มีการกำหนดจุดไว้แน่นอนและเป็นมาตรฐาน ซึ่งมีหลายหน่วย

งานได้กำหนดค่ามาตรฐาน เช่น มาตรฐานขององค์การมาตรฐานสากลระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization–ISO) โดยมีการวัดทั้งท่ายืนและท่านั่ง 39 รายการ มาตรฐานทางทหารของกองทัพสหรัฐอเมริกา (MIL-STD-1472D) มีจำนวนการวัด 91 รายการ และมาตรฐานเยอรมันมีจำนวนการวัดรวม 56 รายการเป็นต้น (DIN, 1978 as cited in Sippaphakul, 2005)

3. ความสามารถในการออกแรง

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หมายถึงความสามารถในการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อในการออกแรงสูงสุด (maximal force) โดยใช้หน่วยวัดเป็นนิวตันหรือกิโลกรัม สามารถวัดได้จากเครื่องมือหลาย ๆ แบบ เช่น Handgrip Dynamometer Back and Leg Dynamometer เป็นต้น การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มกล้ามเนื้อเฉพาะและมุมของข้อต่อ ดังนั้นความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้งหมดจึงมีขีดจำกัด และการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อวัดจากแรงสูงสุด (peak force) ซึ่งความหมายของความแข็งแรง หมายถึง ความสามารถในการใช้แรงสูงสุดในการทำงานเพียงครั้งเดียว มี 2 ลักษณะ (Suksai, 2011) คือ

1) ความแข็งแรงแบบสถิต หรือความแข็งแรงแบบอยู่กับที่ (isometric or static strength) หมายถึงลักษณะของการใช้แรงจำนวนสูงสุดในครั้งเดียวที่บุคคลสามารถกระทำต่อแรงต้านทานชนิดอยู่กับที่ ในขณะที่กล้ามเนื้อทั้งหมดกำลังหดตัว

2) ความแข็งแรงแบบพลวัต หรือความแข็งแรงแบบไม่อยู่กับที่ (isotonic or dynamic strength) หมายถึง จำนวนความต้านทานที่บุคคลสามารถกระทำให้ผ่านพ้นไปได้ระหว่างการใช้แรงในขณะมีการเคลื่อนที่อย่างเต็มแรงของข้อต่อเฉพาะแห่งหรือข้อต่อหลาย ๆ แห่งของร่างกายรวมอยู่ด้วย

4. การแบ่งช่วงอายุ

พระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ. 2546 กำหนดให้บุคคลที่มีอายุ 60 ปี บริบูรณ์และมีสัญชาติไทย เป็นผู้สูงวัยหรือผู้สูงอายุ (Otaganon, 2019) โดยแบ่งกลุ่มผู้สูงอายุเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1) ผู้สูงอายุวัยต้น (อายุ 60-69 ปี) เป็นช่วงที่ยังมีพลังช่วยเหลือตนเองได้

2) ผู้สูงอายุวัยกลาง (อายุ 70-79 ปี) เริ่มเข้าสู่วัยเสื่อม คือ เริ่มมีอาการเจ็บป่วย ร่างกายเริ่มอ่อนแอ มีโรคประจำตัวหรือโรคเรื้อรัง

3) ผู้สูงอายุวัยปลาย (อายุ 80 ปีขึ้นไป) เข้าสู่วัยเสื่อม เจ็บป่วยบ่อยขึ้น อวัยวะเสื่อมสภาพ อาจมีภาวะทุพพลภาพ

5. กระบวนการชราภาพ

กระบวนการชราภาพ (aging process) เป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนและมีความแตกต่างกันในแต่ละคน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในร่างกายตั้งแต่ระดับเซลล์ เนื้อเยื่อ จนถึงอวัยวะ โดยการเปลี่ยนแปลงเกิดจากอิทธิพลของปัจจัยภายใน ได้แก่ พันธุกรรม และปัจจัยภายนอก ได้แก่ สิ่งแวดล้อม วิถีการดำเนินชีวิต ความเครียด เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในวัยสูงอายุมี 3 ด้าน ดังนี้ (Department of Older Person, 2024)

- ด้านร่างกาย ระบบต่าง ๆ ทำงานลดลง ส่งผลให้ร่างกายเสื่อมถอยลง เคลื่อนไหวได้ช้าลง กำลังน้อยลง รวมไปถึงกระดูกที่ผุกร่อนและกล้ามเนื้อที่ลีบเล็กลง

- ด้านจิตใจ มักยึดติดกับเหตุผลของตัวเอง เรียนรู้สิ่งใหม่ๆได้ยาก มีการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ หงุดหงิดง่าย โกรธง่าย และซึมเศร้า หมกมุ่นเรื่องของตนเอง ทั้งเรื่องในอดีตและอนาคต สนใจสิ่งแวดล้อมน้อยลง ผู้สูงอายุมักสนใจเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับตนเองมากกว่าเรื่องของผู้อื่น

- ด้านสังคม ภาระหน้าที่และบทบาททางสังคมลดน้อยลงทำให้ผู้สูงอายุห่างจากสังคม อีกทั้งคนส่วนใหญ่มักมองว่าผู้สูงอายุมีสมรรถภาพและความสามารถลดน้อยลง จึงไม่ให้ความสำคัญหรือใส่ใจมากนัก จากบทบาทผู้นำในครอบครัว จะกลายเป็นผู้ตามหรือผู้อาศัยในครอบครัว

6. การทบทวนวรรณกรรม

งานที่เกี่ยวข้องกับการใช้แรงกายในการทำงาน เช่น การยก การแบก การหาม การดึง เป็นต้น (Deros et al.,

2015) ที่มีลักษณะการทำงานเป็นระยะเวลานาน ท่าทางในการทำงานผิดปกติ ทำงานซ้ำ ๆ และออกแรงมากเกินไป อาจส่งผลให้เกิดปัญหาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูก (Gupta, 2021) ในงานวิจัยของ Holmberg et al. (2002) ประเทศสวีเดนได้สำรวจความชุกของอาการบาดเจ็บจากปัญหากระดูกและกล้ามเนื้อของเกษตรกรชายจำนวน 918 คน ที่ประกอบอาชีพฟาร์มโคนม ปลูกพืช ฟาร์มหมู เลี้ยงวัว และเบ็ดเตล็ด กับผู้ที่ไม่ได้ประกอบอาชีพเกษตรกว่า 665 คน มีอายุเฉลี่ย 50.3 ปีในเกษตรกร และมีอายุเฉลี่ย 50.2 ปี สำหรับผู้ที่ไม่ได้ประกอบอาชีพเกษตรกร การวิจัยพบว่ามีการรายงานปัญหากล้ามเนื้อและกระดูกในหมู่เกษตรกรสูงกว่าผู้ที่ไม่ใช่เกษตรกร 51% โดยเกษตรกรกว่า 68.3% มีรายงานพบปัญหากระดูกและกล้ามเนื้อสูงสุดที่บริเวณหลังส่วนล่าง เช่นเดียวกับผู้ที่ไม่ใช่เกษตรกรในลักษณะเดียวกันที่ 58.3% นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Phajan et al. (2014) ได้ศึกษาปัญหาความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเกษตรกรหญิงผู้ปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผ่านแบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิก พบว่าเกษตรกรมีอายุเฉลี่ย 44.75 ปี โดยในช่วงระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมาพบการบาดเจ็บ 88.70% ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บอย่างมีนัยสำคัญที่มีค่า (P-value <0.05) ได้แก่ การทำงานด้วยการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ การทำงานในท่าทางที่ผิดปกติ การออกแรงในการทำงานที่มากเกินไป และความเครียดเรื่องรายได้ในอนาคต ขณะที่ในการศึกษาปัญหาการบาดเจ็บในงานวิจัยของ Boonprakorn et al. (2023) ได้ศึกษาปัญหาการบาดเจ็บกล้ามเนื้อของผู้สูงอายุในเขตพื้นที่จังหวัดเลย จำนวน 498 คน เป็นเพศชาย 178 คน และเพศหญิง 320 คน มีอายุเฉลี่ย 70.1 ปี ด้วยแบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ พบว่าผู้สูงอายุร้อยละ 68.07 ประกอบอาชีพแม่บ้านหรือไม่ได้ประกอบอาชีพ รองลงมาประกอบอาชีพเกษตรกรร้อยละ 19.49 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้สูงอายุส่วนใหญ่เคยได้รับการบาดเจ็บจากการใช้ชีวิตประจำวัน คิดเป็นร้อยละ 43.80 ตำแหน่งที่ผู้สูงอายุได้รับบาดเจ็บมากที่สุด คือ ต้นขา ร้อยละ 35.34 ซึ่งลักษณะของการบาดเจ็บที่พบมากที่สุดคือ กล้ามเนื้ออักเสบ คิดเป็นร้อยละ 41.77 ทั้งนี้เมื่อเกิดการบาดเจ็บกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุ กระบวนการสร้างกล้ามเนื้อและการฟื้นฟูกล้ามเนื้อนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ช้ากว่ากลุ่มวัยรุ่นหรือกลุ่มวัยทำงาน

จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าวข้างต้นเห็นได้ว่าการศึกษาความสามารถในการทำงานเป็นสิ่งที่จำเป็นในการช่วยลดปัญหาอาการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นในการทำงาน ดังนั้นการประเมินค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในส่วนที่ใช้ในการทำงานจึงเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากทำให้ทราบถึงระดับขีดความสามารถในการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บต่อร่างกาย นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลไปช่วยในการออกแบบการทำงาน เครื่องมือ หรือเครื่องจักร เพื่อให้มีความเหมาะสมกับผู้ที่ประกอบอาชีพในแต่ละกลุ่ม เพื่อลดการออกแรงเกินระดับขีดความสามารถของแต่ละบุคคลในการทำงาน (Chaffin & Park, 1973)

สมมติฐานการวิจัย

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ เมื่อ $i \neq j$ และ i, j = 1, 2, 3

เมื่อ μ_1 = ความสามารถในการออกแรงยกเฉลี่ยของผู้ที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ

μ_2 = ความสามารถในการออกแรงยกเฉลี่ยของอาชีพรับจ้างทั่วไป

μ_3 = ความสามารถในการออกแรงยกเฉลี่ยของอาชีพเกษตรกร

โดยมีระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

การวิจัยครั้งนี้ศึกษากลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่ประกอบอาชีพเกษตรกร รับจ้างทั่วไป และที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ ในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ โดยคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างจากหลักการของ Yamane ที่ความคลาดเคลื่อน 10% (Yamane, 1973) จากจำนวนประชากรผู้สูงอายุทั้ง 4 จังหวัด จำนวนทั้งสิ้น 1,265,901 คน (Department of Older Person, 2023) พบว่า ได้กลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำ 99.992 คน หรือประมาณ 100 คน แต่เนื่องจากข้อมูลในแต่ละอาชีพมีตัวอย่างค่อนข้างน้อย จึงได้เก็บข้อมูลเพิ่มเพื่อให้เกิดความแม่นยำของข้อมูลจนได้จำนวนรวมทั้งสิ้น 201 คน ซึ่งได้คัดเลือกโดยการสุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิงที่มีสุขภาพดีตามความพร้อมและความเต็มใจที่จะเข้าร่วม โดยมีอายุ 60 ปีขึ้นไป

กรอบแนวคิดการวิจัย

ภาพ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาเชิงสำรวจโดยใช้แบบสอบถามและการศึกษาเชิงการทดลอง ได้แก่ การวัดสัดส่วนร่างกาย และการวัดความสามารถในการออกแรงยก

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ศึกษากลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่ประกอบอาชีพเกษตรกร รับจ้างทั่วไป และที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ ในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ โดยคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างจากหลักการของ Yamane ที่ความคลาดเคลื่อน 10% (Yamane, 1973) จากจำนวนประชากรผู้สูงอายุทั้ง 4 จังหวัด จำนวนทั้งสิ้น 1,265,901 คน (Department of Older Person, 2023) พบว่า ได้กลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำ 99.992 คน หรือประมาณ 100 คน แต่เนื่องจากข้อมูลในแต่ละอาชีพมีตัวอย่างค่อนข้างน้อย จึงได้เก็บข้อมูลเพิ่มเพื่อให้เกิดความแม่นยำของข้อมูลจนได้จำนวนรวมทั้งสิ้น 201 คน ซึ่งได้คัดเลือกโดยการสุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิงที่มีสุขภาพดีตามความพร้อมและความเต็มใจที่จะเข้าร่วม โดยมีอายุ 60 ปีขึ้นไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยจำแนกตามการใช้งานมี 3 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 การเก็บข้อมูลพื้นฐานด้วยแบบสอบถาม เช่น อายุ เพศ ระดับการศึกษา อาชีพ เป็นต้น

ประเภทที่ 2 การศึกษาสัดส่วนร่างกายด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย (anthropometer) (ภาพ 2) และเครื่องชั่งน้ำหนัก (ภาพ 3)

ประเภทที่ 3 อุปกรณ์วัดความสามารถในการออกแรงยกด้วยเครื่องวัดกำลังสถิตในการทำการวิจัยรุ่นที่ใช้ คือ Jackson Strength Evaluation System 32628 (Lafayette instrument) (ภาพ 4)

ภาพ 2 เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย

ภาพ 3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

ภาพ 4 เครื่องวัดกำลังสถิต

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลในช่วงเดือนมกราคม 2566 - ธันวาคม 2566 โดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยที่ผ่านการอบรมการใช้งานเครื่องมือและอุปกรณ์ก่อนดำเนินการเก็บข้อมูล นอกจากนี้ก่อนลงเก็บข้อมูลได้ทำหนังสือขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล และขอคำยินยอมจากตัวอย่างก่อนดำเนินการเก็บข้อมูล ทั้งนี้ได้รับความเห็นชอบให้ดำเนินการวิจัยโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงยกของผู้สูงอายุ มีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1. ผู้สูงอายุยืนบนฐานของเครื่องวัดกำลังสถิต ใช้มือทั้งสองข้างจับอุปกรณ์ด้ามจับในท่าหงายมือ โดยมีการปรับระดับของโซ่ที่ยึดติดอยู่กับ Load Cell ให้อยู่ในระดับติดกับฐานของเครื่องวัดกำลังสถิต

2. ผู้สูงอายุยืนย่อเข่าและแยกขาออกไม่เกินกว่าระยะความกว้างของไหล่ หลังและแขนตรง มองตรง เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณให้เริ่มออกแรงยก ให้ผู้สูงอายุสร้างแรงยกขึ้นโดยไม่กระตุกภายใน 2 วินาที และคงแรงสูงสุดไว้เป็นเวลา 3 วินาที ไม่แอ่นหลังและลำตัวตรง ผู้สูงอายุจะได้ยินเสียงสัญญาณให้หยุด ค่าที่ได้จากการออกแรงยกจะปรากฏบนหน้าจอเครื่องวัดกำลังสถิต ทำการอ่านค่าและบันทึกผล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละการทดสอบจะทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยการคำนวณหา ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยแบ่งเป็นข้อมูลเพศชายและเพศหญิง และทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของความสามารถในการออกแรงยกในแต่ละอาชีพด้วยโปรแกรม SPSS

ผลการวิจัย

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้สูงอายุที่เข้าร่วมการวิจัยมีจำนวนทั้งสิ้น 201 คน แบ่งออกเป็นเพศชาย 74 คน (ร้อยละ 36.82) และเพศหญิง 127 คน (ร้อยละ 63.18) ช่วงอายุของผู้เข้าร่วมวิจัยพบมากที่สุดในช่วงอายุระหว่าง 60–69 ปี จำนวน 121 คน (ร้อยละ 60.20) มีดัชนีมวลกายมากที่สุดอยู่ระหว่าง 25–29.9 จำนวน 65 คน (ร้อยละ 32.34) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร 146 คน (ร้อยละ 72.64) อาชีพรับจ้างทั่วไป 37 คน (ร้อยละ 18.41) และที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ 18 คน (ร้อยละ 8.96) ระดับการศึกษาส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 89.55 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา (ตาราง 1)

ข้อมูลการวัดสัดส่วนร่างกาย

จากการสำรวจพบว่า ผู้สูงอายุเพศชายมีน้ำหนักเฉลี่ย 60.39 กิโลกรัม และผู้สูงอายุเพศหญิงมีน้ำหนักเฉลี่ย 55.20 กิโลกรัม ในขณะที่ผู้สูงอายุเพศชายมีส่วนสูงเฉลี่ย 161.23 เซนติเมตร และผู้สูงอายุเพศหญิงมีส่วนสูงเฉลี่ย 154.40 เซนติเมตร

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลกับช่วงอายุของแต่ละเพศ พบว่า เพศชายช่วงอายุ 60 ปี ถึง 69 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ย 63.3 กิโลกรัม มีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 162.6 เซนติเมตร ช่วงอายุ 70 ปี ถึง 79 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ย 58 กิโลกรัม มีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 160.2 เซนติเมตร และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป มีน้ำหนักเฉลี่ย 52.8 กิโลกรัม มีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 157.3 เซนติเมตร ขณะที่เพศหญิงช่วงอายุ 60 ปี ถึง 69 ปี มี

น้ำหนักเฉลี่ย 57.3 กิโลกรัม มีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 157.4 เซนติเมตร ช่วงอายุ 70 ปี ถึง 79 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ย 53.4 กิโลกรัม มีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 150.2 เซนติเมตร และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป มีน้ำหนักเฉลี่ย 45 กิโลกรัม มีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 145.7 เซนติเมตร จากข้อมูลการเปรียบเทียบในแต่ละช่วงอายุของผู้สูงอายุบ่งชี้ว่าเมื่อผู้สูงอายุมีอายุที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักและส่วนสูงจะลดลงตามไปด้วยทั้งในเพศชายและเพศหญิง (ภาพ 5 และภาพ 6)

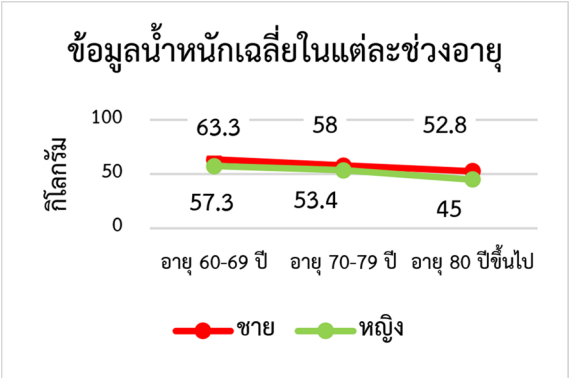
จากข้อมูลในตาราง 2 การวัดสัดส่วนร่างกายที่ความสูง 4 ระดับ พบว่า เพศชายมีค่าเฉลี่ยความสูงระดับข้อนิ้ว 70.23 เซนติเมตร ในขณะที่เพศหญิงมีค่าเฉลี่ยความสูงระดับข้อนิ้ว 66.18 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความสูงระดับศอกของเพศชาย 100.62 เซนติเมตร เพศหญิงมีค่าเฉลี่ยความสูงระดับศอก 94.10 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความสูงระดับไหล่ของเพศชาย 133.96 เซนติเมตร เพศหญิงมีค่าเฉลี่ยระดับไหล่ 125.80 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความสูงระดับสายตาของเพศชายเท่ากับ 148.96 เซนติเมตร และเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยระดับสายตา 139.80 เซนติเมตร ซึ่งข้อมูลบ่งชี้ว่า ค่าเฉลี่ยในเพศชายมีค่าสูงกว่าเพศหญิงในทุกระดับความสูง และเพิ่มมากขึ้นตามระดับความสูงที่เปลี่ยนไป

ข้อมูลการวัดความสามารถในการออกแรง

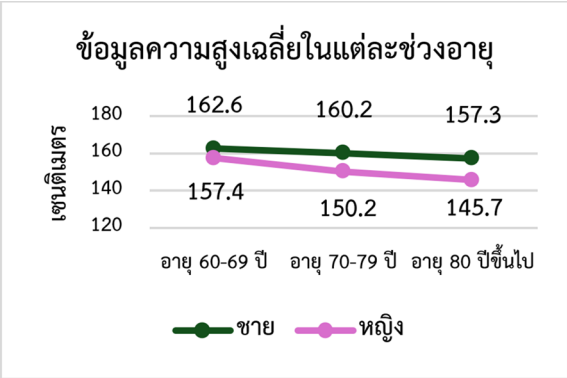
จากการทดสอบความสามารถในการออกแรงของผู้สูงอายุในแต่ละอาชีพ พบว่าในเพศชายอาชีพรับจ้างทั่วไปมีค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกมากที่สุดเท่ากับ 27.43 กิโลกรัม เช่นเดียวกันกับในเพศหญิงที่อาชีพรับจ้างทั่วไปมีค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกมากที่สุดเท่ากับ 19.95 กิโลกรัม ส่วนอาชีพที่มีค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกน้อยที่สุดในเพศชาย คือ ผู้สูงอายุที่ไม่ได้ประกอบอาชีพซึ่งมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการออกแรงยกอยู่ที่ 16.33 กิโลกรัม แตกต่างจากในเพศหญิงที่ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกน้อยที่สุดนั้นพบในผู้ที่ประกอบอาชีพเกษตรกร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการออกแรงยกอยู่ที่ 13.23 กิโลกรัม (ตาราง 3) ข้อมูลค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดน้ำหนักหรือภาระงานของผู้สูงอายุในแต่ละอาชีพ เช่น การกำหนดน้ำหนักวัสดุ สิ่งของ เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ที่เกษตรกรผู้สูงอายุหรือผู้สูงอายุที่ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไปสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยไม่ส่งผลต่อความปลอดภัยและการบาดเจ็บ อีกทั้งข้อมูลสามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกให้กับผู้สูงอายุที่ไม่ได้ประกอบอาชีพเพื่อลดภาวะการพึ่งพาผู้อื่นของผู้สูงอายุ

ตาราง 1
ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร	จำนวน (ร้อยละ)
เพศ	
ชาย	74 (36.82)
หญิง	127 (63.18)
อายุ (ปี)	
60 – 69 ปี	121 (60.20)
70 – 79 ปี	62 (30.85)
80 ปีขึ้นไป	18 (8.96)
ดัชนีมวลกาย	
ต่ำกว่า 18.5	18 (8.96)
18.5 – 22.9	63 (31.34)
23 – 24.9	46 (22.89)
25 – 29.9	65 (32.34)
สูงกว่า 30	9 (4.48)
อาชีพ	
ไม่ได้ประกอบอาชีพ	18 (8.96)
รับจ้างทั่วไป	37 (18.41)
เกษตรกร	146 (72.64)
ระดับการศึกษา	
ไม่ได้เรียน	4 (1.99)
ประถมศึกษา	180 (89.55)
มัธยมศึกษาตอนต้น	5 (2.49)
มัธยมศึกษาตอนปลาย	8 (3.98)
ปวช.	1 (0.50)
ปริญญาตรี	3 (1.49)



ภาพ 5 ข้อมูลน้ำหนักแต่ละเพศ ในแต่ละช่วงอายุ



ภาพ 6 ข้อมูลส่วนสูงแต่ละเพศ ในแต่ละช่วงอายุ

ตาราง 2

สัดส่วนร่างกายของผู้สูงอายุตามระดับความสูง 4 ระดับ

ลำดับ	รายการ ระดับความสูง	เพศชาย (ซม.) จำนวน 74 คน		เพศหญิง (ซม.) จำนวน 127 คน		รวม (ซม.) จำนวน 201 คน	
		ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	ระดับข้อนิ้ว	70.23	±5.23	66.18	±5.33	67.67	±5.63
2	ระดับศอก	100.62	±5.55	94.10	±5.11	96.50	±6.13
3	ระดับไหล่	133.96	±6.20	125.80	±5.07	128.80	±6.77
4	ระดับสายตา	148.96	±5.65	139.80	±5.33	143.17	±7.01

ตาราง 3

ความสามารถในการออกแรงยกที่ความสูงระดับพื้นของผู้สูงอายุในแต่ละอาชีพ

อาชีพ	เพศชาย			เพศหญิง		
	ค่าเฉลี่ย		ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย		ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	กิโลกรัม	นิวตัน		กิโลกรัม	นิวตัน	
ไม่ได้ประกอบอาชีพ จำนวน 18 คน	16.33	160.14	±7.98	16.25	159.36	±7.80
รับจ้างทั่วไป จำนวน 37 คน	27.43	269	±10.70	19.95	195.64	±7.32
เกษตรกร จำนวน 146 คน	22.97	225.26	±9.35	13.23	129.74	±6.65

ข้อมูลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการออกแรงยกที่ความสูงระดับพื้นของผู้สูงอายุทั้งในเพศชายและเพศหญิงที่ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไป เกษตรกร และที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ ด้วยการทดสอบการวิเคราะห์ความแตกต่างของความสามารถในการออกแรงยกเฉลี่ยของกลุ่มอาชีพทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีระดับนัยสำคัญที่ (P-Value =0.002) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า ($\alpha = 0.05$) หมายความว่าความสามารถในการออกแรงยกเฉลี่ยของกลุ่มอาชีพรับจ้างทั่วไป เกษตรกร และที่ไม่ได้ประกอบอาชีพมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ (P-Value=0.05) (ตาราง 4) เมื่อพบว่า มีค่าเฉลี่ยของข้อมูลอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่แตกต่างกัน จึงได้ทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) พบว่า ความสามารถในการออกแรงยกของผู้ที่ไม่ได้ประกอบอาชีพมีความแตกต่างกับผู้ที่ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญที่ (P-Value=0.045) ขณะที่ความสามารถในการออกแรงยกของผู้ที่ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไปมีความแตกต่างกับผู้ที่ประกอบอาชีพเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญที่ (P-Value=0.001) อย่างไรก็ตามความสามารถในการออกแรงยกของผู้ที่ไม่ได้ประกอบอาชีพไม่มีความแตกต่างกับผู้ที่ประกอบอาชีพเกษตรกร (ตาราง 5)

ตาราง 4

การทดสอบความแตกต่างของความสามารถในการออกแรงเฉลี่ยของผู้สูงอายุทั้งในเพศชายและเพศหญิงที่ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไป เกษตรกร และที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ

การวิเคราะห์ความแปรปรวน					
แหล่งความแปรปรวน	**ผลบวกของคะแนนเบี่ยงเบนยกกำลังสอง**	**ค่าองศาอิสระ**	**ค่าเฉลี่ยยกกำลังสอง**	**F**	**ระดับนัยสำคัญ**
อาชีพ	1050.666	2	525.333	6.578	0.002
ความคลาดเคลื่อน	15813.527	198	79.866		
รวม	16864.193	200			

ตาราง 5

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของความสามารถในการออกแรงยกที่ความสูงระดับพื้นของผู้สูงอายุทั้งในเพศชายและเพศหญิงที่ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไป เกษตรกร และที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ

ผลการเปรียบเทียบพหุ						
ตัวแปรตาม: ความสูงระดับพื้น						
การวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey HSD						
(I) อาชีพ	**(J) อาชีพ**	**ค่าความแตกต่างเฉลี่ย (I-J)**	**ค่าความคลาดเคลื่อน**	**ระดับนัยสำคัญ**	**ระดับความเชื่อมั่น 95%**	
					ขอบเขตล่าง	**ขอบเขตบน**
ไม่ได้ประกอบอาชีพ	รับจ้างทั่วไป	-6.16997*	2.56818	0.045	-12.2347	-0.1053
	เกษตรกร	-0.30875	2.23250	0.990	-5.5807	4.9632
รับจ้างทั่วไป	ไม่ได้ประกอบอาชีพ	6.16997*	2.56818	0.045	0.1053	12.2347
	เกษตรกร	5.86122*	1.64486	0.001	1.9769	9.7455
เกษตรกร	ไม่ได้ประกอบอาชีพ	0.30875	2.23250	0.990	-4.9632	5.5807
	รับจ้างทั่วไป	-5.86122*	1.64486	0.001	-9.7455	-1.9769

การอภิปรายผล

การวัดสัดส่วนร่างกายในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าร่างกายของผู้สูงอายุนั้นมีขนาดลดลงตามช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้น แนวโน้มดังกล่าวตรงกันกับการศึกษาของ Suriah et al. (1998) ในมาเลเซียที่พบว่าส่วนสูงของผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิงลดลง อันเนื่องมาจากการเสื่อมถอยของลักษณะทางกายภาพ

นอกจากนี้ข้อมูลในงานวิจัยนี้พบว่า ขนาดสัดส่วนร่างกาย ได้แก่ ความสูง ความยาว และความกว้าง ของผู้สูงอายุเพศชายมีขนาดใหญ่กว่าผู้สูงอายุเพศหญิง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaewdok et al. (2022) ที่พบว่า ผู้สูงอายุเพศชายที่ประกอบอาชีพเกษตรกรมีสัดส่วนร่างกายขนาดใหญ่กว่าเกษตรกรผู้สูงอายุเพศหญิง ใน 8 สัดส่วน ได้แก่ ความสูงพื้นถึงศีรษะ ความสูงระดับสายตา ความสูงระดับไหล่ ความสูงระดับข้อศอก ความสูงระดับข้อนิ้วมือ ความยาวมือ ความกว้างมือ และความกว้างของการกำมือ ผลการศึกษานี้คล้ายกับการศึกษาก่อนหน้านี้ในงานวิจัยของ Syuaib (2015) ในประเทศอินโดนีเซีย และงานวิจัยของ Hu et al. (2007) ในประเทศจีน อย่างไรก็ตามขนาดสัดส่วนร่างกายยังคงมีความแตกต่างกับผู้สูงอายุในออสเตรเลียเพียงเล็กน้อยที่เกิดขึ้นในงานวิจัยของ Kothiyal and Tettey (2001)

ความสามารถในการออกแรงยกของผู้สูงอายุในงานวิจัยนี้ มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยในงานวิจัยของ Matheson et al. (2013) ที่ทำการศึกษาการทดสอบความสามารถในการยก (EPIC Lift Capacity test: ELC) เพื่อประเมินความสามารถในการยกตามความต้องการในการทำงานที่จำเป็นสำหรับการยกของเป็นครั้งคราวหรือบ่อยครั้ง โดยใช้วิธีมาตรฐานสำหรับการยกของจากเอวถึงไหล่ จากพื้นถึงเอว และจากพื้นถึงไหล่ โดยทำซ้ำ 1 ครั้งต่อรอบและ 4 ครั้งต่อรอบ โดยได้ศึกษากับกลุ่มตัวอย่าง 4,443 คน ที่มีช่วงอายุระหว่าง 15-65 ปี เป็นกลุ่มอาสาสมัครจากแคนาดา สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร จีน ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ การวิจัยได้แบ่งกลุ่มผู้ทดสอบออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งในกลุ่มของผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป มีผู้เข้าร่วมทั้งสิ้นจำนวน 27 คน พบว่า ค่าเฉลี่ยความสามารถในการออกแรงยกของผู้ที่มีอายุมากกว่า 60 ปี ในเพศชาย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 17 – 32 กิโลกรัม ขณะที่ในเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกอยู่ในช่วง 12-20 กิโลกรัม ถึงแม้ว่าผลค่าเฉลี่ยที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ใช้วิธีในการประเมินที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยของ Matheson จะใช้การประเมินน้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum Acceptable Weight--MAW) รวมอยู่ด้วย

การทบทวนวรรณกรรมของค่าเฉลี่ยความแตกต่างของแรงยกในแต่ละอาชีพเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้พบว่า งานวิจัยในประเทศเกาหลีของ Jeong et al. (2023) ความสามารถในการออกแรงยกของเกษตรกรสูงอายุ ในการยกที่ความสูงระดับเข่ามีค่าเฉลี่ยของแรงยกมากกว่าในงานวิจัยนี้ 2 เท่า แต่ถ้าหากเปรียบเทียบที่ระดับความสูงเดียวกันกับงานวิจัยนี้ค่าที่ได้จะมีความใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากการยกที่ความสูงระดับพื้นแรงที่ได้จะเป็นครึ่งหนึ่งของความสูงที่ระดับเข่าขึ้นไป (Davies, 1972)

ข้อมูลความสามารถในการออกแรงยกที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบงาน โดยใช้หลักวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์ได้ Konz (1995) ได้เสนอแนะว่าหากใช้แรงประมาณ 10% ของค่าความสามารถในการออกแรงยกสูงสุดจะสามารถทำงานได้เป็นระยะเวลานาน ตัวอย่างเช่น เกษตรกรที่มีความสามารถในการออกยกแรงสูงสุดเท่ากับ 20 กิโลกรัม ควรใช้แรงยกในการทำงานไม่เกิน 2 กิโลกรัมต่อครั้งในการทำงานออกแรงตลอดทั้งวัน เป็นดังตาราง 6

ตาราง 6

ตัวอย่างค่าแรงที่แนะนำในการออกแรงยกต่อครั้งตลอดการทำงานทั้งวันของผู้สูงอายุในแต่ละอาชีพ

อาชีพ	ความสามารถในการออกแรงยกเฉลี่ย (กิโลกรัม)		แรงยกที่แนะนำ (กิโลกรัม/ครั้ง)	
	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
ไม่ได้ประกอบอาชีพ	16.33	16.25	1.63	1.62
รับจ้างทั่วไป	27.43	19.95	2.74	1.99
เกษตรกร	22.97	13.23	2.29	1.32

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคตมี ดังนี้

1. เพิ่มจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มอาชีพให้มีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้ผลของการทดลองมีความแม่นยำและถูกต้องมากขึ้น

2. เพิ่มเติมตำแหน่งของสัดส่วนร่างกาย เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านกายภาพที่เกี่ยวข้อง

3. เพิ่มเติมระดับความสูงและมุมในการออกแรงยกในระดับที่แตกต่างกัน เพื่อใช้อ้างอิงให้ตรงกับลักษณะการทำงานของผู้สูงอายุ

4. ศึกษาปัจจัยเพิ่มเติมอื่น ๆ เช่น โรคประจำตัว อาการบาดเจ็บ เป็นต้น

5. เพิ่มจำนวนการประกอบอาชีพของผู้สูงอายุที่มีอยู่ในประเทศไทยให้ครอบคลุมมากขึ้น เพื่อกำหนดแนวทางในการทำงานให้มีประสิทธิภาพและเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้สูงอายุมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ(วช.) ประจำปีงบประมาณ 2563 (ทุนบัณฑิต วช.) รหัสโครงการ NRIIS: 12471

References

Bangkok Hospital. (2018). *Sarcopenia in the elderly*. Retrieved from https://shorturl.asia/CNBYF. (in Thai)

Boonprakorn, K., Sawangwong, J., & Peandsikum, W. (2023). Elderly people's injured muscles in Loei Province. *Journal of MCU Ubon Review, 8*(2), 691-700. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/mcjou/article/view/267112/179037 (in Thai)

Boriboonsuksri, P. (2020). *Ergonomics or human factors engineering*. Retrieved from https://shorturl.asia/DhEPb. (in Thai)

Chaffin, D. B., & Park, K. S. (1973). A longitudinal study of low-back pain as associated with occupational weight lifting factors. *American Industrial Hygiene Association journal, 34*(12), 513–525. https://doi.org/10.1080/0002889738506892

Davies B. T. (1972). Moving loads manually. *Applied ergonomics, 3*(4), 190–194. https://doi.org/10.1016/0003-6870(72)90099-3.

Department of Older person. (2023). *Number of Thai elderly people, provincial-district level, December 2022*. Retrieved from: https://www.dop.go.th/th/statistics_side?content=1&sub=1 (in Thai)

Department of Older person. (2024). *The process of aging and changes in old age*. Retrieved from https://shorturl.asia/Vrflk. (in Thai)

Department of Provincial Administration. (2023). *Population statistics*. Retrieved from https://shorturl.asia/a6jQd (in Thai)

Deros, B. Md., Daruis, D. D. I., & Basir, I.M. (2015). A study on ergonomic awareness among workers performing manual material handling activities. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 195, 1666-1673. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.238

Gupta, M. (2021). Study on prevalence of musculoskeletal discomforts and quality of life in among Indian shopkeepers due to chronic osteoarthritic pain. *Archivos de medicina, 7*(7), 145. https://bit.ly/4jfSKfE

Holmberg, S., Stiernström, E. L., Thelin, A., & Svärdsudd, K. (2002). Musculoskeletal symptoms among farmers and non-farmers: A population-based study. *International journal of occupational and environmental health, 8*(4), 339–345. https://doi.org/10.1179/107735202800338623

Hu, H., Li, Z., Yan, J., Wang, X., Xiao, H., Duan, J., Zheng, L. (2007). Anthropometric measurement of the Chinese elderly living in the Beijing area. *International Journal of Industrial Ergonomics, 37*, 303-311. https://doi.org/10.1016/J.ERGON.2006.11.006

Jeong, S., Kim, G., Park, H. W., & Baek, S. (2023). Comprehensive physical work capacity evaluations for Korean farmers assessed in healthy volunteers. *Annals of rehabilitation medicine, 47*(6), 468–482. https://doi.org/10.5535/arm.23055

Kaewdok, T., Norkaew, S., Sirisawasd, S., Choochouy, N., & Taptagaporn, S. (2022). Anthropometric measurement of Thai older farmers for agricultural tools and workplace design. *Designs, 6*(5), 81. https://doi.org/10.3390/designs6050081

Konz, S., & Johnson, S. (1995). *Muscle fatigue, work design: Occupational ergonomics* (7th ed.). NewYork: CRC Press Taylor&Francis Group.

Kothiyal, K., & Tettey, S. (2000). Anthropometric data of elderly people in Australia. *Applied Ergonomics, 31*(3), 329–332. https://doi.org/10.1016/s0003-6870(99)00052-6

Kupnirattisaikul, V. (2015). *Sarcopenia How is it*. Retrieved from https://mgronline.com/qol/detail/9580000128553 (in Thai)

Matheson, L. N., Verna, J., Dreisinger, T. E., Leggett, S., & Mayer, J. (2014). Age and gender normative data for lift capacity. *Work (Reading, Mass.), 49*(2), 257–269. https://doi.org/10.3233/WOR-131671

Office of the National Economic and Social Development Council. (2022). *The thirteenth national economic and social development plan (2023-2027)*. Retrieved from https://www.nesdc.go.th/ewt_news.php?nid=13651 (in Thai)

Otaganon, N. (2019). Aged society's sustainable shared value in Thailand. *The Journal of Institute of Trainer Monk Development, 2*(2). 55-66. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/tmd/article/view/250182/169298 (in Thai)

Patiyasikunt, M. (2023). *Body mass index*. Retrieved from https://www.medparkhospital.com/lifestyles/body-mass-index. (in Thai)

Phajan, T., Nilvarangkul, K., Settheetham, D., & Laohasiriwong, W. (2014). Work-related musculoskeletal disorders among sugarcane farmers in north-eastern Thailand. *Asia-Pacific journal of public health, 26*(3), 320–327. https://doi.org/10.1177/1010539514528026 (in Thai)

Sippaphakul, T. (2005). *Ergonomics* (2nd ed.). Bangkok. Wadsilp Publisher. (in Thai)

Suksai, P. (2011). *The achievement of the use of activities to build up development flexibility potentials through stretching the muscles from first year student*. Retrieved from https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/handle/123456789/100

Suriah, A. R., Jr, Zalifah, M., Zainorni, M., Shafawi, S., Minie Suraya, S., Zarina, N., & Wan Zainuddin, W. (1998). Antropometric measurements of elderly. *Malaysian journal of nutrition, 4*(1), 55–63. https://maljnutr.org.my/publication/04-1/c.pdf

Syuaib M. F. (2015). Anthropometric study of farm workers on Java Island, Indonesia, and its implications for the design of farm tools and equipment. *Applied Ergonomics, 51*, 222–235. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.05.007

Yamane, T. (1967). *Statistics, an introductory analysis* (2nd ed.). New York: Harper and Row

การประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ 9 เขื่อน ในประเทศไทย

Evaluation of The Potential for Renewable Energy Generation from Floating Solar PV at 9 Hydropower Dams in Thailand

ณรงค์ศักดิ์ จรเสนาะ[1] ศุภรัชชัย วรรัตน์[1]* ประยุทธ์ ฤทธิเดช[1] และอำนาจ ผดุงศิลป์[2]
Narongsak Jornsanoh[1], Suparatchai Vorarat[1]*, Prayuth Rittidatch[1] and Aumnad Phdungsilp[2]
[1]วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
[1]College of Innovation Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University
[2]คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี
[2]School of Energy, Environment and Material King Mongkut's University of Technology Thonburi
*Corresponding author: vorarat@dpu.ac.th
Received: September 17, 2024
Revised: October 25, 2024
Accepted: October 31, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำในเขื่อนหลักที่ผลิตไฟฟ้าพลังน้ำตามแผนนโยบายการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan--AEDP 2018) ด้วยขนาดที่กำหนดกำลังการผลิตโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จำนวน 9 เขื่อน ได้แก่ เขื่อนสิรินธร เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนจุฬาภรณ์ เขื่อนรัชชประภา และเขื่อนบางลาง โดยมีเงื่อนไขการพิจารณาการติดตั้งในพื้นที่ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่มีอยู่เดิมและให้ปริมาณไฟฟ้าสูงสุด คำนวณกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม System Advisor Model: SAM ประกอบด้วยแหล่งพลังงาน ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ และสภาพภูมิอากาศ เมื่อโครงการทั้งหมดแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2580 จากการจำลองการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำในเขื่อนทั้ง 9 เขื่อน สามารถผลิตได้ 5,716 GWh/year โดยเขื่อนภูมิพล มีการผลิตไฟฟ้าต่อปีสูงสุดที่ 1,649 MWh และมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำสุดที่ 1.44 THB/kWh ที่ระยะเวลา 25 ปี ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2eq) ในระดับต่ำมาก การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตและติดตั้ง แต่เมื่อระบบเริ่มทำงาน สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2eq) ที่ 3,001,500 tCO_2eq/year ซึ่งจะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดอย่างยั่งยืนในอนาคต

คำสำคัญ: โซลาร์เซลล์บนทุ่นลอยน้ำ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย โปรแกรมจำลอง SAM การผลิตไฟฟ้า การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Abstract

This research aims to assess the potential of floating solar PV systems on major hydropower dams in Thailand, as outlined in the Alternative Energy Development Plan (AEDP 2018). The research focuses on nine dams under the management of the Electricity Generating Authority of Thailand--EGAT: Sirindhorn, Bhumibol, Sirikit, Srinagarind, Vajiralongkorn, Ubolratana, Chulabhorn, Ratchaprapha, and Bang Lang. The installation of floating solar PV systems must ensure no adverse impact on the existing hydropower facilities while maximizing electricity generation. Energy output was calculated using the System Advisor Model--SAM, considering variables such as solar resource availability, equipment efficiency, and local climate conditions. Upon completion of all projects in 2037, the simulation results indicate that the floating solar systems across the nine dams could produce an estimated 5,716 GWh/year. Bhumibol Dam achieved the highest annual output of 1,649 MWh and the Lowest Levelized Cost of Electricity--LCOE at 1.44 THB/kWh over 25 years. The floating solar PV systems exhibit minimal carbon dioxide (CO_2eq) emissions, primarily concentrated in the manufacturing and installation phases. However, once operational, these systems can reduce CO_2eq emissions by approximately 3,001,500 tCO_2eq/year, contributing to climate change mitigation and promoting sustainable clean energy usage in the future.

Keywords: floating solar PV, Levelized Cost of Electricity, System Advisor Model, electricity generation, carbon emission

บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์จัดเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งถือว่าเป็นพลังงานสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ก่อให้เกิดมลพิษหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ โดยแหล่งพลังงานหมุนเวียนนั้นหมายถึงแหล่งพลังงานที่เกิดขึ้นใหม่ตามธรรมชาติอย่างไม่จำกัด เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำ ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ก่อให้เกิดการหมดไปของทรัพยากร ขณะที่พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกหมายถึงพลังงานที่สามารถใช้แทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งนับเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป อย่างไรก็ตาม พลังงานหมุนเวียนเช่นพลังงานแสงอาทิตย์และลมถือเป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดเมื่อเทียบกับแหล่งพลังงานแบบดั้งเดิม

ประเทศไทยมีนโยบายสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อลดการพึ่งพาพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ นโยบายการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก มีเป้าหมายที่จะเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนในทุกภาคส่วนของสังคม โดยตั้งเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้นเป็น 30% ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดภายในปี พ.ศ. 2580 (Department of Alternative Energy, 2020)

นโยบาย AEDP 2018 ยังมุ่งเน้นการพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งรวมถึงการผลิตไฟฟ้าจากระบบทุ่นลอยน้ำ (floating solar PV) ที่จะติดตั้งในเขื่อนพลังน้ำ 9 แห่งทั่วประเทศ โดยเขื่อนที่อยู่ในแผนการศึกษานี้ได้แก่ เขื่อนสิรินธร เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนภูมิพล เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ์

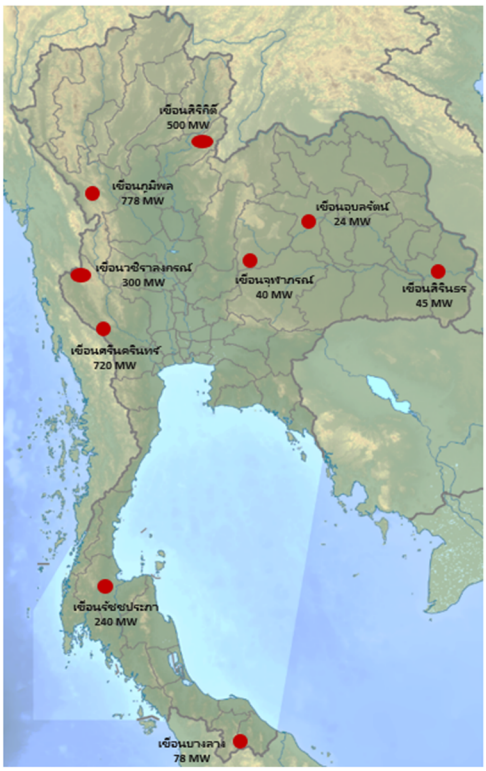
เขื่อนจุฬาภรณ์ เขื่อนบางลาง เขื่อนรัชชประภา และเขื่อนสิริกิติ์ รวมทั้งสิ้น 16 โครงการที่คาดว่าจะมีกำลังการผลิตรวม 2,725 MWปัจจุบันมี 2 โครงการที่แล้วเสร็จ ได้แก่ เขื่อนสิรินธร มีกำลังผลิต 45 MW เปิดขายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบในปี พ.ศ. 2564 (Electricity Generating Authority of Thailand, 2021) และเขื่อนอุบลรัตน์ ซึ่งคาดว่าจะเริ่มผลิตและขายไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2567 มีกำลังการผลิต 24 MW (Electricity Generating Authority of Thailand, 2024) ข้อมูลจากโครงการทั้งสองนี้จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพของเขื่อนอื่น ๆ ต่อไป

นอกจากแผงโซลาร์เซลล์และอินเวอร์เตอร์แล้ว โครงการติดตั้ง Floating Solar PV ยังประกอบด้วยระบบทุ่นลอยน้ำที่ถูกออกแบบให้รองรับอุปกรณ์และวัสดุ ซึ่งมักทำจากโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) เนื่องจากมีน้ำหนักเบาและทนทานต่อสภาพแวดล้อม (Sahu & Sudhakar, 2019) รวมถึงระบบยึดโยงที่ช่วยป้องกันการเคลื่อนย้ายและเสียหายจากแรงลมและคลื่น โดยระบบนี้จำเป็นต้องทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงเพื่อป้องกันการกัดกร่อนที่อาจเกิดขึ้น (Goswami, 2023) ระบบการส่งไฟฟ้าจากทุ่นแสงอาทิตย์สู่ระบบสายส่งไฟฟ้ายังประกอบด้วยการใช้สายเคเบิลขนาดใหญ่เพื่อตอบสนองความต้องการของพื้นที่นั้น ๆ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประเมินศักยภาพระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำของโรงไฟฟ้า 9 เขื่อนตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (กฟผ.)

2. เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเทคนิคของการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำในเขื่อนแต่ละแห่ง โดยพิจารณาจากพื้นที่ผิวน้ำ ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า และปัจจัยสภาพแวดล้อมที่อาจมีผลต่อโครงการ



ภาพ 1 แผนที่แสดงตำแหน่งของเขื่อนโรงไฟฟ้าพลังน้ำ 9 เขื่อน
Note. From "*Map showing the locations of hydropower plants in Thailand. In Alternative Energy Development Plan 2018-2037 (AEDP 2018)*", by Department of Alternative Energy and Energy Conservation, 2021, retrieved from https://www.egat.co.th/home

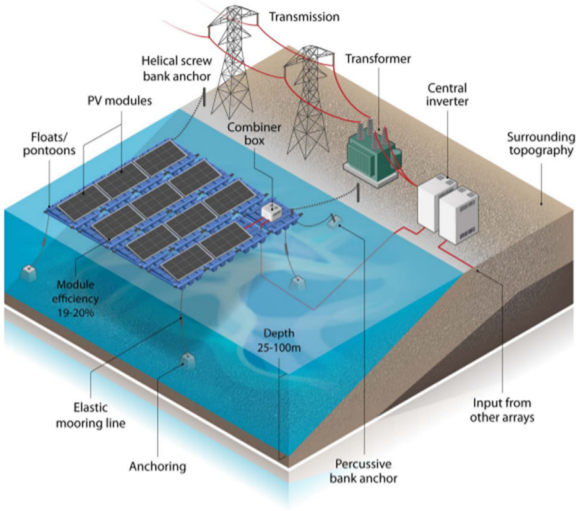
ทบทวนวรรณกรรมและกรอบแนวคิดงานวิจัย

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำ (Floating Solar Photovoltaics--FSPV) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบันทั่วโลก เนื่องจากสามารถแก้ไขปัญหาข้อจำกัดด้านพื้นที่สำหรับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนบก อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น การใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำไม่เพียงแต่ช่วยลดการสูญเสียน้ำจากการระเหย แต่ยังช่วยลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้สามารถผลิตพลังงานได้มากขึ้น (Jornsanoh et al., 2023) การประเมินศักยภาพของ FSPV

ได้รับการศึกษาในหลายประเทศ เช่น การศึกษาในระดับโลกที่ประเมินเทคโนโลยีไฮบริดของ FSPV ร่วมกับพลังน้ำ ซึ่งพบว่า เทคโนโลยีนี้สามารถเพิ่มการผลิตไฟฟ้าและลดต้นทุนโครงสร้างพื้นฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Lee et al., 2020) ในประเทศบังกลาเทศ การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้ง FSPV ร่วมกับพลังน้ำพบว่ามีความคุ้มค่าและสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าการติดตั้งบนบก (Sarker et al., 2021) นอกจากนี้ในประเทศแซมเบีย การศึกษาการติดตั้ง FSPV ในเขื่อนพลังน้ำยังพบว่าช่วยลดการระเหยของน้ำและเพิ่มศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าได้อย่างมาก (Chirwa et al., 2023) ส่วนในประเทศอินโดนีเซีย มีการติดตั้ง FSPV ที่ Cirata Reservoir ซึ่งนอกจากจะช่วยผลิตไฟฟ้าแล้ว ยังมีบทบาทในการจัดการคุณภาพน้ำและลดการเกิดสาหร่ายในอ่างเก็บน้ำ (Sibuea et al., 2022)

การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำในประเทศไทยมีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีศักยภาพสูงทั้งในด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม งานวิจัยหนึ่งที่ได้ศึกษาศักยภาพการติดตั้ง FSPV ในเขื่อน 12 แห่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) พบว่าการติดตั้งระบบนี้สามารถเพิ่มกำลังการผลิตพลังงานได้โดยไม่ต้องเสียพื้นที่บนบก อีกทั้งยังช่วยลดการระเหยของน้ำและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Sapthanakorn & Salakij, 2021) นอกจากนี้การวิเคราะห์วงจรชีวิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ยังระบุว่า FSPV มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและลดต้นทุนในระยะยาว ซึ่งจะช่วยให้ประเทศไทยบรรลุเป้าหมายพลังงานทดแทนได้อย่างยั่งยืน (Clemons et al., 2021)

เพื่อเสริมสร้างศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของประเทศ การศึกษานี้ยังครอบคลุมถึงการพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการวิเคราะห์ต้นทุนในการติดตั้ง FSPV ในแต่ละเขื่อน การประเมินความคุ้มค่าดังกล่าวจะรวมถึงต้นทุนการติดตั้ง การบำรุงรักษา เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของแต่ละเขื่อนในการรองรับระบบ ทั้งในแง่ของปริมาณการผลิตไฟฟ้าและความเสถียรในการดำเนินการของโครงการ



ภาพ 2 แผนผังแสดงโครงสร้างของระบบ FSPV
Note. From "*Floating photovoltaic system cost benchmark: Q1 2021 installations on artificial water bodies (Technical Report NREL/TP-7A40-80695)*", by V. Ramasamy and R. Margolis, 2021, Cocyright by National Renewable Energy Laboratory

วิธีดำเนินการวิจัย

เป้าหมายหลักของการวิจัยนี้คือการประเมินการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำ และศักยภาพของทรัพยากรบนเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำที่กำหนดทั้ง 9 เขื่อน โดยแบ่งออกเป็น 16 โครงการ ซึ่งแล้วเสร็จและดำเนินการจ่ายไฟเข้าระบบแล้ว 2 โครงการ อีก 14 โครงการที่ยังไม่ได้ทำการติดตั้งและวางแผนดังตาราง 1 โดยดำเนินการตามแผนพัฒนาซึ่งจะสามารถพัฒนาควบคู่ไปกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จากการอ้างอิงและแหล่งที่มาของข้อมูล ผู้วิจัยจึงใช้ โปรแกรม System Advisor Model--SAM เป็นเทคนิคการวิเคราะห์พลังงานโดยอิงจากโมเดลต่าง ๆ ที่ถูกพัฒนาเพื่อจำลองการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์อย่างแม่นยำ ในบริบทของการวิเคราะห์ระบบนั้น โปรแกรม SAM ใช้ Photovoltaic--PV Performance Model ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้คำนวณพลังงานที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ โดยพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิของแผง ค่าแสงอาทิตย์ การสะท้อนแสง และการกระจายแสงจากผิวน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการติดตั้งระบบบนทุ่นลอยน้ำ นอกจากนี้ SAM ยังใช้ Financial Model เพื่อประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ซึ่งรวม

ถึงต้นทุนการติดตั้ง ต้นทุนการบำรุงรักษา และรายได้จากการขายไฟฟ้า

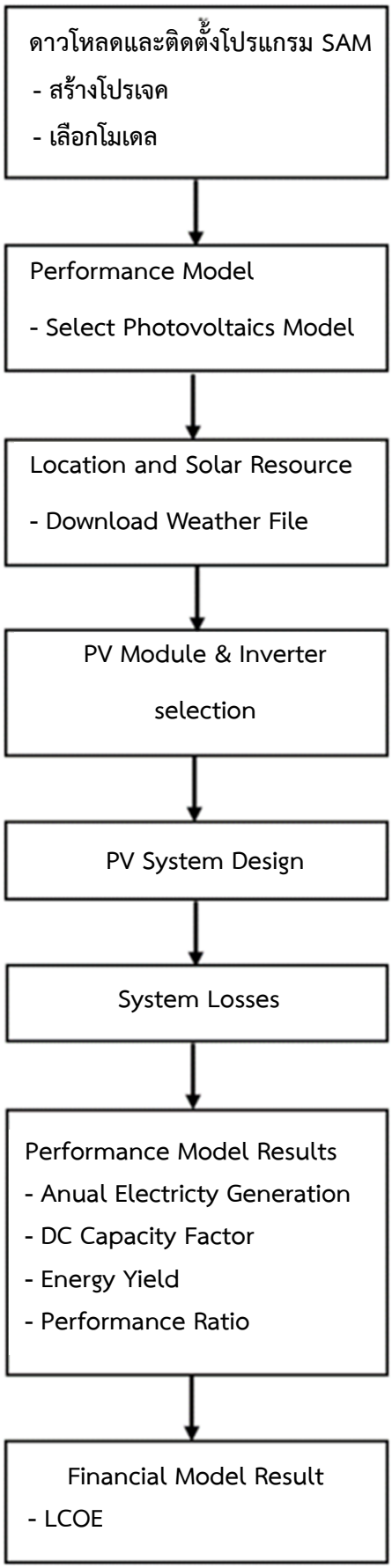
ในกรณีของ Floating Solar PV SAM สามารถใช้ Single Diode PV Performance Model ซึ่งคำนวณความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ โดยพิจารณาปัจจัยของแสงที่ได้รับ อุณหภูมิ และความชื้น นอกจากนี้ SAM ยังสามารถปรับตั้งค่าให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละพื้นที่โดยใช้ Weather Data ที่สามารถนำเข้าจากแหล่งข้อมูลภายนอกเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณในการคาดการณ์เพื่อหาผลลัพธ์จากการจำลองหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี (generation rate) จากการประมาณการต้นทุนพลังงานสำหรับโครงการ และเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เพื่อนำเสนอแนวทางการประหยัดพลังงานและลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถนำไปประเมินเป็นขั้นตอนต่าง ๆ แสดงในภาพ 2

1. การสร้างแบบจำลองและขั้นตอนการวิจัย

ระบบ System Advisor Model--SAM คือซอฟต์แวร์จำลองประสิทธิภาพทางเทคโนโลยีที่ช่วยผู้ใช้ในอุตสาหกรรมพลังงานทดแทนทำการตัดสินใจโดยยึดตามผลลัพธ์ที่ได้รับ เพื่อเป็นต้นแบบโครงการพลังงานหมุนเวียน ใน SAM สามารถเลือกแบบจำลองประสิทธิภาพเพื่อเป็นตัวแทนของโครงการและกำหนดค่าพารามิเตอร์อินพุตได้แก่ ที่ตั้งโครงการ ประเภทอุปกรณ์ การติดตั้ง การดำเนินงานของตัวแปรอินพุตจากนั้นวิเคราะห์ผลลัพธ์ (National Renewable Energy Laboratory, 2022)

2. ข้อมูลของพื้นฐานของ 9 เขื่อน

จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ทำการสรุปข้อมูลเฉพาะของเขื่อนพลังน้ำ 9 แห่ง ข้อมูลในตาราง 2 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับระดับน้ำต่ำสุดและระดับน้ำสูงสุดของแต่ละเขื่อน (m ASL) รวมถึงพื้นที่ผิวน้ำในหน่วยตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์แบบทุ่นลอยน้ำ นอกจากนี้ระดับความลึกของน้ำในแต่ละเขื่อนยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความมั่นคงของทุ่นลอยน้ำ เนื่องจากน้ำลึกจะช่วยให้ทุ่นมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น



ภาพ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ตาราง 1

โครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ 9 เขื่อน

โครงการ	เขื่อน	จังหวัด	ตำแหน่ง	กำลังการผลิต (MW)	เริ่มต้นใช้งาน (พ.ศ.)
1	เขื่อนสิรินธร	อุบลราชธานี	12' 22.8N 25' 45.0E	45	2564
2	เขื่อนอุบลรัตน์	ขอนแก่น	46′ 31.42N 37 ′5.97E	24	2566
3	เขื่อนภูมิพล	ตาก	14′ 38.7N 58′ 23.95E	158	2569
4	เขื่อนศรีนครินทร์	กาญจนบุรี	24′ 31N 07′ 42E	140	2569
5	เขื่อนวชิราลงกรณ	กาญจนบุรี	06′ 54.43N 27′ 42.38″E	50	2570
6	เขื่อนศรีนครินทร์_2	กาญจนบุรี	24′ 31N 07′ 42″E	280	2572
7	เขื่อนภูมิพล_2	ตาก	14′ 38.7N 58′ 23.95E	300	2573
8	เขื่อนวชิราลงกรณ_2	กาญจนบุรี	06′ 54.43N 27′ 42.38E	250	2574
9	เขื่อนศรีนครินทร์_3	กาญจนบุรี	24′ 31N 07′ 42E	300	2575
10	เขื่อนจุฬาภรณ์	ชัยภูมิ	32' 9.60N 38' 49.20E	40	2576
11	เขื่อนบางลาง	ยะลา	9′ 23N 101° 16′ 25E	78	2576
12	เขื่อนภูมิพล_3	ตาก	14′ 38.7N 58′ 23.95E	320	2576
13	เขื่อนรัชชประภา	สุราษฎร์ธานี	58′ 36N 48′ 16E	140	2577
14	เขื่อนสิริกิติ์_1	อุตรดิตถ์	45′ 50N 33′48E	325	2578
15	เขื่อนรัชชประภา_2	สุราษฎร์ธานี	58′ 36N 48′16E	100	2579
16	เขื่อนสิริกิติ์_2	อุตรดิตถ์	45′ 50N 33′48E	175	2580

Note. From "*Sirindhorn Dam floating solar projec*", by Electricity Generating Authority of Thailand, 2021, retrieved from https://www.egat.co.th/home/en/20211103-pre/

ตาราง 2

ลักษณะจำเพาะของเขื่อนที่ทำการศึกษา

โครงการ	เขื่อน	ระดับน้ำ ต่ำสุด (m ASL)	ระดับน้ำสูงสุด (m ASL)	พื้นที่ ผืนน้ำ (km^2)	กำลังการผลิต ทั้งหมด (MW)	ความแปรผันของ ระดับน้ำในเขื่อน (m)
1	เขื่อนสิรินธร	137.95	140	288	45	2.05
2	เขื่อนอุบลรัตน์	176.21	180.8	388	24	4.59
3	เขื่อนภูมิพล	228.3	247.87	300	778	19.57
4	เขื่อนศรีนครินทร์	166.03	172.04	419	720	6.01
5	เขื่อนวชิราลงกรณ์	141.9	151.44	388	300	9.54
6	เขื่อนจุฬาภรณ์	744.02	755.76	12	40	11.74
7	เขื่อนบางลาง	104.45	110.85	2080	78	6.4
8	เขื่อนรัชชประภา	81.96	87.76	185	240	5.8
9	เขื่อนสิริกิติ์	135.32	145.38	260	500	10.06

Note. From "*Alternative Energy Development Plan 2018-2037 (AEDP 2018)*", by Department of Alternative Energy and Energy Conservation, 2020. Copyright by Department of Alternative Energy and Energy Conservation

ตาราง 3

ค่าเฉลี่ยรายปีคำนวณจากข้อมูลไฟล์สภาพอากาศ (Department of Alternative Energy., 2020)

โครงการ	เขื่อน	GHI (kWh/m²/day)	DNI (kWh/m²/day	DHI (kWh/m²/day)	Average Temperature (°C)	Average Wind Speed (m/s)
1	เขื่อนสิรินธร	5.31	4.39	2.35	27	1.6
2	เขื่อนอุบลรัตน์	5.38	4.44	2.4	26.6	2.1
3	เขื่อนภูมิพล	5.32	4.32	2.43	27.1	0.8
4	เขื่อนศรีนครินทร์	5.2	3.94	2.51	27.2	1.5
5	เขื่อนวชิราลงกรณ์	5.43	4.3	2.48	26.2	0.6
6	เขื่อนจุฬาภรณ์	5.06	4.11	2.39	23	1.7
7	เขื่อนบางลาง	5.22	3.85	2.51	26.6	0.5
8	เขื่อนรัชชประภา	5.14	3.88	2.46	26.2	0.4
9	เขื่อนสิริกิติ์	5.35	4.31	2.48	27.2	0.9

Note. From "*Alternative Energy Development Plan 2018-2037 (AEDP 2018)*", by Department of Alternative Energy and Energy Conservation, 2020. Copyright by Department of Alternative Energy and Energy Conservation

ตาราง 3 นำเสนอข้อมูลด้านสภาพอากาศที่สำคัญ เช่น ค่า GHI--Global Horizontal Irradiance DNI--Direct Normal Irradiance และ DHI--Diffuse Horizontal Irradiance ซึ่งเป็นตัวชี้วัดการตกกระทบของแสงอาทิตย์ในพื้นที่ที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ ค่าเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบโซลาร์เซลล์ในแต่ละพื้นที่เขื่อนตามภูมิภาคของประเทศไทย (World Bank Group, 2019) ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับอุณหภูมิเฉลี่ยและความเร็วลมเฉลี่ยยังเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ อุณหภูมิที่สูงมากอาจลดประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าลง ในขณะที่ลมสามารถช่วยลดความร้อนบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นเช่นกัน อุณหภูมิเฉลี่ยที่ปรากฏในตารางมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากเขื่อนทั้ง 9 แห่ง ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศคล้ายคลึงกัน ซึ่งประเทศไทยมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันไม่มาก แม้ว่าจะมีการตั้งอยู่ในจังหวัดที่ต่างกัน แต่อุณหภูมิและสภาพอากาศโดยรวมมักมีความคล้ายคลึงกันเนื่องจากภูมิประเทศที่คล้ายคลึงกันและสภาพอากาศในเขตร้อนชื้น (NASA., 2020)

3. การประเมินตำแหน่งและทรัพยากรแสงอาทิตย์

แบบจำลองประสิทธิภาพ SAM ใช้ข้อมูลจากไฟล์สภาพอากาศเพื่อเป็นตัวแทนของทรัพยากรหมุนเวียนและสภาพอากาศโดยรอบที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบ ไฟล์สภาพอากาศที่มีข้อมูลเกี่ยวกับรังสีดวงอาทิตย์และการสังเกตสภาพอากาศในทุกสถานที่เนื่องจากระบบ Solar PV ขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้ง การบันทึกต่าง ๆ จะถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล และไลบรารีจะถูกรีเฟรชเพื่อให้ไฟล์ปรากฏในไลบรารี SAM (National Renewable Energy Laboratory, 2022) การประเมินการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ สำหรับเขื่อนพลังน้ำในประเทศไทยทั้ง 9 เขื่อน ดังแสดงในตาราง 3 บ่งบอกถึงช่วงเวลาที่สนใจในอดีต ช่วยให้สามารถค้นหาได้อย่างแน่ชัดว่ารังสีจากดวงอาทิตย์เป็นปริมาณเท่าใดสำหรับการปรับใช้เพื่อพัฒนา และใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ที่คุ้มต้นทุน อุณหภูมิของอากาศและการแผ่รังสีจากแสงอาทิตย์เป็นสิ่งสำคัญสองประการสำหรับตัวแปรในแบบจำลองพลังงาน เมื่อติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนน้ำ โดยทั่วไปอุณหภูมิเฉลี่ยจะเย็นกว่าบนบกและมีความเร็วลมสูงกว่าทำให้สามารถระบายอากาศดีขึ้น ความเย็นจากผืนน้ำจะส่งผลให้มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินหรือบนหลังคา (Lee et al., 2020) การประเมินทรัพยากรแสงอาทิตย์โดยศึกษาจากค่า GHI คือ ผลรวมของลำแสงที่ได้รับและการแพร่กระจายการแผ่รังสีบนระนาบแนวนอน (Maraj, Kertusha, & Lushnjari, 2022) พบว่า เขื่อนวชิราลงกรณ์ มีรังสีดวงอาทิตย์แนวนอนสูงที่สุด รองลงมาคือ เขื่อนอุบลรัตน์ และเขื่อน

จุฬาภรณ์มีค่าต่ำที่สุด แต่เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยของเขื่อนในแต่ละภูมิภาคค่อนข้างจะเท่ากัน ดังนั้นในระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำ จะทำการกำหนดความเอียงและราบ (Global Tilted Radiation--GTI) ซึ่งบางครั้งเรียกว่า Plane on Array--POA GTI หรือ POA คือผลรวมของการกระจัดกระจาย รังสีตรง และรังสีสะท้อนตามลำดับ

4. การกำหนด Solar module และ Inverter

จากการศึกษาแหล่งข้อมูลของเขื่อนสิรินธรและเขื่อนอุบลรัตน์พบว่า การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำขึ้นอยู่กับการจัดซื้อจัดจ้างของบริษัทรับเหมาที่ได้รับการประมูล ข้อมูลเบื้องต้น เช่น กำลังการผลิตและวันดำเนินการจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฝผ.) เพื่อไปดำเนินการออกแบบ และสำรวจความเหมาะสมตามลักษณะและข้อจำกัดต่าง ๆ ของเขื่อนนั้น ๆ ผู้วิจัยยังได้พบว่า การติดตั้งที่ผ่านมามีข้อกำหนดทางด้านชนิดของโซลาร์โมดูลที่เหมือนกัน คือ Mono Crystalline Silicon Double Glass ซึ่งมีคุณสมบัติที่ทนต่อความชื้นเนื่องจากแผงต้องลอยตัวอยู่บนผืนน้ำ และในส่วนของกำลังทางไฟฟ้าของแผง (Wp) พบว่า มีความแตกต่างกันด้วยวิวัฒนาการทางด้านการผลิตและเทคโนโลยีใหม่ที่เข้ามาทดแทนเพื่อให้ได้กำลังผลิตที่สูงขึ้นและลดจำนวนของแผงให้น้อยลงและเลือกใช้ Inverter ที่มีกำลังวัตต์มากกว่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้ เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพควรเลือก Inverter ที่มีกำลังวัตต์มากกว่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้ประมาณ 20-30%

ในการค้นหาจำนวนโมดูล จำนวน Inverter ระยะห่างระหว่างอาร์เรย์ ฯลฯ สมการทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ถูกใช้โดย SAM สมการเหล่านี้ (Makhija et al., 2021) อธิบายดังต่อไปนี้

จำนวนของโซลาร์โมดูลคำนวณโดย

$$M_{total} = \left[\frac{V_{\max} + V_{\min}}{2}\right] / V_{\mathrm{mod}} \qquad (1)$$

$$S_{parallel} = \left[\left(C \times 1000W / kW\right) / P_{\max}\right] / M_{total} \qquad (2)$$

โดยที่ $V_{\max}$ และ $V_{\min}$ คือ แรงดันไฟฟ้าสูงสุดและต่ำสุดของการติดตามจุดกำลังไฟสูงสุด (MPPT) ในอินเวอร์เตอร์

V_{mod} คือ การแสดงถึงแรงดันไฟฟ้าที่สอดคล้องกับกำลังสูงสุด

$S_{parallel}$ คือ จำนวนสตริงที่ขนานกัน

$P_{\max}$ คือ ค่ากำลังโมดูลสูงสุด

จำนวนของ Inverter ที่ต้องการกำหนดให้

$$INV_{total} = \frac{\left[M_{total} \times S_{parallel} \times P_{\max-\mathrm{mod}}\right]}{\left[R_{ratio} \times P_{inv-\max}\right]} \qquad (3)$$

ในที่นี้ $P_{\max-\mathrm{mod}}$ คือ กำลังของโมดูลสูงสุด ตัวแทน Ratio จะส่งอัตราส่วนของ DC ต่อกำลัง AC และได้รับค่า 1.0

$P_{inv-\max}$ คือ กำลังไฟฟ้ากระแสสลับสูงสุดของ Inverter ระยะห่างระหว่างอาร์เรย์ได้รับการคำนวณ ดังนี้

$$X_{spacing} = \left\{\sin\left(tilt\right) \times \tan\left(Lat + 23.5°\right) + \cos\left(tilt\right)\right\} \times L \qquad (4)$$

โดยที่ L คือ ความยาวของโมดูลและมุมเอียงของแผง

ระดับพื้นที่ทั้งหมดของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้หลังจากระยะห่างอาร์เรย์และมุมเอียงของแต่ละสตริงถูกกำหนด Required area

$$\mathrm{Re}\,quiredarea = \left(M_{total} \times M_{width}\right) \times X_1 \times S_{parallel} \qquad (5)$$

ในการจำลองนี้ผู้วิจัยกำหนดเลือกใช้โมดูลประเภท Sun Power SPR–X22-485-COM ค่า Wp (วัตต์พีค หรือกำลังไฟฟ้าสูงสุด) ของโมดูลนี้ คือ 485 Wp หรือ 485 W สูงสุดต่อแผง (SunPower Corporation, 2021). เมื่อทำงานในสภาวะที่เหมาะสมที่สุดเพื่อประสิทธิภาพที่สูงขึ้นประมาณ 22.47 % โดยมีขนาดของโมดูลอยู่ที่ 2.160 m^2 สามารถผลิตพลังงานได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์มาตรฐาน แผงโมดูลถูกสร้างขึ้นเพื่อให้ทนทานต่อสภาวะสิ่งแวดล้อม เช่น ร่มเงาสะท้อน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละวัน ความชื้นที่มากเกินไป และสามารถกำหนดตัวแปรได้จากภายในไลบรารีของโปรแกรม SAM ในส่วนของ Inverter เลือกกำหนดแรงดันไฟฟ้าอินพุตตรงกับโมดูล PV และอ้างอิงจากการติดตั้งของโครงการที่แล้วเสร็จใน 2 โครงการ โดยเลือกใช้โมเดลของ Sunglow Power SC1725UD-US (Nominal AC voltage 690V) ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์เป็นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งสามารถใช้กับระบบ

ไฟฟ้าทั่วไปในบ้านหรือในโครงข่ายไฟฟ้าได้ ดังนั้น ค่า 690V จึงหมายถึงแรงดันที่อินเวอร์เตอร์สามารถจ่ายออกในรูปของไฟฟ้ากระแสสลับ (Sungrow Power Supply Co., 2021) เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพสูงสุดในไลบรารีของโปรแกรม SAM ที่ 98.72% โดยกำหนดที่ DC to AC ratio 1.3 หมายความว่าระบบได้รับการออกแบบให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ส่งไปยัง Inverter ในปริมาณที่มากกว่าส่วนหนึ่งของกำลังการผลิต AC ที่สร้างขึ้น เพื่อส่งผลให้ระบบมีความสามารถในการปรับสมดุลของพลังงานที่ผลิตได้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

5. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SAM

SAM ไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวกในการจำลองระบบ PV แบบทุ่นลอยน้ำซึ่งมีโครงสร้างการติดตั้งที่แตกต่างกันและมีราคาสูงกว่าเมื่อเทียบกับระบบ PV บนพื้น ค่าพารามิเตอร์ทางเทคนิคและต้นทุนที่พิจารณาสำหรับโมดูล Inverter จะเหมือนกับค่าในระบบบนพื้นดิน รายจ่ายฝ่ายต้นทุน รวมทั้งค่าติดตั้งสูงกว่าระบบภาคพื้นดินถึง 1.2 เท่า เนื่องจากต้องใช้วัสดุทุ่นพิเศษและระบบรองรับเพื่อให้ลอยอยู่บนน้ำได้ดีกว่าโครงสร้างแบบลอยทั่วไป ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะถือว่าเงินทุนและการดำเนินงานค่าใช้จ่ายของระบบ FSPV--Floating Solar Photovoltaics และระบบ GMPV--Ground-Mounted Photovoltaics เท่ากันเนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายการก่อสร้างสายส่งและสถานีไฟฟ้าย่อยแห่งใหม่ (Amal, Budiarto & Prakoso, 2022) ข้อควรพิจารณาที่นำมาพิจารณาในการประเมินความเหมาะสมในการติดตั้งคือ พลังงานแสงอาทิตย์ ทรัพยากร สภาพภูมิอากาศในท้องถิ่น พื้นที่ผิวน้ำและลักษณะจำเพาะที่มีอยู่ ระดับน้ำ ความกว้างของคลื่น และความเร็วลมข้อพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อม ที่นอกเหนือจากพารามิเตอร์อื่น ๆ จะถือเป็นค่าเริ่มต้นในโปรแกรม SAM

จากตาราง 4 สมมติฐานข้อมูลโครงการและอินพุตจากโปรแกรม SAM สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. จำนวนอินเวอร์เตอร์ โครงการนี้เลือกใช้ 23 อินเวอร์เตอร์ ของรุ่น Sungrow Power SC1725UD-US โดยแต่ละอินเวอร์เตอร์สามารถรองรับกำลังไฟฟ้า AC สูงสุดที่ 1,728,406 W และกำลังไฟฟ้า DC สูงสุดที่ 1,756,800 W โดยค่าแรงดันไฟฟ้า AC ที่ใช้งานอยู่ที่ 690 V ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบระบบไฟฟ้าของโครงการ

ตาราง 4

ตารางสมมติฐานเชื่อนจุฬาภรณ์ที่กำลังการผลิต 40 MW

Parameter	Value
Location (Latitude, Longitude)	14.4°N, 99.13°E
Time Zone	GMT +7
Module Type	SunPower SPR-X22-485-COM
Module Efficiency (%)	22.47%
Max Power (Wp)	485 W
Max Power Voltage (Vmp)	78.8 V
Max Power Current (Imp)	6.2 A
Open Circuit Voltage (Voc)	92.7 V
Short Circuit Current (Isc)	6.5 A
Inverter Model	Sungrow Power SC1725UD-US
Number of Inverters	23
Max AC Power (W)	1,728,406 W
Max DC Power (W)	1,756,800 W
Nominal AC Voltage (V)	690 V
DC to AC Ratio	1.3
Number of Modules	107,120
Number of Strings	6,695
Nameplate DC Capacity (kWdc)	51,996.905 kWdc
Total AC Capacity (kWac)	39,753.338 kWac
Total Inverter DC Capacity (kWdc)	40,407.320 kWdc
Total Module Area (m²)	231,379.200 m²
Module Orientation	Portrait
Tilt (deg)	20°
Azimuth (deg)	180°
Annual Soiling Loss (%)	5%
DC Power Loss (%)	3.465%

2. ค่าอัตราส่วน DC ต่อ AC อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้า DC ต่อ AC ที่กำหนดอยู่ที่ 1.3 ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า โดยการตั้งค่านี้ทำให้มั่นใจได้ว่าระบบจะสามารถผลิตพลังงานได้สูงสุดและลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในกระบวนการแปลงไฟฟ้า

3. จำนวนแผงโซลาร์เซลล์ ระบบนี้ใช้ 107,120 แผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งติดตั้งเป็นชุดหรือสตริงทั้งหมด 6,695 สตริง แต่ละสตริงประกอบด้วยแผงหลายแผงที่ต่อกันในรูปแบบซีรีส์หรือขนานเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสม โดยมีการใช้โมดูล SunPower SPR-X22-485-COM ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 22.47%

4. ความลาดเอียงและการจัดวางแผง ระบบถูกออกแบบให้มีความลาดเอียงของแผงที่ 20 °C เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรับแสงอาทิตย์ โดยแผงทั้งหมดถูกวางในลักษณะแนวตั้งหรือ Portrait และมีการปรับทิศทางไปทางทิศใต้ที่ Azimuth 180 °C ซึ่งเป็นการตั้งค่าทั่วไปสำหรับแผงโซลาร์เซลล์ในพื้นที่แถบเส้นศูนย์สูตรเพื่อรับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุด

5. พื้นที่ที่ใช้ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ระบบนี้ใช้พื้นที่ติดตั้งทั้งหมด 231,379.20 m^2 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่จำเป็นสำหรับการติดตั้งแผงทั้งหมด รวมทั้งคำนวณพื้นที่ใช้งานสำหรับการจัดวางแถวแผง โดยมีพื้นที่ครอบคลุมทั้งหมดประมาณ 190 ไร่

6. การสูญเสียพลังงานในระบบ ระบบนี้ถูกกำหนดให้มีการสูญเสียพลังงานจากฝุ่นที่ตกบนแผงโซลาร์เซลล์ (Soiling Loss) ประมาณ 5% ต่อปี ซึ่งเป็นค่าปกติในระบบที่มีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ การสูญเสียพลังงาน DC ในระบบยังอยู่ที่ 3.465% ซึ่งเกิดจากการสูญเสียพลังงานในสายไฟและการเชื่อมต่อภายในระบบ

การออกแบบระบบในหน้า System Design นี้จึงมีการกำหนดสมมติฐานและค่าที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในโครงการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ โดยคำนึงถึงการลดการสูญเสียพลังงานและการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานสูงสุดเป็นหลัก

6. การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

เซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำเป็นกระบวนการผลิตไฟฟ้าและถือเป็นพลังงานสะอาดที่ไม่สร้างมลภาวะใด ๆ ในกรณีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากระบบ Floating Photovoltaic--FPV มีส่วนร่วมที่สำคัญ สามารถนำมาประกอบกับกระบวนการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์และทุ่นลอยน้ำซึ่งเป็นตัวแปรหลักของระบบ อย่างไรก็ตามยังมีค่าน้อยกว่าพลังงานถ่านหินถึง 20% ของการผลิตพลังงานไฟฟ้า (World Bank Group, 2019) และส่วนงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มเติมอีกทางหนึ่งคือโครงสร้างลอยน้ำมีอายุการใช้งานอย่างยั่งยืนที่สามารถรีไซเคิลหรือพัฒนาจากผลิตภัณฑ์รีไซเคิลได้ โดยค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการผลิต การใช้ไฟฟ้า (Emission Factor) สำหรับโครงการและค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนเท่ากับ 0.5251 $kgCO_2$/kWh.year อ้างอิงจากสำนักรับรองคาร์บอนเครดิต องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) สามารถคำนวณได้ดังสมการ 6 (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2021)

$$Avoided\ CO_2 Emission = ER * 0.5251 \quad (kgCO_2 / kWh.year) \tag{6}$$

LCOE--Levelized Cost of Energy คือ ตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยตลอดอายุการใช้งานของโครงการนั้น ๆ (Clemons et al., 2021) ซึ่งรวมถึงต้นทุนเริ่มต้นในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

$$LCOE = \frac{I_o + \sum_{t=1}^{n} \frac{A_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{Et}{(1-r)^t}} \tag{7}$$

โดยที่ I_o คือ การลงทุนด้านการก่อสร้างและการติดตั้ง ซึ่งเรียกอีกอย่างว่าการใช้จ่ายลงทุน (CAPEX)

A_t คือ ต้นทุนการดำเนินงานประจำปีรวมต่อปี t ในอายุการใช้งาน

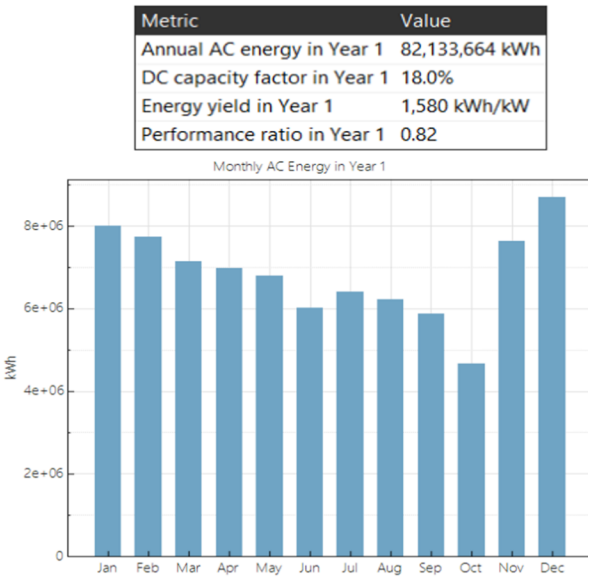
$FPV\ n(t = 1,\ 2, \ldots,\ n)$ คือ อัตราส่วนลด

E_t คือ ไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละปีตามที่ติดตั้งโครงการ ซึ่งรวมถึงอัตราการเสื่อมสภาพของระบบ FPV

ผลการวิจัย

1. ศักยภาพของระบบจากติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ 9 เขื่อน

ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม System advisor model Version 2023.12.17 (National Renewable Energy Laboratory, 2022) ช่วยในการศึกษาศักยภาพของการติดตั้งใน 14 โครงการที่ยังไม่ได้ผ่านการติดตั้งจริงและดำเนินการสำรวจเพื่อจัดซื้อและจัดจ้างตามแนวนโยบายของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) โดยเน้นไปที่การใช้ข้อมูลสมมติฐานและอินพุตหลักจากโปรแกรมเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบก่อนที่จะมีการออกแบบโครงสร้างเชิงลึก เช่น การออกแบบทุ่นลอยน้ำ อุปกรณ์จับยึด สายตัวนำ และหม้อแปลง



ภาพ 4 แสดงผลที่ได้จากการจำลองเขื่อนจุฬาภรณ์

ตาราง 5

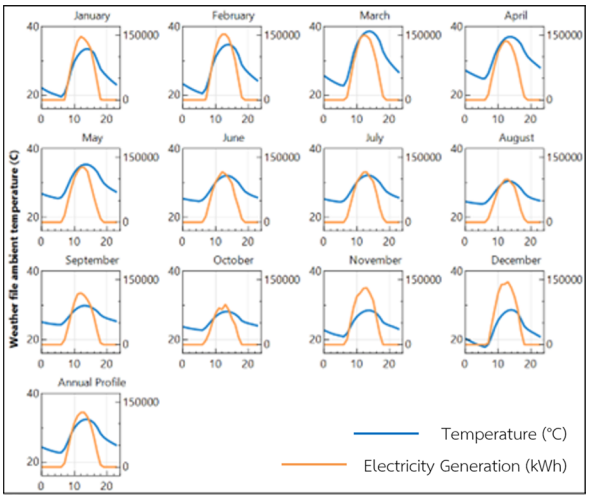
แสดงผลการจำลองตามแผนการติดตั้งจำนวน 14 โครงการ

โครงการ	เขื่อน	Annual Electricity Generation (kWh)	Capacity Factor (%)	Energy Yield in 1 year (kWh/year)	Performance ratio in 1 year	CO_2 Emission (tons/year)
1	เขื่อนภูมิพล	334,768,224	18.6	1630	0.80	175,786
2	เขื่อนศรีนครินทร์	287,827,232	18.1	1581	0.80	151,138
3	เขื่อนวชิราลงกรณ์	107,428,424	18.9	1653	0.80	56,410
4	เขื่อนศรีนครินทร์_2	593,088,000	18.6	1629	0.81	311,430
5	เขื่อนภูมิพล_2	635,940,672	18.6	1631	0.80	333,932
6	เขื่อนวชิราลงกรณ์_2	537,153,920	18.9	1653	0.80	282,059
7	เขื่อนศรีนครินทร์_3	635,614,592	18.6	1630	0.81	333,761
8	เขื่อนจุฬาภรณ์	82,133,664	18.0	1580	0.82	43,128
9	เขื่อนบางลาง	151,682,880	17.1	1496	0.80	79,648
10	เขื่อนภูมิพล_3	678,189,056	18.6	1630	0.80	356,117
11	เขื่อนรัชชประภา	272,182,112	17.1	1495	0.80	142,922
12	เขื่อนสิริกิติ์	698,358,720	18.9	1653	0.80	366,708
13	เขื่อนรัชชประภา_2	194,439,152	17.1	1496	0.80	102,099
14	เขื่อนสิริกิติ์	375,977,928	18.9	1653	0.80	197,426

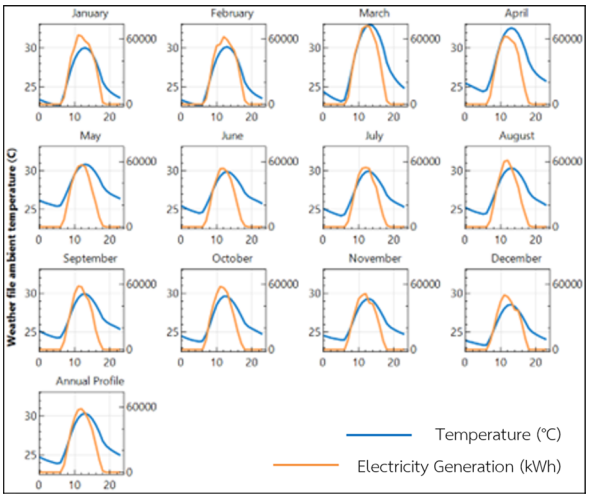
จากผลในตาราง 5 เมื่อประเมินโครงการทั้ง 14 โครงการแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2580 ปัจจัยด้านปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจริง (actual annual electricity generation) ในระบบหรืออุปกรณ์ทำงานจริงในช่วงหนึ่งของปี โดยอ้างอิงจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้พบว่าเขื่อนภูมิพลผลิตปริมาณไฟฟ้าได้สูงที่สุด 1,649 MWh ตามกำลังการผลิตกำหนดที่ 778 MW โดยมีอัตราส่วนประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า (capacity factor) 18.6 % แสดงถึงประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าที่ดี ส่วนปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบพลังงานสามารถผลิตได้ในระยะเวลา 1 ปี (energy yield) เท่ากับ 1,630 kWh/year และอัตราส่วนสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (performance ratio) โดยวัดจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจริงต่อพลังงานที่คาดหวังที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ 80% สามารถนำไปคำนวณค่าการปล่อยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2eq) ได้เท่ากับ 865,836 tCO_2eq/year ส่วนศักยภาพของเขื่อนอื่น ๆ ตามปัจจัยที่ได้ศึกษาพบข้อแตกต่างในด้านของปริมาณพลังงานที่ระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ระยะเวลา 1 ปี ในเขื่อนที่อยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทยคือเขื่อนบางลาง จังหวัดยะลา และเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าเฉลี่ยที่เท่ากัน เท่ากับ 1,496 kWh/year ส่งผลต่อ Capacity factor ที่ 17.1 แตกต่างจากกลุ่มผลของข้อมูลที่ได้จากเขื่อนอื่น ๆ ผู้วิจัยวิเคราะห์ว่าค่าดังกล่าวมีผลกระทบมาจากสภาพอากาศที่แตกต่างกัน เช่น ปริมาณแสงแดดหรือความเร็วลมที่มีอยู่ในพื้นที่ เนื่องจากพื้นที่ภาคใต้ของไทยอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร สภาพอากาศมีความชื้นสูงและมีฝนตกตลอดทั้งปี ความแตกต่างนี้พิจารณาดังภาพ 5 และภาพ 6 ในส่วนของค่า Capacity Factor และ Performance Ratio--PR ที่มีค่าใกล้เคียงกันเป็นผลมาจากการที่โครงการเหล่านี้ใช้การออกแบบและการตั้งค่าของข้อมูลที่คล้ายคลึงกัน เช่นประเภทของแผงโซลาร์เซลล์และเงื่อนไขการทำงาน นอกจากนี้ สภาพภูมิอากาศในพื้นที่แต่ละโครงการยังอาจมีความใกล้เคียงกัน ซึ่งส่งผลให้ปัจจัยทั้งสองมีความคงที่และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ค่า Energy Yield (kWh/year) อาจแตกต่างกันเพราะ Yield ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เช่นขนาดของระบบ หรือจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งในแต่ละโครงการ ค่า Yield สะท้อนปริมาณพลังงานที่ผลิตได้จริง ซึ่งจะขึ้นกับขนาดของโครงการและการตั้งค่าต่าง ๆ ซึ่งในตารางอาจแสดงถึงโครงการที่มีขนาดต่างกัน แต่ใช้เทคโนโลยีและประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน จึงทำให้ค่า PR และ Capacity Factor ใกล้เคียงกัน

ในรูปภาพแสดงกราฟของ Weather file ambient temperature (°C) ตามช่วงเวลาของแต่ละเดือน (มกราคม ถึง ธันวาคม) และ Annual Profile ที่แสดงค่าภาพรวมรายปี โดยเส้นสีน้ำเงิน แสดงอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (ambient temperature) หน่วยวัด คือ องศาเซลเซียส (°C) ซึ่งมีที่มาจากข้อมูลสภาพอากาศ บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาของวัน (ตั้งแต่เช้าถึงเย็น) สำหรับแต่ละเดือน เส้นสีส้ม แสดงข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (electricity generation) หน่วยวัด คือ กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) ที่แสดงถึงการผลิตพลังงานในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวันในแต่ละเดือน

อุณหภูมิของเขื่อนภูมิพลจะสูงที่สุดในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม (ประมาณ 35-40 °C) ส่วน อุณหภูมิที่เขื่อนบางลางจะต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเขื่อนภูมิพล โดยจะอยู่ในช่วง 25-30 °C ในเดือนต่าง ๆ แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองต่อปริมาณแสงที่เข้มข้นในช่วงเวลานี้ แต่ประสิทธิภาพจะลดลงในเดือนที่อุณหภูมิสูงสุดเนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตของแผงโซลาร์และผลจากเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของภูมิภาคนั้น ๆ



ภาพ 5 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าต่อสภาพภูมิอากาศในแต่ละเดือนของเขื่อนภูมิพล จ.ตาก



ภาพ 6 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าต่อสภาพภูมิอากาศในแต่ละเดือนของเขื่อนบางลาง จ.ยะลา

2. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การคำนวณต้นทุนรวมของการผลิตไฟฟ้าตลอดอายุการใช้งาน (LCOE) ของโครงการ ผู้วิจัยได้รับข้อมูลต้นทุนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำในประเทศไทยโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 25 ถึง 40 THB/W ต้นทุนนี้รวมค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับแผงโซลาร์เซลล์ โครงสร้างทุ่นลอยน้ำ และอุปกรณ์ที่จำเป็นอื่น ๆ และอีกปัจจัยคือค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและค่าบำรุงรักษา (operating & maintenance) สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบลอยน้ำจะอยู่ระหว่าง 335 ถึง 670 THB/kW/y ต้นทุนอาจแตกต่างกันไปตามเงื่อนไขของโครงการโดยเฉพาะ เช่น ขนาดของการติดตั้ง ประเภทของแหล่งน้ำ และค่าแรงในท้องถิ่น โดยกำหนดการเปลี่ยนแปลงไว้ที่ 3% อ้างอิงจากโครงการเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำเขื่อนสิรินธร ซึ่งเป็นหนึ่งในโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแบบผสมผสาน ในส่วนของประสิทธิภาพได้กำหนดค่าเสื่อมของระบบไว้ที่ 0.5% จากการวิเคราะห์ต้นทุนรวมการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนนี้พบว่า เขื่อนภูมิพล มีต้นทุนต่ำสุด 1.2 THB/kWh รองลงมาคือ เขื่อนสิริกิติ์และเขื่อนจุฬาภรณ์ที่ 1.66 THB/kWh ที่ระยะเวลา 25 ปี ของการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำ

สรุปผลและอภิปรายผล

จากการศึกษาศักยภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำพบว่ามีปัจจัยมากมายที่เกี่ยวข้องและผลที่ได้รับจากการจำลองนี้บ่งบอกให้ทราบถึงแนวทางการดำเนินงานพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของประเทศไทย ประการแรกคือ การกำหนดแผงเซลล์แสงอาทิตย์และ Inverter ควรพิจารณาถึงปัจจัยหลายประการ เช่น ความต้องการพลังงาน ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ และความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม โดยทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเลือกจากประสิทธิภาพเป็นหลักโดยมีค่าสูงสุดในไบนารีของโปรแกรม SAM อย่างไรก็ตามแผงเซลล์แสงอาทิตย์และ Inverter มีความแปรผันไปตามเทคโนโลยีและการจัดซื้อจัดจ้างของ กฟผ. ซึ่งเป็นการประกวดราคางานก่อสร้างตามโครงการอ้างอิงของเขื่อนสิรินธรและเขื่อนอุบลรัตน์ ประการที่สองคือ กำลังการผลิตมีผลต่อการกำหนดขนาดของพื้นที่ติดตั้ง เช่น การศึกษาข้อมูลพื้นฐานของเขื่อนในเรื่องของพื้นที่ผิวน้ำ และความแปรผันของระดับน้ำในเขื่อนเพื่อช่วยในการออกแบบระบบยึดโยงของทุ่นลอยน้ำซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการทราบถึงศักยภาพของการผลิต โดยเขื่อนภูมิพลกำหนดกำลังผลิตติดตั้งที่ 778 MW และจากการจำลองโดยใช้โปรแกรม SAM สามารถผลิตไฟฟ้าสูงสุดรายปีได้ 1649 GW/year พร้อมจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบในปี พ.ศ. 2569 ประการที่สามคือ ข้อมูลสภาพอากาศในแต่ละเขื่อนที่อยู่ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย เช่น เขื่อนทางภาคใต้จะมีประสิทธิภาพการผลิตที่น้อยกว่าภูมิภาคอื่น ๆ โดยมีสาเหตุจากสภาพอากาศที่มีความชื้นสูงและมีฝนตกตลอดทั้งปี ประการที่สี่คือ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำมีความแตกต่างจากการปล่อยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของแหล่งพลังงานแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเมื่อแผนพัฒนาโครงการนี้แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2580 สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2eq) ที่ 3,001,500 tCO_2eq/year เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำ (FSPV) กับระบบพลังงานดั้งเดิม (GMPV) เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินและก๊าซธรรมชาติเพื่อประเมินความสามารถในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำการปล่อยก๊าซ CO_2 ในระดับต่ำ เนื่องจากพลังงานที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระหว่างการใช้งาน ในทางตรงกันข้าม ระบบผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินมีค่าการปล่อยก๊าซ CO_2 ประมาณ 1.0 kg CO2/kWh ที่ผลิต ซึ่ง

หมายความว่า หากโครงการที่มีการผลิตไฟฟ้ารวม 5,716 GWh จะปล่อยก๊าซ CO_2 ประมาณ 5,716,000 ตัน CO_2/year หากเปรียบเทียบกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำที่ปล่อยเพียง 3,001,500 tCO_2eq/year จะเห็นได้ว่าการใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้อย่างมีนัยสำคัญ จากการเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซ CO_2 ระหว่างระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำกับระบบพลังงานดั้งเดิม พบว่า โครงการนี้สามารถลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้ถึง 2,714,500 ตัน CO_2eq ต่อปี ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเป็นทางเลือกที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพในด้านสิ่งแวดล้อม จากผลการจำลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำมีศักยภาพในการเป็นพลังงานทางเลือกที่สำคัญในอนาคต อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาถึงความเหมาะสมในการเลือกอุปกรณ์และการออกแบบที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ติดตั้ง

ข้อเสนอแนะ

บทความนี้กล่าวถึงผลลัพธ์จากการจำลองประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์บนทุ่นลอยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ 9 เขื่อน ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก AEDP 2018 ในระหว่างปีการติดตั้งของแต่ละโครงการยังมีหลายปัจจัยทำให้ผลของการจำลองนี้เปลี่ยนแปลงทั้งในเรื่องของวัสดุและอุปกรณ์การติดตั้ง เพื่อให้ได้รับประสิทธิภาพสูงสุดกว่าโครงการที่ผ่านมา ซึ่งมีผลทางเศรษฐศาสตร์ตามมา และอีกหนึ่งประเด็นที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวถึงคือผลกระทบต่อการทำงานของเขื่อนและสิ่งแวดล้อมหลังจากการประเมินการติดตั้งเสร็จ แบบจำลองนี้ถูกสร้างขึ้นโดยข้อมูลที่จำกัดและ โปรแกรม SAM ถูกใช้เพื่อจำลองและคำนวณศักยภาพการผลิตไฟฟ้าเบื้องต้นจากระบบโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้ง รวมถึงการคำนวณการสูญเสียพลังงานในระบบ ซึ่งเป็นทุ่นลอยน้ำ โดยใช้ข้อมูลด้านสภาพแสงอาทิตย์ (เช่น GHI DNI) และประสิทธิภาพของโมดูลโซลาร์เซลล์ ข้อมูลที่มีความสำคัญในขั้นต้นก่อนที่จะไปสู่ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้าง ผู้วิจัยมีการใช้ข้อมูลที่คงที่ (fixed input data) ชุดเดียวในการคำนวณ เพื่อลดความซับซ้อนและป้องกันความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงข้อมูลอินพุตหลายชุด ในกรณีนี้ผู้วิจัยสามารถใช้ข้อมูลที่มี โดยการใช้ข้อมูลอินพุตที่มาจากฐานข้อมูลสภาพอากาศที่เชื่อถือได้อย่าง NSRDB และการศึกษานี้ยังไม่ได้ลงลึกในส่วนของการออกแบบโครงสร้างและการยึดโยงให้เหมาะสมกับลักษณะพื้นที่ การใช้ข้อมูลชุดเดียวจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการวิเคราะห์เบื้องต้นก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการออกแบบเชิงโครงสร้างและวิศวกรรมที่ซับซ้อนมากขึ้นในขั้นตอนถัดไป

Reference

Amal, D. F., Budiarto, R., & Prakoso, A. B. (2022). Analysis of performance, carbon emission, and economics on the design of floating photovoltaic in Sambinasi Village, East Nusa Tenggara. *2022 International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICT-PEP)* (pp. 277-282). Jakarta: IEEE

Chirwa, D., Goyal, R., & Mulenga, E. (2023). Floating solar photovoltaic (FSPV) potential in Zambia: Case studies on six hydropower plant reservoirs. *Renewable Energy Focus, 44*, 344-356. https://doi.org/10.1016/j.psep.2025.107082

Cromratie Clemons, S. K., Salloum, C. R., Herdegen, K. G., Kamens, R. M., & Gheewala, S. H. (2021). Life cycle assessment of a floating photovoltaic system and feasibility for application in Thailand. *Renewable Energy, 168*, 448-462. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.12.082

Department of Alternative Energy and Energy Conservation. (2021). *Map showing the locations of hydropower plants in Thailand. In Alternative Energy Development Plan 2018-2037 (AEDP 2018).* Retrieved from https://www.egat.co.th/home (in Thai)

Department of Alternative Energy and Energy Conservation. (2020). *Alternative Energy Development Plan 2018-2037 (AEDP 2018)*. Bangkok: Department of Alternative Energy and Energy Conservation (in Thai)

Electricity Generating Authority of Thailand. (2021). *Sirindhorn Dam floating solar project*. Retrieved from https://www.egat.co.th/home/en/20211103-pre/ (in Thai)

Electricity Generating Authority of Thailand. (2024). *Ubon Ratchathani Dam floating solar project.* Retrieved from https://www.egat.co.th/home/en/20240306e/ (in Thai)

Goswami, A. (2023). Effect of humidity on the generation capacity of floating solar photovoltaic system. *Jordan Journal of Electrical Engineering, 9*(1), 31–41. https://doi.org/10.5455/jjee.204-1667584023

Jornsanoh, N., Vorarat, S., Tantawat, W., & Rittidatch, P. (2023). The Bibliometric Analysis of Electricity Generation from Floating Solar, *2023 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI 2023)* (pp. 107-123). Thailand: IEEE (in Thai)

Lee, N., Grunwald, U., Rosenlieb, E., Mirletz, H., Aznar, A., Spencer, R., & Cox, S. (2020). Hybrid floating solar photovoltaics-hydropower systems: Benefits and global assessment of technical potential. *Renewable Energy, 162*, 1415–1427. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.08.080

Maraj, A., Këertusha, X., & Lushnjari, A. (2022). Energy performance evaluation for a floating photovoltaic system located on the reservoir of a hydro power plant under the Mediterranean climate conditions during a sunny day and a cloudy one. *Energy Conversion and Management: X, 16,* 100275. https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100275

Makhija, S. P., Dubey, S. P., Bansal, R. C., & Jena, P. K. (2021). Techno-environ-economical analysis of floating PV/on-ground PV/grid extension systems for electrification of a remote area in India. *Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy, 6*, 1–10. https://repository.up.ac.za/handle/2263/88121

NASA. (2020). *Climate change: Evidence and causes*. Retrieved from https://climate.nasa.gov/evidence/

National Renewable Energy Laboratory. (2022). *System advisor model (Version 2013.12.17)*. Retrieved from https://sam.nrel.gov/ (in Thai)

Ramasamy, V., & Margolis, R. (2021). *Floating photovoltaic system cost benchmark: Q1 2021 installations on artificial water bodies* (Report no. NREL/TP-7A40-80695). USA: National Renewable Energy Laboratory.

Sahu, A. K., & Sudhakar, K. (2019). Effect of UV exposure on bimodal HDPE floats for floating solar application. *Journal of Materials Research and Technology, 8*(1), 147–156. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2017.10.002

Sapthanakorn, P., & Salakij, S. (2021). Evaluating the potential of using floating solar photovoltaic on 12 reservoirs of electricity generation authority of Thailand hydropower plants. *2021 International Conference on Smart City and Green Energy (ICSCGE)* (pp. 41-45). China: IEEE

Sarker, S. K., Islam, M. T., & Moniruzzaman, M. (2021). Techno-economic analysis of floating solar PV integrating with hydropower plant in Bangladesh. *IEEE Green Technologies Conference* (pp. 30-36). USA: IEEE

SunPower Corporation. (2021). *SunPower SPR-X22-485-COM: Technical specification datasheet*. Retrieved from https://www.sunpower.com

Sungrow Power Supply Co., Ltd. (2021). *Sunglow Power SC1725UD-US: Inverter technical specification.* Retrieved from https://www.sungrowpower.com

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), Carbon Credit Certification Office. (2022). *Annual greenhouse gas emission reduction report 2022*. Retrieved from https://www.tgo.or.th (in Thai)

World Bank Group, & Solar Energy Research Institute of Singapore. (2019). *Where sun meets water: Floating solar handbook for practitioners*. Washington, DC: World Bank.

การศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น และฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดดาหลา เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บาล์มแก้คัน

Evaluation of Phytochemical Screening and The Biological Properties of *Etlingera elatior* (Jack) R.M. Smith Extract for Development of Anti-itching Balm Product

ยัสมีน วามุ[1] รุสนานี สาแม[1] วิทวัส หมาดอี[1] วิไลลักษณ์ กล่อมพงษ์[2] และกุสุมาลย์ น้อยผา[1]*
Yasmin Wamu[1], Rusnanee Samae[1], Wittawat Mard-e[1], Vilailak Klompong[2] and Kusumarn Noipha[1]*
[1]หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
[1]Bachelor of Thaditional Medicine Program, Faculty of Health and Sports Science, Thaksin University, Phatthalung Campus
[2]หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
[2]Bachelor of Science Program, Faculty of Agro-Industry, Thaksin University, Phatthalung Campus
*Correspondence: kusumarn.n@hotmail.com
Received: September 14, 2024
Revised: December 2, 2024
Accepted: December 9, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอสของสารสกัดหยาบจากดาหลา ทั้ง 4 ส่วน ได้แก่ ราก เหง้า ใบ และดอก โดยสกัดดาหลาด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% ผลการศึกษาพบสารพฤกษเคมีจากสารสกัดดาหลาทั้ง 4 ส่วน จำนวน 8 กลุ่ม คือ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน คาร์ดิแอคไกลโคไซด์ เทอร์พินอยด์ แทนนิน ซาโปนิน และสเตียรอยด์ ยกเว้นสารแอนทราควิโนน หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colormetric assay และ aluminium chloride colorimetric assay สารสกัดหยาบเอทานอลจากเหง้าดาหลา มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุด (24.30±0.09 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด) สารสกัดหยาบเอทานอลจากใบดาหลามีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงสุด (28.05±0.94 มิลลิกรัมสมมูลกรดเคอร์ซิตินต่อกรัมของสารสกัด) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลจากดอกดาหลามีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH scavenging assay สูงสุด (IC_{50}=90.67 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) สารสกัดหยาบเอทานอลจากใบดาหลามีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS scavenging assay สูงสุด และวิธี nitric oxide scavenging assay สูงสุด (IC_{50}=135.03 และ 1.98 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอส ด้วยวิธี proteinase inhibitory assay พบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลจากดอกดาหลามีฤทธิ์ยับยั้งสูงสุด (IC_{50}=118.75 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) รองลงมาเป็นสารสกัดหยาบเอทานอลจากใบดาหลา มีค่า IC_{50}= 311.43 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าสารสกัดเอทานอลจากดาหลามีสารพฤกษเคมีหลายชนิด ซึ่งรวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระและสารยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอส ทำให้สามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในด้านเภสัชกรรมและเวชสำอางได้ ดังนั้นจากผลการศึกษาที่ได้ จึงเลือกที่จะนำสารสกัดจากใบดาหลามาพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มต้นแบบ เนื่องจากใบดาหลาเป็นวัตถุดิบที่สามารถหาได้ตลอดทั้งปี โดยสารสกัดจากใบจะถูกนำมาผสมในผลิตภัณฑ์บาล์มแก้คันซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมหลัก ได้แก่ วาสลีน น้ำมันโจโจ้บา ขี้ผึ้ง เมนทอล สารสกัดหยาบเอทานอลจากใบดาหลา และสารแต่งสี พร้อมทั้งทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความเสถียรในการใช้งาน

คำสำคัญ: ดาหลา สารพฤกษเคมีเบื้องต้น ฤทธิ์ทางชีวภาพ คัน บาล์ม

Abstract

This research aims to study the preliminary phytochemical constituents, antioxidant activity, and protease inhibitory activity of crude extracts from four parts of *Etlingera elatior* (torch ginger), including roots, rhizomes, leaves, and flowers. The extraction was performed using 95% ethanol as the solvent. The study revealed that crude extracts from all four parts of *E. elatior* contained eight groups of phytochemicals: alkaloids, flavonoids, coumarins, cardiac glycosides, terpenoids, tannins, saponins, and steroids, except anthraquinones. The ethanol crude extract from the rhizomes of *E. elatior* exhibited the highest total phenolic content (24.30±0.09 mgGAE.g-1), while the ethanol crude extract from the leaves had the highest total flavonoid content (28.05±0.94 mgQE.g-1). Antioxidant activity testing revealed that the ethanol crude extract from the flowers demonstrated the highest antioxidant activity using the DPPH scavenging assay (IC_{50}=90.67 µg/mL). The ethanol crude extract from the leaves of *E. elatior* exhibited the highest antioxidant activity using both the ABTS scavenging assay (IC_{50}=135.03 µg/mL) and the nitric oxide scavenging assay (IC_{50}=1.98 µg/mL). In the evaluation of protease inhibitory activity using the proteinase inhibitory assay, the ethanol crude extract from the flowers showed the highest inhibitory effect (IC_{50}=118.75 µg/mL), followed by the ethanol crude extract from the leaves (IC_{50}=311.43 µg/mL). This study indicates that the ethanolic extract of torch ginger contains various phytochemicals, including antioxidants and protease inhibitors, making it applicable for use in pharmaceuticals and cosmetics. Based on the findings, the extract from torch ginger leaves was selected for the development of a prototype balm product, as torch ginger leaves are a readily available raw material throughout the year. The leaf extract is incorporated into an anti-itch balm formulation, which includes key ingredients such as Vaseline, jojoba oil, beeswax, menthol, ethanolic crude extract from torch ginger leaves, and colorants. Additionally, the stability of the product is tested to evaluate its efficacy and stability for practical use.

Keywords: Etlingera elatior, phytochemicals, bioactivity, itch, balm

บทนำ

อาการคัน (itch หรือ pruritus) เป็นอาการทางผิวหนังที่พบบ่อย แม้ไม่เป็นอันตรายร้ายแรงแต่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิต หากเกิดแบบเรื้อรัง อาจเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น ผิวแห้ง โรคผิวหนัง แมลงสัตว์กัดต่อย การใช้สบู่หรือผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดที่มีสารเคมีเข้มข้น การติดเชื้อ และปัจจัยทางพันธุกรรม (Cevikbas & Lerner, 2020; Welz-Kubiak et al., 2019) จากรายงานพบว่า โรคผิวหนังอักเสบและผื่นคันเป็นโรคที่พบได้บ่อยในประเทศไทย มีผู้ป่วยประมาณ 7.8 ล้านคน โดยใน ปี พ.ศ. 2562 (Institute of Dermatology, Department of Medical Services Ministry of Public Health, 2021) โรคผิวหนังที่พบบ่อย คือ สิว (acne) ผิวหนังอักเสบ (dermatitis) และสะเก็ดเงิน (psoriasis) (Division of herb for economy, Department of Thai Traditional and Alternative Medicine, Ministry of Public Health, 2023)

Protease enzymes เช่น tryptase kallikrein และ cathepsins มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นอาการคันและการอักเสบ โดยสามารถกระตุ้นตัวรับ Protease-Activated Receptors--PARs โดยเฉพาะ PAR-2 ซึ่งพบใน

เส้นประสาทและผิวหนัง นำไปสู่การปล่อยสารสื่อประสาทอย่าง substance P และ histamine ที่เกี่ยวข้องกับอาการคัน นอกจากนี้ protease ยังย่อยโปรตีนในเนื้อเยื่อ ก่อให้เกิดการปลดปล่อยไซโตไคน์ เช่น IL-1β IL-6 และ TNF-α ซึ่งเป็นตัวกลางสำคัญของการอักเสบ พร้อมทั้งกระตุ้นเซลล์อักเสบ เช่น mast cells และ neutrophils ทำให้กระบวนการอักเสบดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง (Akiyama et al., 2015) การยับยั้ง protease enzyme เป็นกลไกสำคัญที่สามารถลดอาการคันและการอักเสบได้โดยการลดการกระตุ้นตัวรับ PARs และลดการปล่อยสารสื่ออักเสบ ยาที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้ง protease มีหลายกลุ่ม เช่น serine protease inhibitors (Serpins) เช่น α1-antitrypsin ซึ่งใช้รักษาโรคปอดเรื้อรัง (COPD) ที่เกิดจากการทำลายเนื้อเยื่อโดย protease (Kelly-Robinson et al., 2021) และ direct PAR inhibitors ซึ่งป้องกันการกระตุ้น PAR-2 โดย protease และอยู่ในขั้นพัฒนาทางคลินิกสำหรับโรคผิวหนังและการอักเสบ (Fan et al., 2024) นอกจากนี้ยังมี anti-tryptase agents เช่น Nedocromil sodium ที่ใช้ลดการปล่อย tryptase ในโรคภูมิแพ้ (Bleecker et al., 1996) และ corticosteroids กับ calcineurin inhibitors ที่ลดการอักเสบจากการกระตุ้นของ protease แม้จะไม่ได้ยับยั้ง protease โดยตรงก็ตาม (Lazar et al., 2024) การพัฒนาและใช้งานยาในกลุ่มนี้ยังคงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจสำหรับการรักษาโรคผิวหนังและโรคอักเสบเรื้อรังในปัจจุบัน (Satoh et al., 2021; Reszke et al., 2020) อาการคันสามารถหายเองได้หากอาการคันหมดไป แต่การใช้ยาบรรเทาอาการคันก็ทำให้หายคันเร็วขึ้น อย่างไรก็ตามยาเหล่านี้มีส่วนผสมของสารเคมี ถ้าผู้ป่วยใช้อย่างต่อเนื่องและเป็นเวลานานอาจมีการสะสมของสารเคมีเหล่านั้นจนเกิดพิษได้ ดังนั้นการใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรเป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษาอาการคัน ซึ่งไม่มีการสะสมของสารเคมี

อนุมูลอิสระ (free radicals) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) มีบทบาทสำคัญในการคันผิวหนังและการอักเสบ เนื่องจากอนุมูลอิสระสามารถกระตุ้นกระบวนการอักเสบและเพิ่มการปล่อยสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับอาการคัน เช่น histamine และ substance P การสร้างอนุมูลอิสระเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ได้รับการกระตุ้นจากปัจจัยต่างๆ เช่น การติดเชื้อ การสัมผัสสารเคมี หรือปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม เช่น รังสี UV หรือมลพิษ อนุมูลอิสระสามารถทำลายเซลล์ผิวหนังและทำให้เกิดการอักเสบ โดยการกระตุ้นการปล่อยไซโตไคน์ (Cytokines) และการเพิ่มจำนวนเซลล์อักเสบ เช่น mast cells ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการอักเสบที่เกี่ยวข้องกับอาการคัน (Soares et al., 2023) ในทางกลับกัน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามิน C วิตามิน E และสารจากพืช (เช่น Flavonoids) สามารถช่วยลดความเสียหายจากอนุมูลอิสระ โดยการจับอนุมูลอิสระและป้องกันไม่ให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อและการอักเสบ ซึ่งจะช่วยลดอาการคันและการอักเสบที่เกิดจากปัจจัยเหล่านี้ (Kumari et al., 2019)

ดาหลา (*Etlingera elatior* (Jack) R.M. Smith) เป็นพืชล้มลุกใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีดอกสวยงาม พบได้ในหลายประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และในภาคใต้ของประเทศไทย ดาหลามีคุณค่าทางสมุนไพรสูง ใช้ในการประกอบอาหารและมีสรรพคุณทางยาหลากหลาย เช่น ช่วยขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ รักษาโรคลมพิษและโรคผิวหนัง สารพฤกษเคมีในดาหลาประกอบด้วยกลุ่มฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์รวม ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ชะลอการเสื่อมสภาพ ป้องกันและต้านการอักเสบของผิวหนัง อีกทั้งยังมีกลิ่นหอมที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียจากน้ำมันหอมระเหย ซึ่งดาหลาเป็นไม้ดอกที่ปลอดภัยต่อการใช้งาน นอกจากนี้ มีรายงานวิจัยที่พบว่า ราก เหง้า ลำต้น ใบ และดอกดาหลามีสารพฤกษเคมี ได้แก่ แอลคาลอยด์ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน เทอร์พินอยด์ และ คาร์ดิแอคไกลโคไซด์ (Kaew-on, 2018; Muangkaewngam et al., 2016)

แผนปฏิบัติการด้านสมุนไพรแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2566–2570) มุ่งเน้นการใช้สมุนไพรไทยเป็นยา ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และเครื่องสำอาง เพื่อลดการนำเข้าและส่งเสริมการพึ่งพาตนเอง โดยเฉพาะการใช้ภูมิปัญญาดั้งเดิม (Institute of Dermatology, Department of Medical Services Ministry of Public Health, 2021) การส่งออกผลิตภัณฑ์สมุนไพรยังสามารถสร้างรายได้ให้ประเทศอย่างมากขึ้น ซึ่งมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยคาดว่าจะมีมูลค่าตลาดสูงถึง 59.5 พันล้านบาทในปี 2569 (Euromonitor International, 2021) ถึงแม้อาการคันจะไม่เป็นอันตรายร้ายแรงแต่สามารถส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตได้ ปัจจุบันยาบรรเทาอาการคันใช้ภายนอก

มักเป็นยาครีมที่มีสารเคมี หนึ่งในการรักษาอาการคันที่ปลอดภัย จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ดาหลามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบ ใช้ในตำรายาแผนไทยเป็นยาทาภายนอกที่มีคุณสมบัติในการบรรเทาอาการแพ้ผิวหนังจากแมลงสัตว์กัดต่อย รวมถึงแก้ลมพิษ แก้ประดงและผื่นคันตามตัว ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้นำสารสกัดจากดาหลามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บาล์มเพื่อแก้ปัญหาด้านผิวหนัง ทั้งนี้ผลการวิจัยจะได้ข้อมูลเบื้องต้นที่สามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ นอกจากบาล์มแก้คันและยังสามารถนำไปสู่การพัฒนาในระดับอุตสาหกรรมได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดดาหลา
2. ศึกษาปริมาณฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
3. ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอสในหลอดทดลอง
4. พัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มแก้คันที่มีส่วนผสมสารสกัดจากดาหลา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดหยาบเอทานอลจากดาหลา

สมุนไพรดาหลาที่ใช้ เป็นสายพันธุ์สีชมพูอ่อน มาจาก 3 แหล่งปลูก ในอำเภอ ป่าพะยอม ตัวอย่างดาหลาที่ใช้เก็บในช่วงเดือนกันยายน-พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 และตรวจสอบความถูกต้องของลักษณะทั่วไปของสมุนไพร (สี กลิ่น รส รูปร่าง) โดยนักพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และหมอพื้นบ้านด้านเภสัชกรรมแผนไทย จังหวัดพัทลุง โดยนำตัวอย่างสมุนไพรทุกส่วน คือ ราก เหง้า ใบ และดอก อย่างละ 30 กรัม (โดยน้ำหนักแห้ง) มาสกัดด้วยตัวทำละลาย 95% เอทานอล ด้วยวิธีการหมัก (maceration) หมักนาน 7 วัน นำสารสกัดที่ได้ไประเหยเอาสารละลายออกด้วยเครื่อง vacuum rotary evaporator ได้สารสกัดหยาบใบดาหลา (crude extract) จนสารสกัดแห้งแล้ว ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำสารสกัดที่ได้มาคำนวณร้อยละผลผลิตของสารสกัด (% yield of dry weight) ตามสูตร

ร้อยละผลผลิต = (น้ำหนักหลังสกัด/น้ำหนักผงสมุนไพรก่อนสกัด) × 100

2. การศึกษาพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดดาหลา

การศึกษาพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดสมุนไพรดาหลา โดยแบ่งการทดสอบสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ออกเป็น 9 กลุ่ม ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตียรอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน (Wanmanee et al., 2021; Ayoola et al., 2008)

3. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธีการดัดแปลงจาก Puteh et al. (2023) โดยใช้ Folin-Ciocalteu Reagent เริ่มต้นด้วยการผสมสารสกัดหยาบดาหลา ปริมาตร 50 ไมโครลิตร กับสารละลาย Folin-Ciocalteu Reagent ที่มีความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.35 โมลาร์ ปริมาตร 200 ไมโครลิตร เข้ากันและทิ้งไว้ในที่มืด อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร และเปรียบเทียบผลลัพธ์กับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (Gallic Acid) ที่มีความเข้มข้นระหว่าง 0 - 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรในน้ำกลั่น การแสดงผลเป็นค่ามิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก (Gallic Equivalent: มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด (mgGAE.g-1)

4. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม

การทดสอบปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดสมุนไพร ด้วยวิธี aluminium chloride colorimetric assay เป็นวิธีที่ดัดแปลงจาก Ghasemzadeh et al. (2015) และ Pourmorad et al. (2006) โดยเติมสารสกัดหยาบดาหลา ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงใน 96 well plate เติม flavonoid reagent ปริมาตร 100 ไมโครลิตร (4 ml of 10% aluminum chloride 4.0 ml of 1 M potassium

acetate in 92 ml distilled water) จากนั้นตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ซึ่งในการทดสอบใช้สารมาตรฐานเควอซิติน ที่ความเข้มข้นในช่วง 0-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารมาตรฐานไปสร้างกราฟมาตรฐานจากนั้นคำนวณปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมในรูปมิลลิกรัมสมมูล (Quercetin equivalent: มิลลิกรัมสมมูลของเคอซิทินต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด (mgQE.g-1)

5. การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดาหลา

5.1 การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดาหลาโดยวิธี 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazy (DPPH) radical scavenging activity เป็นวิธีที่ดัดแปลงจาก Braca et al. (2002) เตรียมสารละลาย DPPH radical ในเอทานอล 0.2 มิลลิโมลาร์ และเตรียมสารสกัดหยาบดาหลาในเอทานอล และเติม DPPH ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงไปในสารละลายแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และบ่มไว้ในที่มืดประมาณ 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร และคำนวณค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH radical inhibition) จากสมการ

$$\%\ DPPH\ radical\ inhibition = \left[1-\left(A_{sample}/A_{control}\right)\right]\times 100 \quad (1)$$

เมื่อ A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง
$A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH

5.2 การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดาหลาโดยวิธี ABTS radical scavenging activity เป็นวิธีที่ดัดแปลงจาก Arnao et al. (2001) เป็นการทดสอบด้วย ABTS•+,2,2′-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical สารสังเคราะห์ที่มีสีเขียวปนน้ำเงินสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร การเตรียมสารละลายเอบีทีเอส (ABTS reagent) โดยการชั่งสารเอบีทีเอส 0.0036 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ผสมสารโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.00067 กรัม แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง ทำการทดสอบสารตัวอย่างโดยผสมสารสกัดหยาบดาหลา 50 ไมโครลิตร กับ สารละลายเอบีทีเอส ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใน 96 well plate ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร โดยใช้สารมาตรฐาน ascorbic acid เป็นสารควบคุม จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจากสมการ

$$\%\ Inhibition = 100\times(A_0 - A_S)/A_0 \quad (2)$$

เมื่อ A_0 คือ ค่าดูดกลืนแสงของหลอดควบคุม
A_S คือ ค่าดูดกลืนของแสงตัวอย่าง

ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันจะแสดงเป็นคำ IC_{50} คือ ความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50%

5.3 การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดาหลาโดยวิธี nitric oxide scavenging assay ดัดแปลงมาจาก Sumanont et al. (2004) โดยการผสมสารสกัดหยาบดาหลาที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในสารละลาย 100 มิลลิโมลลาร์ Sodium Nitroprusside--SNP ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นสารสร้าง nitric oxide จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที เมื่อครบเวลาเติมสารละลาย 1% sulfanilamide ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงเติมสารละลาย 0.1% Naphthyletylenediamine Dihydrochloride--NED จำนวน 500 ไมโครลิตร วางไว้ในที่มืดนาน 10 นาที หากในหลอดใดมีสารสกัดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมาก ก็จะทำให้ปริมาณ nitric oxide ในหลอดทดลองลดลงโดยจะทำให้สีเจือจางลงและสามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร แสดงผลการยับยั้งเป็นร้อยละ โดยเปรียบเทียบกับหลอดที่ไม่มีสารสกัดหยาบดาหลา

6. การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอสของสารสกัดดาหลา

วิเคราะห์ด้วยวิธี proteinase inhibitory assay ดัดแปลงมาจากวิธีของ Gunathilake et al. (2018) โดยเติมสารสกัดหยาบดาหลา ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ trypsin 0.6 mg/ml ในสารละลาย 25 มิลลิโมลาร์ Tris-HCl buffer

pH 7.5 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นนำไปบ่มต่อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และเติม casein solution ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปบ่มต่อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติม 70% perchloric acid ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที และนำของเหลวเหนือตะกอน (supernatant) ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร โดยใช้ quercetin เป็นสารละลายมาตรฐาน โดยการศึกษาฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ จะคำนวณค่า % inhibition of proteinase activity ของสารสกัดหยาบดาหลา เทียบกับสารมาตรฐาน ดังสมการ

$$inhibition\ of\ proteinase\ activity\ (\%) = \left[(A_0 - A_1) / A_0 \right] x100 \quad (3)$$

โดยที่ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงควบคุม

A_1 = ค่าการดูดกลืนแสงเมื่อมีสารสกัดหยาบดาหลา

ความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Proteinase จะแสดงเป็นค่า IC_{50} ซึ่งคือ ความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Proteinase ได้ ร้อยละ 50

7. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มแก้คันจากสารสกัดดาหลา

พัฒนาสูตรพื้นฐานจากสารเคมีที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักของการผลิตบาล์ม ได้แก่ วาสลีน ไขผึ้ง น้ำมันโจโจ้บา เมนทอล และสีผสมอาหาร โดยนำมาผสมกับสารสกัดดาหลาในสัดส่วนที่เหมาะสม (Domea, 2018)

8. การศึกษาความคงตัวของบาล์มแก้คัน

นำบาล์มแก้คันที่มีส่วนผสมสารสกัดดาหลามาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและความคงตัวตามเกณฑ์มาตรฐานทั่วไป ดังนี้

การศึกษาความคงสภาพของผลิตภัณฑ์เป็นการทดสอบ การกระจายตัว การแยกชั้น ความมัน ความหนืด กลิ่น และสี โดยเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่างกัน คือ อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน และทดสอบในสภาวะเร่งแบบวัฏจักรร้อน-เย็น (heating-cooling) จำนวน 6 รอบ จากนั้นศึกษาความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการสังเกต (observation method) เป็นการตรวจสอบลักษณะภายนอกและคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลง เช่น การกระจายตัวของส่วนผสมว่ามีความสม่ำเสมอหรือไม่ การแยกชั้นของส่วนประกอบ เช่น น้ำมันและน้ำ การสัมผัสหรือสังเกตความมันบนพื้นผิว ความหนืดที่ตรวจสอบได้จากการไหลหรือการหยด การเปลี่ยนแปลงของกลิ่น และการเปรียบเทียบสีของผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาต่าง ๆ (Haideret al., 2020)

9. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (descriptive analytical statistic) ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการทดลอง

1. ผลการเตรียมสารสกัดดาหลา

ผลจากการสกัดสารหยาบจากดาหลาทั้ง 4 ส่วน ได้แก่ ราก เหง้า ใบ และดอก ด้วยวิธีการหมัก (maceration) ในเอทานอล 95 % และเมื่อคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักของสารสกัดหยาบ (%yield) พบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลจากใบให้ร้อยละของน้ำหนักที่สูงกว่าสารสกัดหยาบจากส่วนอื่น ๆ ของดาหลา โดยสารสกัดหยาบจากใบคิดเป็นร้อยละ 12.76±5.72 กรัม รองลงมาสารสกัดหยาบจากดอก เหง้า และราก คิดเป็นร้อยละ 9.01±3.39 5.31±3.33 และ 3.97±1.49 กรัม ตามลำดับ (ตาราง 1)

2. ผลการศึกษาพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดดาหลาจากการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นจากสารสกัดหยาบของดาหลาทั้ง 4 ส่วน (ราก เหง้า ใบ และดอก)

พบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น 8 กลุ่ม คือ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน คาร์ดิแอคไกลโคไซด์ เทอร์พินอยด์ แทนนิน ซาโปนิน และ สเตียรอยด์ ยกเว้นสารแอนทราควิโนน (ตาราง 2)

3. ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบเอทานอลจากดาหลา

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu phenol test โดยเทียบกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (y=0.0126+0.1105 R^2=0.9809)

ภาพ 1 (A) และคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในหน่วยของมิลลิกรัมแกลลิกสมมูลต่อสารสกัด 1 กรัม (mgGAE.g-1) ของสารสกัดจากส่วนราก เหง้า ใบ และดอกดาหลา จะเห็นได้ว่า ปริมาณฟีนอลิกรวมทั้งหมดอยู่ระหว่าง 1.53±0.24-24.30±0.09 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งสารสกัดหยาบเอทานอลของเหง้าดาหลาจากแหล่งปลูกที่ 1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด 24.30±0.09 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง รองลงมาสารสกัดเอทานอลของรากดาหลาจากแหล่งปลูกที่ 1 และสารสกัดเอทานอลของใบดาหลาจากแหล่งปลูกที่ 2 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม 21.22±0.79 และ 16.37±0.84 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (ภาพ 1(B))

4. ปริมาณฟาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบเอทานอลจากดาหลา

จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ในส่วนราก เหง้า ใบและดอกดาหลา โดยวิธี aluminum chloride colorimetric assay การคำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในตัวอย่างสารสกัดจากค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ทำโดยการเทียบกับกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ของสารเควอซิตินโดยมีช่วงความเข้มข้น 0–100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับช่วงความเข้มข้นดังกล่าวของสารมาตรฐานและกราฟมาตรฐานในการศึกษานี้มีค่า R^2=0.9996 ภาพ 2 (A) จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานเควอซิตินคำนวณปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมในรูปกรัมสมมูล (Quercetin equivalent: mgQE.g-1) ซึ่งสารสกัดหยาบเอทานอลของใบดาหลาจากแหล่งปลูกที่ 3 มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมสูงสุด 28.05±0.94 มิลลิกรัมเควอซิตินต่อกรัมตัวอย่าง รองลงมาสารสกัดหยาบเอทานอลของรากจากแหล่งปลูกที่ 1 มีปริมาณสารประกอบ ฟลาโวนอยด์ 21.30±4.23 มิลลิกรัมเควอซิตินต่อกรัมตัวอย่าง (ภาพ 2 (B))

ตาราง 1

ลักษณะ และร้อยละผลผลิต (%yield) ของสารสกัดหยาบเอทานอลดาหลา (E. elatior)

สารสกัดดาหลา	น้ำหนักสมุนไพรแห้ง (กรัม)	ร้อยละผลผลิต	สารสกัดเอทานอล
ราก	82.61	3.97±1.49	มีสีเหลือง เหนียว คล้ายผลึกน้ำตาล
เหง้า	90.23	5.31±3.33	สีเหลืองเข้ม เหนียวโปร่งใส
ใบ	90.41	12.76±5.72	สีเขียวเข้ม เหนียว หนาแน่น มีความมัน
ดอก	91.49	9.01±3.39	สีน้ำตาลอ่อน เหนียวข้น

ตาราง 2

สารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบเอทานอลดาหลา (E. elatior)

สารสกัดดาหลา	อัลคาลอยด์	ฟลาโวนอยด์	คูมาริน	คาร์ดิแอคไกลโคไซด์	เทอร์พีนอยด์	แทนนิน	ซาโปนิน	สเตียรอยด์	แอนทราควิโนน
ราก	++	+	+	+	+	+	++	++	-
เหง้า	+	++	+	+	+	+	+	+	-
ใบ	+	+	+	+	+	++	+	+	-
ดอก	+	+	++	+	+	+	+	+	-

หมายเหตุ: (+) พบ (++) พบมาก (-) ไม่พบ

5. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลลอิสระด้วยวิธี DPPH assay

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH free radical scavenging activity พบว่า สารสกัดแต่ละชนิดออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน โดยสารสกัดหยาบ เอทานอลของดอกดาหลามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด IC_{50} เท่ากับ 90.67 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมา คือ สกัดหยาบเอทานอลของใบดาหลา IC_{50} เท่ากับ 141.74 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ตาราง 3)

6. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลลอิสระด้วยวิธี ABTS assa

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี ABTS free radical scavenging activity พบว่า สารสกัดแต่ละชนิดออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน โดยสารสกัดหยาบเอทานอลจากใบดาหลามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้ดีที่สุด รองลงมาคือสกัดหยาบเอทานอลจากราก มีค่า IC_{50} เท่ากับ 135.03 และ 257.34 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ตาราง 4)

7. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลลอิสระด้วยวิธี nitric oxide assay

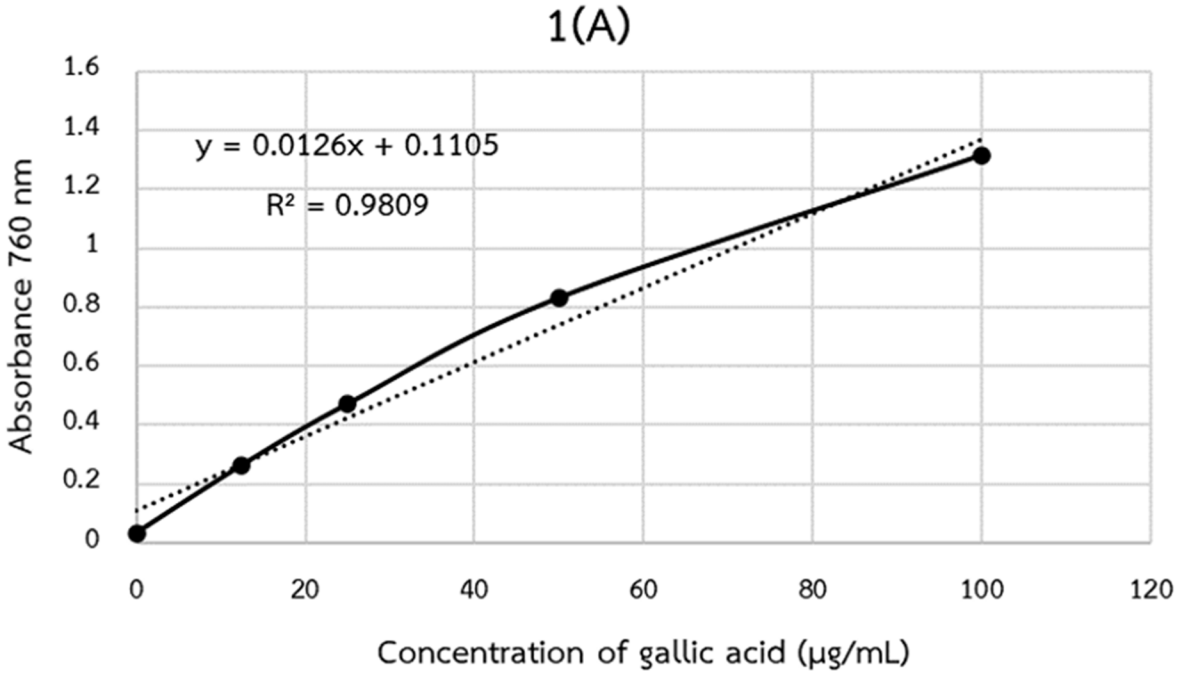
การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Nitric oxide scavenging assay พบว่า สารสกัดในส่วนของราก เหง้า และดอก ไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบแต่ในส่วนของใบ โดยมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.98 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ตาราง 5)

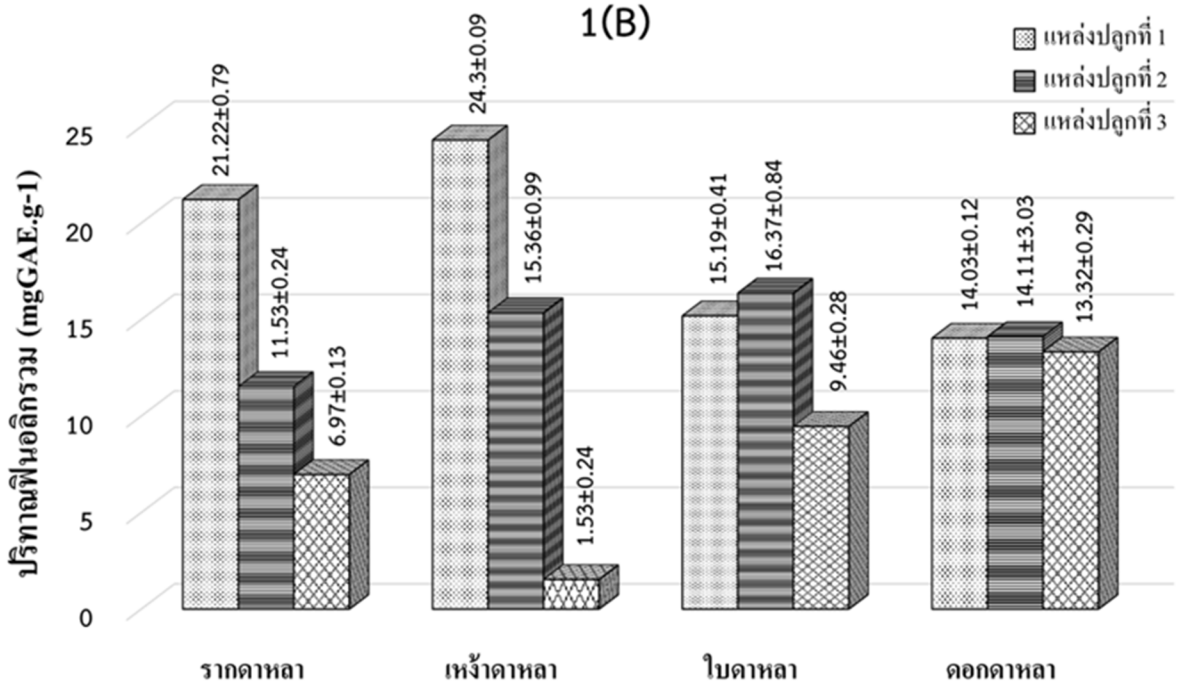
8. วิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอสด้วยวิธี proteinase inhibitory assay

ในการตรวจสอบฤทธิ์นี้ใช้หลักการทำงานของสารที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซินในการเร่งปฏิกิริยาย่อยสารตั้งต้น คือ โปรตีนเคซีนให้เป็นกรดอะมิโนอิสระ หรือโปรตีนสายสั้นและตรวจวัดกรดอะมิโนที่ถูกย่อยด้วยเทคนิคสเปคโตรสโคป โดยการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตรหลังตกตะกอนโปรตีนที่เหลือในปฏิกิริยาด้วยกรด โดยสารที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซินได้ จะทำให้มีกรดอะมิโนอิสระลดลงและคำนวณเพื่อหาความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทริปซิน เทียบกับหลอดควบคุม โดยสารสกัดหยาบเอทานอลจากดอกดาหลามีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอสได้ดีที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 118.75 รองลงมาเป็นสารสกัดหยาบเอทานอลจากใบดาหลา มีค่า IC_{50} เท่ากับ 311.43 (ตาราง 6)

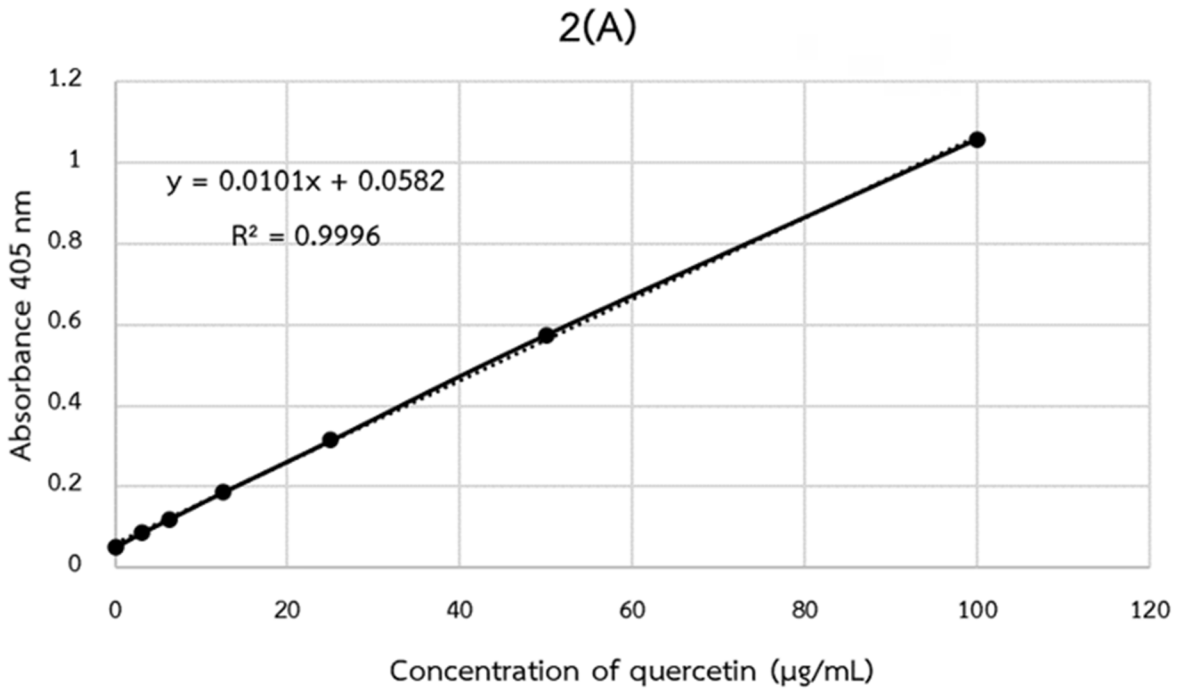
9. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มแก้คันจากสารสกัดดาหลา

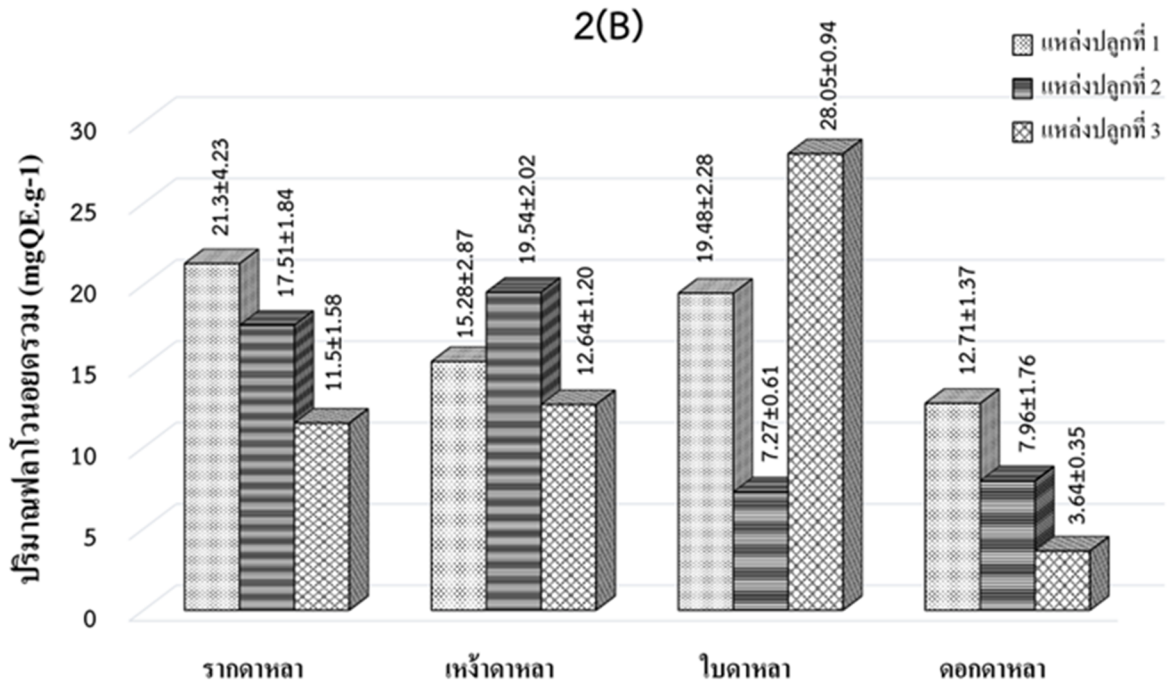
พัฒนาสูตรพื้นฐานจากสารเคมีที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักของการผลิตบาล์ม ได้แก่ วาสลีน (Vaseline) ขี้ผึ้ง (bees wax) น้ำมันโจโจ้บา (Jojoba Oil) เมนทอล (Menthol) สีผสมอาหาร นำมาผสมกับสารสกัดใบดาหลาในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยอ้างอิงจากผลการทดลองในครั้งนี้ ได้แก่ ผลการศึกษาสารพฤกษเคมี ปริมาณสารฟีนอลิกรวม ปริมาณสาร ฟลาโวนอยด์รวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอส โดยสารสกัดหยาบเอทานอล พบปริมาณร้อยละของสารสกัดหยาบจากส่วนของใบมากที่สุด พบสารพฤกษเคมี เช่น สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอส พบปริมาณสารฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์รวม มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนของใบที่มีการยับยั้ง nitric oxide ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดการอักเสบและพบว่า ในส่วนของใบและดอกที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอสดีที่สุด ดังนั้น จากการศึกษาในครั้งนี้จึงเลือกใช้เป็นส่วนผสมจากส่วนใบดาหลาที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดี อีกทั้งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายพบได้ทุกฤดูกาลเมื่อเปรียบเทียบกับดอก ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มแก้คันนั้น เนื่องจากสารสกัดหยาบเอทานอลของใบดาหลามีฤทธิ์ยับยั้งสารอนุมูลอิสระได้ 80.34-91.40 ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอสได้ 67.06-83.20 ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังนั้น จึงใช้สัดส่วนของสารสกัดใบดาหลาร้อยละ 1 โดยพัฒนาเป็นสูตรบาล์มทั้งหมด 3 สูตร (ตาราง 7)





ภาพ 1 (A) กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกรวมในสารสกัดหยาบเอทานอลจากดาหลา (B) ปริมาณฟีนอลิกรวมในสารสกัดหยาบเอทานอลจากดาหลา (mgGAE.g-1) โดยใช้วิธีการวัดสีของ Folin-Ciocalteu





ภาพ 2 (A) กราฟมาตรฐานเควอซิทินสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัดหยาบเอทานอลจากดาหลา (B) ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัดหยาบเอทานอลจากดาหลา (mgQE.g-1) โดยใช้วิธีการวัดสีด้วยอะลูมิเนียมคลอไรด์

ตาราง 3

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเอทานอลจากดาหลา ด้วยวิธี DPPH assay

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (µg/mL)	แหล่งปลูกที่ 1		แหล่งปลูกที่ 2		แหล่งปลูกที่ 3	
		%inhibition ±SD	IC_{50} (µg/mL)	%Inhibition ±SD	IC_{50} (µg/mL)	%Inhibition ±SD	IC_{50} (µg/mL)
ราก	125	22.53±6.81	364.27	14.41±2.30	544.10	21.44±5.70	282.48
	250	38.22±2.01		25.81±2.23		44.47±2.95	
	500	65.15±1.20		44.85±2.77		79.91±1.34	
	1000	85.17±1.91		63.46±1.71		81.68±1.15	
เหง้า	250	39.15±4.95	362.21	21.99±2.44	649.39	22.67±2.46	619.58
	500	65.08±3.73		37.60±1.44		39.64±0.76	
	1000	90.25±2.06		54.46±0.95		63.72±2.02	
	2000	93.66±0.57		75.30±0.81		80.66±2.04	
ใบ	62.5	15.66±0.60	238.91	22.45±2.10	141.83	22.45±2.1	141.74
	125	25.75±3.17		43.90±1.12		43.90±1.11	
	250	47.64±3.01		70.30±0.87		70.30±0.87	
	500	72.05±2.62		82.30±0.23		82.30±0.23	
ดอก	125	18.66±6.51	440.09	29.95±2.42	229.97	64.96±3.13	90.67
	250	33.06±1.69		53.13±1.67		85.53±1.61	
	500	54.24±0.98		74.60±1.63		91.95±1.60	
	1000	75.95±2.94		88.25±0.51			
Ascorbic Acid	6.250	14.03±1.04	15.87				
	12.50	46.59±0.49					
	25.00	76.92±1.50					
		82.90±0.21					

ตาราง 4

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเอทานอลจากดาหลา ด้วยวิธี ABTS assay

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (µg/mL)	แหล่งปลูกที่ 1		แหล่งปลูกที่ 2		แหล่งปลูกที่ 3	
		%inhibition ±SD	IC_{50} (µg/mL)	%Inhibition ±SD	IC_{50} (µg/mL)	%Inhibition ±SD	IC_{50} (µg/mL)
ราก	61.5	10.63±0.97	322.49	6.27±0.48	257.34	7.00±1.15	492.05
	125	19.25±0.50		26.69±0.28		13.75±1.26	
	250	30.25±1.25		48.00±0.81		25.25±1.71	
	500	46.50±2.65		53.75±2.22		35.50±0.57	
	1000	63.00±2.45		61.00±2.16		50.75±1.71	

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (μg/mL)	แหล่งปลูกที่ 1		แหล่งปลูกที่ 2		แหล่งปลูกที่ 3	
		%inhibition ±SD	IC_{50} (μg/mL)	%Inhibition ±SD	IC_{50} (μg/mL)	%Inhibition ±SD	IC_{50} (μg/mL)
ราก	61.5	10.63±0.97	322.49	6.27±0.48	257.34	7.00±1.15	492.05
	125	19.25±0.50		26.69±0.28		13.75±1.26	
	250	30.25±1.25		48.00±0.81		25.25±1.71	
	500	46.50±2.65		53.75±2.22		35.50±0.57	
	1000	63.00±2.45		61.00±2.16		50.75±1.71	
เหง้า	125	11.60±1.65	624.89	13.25±1.71	564.26	22.25±0.50	348.91
	250	19.77±0.97		25.83±1.19		34.65±0.94	
	500	45.00±1.15		43.00±4.24		50.75±0.50	
	1000	59.25±3.09		56.00±2.94		64.75±3.40	
	2000	84.90±1.33		72.75±0.96		87.25±0.96	
ใบ	62.5	28.04±0.16	135.03	24.50±0.57	144.60	10.91±0.34	274.41
	125	44.50±0.57		42.25±1.89		24.73±0.75	
	250	51.00±1.15		64.25±1.26		44.88±0.65	
	500	60.00±1.41		86.50±0.58		52.25±0.50	
	1000	75.25±2.62		0		72.29±1.41	
ดอก	125	11.50±1.42	670.64	12.75±0.96	570.57	18.95±0.75	444.28
	250	18.35±1.15		21.63±0.48		31.32±0.47	
	500	45.25±3.30		35.75±1.26		54.25±2.06	
	1000	60.25±1.26		57.50±4.12		72.94±1.03	
	2000	80.50±1.00		85.25±0.96			
Ascorbic Acid	3.125	10.02±1.33	13.66				
	6.250	21.00±0.92					
	12.50	49.16±2.65					
	25.00	90.82±0.88					

10. การทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์บาล์มแก้คัน

จากผลการทดสอบพบว่า ความคงสภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บาล์มแก้คันจากสารสกัดใบดาหลา เป็นการทดสอบการกระจายตัว การแยกชั้น ความมัน ความหนืด กลิ่น และสีของเนื้อบาล์ม จากสภาวะที่มีอุณหภูมิต่างกันคือ อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน และทดสอบในสภาวะเร่งแบบวัฏจักรร้อน-เย็น (heating-cooling) จำนวน 6 รอบ สรุปได้ว่าสูตรที่ดีที่สุดคือสูตร C เนื่องจากการกระจายบนผิวดี ไม่มีการแยกชั้น เนื้อบาล์มมีความมันและความหนืดน้อยกว่าสูตร A และ B มีกลิ่นที่พอดี และสีสดน่าใช้ (ตาราง 8)

ตาราง 5

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเอทานอลจากใบดาหลา ด้วยวิธี Nitric oxide scavenging assay

สารสกัดใบดาหลา	ความเข้มข้น (μg/mL)	%inhibition±SD	IC_{50} (μg/mL)
แหล่งปลูกที่ 1	0.625	0	4.53
	1.25	5.10±2.31	
	2.5	52.28±1.88	
	5	73.92±3.22	
	10	91.40±1.10	
แหล่งปลูกที่ 2	0.625	21.82±2.53	1.98
	1.25	34.99±4.94	
	2.5	60.14±2.04	
	5	74.35±2.95	
	10	88.16±0.13	
แหล่งปลูกที่ 3	0.625	8.79±2.14	4.12
	1.25	16.97±2.34	
	2.5	35.74±3.31	
	5	58.01±2.95	
	10	80.34±2.01	
Gallic acid	0.312	34.47±2.01	0.58
	0.625	57.66±0.38	
	1.250	77.13±1.09	
	2.500	86.96±0.87	

ตาราง 6

ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอสของสารสกัดหยาบเอทานอลจากใบดาหลา ด้วยวิธี proteinase inhibitory assay

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (μg/mL)	แหล่งปลูกที่ 1		แหล่งปลูกที่ 2		แหล่งปลูกที่ 3	
		%inhibition ±SD	IC_{50} (μg/mL)	%Inhibition ±SD	IC_{50} (μg/mL)	%Inhibition ±SD	IC_{50} (μg/mL)
ราก	0	0	598.48	0	468.58	0	352.41
	250	25.32±4.91		27.54±1.39		41.51±1.09	
	500	43.76±5.17		52.78±4.98		67.19±0.39	
	1000	80.21±7.06		72.27±1.97		118.54±2.88	
	2000	133.55±4.01		117.12±5.87		194.74±2.74	

ตาราง 6 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (μg/mL)	แหล่งปลูกที่ 1		แหล่งปลูกที่ 2		แหล่งปลูกที่ 3	
		%inhibition ±SD	IC_{50} (μg/mL)	%Inhibition ±SD	IC_{50} (μg/mL)	%Inhibition ±SD	IC_{50} (μg/mL)
เหง้า	0	0	619.47	0	665.73	0	492.16
	250	20.91±5.44		18.02±2.25		33.39±0.46	
	500	41.03±3.49		41.04±0.72		49.54±1.46	
	1000	80.33±5.69		73.39±3.95		96.67±5.33	
	2000	189.72±15.05		121.97±0.52		150.57±3.64	
ใบ	0	0	579.78	0	908.68	0	311.43
	125	9.30±5.19		15.55±5.88		24.88±1.51	
	250	24.50±2.17		27.15±1.57		38.66±0.61	
	500	47.26±8.12		51.47±1.19		66.95±3.15	
	1000	83.09±6.01		67.06±2.06		83.20±2.39	
ดอก	0	0	435.64	0	118.75	0	404.33
	125	11.56 ±3.06		10.78±3.36		11.82±3.95	
	250	33.61±2.40		24.77±1.29		31.74±0.65	
	500	55.70±7.10		40.98±0.67		81.74±0.36	
	1000	107.44±3.84		63.76±0.77		104.51±2.12	

ตาราง 7

สูตรผลิตภัณฑ์บาล์มแก้คันที่มีส่วนผสมของสารสกัดหยาบเอทานอลจากดาหลา

คุณสมบัติ		สูตร		
		A	B	C
สารสกัด (กรัม)	สารออกฤทธิ์ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ	0.50	0.50	0.50
วาสลีน (กรัม)	ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้ผิว ไม่เกิดปฏิกิริยาต่อผิว	35.00	40.00	45.00
ขี้ผึ้ง (กรัม)	ช่วยเพิ่มความคงตัวของส่วนผสมและเสริมการซึมเข้าสู่ผิว	10.00	15.00	5.00
น้ำมันโจโจ้บา (กรัม)	ทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์นุ่มลื่นและเรียบเนียน ช่วยรักษาความชุ่มชื้นให้กับผิว	49.40	39.40	44.40
เมนทอล (กรัม)	ให้ความเย็นและความสดชื่น ช่วยเพิ่มกลิ่นหอมของผลิตภัณฑ์	5.00	5.00	5.00
สีผสมอาหาร (กรัม)	แต่งสี	0.10	0.10	0.10
น้ำหนักรวม (กรัม)		**100**	**100**	**100**

หมายเหตุ: ตำรับ (formulas) = A B C

ตาราง 8

ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การทดสอบความสามารถในการกระจายบนผิวหนัง การแยกชั้น ความมัน ความเหนียว กลิ่น และสี ที่อุณหภูมิห้อง 4 องศาเซลเซียส และ 45 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 1 เดือนและ สภาวะเร่งแบบวัฏจักรร้อน-เย็นเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ผลิตเสร็จใหม่

	อุณหภูมิห้อง			4 องศาเซลเซียส			45 องศาเซลเซียส			สภาวะเร่งแบบวัฏจักรร้อน-เย็น		
	สูตร			สูตร			สูตร			สูตร		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
การกระจายบนผิวหนัง	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
การแยกชั้น	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ความมัน	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ความหนืด	+	++	+	++	+++	+	+	++	+	+	++	+
กลิ่น	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
สี	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ: ตำรับ (formulas) = A B C

เกณฑ์การประเมิน

1. ความสามารถในการกระจายตัวบนผิวแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ +++ กระจายตัวได้ดีเยี่ยมโดยไม่เกิดคราบขาว ++ กระจายตัวได้ปานกลาง มีคราบขาวเล็กน้อย + กระจายตัวได้น้อย มีคราบขาวค่อนข้างมาก และ - กระจายตัวได้ไม่ดี มีคราบขาวและสารตกค้างบนผิว

2. การแยกชั้นแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ + ไม่แยกชั้น และ – แยกชั้น

3. ความมันแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ +++ ความมันสูง ++ ความมันปานกลาง + ความมันต่ำ และ - ไม่มัน

4. ความหนืดแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ +++ ข้นหนืดมาก ++ ข้นหนืดปานกลาง + ข้นเล็กน้อย และ - เหลว

5. กลิ่นแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ + กลิ่นหอมน่าพึงพอใจ และ - กลิ่นไม่น่าพึงพอใจ

6. สีแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ + ปกติ และ - ไม่พึงประสงค์

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาสารสกัดหยาบเอทานอลของดาหลาในทั้ง 4 ส่วน ได้แก่ ราก เหง้า ใบ และดอก พบว่า ใบดาหลาให้ปริมาณสารสกัดหยาบสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 12.76±5.72 ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ Kaew-on and Benhawan (2016) ที่พบว่า ดอกดาหลาให้ปริมาณสารสกัดหยาบสูงสุด เมื่อสกัดด้วยเอทานอล (ร้อยละ 3.26) แต่ก็ยังได้น้อยกว่าการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า ส่วนดอกมี %yield เท่ากับ 9.01±3.39 ซึ่งตามธรรมชาติพืชแต่ละชนิด จะมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับขั้นตอนการสกัด วิธีการทดสอบ ตลอดจนพื้นที่การเพาะปลูกรวมถึงสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกันไป จะเห็นได้ว่า สารสกัดจากส่วนใบและส่วนดอกที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลมีปริมาณมากเพียงพอในการนำมาพัฒนาเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ต่อไป เมื่อนำสารสกัดจากส่วนต่าง ๆ มาศึกษาการตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น พบสารกลุ่มแอลคาลอยด์ คาร์ดิแอคไกลโคไซด์ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน เทอร์พินอยด์ แทนนิน ซาโปนิน และสเตียรอยด์ แต่ไม่พบแอนทราควิโนน งานวิจัยของ Venkatesh & Dorai (2015) และ Wongrak (2006) รายงานว่า สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ คูมาริน ซาโปนิน และแทนนินมีฤทธิ์ใน

การต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ งานวิจัยของ Sudsai et al. (2014) ยังระบุว่าสารกลุ่มฟลาโวนอยด์และสเตียรอยด์มีฤทธิ์ต้านการอักเสบสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ ที่พบสารกลุ่มดังกล่าวในทุกส่วนของดาหลา ดังนั้น จึงเหมาะกับการนำสารสกัดดาหลามาเป็นส่วนผสมในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บาล์มแก้คัน

จากผลการศึกษาปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัดหยาบเอทานอลของดาหลาทั้ง 4 ส่วน ได้แก่ ราก เหง้า ใบ และดอก จากพื้นที่ปลูก 3 แหล่งปลูกในจังหวัดพัทลุง พบความแตกต่างดังนี้ ปริมาณฟีนอลิกรวมพบว่า รากและเหง้ามีปริมาณที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ในขณะที่ใบและดอกมีปริมาณฟีนอลิกใกล้เคียงกันในทั้ง 3 แหล่งปลูก ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ใบและดอกมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่รากและเหง้ามีปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ใกล้เคียงกันในทุกแหล่งปลูก ทั้งนี้ ปริมาณฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์รวมในดอกดาหลามีปริมาณน้อยกว่าผลการวิจัยของ Whangsomnuek et al. (2019) ที่ใช้เป็นสารสกัดสมุนไพรสด และมีปริมาณน้อยกว่าผลการวิจัยของ Ghasemzadeh et al. (2015) ที่ทำการศึกษาดาหลาจากแหล่งปลูกในพื้นที่ที่แตกต่างกัน พบว่าปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์รวมแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่เช่นกัน ความแตกต่างดังกล่าวขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ลักษณะของดิน ปริมาณน้ำ และสภาพอากาศในแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้ ใบและดอกของพืชมีปริมาณฟีนอลิกคงที่กว่าส่วนอื่น ๆ เนื่องจากมีบทบาทสำคัญในกระบวนการป้องกันตัวและการดำรงชีวิตของพืช ใบเป็นส่วนหลักที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง ซึ่งกระตุ้นการสร้างสารฟีนอลิก เช่น ฟลาโวนอยด์และแทนนิน เพื่อปกป้องเซลล์จากรังสี UV และอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้ ส่วนดอกเป็นอวัยวะที่พืชใช้ดึงดูดแมลงผสมเกสรและป้องกันการโจมตีของจุลินทรีย์หรือแมลงศัตรูพืช จึงมีการสะสมของฟีนอลิก เช่น น้ำมันหอมระเหยและสารป้องกันจุลชีพอย่างต่อเนื่อง ความคงที่ของสารฟีนอลิกในใบและดอกยังเกี่ยวข้องกับหน้าที่ของเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส (phenol oxidase) ที่ควบคุมการผลิตฟีนอลิกให้อยู่ในระดับสมดุลเพื่อป้องกันความเสียหายของเนื้อเยื่อจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มากเกินไป ซึ่งส่วนอื่นของพืช เช่น รากและลำต้น อาจไม่มีการผลิตหรือสะสมฟีนอลิกในปริมาณที่สม่ำเสมอเช่นนี้ เนื่องจากไม่ได้สัมผัสกับแสงและต้องการสารชนิดอื่นเพื่อป้องกันตัวเอง เช่น อัลคาลอยด์หรือน้ำตาลซับซ้อน (Cheynier et al., 2013) จากเหตุผลดังกล่าวจึงเหมาะที่จะนำสารสกัดส่วนใบและดอกที่มีปริมาณ ฟีนอลิกสูงและคงที่นี้ มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บาล์มแก้คัน ดังนั้น การนำสมุนไพรส่วนนี้ไปใช้แม้จะเก็บมาจากแหล่งปลูกที่แตกต่างกันก็จะได้ผลที่ใกล้เคียงกัน

จากผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สามารถระบุได้ว่า สารสกัดจากดอกดาหลามีฤทธิ์ในการต้าน DPPH assay และสารสกัดในส่วนของใบดาหลามีฤทธิ์ในการต้าน ABTS assay และ Nitric oxide ได้ดีที่สุด และจากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบ พบว่า สารสกัดดอกดาหลายับยั้งเอนไซม์โปรตีเอสได้ดีที่สุด และรองลงมาเป็นส่วนของใบดาหลา ซึ่งตามเกณฑ์ของ Joabe et al. (2010) กล่าวว่า การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay ถ้าค่า IC_{50} ต่ำกว่า 65 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงว่ามีฤทธิ์ดี (good activity) ค่า IC_{50} ระหว่าง 65-152 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีฤทธิ์ปานกลาง (average activity) ส่วนค่า IC_{50} มากกว่า 152 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงว่ามีฤทธิ์ต่ำ (low activity) การศึกษาครั้งนี้พบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลจากรากและเหง้าดาหลามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในระดับต่ำ และสารสกัดหยาบเอทานอลจากใบและดอกดาหลามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในระดับปานกลาง ซึ่งแตกต่างจากผลการวิจัยของ Loying et al. (2020) ที่พบสารสกัดหยาบเอทานอลจากราก ใบและดอกดาหลา มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับดีตามเกณฑ์ และจากผลการวิจัยของ Muhamad-Nor et al. (2020); Sinsuebpol et al. (2023) ที่พบสารสกัดหยาบเอทานอลจากดอกดาหลา มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับดี และปานกลาง ตามลำดับ จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยการยับยั้ง Nitric oxide assay และฤทธิ์ต้านการอักเสบด้วยวิธี Proteinase inhibitory assay พบว่ายังมีการศึกษาน้อย แต่จากการทบทวนงานวิจัยของ Resna et al. (2021) พบว่า สารสกัดจากดาหลามีสารพฤกษเคมีที่สำคัญดังกล่าวทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แทนนินและเทอร์พีนอยด์ และมีฤทธิ์ต้านการอักเสบได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยครั้งนี้ ที่พบว่าสารสกัดเอทานอลจากใบดาหลามีสารสำคัญกลุ่มแอลคาลอยด์ คาร์ดิแอคไกลโคไซด์ ฟลาโวนอยด์

คูมาริน เทอร์พินอยด์ แทนนิน ซาโปนิน และสเตียรอยด์ ซึ่งในอนาคต การพัฒนาต่อยอดทางการแพทย์สามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดนี้เป็นพื้นฐานในการพัฒนายาใหม่ที่ใช้รักษาหรือบรรเทาอาการที่เกิดจากการอักเสบและอนุมูลอิสระ เช่น ยาสำหรับโรคผิวหนังอักเสบ โรคข้ออักเสบ หรือโรคที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของเซลล์ โดยสรุปจากผลการศึกษานี้ สารสกัดจากใบดาหลาสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์บาล์มแก้คันโดยอ้างอิงจากข้อมูลพื้นฐานในงานวิจัยที่พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสามารถช่วยลดการอักเสบของผิวหนัง แม้ว่างานวิจัยนี้จะไม่ได้ทดสอบประสิทธิผลโดยตรง แต่ได้ข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมที่มีสารสกัดจากใบดาหลาซึ่งสามารถยับยั้งการหลั่งไนตริกออกไซด์และเอนไซม์โปรตีเนสซึ่งเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดกระบวนการอักเสบ ในปัจจุบันสามารถพบบาล์มที่เป็นสารสกัดจากสมุนไพรหลายชนิด ซึ่งสารสกัดจากสมุนไพรดาหลานั้น ยังพบได้น้อยและเป็นการนำสารสกัดจากส่วนดอกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ โดยบาล์มสูตรนี้จะเลือกใช้เป็นส่วนของใบดาหลาเป็นสารสกัด เนื่องจากผลการทดสอบมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านการอักเสบดีที่สุด และเป็นวัตถุดิบที่มีจำนวนมากสามารถเก็บเกี่ยวได้ทุกฤดูกาล บาล์มแก้คันจากสารสกัดสมุนไพรถือเป็นอีกทางเลือกสำหรับผู้ที่ไม่ต้องการใช้ยาที่มีส่วนผสมของสารเคมี หากใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานอาจมีการสะสมของสารเคมีเหล่านั้นจนเกิดพิษได้ และเป็นการนำสมุนไพรไทยมาต่อยอดเพื่อให้เกิดประโยชน์ที่ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการวิจัยเงินรายได้ มหาวิทยาลัยทักษิณ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

References

Akiyama, T., Lerner, E. A., & Carstens, E. (2015). Protease-activated receptors and itch. *Handbook of Experimental Pharmacology, 226*, 219–235. https://doi.org/10.1007/978-3-662-44605-8_13

Arnao, M. B., Cano, A., & Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry, 73*(2), 239-244. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00324-1

Ayoola, G. A., Coker, H. A. B., Adesegun, S. A., Adepoju, B. A. A., Obaweya, K., Ezennia, E. C., & Atangbayila, T. O. (2008). Phytochemical screening and antioxidant activities of some selected medicinal plants used for malaria therapy in southwestern Nigeria. *Tropical journal of pharmaceutical research, 7*(3), 1019-1024. https://doi.org/10.4314/tjpr.v7i3.14686

Bleecker, E. R., Mason, P. L., & Moore, W. C. (1996). Clinical effects of nedocromil sodium on allergen-related mechanisms. *Journal of Allergy and Clinical Immunology, 98*(5 Pt 2), S118–S123. https://doi.org/10.1016/S0091-6749(96)70265-5

Braca, A., Sortino, C., Politi, M., Morell, I., & Mendez, J. (2002). Antioxidant activity of flavonoids from *Licania licaniaeflora*. *Journal of ethnopharmacology, 79*(3), 379-381. https://doi.org/10.1016/s0378-8741(01)00413-5.

Cevikbas, F., & Lerner, EA. (2020). Physiology and pathophysiology of itch. *Physiological Reviews, 100*(3), 945-982. https://doi.org/10.1152/physrev.00017.2019.

Cheynier, V., Comte, G., Davies, K. M., Lattanzio, V., & Martens, S. (2013). Plant phenolics: Recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology. *Plant Physiology and Biochemistry, 72*, 1–20. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.05.009

Division of herb for economy, Department of Thai Traditional and Alternative Medicine, Ministry of Public Health. (2023). *National herbal action plan. no. 2(2023-2027)*. Retrieved from https://nph.dtam.moph.go.th/publications/2561/

Domea, Y. (2018). The development of Wan Roy Pad balm products in the enterprise development of herbs Klong Luang District, Klong Luang District Pathumthani. *VRU Research and Development Journal Science and Technology, 13*(2), 64-73. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/article/view/143375/106138 (in Thai)

Euromonitor International. (2021). *Herbs and herbal products*. Retrieved from https://www.ditp.go.th/contents_attach/777079/777079.pdf (in Thai)

Fan, M., Fan, X., Lai, Y., Chen, J., Peng, Y., Peng, Y., Xiang, L., & Ma, Y. (2024). Protease-activated receptor 2 in inflammatory skin disease: Current evidence and future perspectives. *Frontiers in Immunology, 15*, 1448952. https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1448952

Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z. & Rahmat, A. (2015). Phytochemical constituents and biological activities of different extracts of Strobilanthes crispus (L.) Bremek leaves grown in different locations of Malaysia. *BMC Complementary and Alternative Medicine, 15*(1), 1-10. https://doi.org/10.1186/s12906-015-0873-3

Gunathilake, K.D.P.P., Ranaweera, K.K.D.S., & Rupasinghe, H.P.V. (2018). In vitro anti-inflammatory properties of selected green leaf vegetables. *Biomedicines, 6*(4), 1-3. https://doi.org/10.3390/biomedicines6040107

Haider, K., Akash, M. S. H., Faheem, A., & Rehman, K. (2020). Guidelines for drug stability and stability testing. In M. S. H. Akash & K. Rehman (Eds.), *Drug stability and chemical kinetics* (pp. 19–29). Germany: Springer.

Institute of Dermatology, Department of Medical Services Ministry of Public Health. (2021). *Statistical information Patient service information, overview of the Skin Disease Institute*. Retrieved from https://www.iod.go.th/ (in Thai)

Joabe, G. M., Thiago, A. S. A., Valérium, T. N. A. C., Daniela, L. V. C., Maria, D. R., Silene, C. N., Elba, L. C. A., & Ulysses, P. A. (2010). Antiproliferative activity, antioxidant capacity and tannin content in plants of semi-arid northeastern Brazil. *Electronic journal molecules, 15*(12), 8534-8542. https://doi.org/10.3390/molecules15128534

Kaew-on, S. (2018). Antibacterial activity of torch ginger (*Etlingera elatior* (Jack) R. M. Smith) crude extracts. *Wichcha Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, 37*(2), 24-35. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/wichcha/article/view/126722/116693 (in Thai)

Kelly-Robinson, G. A., Reihill, J. A., Lundy, F. T., McGarvey, L. P., Lockhart, J. C., Litherland, G. J., Thornbury, K. D., & Martin, S. L. (2021). The Serpin superfamily and their role in the regulation and dysfunction of serine protease activity in COPD and other chronic lung diseases. *International Journal of Molecular Sciences, 22*(12), 6351. https://doi.org/10.3390/ijms22126351

Kumari, N., Haider, M. R., Pathak, A., & Yar, M. S. (2019). Medicinal prospects of antioxidants: A review. *European Journal of Medicinal Chemistry, 178*, 687–704. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.06.010

Lazar, M., Zhang, A. D., & Vashi, N. A. (2024). Topical treatments in atopic dermatitis: An expansive review. *Journal of Clinical Medicine, 13*(8), 2185. https://doi.org/10.3390/jcm13082185

Loying, R., Gogoi, R., & Lal, M. (2020). Chemical composition, biological activities and cytotoxic effects of volatile oils extracted from leaves and rhizomes of *Etlingera elatior* (Jack) R.M. Sm. as a potential plant for industrial value. *Journal of Environmental Biology, 42*, 544-551. http://doi.org/10.22438/jeb/42/2(SI)/SI-284

Muangkaewngam, A., Phetcharat, P., Pangtip, P., Thongnual, T., Kanpairo, K., Srisuk, S., Kaew-on, S., & Benhawan, A. (2016). *Approach to potential development of torch ginger for flowering economy in 3 southern border provinces*. Yala: The Wisdom Bank Yala Rajabhat University. (in Thai)

Muhamad-Nor, N., Noordin, L., Abu-Bakar, N., & Wan Ahmad, W. (2020) Evaluation of antidiabetic activities of Etlingera elatior flower aqueous extract in vitro and in vivo. *Journal of Applied Pharmaceutical Science, 10*(8), 43-51. https://doi.org/10.7324/JAPS.2020.10805

Pourmorad, F., Hosseinimehr, S. J., & Shahabimajd, N. (2006). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology, 5*(11), 1142-1145. https://academicjournals.org/article/article1379770522_Pourmorad%20et%20al.pdf

Puteh, R., Lateh, R., Marde, W., & Noipha, K. (2023). Development of facial cleansing gel containing tri-kanpis remedy extract. *Thai Science and Tecnology Journal, 31*(6), 94-109. https://doi.org/10.14456/tstj.2023.71 (in Thai)

Resna, M., Fauziah, F., & Ifora, I. (2021). Phytochemical and anti-inflammatory properties of *Etlingera elatior* (Jack) RM Sm.: A Review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Medicine (IJPSM), 6*(8), 152-160. https://doi.org/10.47760/ijpsm.2021.v06i08.011

Reszke, R., Krajewski P., & Szepietowski, JC. (2020). Emerging therapeutic options for chronic pruritus. *American Journal of Clinical Dermatology, 21*(5), 601-618. https://doi.org/10.1007/s40257-020-00534-y.

Satoh, T., Yokozeki, H., Murota, H., Tokura, Y., Kabashima, K., Takamori, K., Shiohara, T., Morita, E., Aiba, S., Aoyama, Y., Hashimoto, T., & Katayama, I. (2021). 2020 guidelines for the diagnosis and treatment of cutaneous pruritus. *The journal of dematology, 48*(9), 399-413. https://doi.org/10.1111/1346-8138.16066

Sinsuebpol, C., Nakpheng, T., Srichana, T., Sawatdee, S., Pipatrattanaseree, W., Burapapadh, K., & Changsan, N. (2023). Assessing the anti-aging and wound healing capabilities of *Etlingera elatior* Inflorescence extract: A comparison of three inflorescence color varieties. *Molecules, 28*(21), 7370. https://doi.org/10.3390/molecules28217370

Soares, B. G. H., Mahmoud, O., & Yosipovitch, G. (2023). Role of antioxidants in itch treatment: Lessons learned from pain management. *Itch, 8*(1), e68. https://doi.org/10.1097/itx.0000000000000068

Sudsai, T., Prabpai, S., Kongsaeree, P., Wattanapiromsakul, C., & Tewtrakul, S. (2014). Anti-inflammatory activity of compounds from Boesenbergia longiflora rhizomes. *Journal of ethnopharmacology, 154*(2), 453–461. https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.04.034

Sumanont, Y., Murakami, Y., Tohda, M., Vajragupta, O., Matsumoto, K., & Watanabe, H. (2004). Evaluation of the nitric oxide radical scavenging activity of manganese complexes of curcumin and its derivative. *Biol Pharm Bull, 27*(2), 170-173. https://doi.org/10.1248/bpb.27.170.

Venkatesh, B., & Dorai, A. (2015). Antibacterial and antioxidant potential of white and pink Nelumbo Nucifera Gaertn flowers. *In proceeding of international conference on Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics IPCBEE* (pp. 213-217). Nakhon Pathom: Kasetsart University, Kamphaengsean Campus (in Thai)

Wanmanee, N., Siriwattanavorakul, P., Munee, S., Maneechot, A., Marde, W., & Noipha, K. (2021). Phytochemical study, total phenolic, and antioxidant activity of herbal extracts for development of a hand treatment serum. *Journal of Traditional Thai Medical Research, 2*(7), 31-44. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/ttm/article/download/249560/174285/9329 (in Thai)

Welz-Kubiak, K., Reszke, R., & Szepietowski, JC. (2019). Pruritus as a sign of systemic disease. *Clinics in Dermatology, 37*(6), 644-656. https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2019.07.031.

Whangsomnuek, N., Mungmai, L., Mengumphan, K., & Amornlerdpison, D. (2019). Bioactive compounds of aqueous extracts of flower and leaf of Etlingera elatior (Jack) R. M. Sm. for cosmetic application. *Maejo International Journal of Science and Technology, 13*(3), 196-208. https://mijst.mju.ac.th/Vol13/196-208.pdf (in Thai)

Wongrak, B. (2006). *Antioxidant activity of indigenous vegetables*. Bangkok: Bachelor of Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Mahidol University. (in Thai)

นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก
Innovative Choking Simulated Shirt on Choking Rescue Skills Training

เพ็ญวดี โรจน์เรืองนนท์[1]* และฐมาพร เชี่ยวชาญ[1]
Penwadee Rojruangnon[1]* and Tamaporn Chaiwcharn[1]
[1]สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
[1]Public Health Program, Bansomdejchaopraya Rajabhat University
*Corresponding author: Penwadee.ro@bsru.ac.th
Received: September 30, 2024
Revised: November 27, 2024
Accepted: December 2, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อสร้างและพัฒนานวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก (2) ศึกษาประสิทธิภาพของนวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก และ (3) ศึกษาความพึงพอใจของอาสาสมัครสาธารณสุขกรุงเทพมหานคร เขตธนบุรี ต่อการใช้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก ดำเนินการวิจัยเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้ (1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี (2) สร้างต้นแบบ (3) ตรวจสอบประสิทธิภาพ (4) ปรับปรุงต้นฉบับ (5) ทดลองใช้ (6) ได้ต้นแบบนวัตกรรมฯ ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด กลุ่มตัวอย่าง คือ อาสาสมัครสาธารณสุขกรุงเทพมหานคร เขตธนบุรี จำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินประสิทธิภาพของเสื้อจำลองจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก และแบบประเมินความพึงพอใจต่อนวัตกรรม ตรวจความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้ค่าเท่ากับ 0.90 และ 0.86 ตามลำดับ และค่าความเชื่อมั่นที่ (reliability) ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค มีเท่ากับ 0.93 และ 0.88 ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ความถี่ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า (1) ได้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักที่ออกแบบให้มีคุณลักษณะเหมาะสมสำหรับการฝึกทักษะการช่วยเหลือตัวเองและช่วยเหลือผู้อื่นเมื่อสำลัก (2) ประสิทธิภาพของเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักโดยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.64 SD=0.51) (3) คะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจโดยรวมอยู่ระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.58 SD=0.42) ดังนั้นนวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักจึงเป็นสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสำหรับการฝึกทักษะการช่วยสำลักเสมือนจริงซึ่งช่วยให้มองเห็นภาพการสำลัก และการช่วยเหลือได้ชัดเจนเข้าใจง่าย อันจะส่งผลให้สามารถให้การช่วยเหลือผู้ที่สำลักได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: นวัตกรรมเสื้อ การช่วยเหลือผู้สำลัก การสำลัก

Abstract

This Research and Development--R & D study aimed to (1) create and develop an innovative anti-choking training vest for practicing choking first aid skills, (2) assess the efficiency of the choking simulation vest innovation on the training of choking first aid skills, and (3) determine the satisfaction of Bangkok health volunteers in the Thonburi district regarding the use of the vest. The study was conducted in six stages: (1) reviewing relevant concepts and theories, (2) developing prototype innovation, (3) testing its efficiency, (4) refining the prototype innovation, (5) pilot testing, and (6) finalizing the innovation prototype according to established quality standards. The sample was 32 public health volunteers in the Thonburi district of Bangkok. The research instruments included an effectiveness evaluation form for the anti-choking vest and a satisfaction assessment developed by the researcher. Content validity was assessed by 3 experts, yielding values of 0.90 and 0.86, while reliability, as measured by Cronbach's alpha coefficient, was 0.93 and 0.88, respectively. Data analysis was conducted using descriptive statistics, including mean, frequency, and standard deviation. The result revealed that (1) the anti-choking training vest was successfully developed with appropriate features for practicing both self-aid and assisting others during choking situations; (2) the overall effectiveness of the vest in improving choking response skills was rated at the highest level ($\overline{X}$ =4.64 SD=0.51); and (3) the average satisfaction score was also at the highest level ($\overline{X}$ =4.58 SD=0.42). Therefore, the anti-choking training vest is an effective educational tool for realistic simulation of choking incidents, allowing users to visualize choking scenarios and responses, thus promoting safe and effective first aid for choking situations.

Keywords: innovative shirt, choking rescue skills, choking

บทนำ

อาการสำลักหรือติดคอ เป็นอุบัติเหตุที่เกิดจากการอุดตันในระบบทางเดินหายใจส่วนบน บริเวณช่องคอและหลอดลม ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิตจากการขาดอากาศหายใจ ส่วนมากอุบัติเหตุประเภทนี้มักมีความเสี่ยงที่จะเกิดกับทารก เด็กเล็ก และผู้สูงอายุได้ง่าย เนื่องจากการทำงานของกล้ามเนื้อในการกลืนต่างไปจากคนวัยอื่น นอกจากนี้ อาหารหรือวัตถุบางประเภทอาจเพิ่มความเสี่ยงของการติดคอหรือสำลักได้ โดยเฉพาะการรับประทานอาหารชิ้นใหญ่หรือแข็งเกินไป ของเล่นขนาดเล็กที่เด็กเล็กอาจหยิบเข้าปากจนทำให้ติดคอ มีการศึกษาพบว่า ผู้ที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไป มีความเสี่ยงที่จะสำลักอาหารมากกว่าเด็กเล็ก แต่ไม่ว่าอาการนี้จะเกิดกับคนในช่วงอายุใดก็ล้วนแต่เป็นอันตราย (Klankhuwad, 2022) การสำลักเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้น ๆ ทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย จากการศึกษาของ National Safety Council ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี 2563 พบว่า การสำลักเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับที่ 4 ของการเสียชีวิตจากการบาดเจ็บโดยไม่ตั้งใจ โดยจำนวน 3,000 คนที่เสียชีวิตจากการสำลัก พบว่าเป็นผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 74 ปี จำนวน 1,430 คน (National Statistical Office, 2021) และปัญหาที่เกิดตามหลังการสำลัก ได้แก่ การอุดกั้นของทางเดินหายใจส่วนต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็กเล็ก ซึ่งทางเดินหายใจมีขนาดเล็ก การอุดกั้นแม้เพียง

เล็กน้อย อาจทำให้เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ การอุดกั้นของหลอดลมส่วนปลาย ทำให้เกิดภาวะปอดแฟบ ปอดพอง หรือหอบหืดได้ การอุดกั้นการระบายของเสมหะในทางเดินหายใจ ทำให้เกิดปัญหาการอักเสบติดเชื้อตามมา (Department of Otolaryngology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, 2010)

ตามที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าอุบัติเหตุจากการสำลักสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา รวมถึงอาจจะเคยเกิดขึ้นกับบุคคลทุกวัย ดังนั้น แม้จะมีการระวัง ป้องกันแล้วก็ตาม แต่ละคนอาจประสบกับอุบัติเหตุโดยไม่คิดมาก่อนได้ ฉะนั้นการเรียนรู้การปฐมพยาบาลเบื้องต้นจนเข้าใจ มีความสามารถและมีทัศนคติที่ดี ในการช่วยเหลือผู้ประสบเหตุได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ จะสามารถทำให้ผู้ประสบเหตุมีโอกาสรอดชีวิต (Phonthepkasemsan, 2019) กลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุขเป็นบุคลากรทางสุขภาพสำคัญที่มีโอกาสประสบเหตุที่มีอาการสำลัก และเป็นกลุ่มแรกที่เข้าให้การช่วยเหลือ จึงจำเป็นต้องมีความรู้ความสามารถในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น เพื่อสามารถให้การช่วยเหลือได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Happy News Agency, 2023)

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่า มีผู้ที่ทำนวัตกรรมเพื่อสอนการช่วยสำลักในประชาชนทั่วไป ในรูปแบบของวิดิโอแอนิเมชัน และสื่อจากช่องยูทูป และนวัตกรรมที่ใช้ในทางการแพทย์ ซึ่งใช้สอนในกลุ่มเล็ก และอาจมองเห็นภาพไม่ชัดเจน ส่วนของหุ่นฝึกปฐมพยาบาลผู้ป่วยสำลักในผู้ใหญ่ที่ทำให้เห็นภาพชัดเจนที่มีขายในท้องตลาดราคาค่อนข้างสูง ประชาชนทั่วไปเข้าถึงได้น้อย หากมีการจัดทำนวัตกรรมจำลองที่สามารถใช้ทักษะให้กลุ่มบุคคลจำนวนมากได้จะทำให้สามารถพัฒนาทักษะของบุคคลได้เพิ่มขึ้น เพิ่มโอกาสการช่วยเหลือผู้ประสบเหตุสำลักให้รอดชีวิตได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดของหลักการการปฐมพยาบาลผู้ป่วยสำลัก ด้วยวิธี Abdominal thrust maneuver (Heimlich) และนำแนวคิดการจัดทำนวัตกรรมจากชุดฝึกปฐมพยาบาล ผู้ป่วยสำลักในผู้ใหญ่ ที่ช่วยสอนการช่วยสำลักได้ดี แต่ราคาค่อนข้างสูง นำมาสร้างนวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักโดยผลิตได้ในราคาต่ำกว่า นำมาทดลองให้กับอาสาสมัครสาธารณสุขสามารถนำไปใช้ในการช่วยเหลือให้ทารก เด็ก และผู้สูงอายุในชุมชนที่มีความเสี่ยงต่อภาวะสำลักสิ่งแปลกปลอมมีความปลอดภัยจากการสำลักสิ่งแปลกปลอมได้อย่างปลอดภัย รวมถึงยังสามารถเป็นแกนนำในการถ่ายทอดความรู้ให้กับประชาชนในชุมชนที่สนใจที่จะได้เรียนรู้วิธีปฐมพยาบาลเมื่อเกิดอาการสำลัก ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงในการเสียชีวิตจากการสำลักได้ โดยนวัตกรรมนี้จะทำให้เกิดความรู้มีทักษะในการปฐมพยาบาลผู้ที่สำลัก ช่วยสร้างความเข้าใจ สามารถของตนเองในการถ่ายทอดความรู้ และช่วยเหลือตนเอง คนใกล้ชิด หรือคนในชุมชนที่สำลักให้ปลอดภัยจากอันตรายที่เกิดจากการสำลักได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

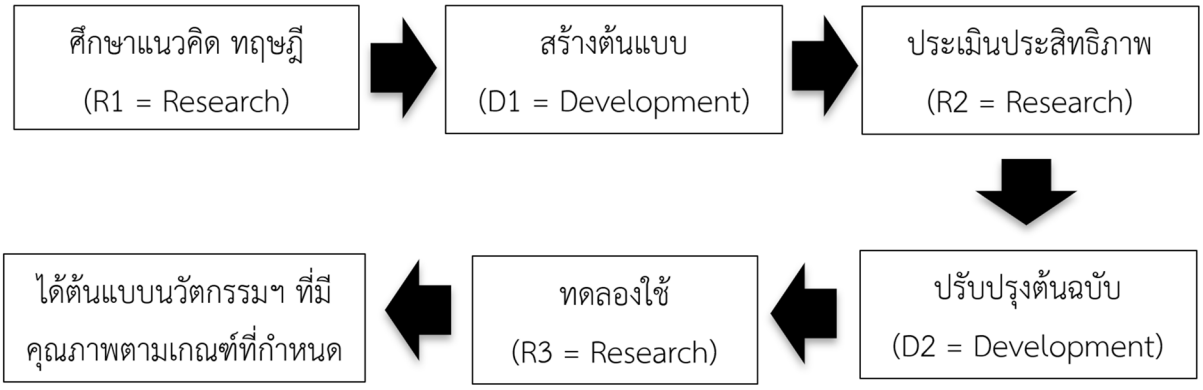
1. เพื่อสร้างและพัฒนานวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของนวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของอาสาสมัครสาธารณสุขกรุงเทพมหานครต่อการใช้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนาในการผลิตนวัตกรรม โดยประกอบ 6 ขั้นตอน (1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี (2) สร้างต้นแบบ (3) ตรวจสอบประสิทธิภาพ (4) ปรับปรุงต้นฉบับ (5) ทดลงใช้ (6) ได้นวัตกรรมฯ ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด (ภาพ 1)



ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development--R&D) ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการวิจัยเป็น 6 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (R1) โดยผู้วิจัยวิเคราะห์เนื้อหาที่จะนำมาสร้างนวัตกรรมจากแนวคิด ทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และศึกษาปัญหาความต้องการ และสภาพการณ์ปัจจุบัน โดยการจัดสนทนากลุ่ม (focus group discussion) กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาสาสมัครสาธารณสุขกรุงเทพมหานคร ตลอดจนปรึกษาผู้เชี่ยวชาญจากแพทย์ อาจารย์พยาบาล จากศูนย์การแพทย์และฟื้นฟูบึงยี่โถ จังหวัดปทุมธานี เพื่อขอคำชี้แนะและความเป็นไปได้ในการสร้างนวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลัก จากนั้นนำผลมารวบรวม วิเคราะห์ กำหนดคุณสมบัติของนวัตกรรม

ระยะที่ 2 สร้างนวัตกรรมต้นแบบ (D1) ดำเนินการออกแบบและสร้างนวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก โดยนำผลสรุปจากระยะที่ 1 และปรึกษาผู้เชี่ยวชาญถึงกระบวนการสร้างนวัตกรรม ฯ จากนั้นสร้างต้นแบบนวัตกรรม ฯ โดยใช้อุปกรณ์ในการสร้างนวัตกรรมประกอบด้วย ผ้านีโอพรีนความหนา 3 มิลลิเมตร ปั๊มลม ท่ออะคริลิค ท่อลมยาง หางปลา กระดุมแป๊ก กระดุมเม็ดใหญ่ ผ้ากุ้น ตัวล็อกกระเป๋า และแท่งโฟม เมื่อสร้างนวัตกรรมฯ ต้นแบบเสร็จแล้วเตรียมนวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักที่เหมาะสม เพื่อนำไปทดลองใช้และประเมินผลกับกลุ่มตัวอย่างระยะที่ 3 ต่อไป

ระยะที่ 3 การประเมินประสิทธิภาพ (R2) นำนวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ประกอบไปด้วย แพทย์ด้านเวชศาสตร์ครอบครัว จำนวน 1 ท่าน พยาบาล จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จำนวน 1 ท่าน ประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมในด้านคุณภาพ ตามเกณฑ์ประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอนและนวัตกรรม (Khammani, 2023) ได้แก่ การใช้วัสดุ ขนาดน้ำหนัก ความยากง่ายของการใช้งาน รูปแบบเสมือนจริง มีความคงทน และการสาธิตให้ผู้เรียนเข้าใจง่าย จากนั้นนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ อาสาสมัครสาธารณสุขกรุงเทพมหานคร จำนวน 10 คน เพื่อประเมินข้อบกพร่อง ปัญหาจากการใช้งาน จากนั้นสรุปประเด็นต่าง ๆ จากการทดลองใช้ เพื่อนำผลที่ได้ไปพัฒนานวัตกรรมฯ ในระยะที่ 4

ระยะที่ 4 ปรับปรุงต้นฉบับ (D2) เป็นขั้นการนำสรุปปัญหาจากการใช้นวัตกรรมฯ ครั้งที่ 1 มาปรับปรุงพัฒนานวัตกรรม ฯ โดยการปรับปรุง รูปลักษณ์และขนาดตัวเสื้อให้สามารถปรับขนาดให้เหมาะกับผู้ใช้ โดยให้มีช่องบริเวณคอกว้างมากขึ้น และบริเวณที่ใส่ปั๊มลมให้กระชับมากขึ้น เปลี่ยนบริเวณที่ปิดท่ออะคริลิคจากผ้านีโอพรีนเป็นแผ่นพลาสติคใส ตามข้อแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และอาสาสมัครสาธารณสุขผู้ทดลองใช้ เพื่อให้นวัตกรรมมีขนาดกระชับกับตัวมากยิ่งขึ้น ใส่ได้ง่ายขึ้น และทำให้ผู้ทดลองใช้สามารถเห็นภาพการจำลองการสำลักได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มทดลองในระยะที่ 5 ต่อไป

ระยะที่ 5 ทดลงใช้ (R3) เป็นขั้นตอนการนำนวัตกรรมฯที่ผลิตไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ อาสาสมัครสาธารณสุขกรุงเทพมหานคร จำนวน 32 คน ซึ่งอาสาสมัครสาธารณสุขทุกคนจะได้จะได้รับการให้โปรแกรมสุขศึกษาและฝึกปฏิบัติทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักโดยใช้เสื้อจำลองการสำลักทั้งการช่วยเหลือตนเอง และช่วยเหลือผู้อื่น หลังจากนั้นให้อาสาสมัครสาธารณสุขกรุงเทพมหานครประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมฯ และประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน

ระยะที่ 6 ได้ต้นแบบนวัตกรรม ฯ ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

1. ได้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรม ฯ

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครสาธารณสุขกรุงเทพมหานครต่อนวัตกรรม ฯ ในด้านการออกแบบ การใช้ประโยชน์ ความปลอดภัย และการใช้งาน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรได้แก่อาสาสมัครสาธารณสุข กรุงเทพมหานคร เขตธนบุรี จำนวนทั้งสิ้น 219 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อาสาสมัครสาธารณสุข ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ตามเกณฑ์การคัดเข้า ได้แก่ ผู้ที่เป็นอาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานคร ผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัว สามารถอ่าน เขียน และฟังภาษาไทยได้ สมัครใจเข้าร่วมโปรแกรม และกำหนดเกณฑ์คัดออก ได้แก่ ผู้ที่เป็นโรคที่ไม่สามารถรัดกระตุกที่ห้อง เหนือสะดือ ใต้ลิ้นปี่ได้ ได้แก่ โรคหัวใจ โรคหอบหืด ผู้ที่ตั้งครรภ์ เป็นโรคจิตและประสาท ไม่สามารถโต้ตอบสื่อความหมายเข้าใจกันได้ขณะที่เข้าร่วมโปรแกรม

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง คำนวณโดยใช้โปรแกรม G*power โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ .05 และเป็นการทดสอบแบบทางเดียว ขนาดอิทธิพล (effect size) d=0.5 และให้อำนาจในการทดสอบ 1-β=.81 ได้ จำนวนอาสาสมัคร 26 คน แต่จากการคาดการณ์ว่าอาจจะมีอาสาสมัครถอนตัวจากโครงการ 20% ดังนั้น จำนวนอาสาสมัครทั้งหมดจึงเป็น 32 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ใช้แบบประเมินประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของอาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานคร ซึ่งแบบประเมินประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป จำนวน 7 ข้อ ส่วนที่ 2 แบบประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก จำนวน 10 ข้อ และส่วนที่ 3 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก จำนวน 10 ข้อ แบบประเมินส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 มีลักษณะการวัดเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ (rating scale) ลักษณะของข้อคำถามเป็นแบบให้เลือกตอบ เกณฑ์การให้คะแนน คือ 5 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด 4 คะแนน หมายถึง พึงพอใจมาก 3 คะแนน หมายถึง พึงพอใจปานกลาง 2 คะแนน หมายถึง พึงพอใจน้อย 1 คะแนน หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด การแปลความหมายการวิเคราะห์ใช้เกณฑ์ (Srisa-ard, 2010) ดังนี้ คะแนน 4.51–5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด คะแนน 3.51–4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก คะแนน 2.51–3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง 1.51–2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย 1.00–1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

ได้ตรวจสอบความเป็นปรนัย (objectivity) ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยแพทย์เวชปฏิบัติ 1 ท่าน อาจารย์พยาบาล 1 ท่าน อาจารย์สาธารณสุขศาสตร์ 1 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความเป็นปรนัยแล้วจึงนำไปปรับปรุงแก้ไขให้มีความชัดเจนของเนื้อหาตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง

ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ผู้วิจัยนำแบบประเมินประสิทธิภาพ และความพึงพอใจต่อการใช้นวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พร้อมวิเคราะห์ค่าดัชนีความตรงของเนื้อหาทั้งรายข้อ (I-CVI) และรายฉบับ (S-CVI) พบว่า I-CVI ทุกข้อในแบบสอบถามส่วนที่ 2–3 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตั้งแต่ 0.7 ขึ้นไป และ S-CVI มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.90 และ 0.86 ตามลำดับ

ความเที่ยงของเครื่องมือ (reliability) ผู้วิจัยนำแบบประเมินประสิทธิภาพ และความพึงพอใจต่อนวัตกรรมที่ผ่านเกณฑ์ความตรงเชิงเนื้อหาไปหาความเที่ยง (reliability) โดยนำไปให้อาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานครที่มีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง ตอบแบบสอบถาม และนำมาหาค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) สำหรับแบบสอบถามส่วนที่ 2-3 มีเท่ากับ 0.93 และ 0.88 ตามลำดับ

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

โครงการวิจัยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา เลขที่ REC-BSRU COA No. 670504 ผู้วิจัยรักษาความลับของกลุ่มตัวอย่างโดยจะนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น และกลุ่มตัวอย่างสามารถออกจากการวิจัยได้ทุกเวลาหากไม่สมัครใจในระหว่างการศึกษา โดยไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยเตรียมนวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก และถ่ายสำเนาแบบสอบถามแล้วจัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ถึงผู้บริหาร

2. ผู้วิจัยประสานงานเบื้องต้นกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และพิทักษ์สิทธิแก่กลุ่มตัวอย่าง พร้อมนัดหมายวัน เวลาในการดำเนินการวิจัย

3. ดำเนินการเก็บแบบสอบถามโดยให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักก่อนแล้วจึงตอบแบบประเมินประสิทธิภาพ และความพึงใจต่อการใช้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก

4. ผู้วิจัยรวบรวมแบบสอบถามและตรวจสอบความสมบรูณ์ของแบบสอบถาม

5. นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประมวลผลโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ความถี่ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการดำเนินการวิจัย โดยมีรายละเอียดแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนานวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก

ตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของอาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย

1. ข้อมูลทั่วไป

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานครต่อการใช้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก

ตอนที่ 1 การพัฒนานวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก

ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ทบทวนเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ การสำลักและการปฐมพยาบาลผู้ที่สำลัก และแนวคิดตามกระบวนการเรียนรู้ รวมถึงข้อมูลจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นจากแพทย์เวชปฏิบัติ พยาบาลวิชาชีพ และอาจารย์สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา รวมถึงทดลองใช้กับอาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานครซึ่งได้ให้ข้อคิดเห็นและเสนอแนะ โดยแบ่งตามระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้อง (R1) ผู้วิจัยได้สังเคราะห์แนวทางการสร้างและพัฒนาหุ่นฝึกทักษะจากงานวิจัยการพัฒนานวัตกรรมทางพยาบาลเพื่อศึกษาขั้นตอนการสร้างและพัฒนานวัตกรรมฯ รวมถึงศึกษาความต้องการจำเป็นของกลุ่มตัวอย่าง ผลจากการสนทนากลุ่ม (focus group discussion) กับอาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานครที่กลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับปัญหาและความต้องการ ได้ข้อคิดเห็นว่า อาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่ขาดความรู้ความเข้าใจในการช่วยเหลือผู้ที่สำลัก อีกทั้งยังขาดอุปกรณ์ที่ใช้สาธิตในการช่วยผู้ที่สำลัก หากอาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานครมีความรู้ถึงวิธีการ และมีอุปกรณ์ที่สามารถช่วยสอนคนในชุมชนอาจช่วยลดปัญหาการสำลักที่

เป็นอันตรายต่อชีวิต และสามารถช่วยเหลือคนในชุมชนได้อย่างทันท่วงที โดยหุ่นฝึกปฐมพยาบาลผู้ป่วยสำลักในผู้ใหญ่ที่ทำให้เห็นภาพชัดเจนที่มีขายในท้องตลาดราคาค่อนข้างสูง เข้าถึงได้ค่อนข้างน้อย ซึ่งหากมีการจัดทำนวัตกรรมที่สามารถขยายผลให้กลุ่มบุคคลที่เพิ่มขึ้นก็จะสามารถช่วยเหลือและป้องกันอันตรายจากการสำลักได้ ดังนั้นจึงได้นำแนวคิดของหลักการการปฐมพยาบาลผู้ป่วยสำลัก ด้วยวิธีการรัดกระตุกที่ท้องเหนือสะดือใต้ลิ้นปี่ Abdominal thrust maneuver (Heimlich) และนำแนวคิดการจัดทำนวัตกรรมจากชุดฝึกปฐมพยาบาล ผู้ป่วยสำลักในผู้ใหญ่ยี่ห้อแอคฟาส ที่ช่วยสอนการช่วยสำลักได้ดี แต่ราคาค่อนข้างสูง นำมาสร้างเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักด้วยการรัดกระตุกที่ท้องเหนือสะดือใต้ลิ้นปี่

ระยะที่ 2 สร้างต้นแบบ (D1) ผู้วิจัยได้นำข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากระยะที่ 1 ไปปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญถึงกระบวนการสร้างนวัตกรรม ฯ จากนั้นร่วมกันผลิตนวัตกรรม ฯ โดยเน้นให้ตำแหน่งที่ใช้ในการกดช่วยสำลักอยู่ในระดับเดียวกับผู้สวมใส่ คือบริเวณเหนือสะดือใต้ลิ้นปี่ และเมื่อกดตรงตามตำแหน่งที่จะช่วยเหลือแล้ว นวัตกรรมจะต้องแสดงให้เห็นถึงการหลุดออกของเศษอาหารที่ติดอยู่ให้กระเด็นออกมา (ดังภาพ 3) จากนั้นนำไปทดลองใช้และประเมินผลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ระยะที่ 3 ประเมินประสิทธิภาพ (R2) หลังจากนำนวัตกรรม ฯ จากระยะที่ 2 ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อประเมินข้อบกพร่อง ปัญหาจากการใช้งาน ซึ่งพบว่ามีข้อเสนอแนะที่ต้องปรับปรุงจากระยะแรก ได้แก่ ช่องคอของเสื้อแคบเกินไป ขนาดของเสื้อใหญ่ไม่พอดี ปรับขนาดแล้วไม่กระชับ บริเวณที่ใส่ปั๊มลมใหญ่เกินไป และตรงบริเวณที่ใส่แท่งโฟมที่จำลองเศษอาหารติดคอ เมื่อใส่แล้วมองไม่เห็นด้านใน ดังนั้นผู้วิจัย จึงได้ทำการออกแบบและปรับขนาดของตัวเสื้อใหม่ให้มีความกระชับมากยิ่งขึ้น ขยายช่องคอให้กว้างขึ้น ปรับขนาดของช่องที่ใส่ปั๊มลมให้เล็กลงเพื่อความสวยงาม รวมถึงเปลี่ยนวัสดุที่ปิดบริเวณท่ออะคริลิคให้สามารถมองเห็นด้านในได้ ทำให้มีความเสมือนจริงขณะอาหารติดคอจะเห็นแท่งโฟมในท่ออะครลิค และเมื่อช่วยเหลืออาหารจะหลุดออกจากหลอดลม คือหลุดออกจากท่ออะคริลิค (ดังภาพ 4) ซึ่งผู้วิจัยรวบรวมปัญหาจากการทดลองใช้รวมทั้งข้อเสนอแนะ และจะนำผลที่ได้ไปพัฒนานวัตกรรม ฯ ในขั้นตอนถัดไป

ระยะที่ 4 ปรับปรุงต้นแบบ (D2) ผู้วิจัยสรุปปัญหาและข้อเสนอแนะจากการใช้นวัตกรรม ฯ โดยปรับรูปลักษณ์และขนาดตัวเสื้อให้เล็กลง สามารถปรับขนาดให้เหมาะกับผู้ใช้ โดยให้มีช่องบริเวณคอกว้างมากขึ้น และบริเวณที่ใส่ปั๊มลมให้กระชับมากขึ้น เปลี่ยนบริเวณที่ปิดท่ออะคริลิคจากผ้านีโอพรีนเป็นแผ่นพลาสติคใส ตามข้อแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และอาสาสมัครสาธารณสุขผู้ทดลองใช้ เพื่อให้นวัตกรรมมีขนาดกระชับกับตัวมากยิ่งขึ้น ใส่ได้ง่ายขึ้น และทำให้ผู้ทดลองใช้สามารถเห็นภาพการจำลองการสำลักได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น (ดังภาพ 5-7) จากนั้นเตรียมนำไปใช้กับกลุ่มทดลองในระยะถัดไป

ระยะที่ 5 ทดลองใช้ (R3) นำนวัตกรรม ฯ ที่สร้างขึ้นใหม่ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ อาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานคร จำนวน 32 คน ซึ่งอาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานครจะได้รับการให้โปรแกรมสุขศึกษาและฝึกปฏิบัติโดยใช้เสื้อจำลองการสำลักทั้งการช่วยเหลือตนเอง และช่วยเหลือผู้อื่น (ดังภาพ 8) จนเกิดความชำนาญทุกคน หลังจากให้อาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานครฝึกทักษะจนเกิดความชำนาญแล้วนวัตกรรม ฯ ที่สร้างขึ้นยังคงมีสภาพดี ไม่ชำรุดเสียหาย อีกทั้งยังสามารถถอดซักทำความสะอาดและนำกลับมาใช้งานได้ดีดังเดิม

ระยะที่ 6 ได้ต้นแบบนวัตกรรมที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

1). ได้นวัตกรรม ฯ ที่สามารถจำลองให้เห็นการสำลักได้เสมือนจริง สามารถนำมาเป็นสื่อการสอนในการฝึกทักษะช่วยเหลือผู้สำลัก ที่มีราคาถูก ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ดังภาพ 7)

2) ได้นำนวัตกรรม ฯ ขอรับอนุสิทธิบัตร เมื่อวันที่ 9 กันยายน 2567 เลขที่คำขอ 2403002931 โดยมีบทสรุปการประดิษฐ์ดังนี้

เสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยสำลักด้วยการรัดกระตุกที่ท้องเหนือสะดือใต้ลิ้นปี่นี้ ประกอบด้วยชิ้นส่วนเสื้อด้านหน้า ซึ่งเย็บติดกับชิ้นส่วนเสื้อด้านหลัง ทำจากผ้านีโอพรีนที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร มาตัดเป็นเสื้อกั๊กขนาดรอบอกเท่ากับ 32 นิ้ว มีลักษณะพิเศษ คือ ตัวเสื้อมีการออกแบบการจำลองการสำลักในชิ้นส่วนเสื้อด้านหน้ามีการเปิดเผยให้เห็นท่ออะคริลิคใส ซึ่งจำลองเป็นหลอดลม มีการติดพลาสติกใสสี่เหลี่ยมผืนผ้า ติดกับกระดุมแป๊ก ข้างละ 3 คู่ ทำให้มองเห็นท่ออะคริลิคใสได้ชัดเจน และบริเวณ

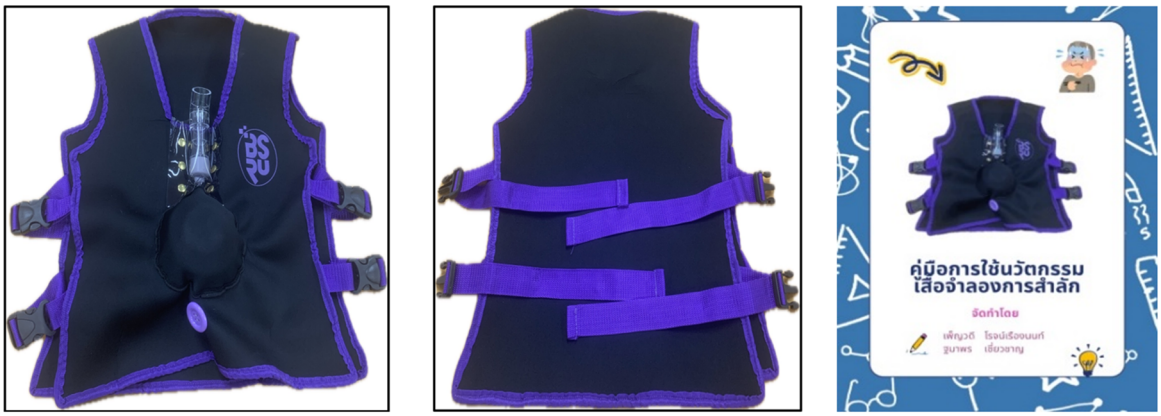
ชิ้นส่วนวงกลม ที่ภายในบรรจุปั๊มลม เป็นตำแหน่งในการรัดกระตุกตามรูปแบบของการปฐมพยาบาลตามวิธีกระแทกท้อง (abdominal thrush or heimlich maneuver) คือ เหนือสะดือใต้ลิ้นปี่ โดยได้จำลองกระดุมเม็ดใหญ่เป็นตำแหน่งของสะดือเพื่อใช้ในการมาร์คจุดวัดตำแหน่งในการวางมือ และเมื่อวัดตำแหน่งแล้วจะวางกำปั้นได้ตรงกับบริเวณชิ้นส่วนวงกลม ที่ภายในบรรจุปั๊มลมพอดี เมื่อนำแท่งโฟม ซึ่งจำลองเสมือนอาหารบรรจุลงในท่ออะคริลิคใส เสมือนว่าอาหารติดหลอดลม และทำการปฐมพยาบาลตามขั้นตอน แท่งโฟมจะหลุดออกจากท่ออะคริลิคใส เสมือนสิ่งอุดกั้นทางเดินหายใจหลุดออกจากหลอดลม

เสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยสำลักด้วยการรัดกระตุกที่ท้องเหนือสะดือใต้ลิ้นปี่ บริเวณชิ้นส่วนวงกลม ที่ภายในบรรจุปั๊มลม ได้มีการเย็บซิปซ่อน ไว้ด้านในทำให้สามารถถอดปั๊มลมออก และด้านหน้าชิ้นส่วนเสื้อด้านหน้า มีพลาสติกใสสี่เหลี่ยมผืนผ้า ติดกับกระดุมแป๊กสามารถถอดท่ออะคริลิคใสออก พับเก็บได้สะดวกและซักทำความสะอาดตัวเสื้อได้

ภาพ 2 ชุดฝึกปฐมพยาบาล ผู้ป่วยสำลักในผู้ใหญ่ ยี่ห้อแอคฟาส ที่มีอยู่เดิม

ภาพ 3 เสื้อจำลองการสำลักต้นแบบที่สร้างขึ้นครั้งแรก ไม่สวยงาม ตัวใหญ่ ตำแหน่งที่ใช้วัดในการวางมือไม่ตรง

ภาพ 4 เสื้อจำลองการสำลักแก้ไขเปลี่ยนผ้านีโอพรีน บริเวณที่ใส่ท่อประปาเป็นพลาสติกใส แก้ไขตำแหน่งที่ใช้วัดในการวางมือ



ภาพ 5 เสื้อจำลองการสำลักที่ปรับปรุง มีคุณลักษณะเหมาะสมสำหรับการฝึกทักษะการช่วยสำลัก พร้อมคู่มือการใช้

ภาพ 6 ด้านในเสื้อและด้านนอกเสื้อเมื่อถอดชิ้นส่วนภายใน เพื่อเตรียมซักทำความสะอาด

ภาพ 7 เสื้อจำลองการสำลักษณะสวมใส่ และการจัดเก็บ

ภาพ 8 ทดลองใช้กับอาสาสมัครสาธารณสุขกรุงเทพมหานครเป็นสื่อการเรียนและฝึกทักษะการสำลัก

ตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของอาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย

1. ข้อมูลทั่วไป

อาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานคร จำนวน 32 คน ส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 68.75 เพศชาย จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 31.25 อายุเฉลี่ย 63.19 ปี ส่วนใหญ่สถานภาพสมรส คิดเป็นร้อยละ 40.63 จบการศึกษาสูงสุดชั้นมัธยมศึกษา/ปวช. คิดเป็นร้อยละ 50.00 ประกอบอาชีพรับจ้าง คิดเป็นร้อยละ 40.63 และส่วนใหญ่เคยมีประวัติการสำลัก คิดเป็นร้อยละ 62.50

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลัก โดยอาสาสมัครสาธารณสุข กรุงเทพมหานคร (ตาราง 1) พบว่า ประสิทธิภาพของเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักในอาสาสมัครสาธารณสุขกรุงเทพมหานครโดยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.64 SD=0.51) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ สามารถใช้ในการเรียนการสอนในการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักได้ ($\overline{X}$ =4.78 SD=0.42) ช่วยให้มองเห็นภาพการสำลัก และการช่วยเหลือได้ชัดเจนเข้าใจง่าย ($\overline{X}$ =4.75 SD=0.44) ขนาดและน้ำหนักตัวเสื้อมีความเหมาะสมกับการใช้งาน ($\overline{X}$ =4.72 SD=0.46)

ส่วนค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ วัสดุที่ใช้มีความคงทน แข็งแรง ไม่ฉีกขาดง่าย ($\overline{X}$ =4.44 SD=0.62)

3. ความพึงพอใจหลังใช้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลัก

ภายหลังการใช้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก อาสาสมัครสาธารณสุขกรุงเทพมหานคร มีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.58) เมื่อพิจารณาความคิดเห็นรายด้าน พบว่า ระดับความพึงพอใจที่มีค่าเฉลี่ยระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านการออกแบบ ($\overline{X}$ =4.67) ด้านการใช้ประโยชน์ ($\overline{X}$ =4.65) ด้านความปลอดภัย ($\overline{X}$ =4.56) ส่วนความพึงพอใจที่มีค่าเฉลี่ยระดับมาก คือ ด้านการใช้งาน ($\overline{X}$ =4.47)

ตาราง 1

ระดับความคิดเห็นประสิทธิภาพของเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักในอาสาสมัครสาธารณสุขกรุงเทพมหานคร (n=32)

	รายการประเมินประสิทธิภาพ	$\overline{X}$	SD	**ระดับคุณภาพ**
1.	วัสดุที่ใช้มีความคงทน แข็งแรง ไม่ฉีกขาดง่าย	4.44	0.62	มาก
2.	สามารถใช้ในการเรียนการสอนในการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักได้	4.78	0.42	มากที่สุด
3.	มีรูปแบบสวยงาม น่าใช้	4.56	0.56	มากที่สุด
4.	ขนาด และน้ำหนักตัวเสื้อมีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.72	0.46	มากที่สุด
5.	สะดวกต่อการจัดเก็บ และใช้งานง่าย	4.66	0.48	มากที่สุด
6.	ดูแลรักษา และทำความสะอาดได้ง่าย	4.50	0.51	มาก
7.	มีประโยชน์ในการสร้างความเข้าใจและช่วยฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก	4.69	0.47	มากที่สุด
8.	ช่วยให้มองเห็นภาพการสำลัก และการช่วยเหลือได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4.75	0.44	มากที่สุด
9.	ใช้สาธิตให้บุคคลทั่วไปเข้าใจ และสามารถฝึกปฏิบัติตามได้	4.69	0.54	มากที่สุด
10.	ช่วยสร้างความมั่นใจ เสมือนได้ช่วยเหลือผู้สำลักจริง	4.63	0.55	มากที่สุด
	ระดับความคิดเห็นประสิทธิภาพของเสื้อจำลองการสำลักโดยรวม	4.64	0.51	มากที่สุด

ตาราง 2

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจภายหลังการใช้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก

ความพึงพอใจ	$\overline{X}$	SD	**ระดับความพึงพอใจ**
ด้านการใช้งาน	4.47	0.50	มาก
ด้านการใช้ประโยชน์	4.65	0.46	มากที่สุด
ด้านความปลอดภัย	4.56	0.52	มากที่สุด
ด้านการออกแบบ	4.67	0.45	มากที่สุด
รวม	**4.58**	**0.42**	**มากที่สุด**

การอภิปรายผล

1. นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรม และสัมภาษณ์อาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานครที่มีบทบาทตามข้อบังคับของกระทรวงสาธารณสุขโดยมีหน้าที่ดูแลสุขภาพอนามัยเชิงรุกในกลุ่มแม่และเด็ก ผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยเรื้อรังในชุมชน พบว่าส่วนใหญ่ขาดความรู้ความเข้าใจ และทักษะในการช่วยเหลือผู้ที่สำลัก รวมการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ในศูนย์บริการสาธารณสุขที่รับผิดชอบงานในส่วนของอาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานคร พบว่าอาสาสมัครสาธารณสุขของกรุงเทพมหานครขาดการอบรมการช่วยผู้สำลัก รวมถึงไม่มีอุปกรณ์ที่ใช้สอนในการช่วยสำลัก ซึ่งหุ่นฝึกปฐมพยาบาลผู้ป่วยสำลักในผู้ใหญ่ที่มีขายในท้องตลาดราคาค่อนข้างสูง ไม่มีงบประมาณที่จะจัดหาซื้อได้ ซึ่งหากมีการจัดทำนวัตกรรมที่สามารถขยายผลให้กลุ่มบุคคลที่เพิ่มขึ้นก็จะสามารถช่วยเหลือและป้องกันอันตรายจากการสำลักได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดของหลักการการปฐมพยาบาลผู้ป่วยสำลัก ด้วยวิธีการรัดกระตุกที่ท้องเหนือสะดือใต้ลิ้นปี่ Abdominal thrust maneuver (Heimlich) นำมาสร้างเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักด้วยการรัดกระตุกที่ท้องเหนือสะดือใต้ลิ้นปี่ โดยมีความมุ่งหมายเพื่อให้ประชาชนและผู้ที่ต้องการเรียนรู้วิธีการช่วยสำลักด้วยการรัดกระตุกที่ท้องเหนือสะดือใต้ลิ้นปี่ได้ใช้เป็นเครื่องมือในการฝึกทักษะการช่วยสำลักด้วยการรัดกระตุกที่ท้องเหนือสะดือใต้ลิ้นปี่ เนื่องจากตัวเสื้อจะจำลองการสำลักให้เห็นภาพมากยิ่งขึ้น

โดยเสื้อจำลองจะมีท่ออะคิลิคใสที่จำลองเหมือนกับหลอดลม และแท่งโฟมที่ใส่ในท่ออะคิลิคจำลองเหมือนอาหารหลุดเข้าไปติดบริเวณหลอดลม และในการช่วยสำลักจะต้องมีการวางตำแหน่งกำปั๊มที่ถูกต้องเพื่อช่วยสำลัก ซึ่งตัวเสื้อมีการกำหนดจุดที่ใช้ในการวางมือเพื่อช่วยสำลัก คือจะต้องกำปั๊มบริเวณเหนือสะดือใต้ลิ้นปี่ ซึ่งตรงกับตำแหน่งปั๊มลมพอดี โดยในการหาตำแหน่งนั้นได้ออกแบบให้มีกระดุมเม็ดใหญ่เป็นสะดือของผู้สำลัก และการวัดตำแหน่งในการวางมือจะใช้ 3 นิ้วข้างที่ไม่ถนัดหาตำแหน่ง โดยนิ้วกลางอยู่ที่สะดือ (กระดุม) นิ้วโป้งอยู่ที่ลิ้นปี่ และนิ้วชี้อยู่กึ่งกลางระหว่างสะดือกับลิ้นปี่ (ตำแหน่งปั๊มลม) เมื่อได้ตำแหน่งแล้วจะใช้มืออีกข้างที่ถนัด กำหมัดโดยเก็บนิ้วโป้งไว้ด้านในกำปั้น นำมาวางบริเวณโคนนิ้วชี้ข้างที่ไม่ถนัด ซึ่งจะตรงกับตำแหน่งปั๊มลมพอดี ดังนั้นเมื่อผู้ช่วยเหลือรัดกระตุกบริเวณตำแหน่งที่ถูกต้อง ก็จะทำให้แท่งโฟมที่อยู่ในท่ออะคริลิคหลุดออกมา เสมือนเศษอาหารหลุดออกจากหลอดลม ทำให้เกิดการรับรู้ความสามารถในการช่วยผู้สำลักเพิ่มขึ้น และเป็นการฝึกทักษะการช่วยสำลักที่เห็นผลชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2. การประเมินประสิทธิภาพของเสื้อจำลองการสำลักเพื่อฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักโดยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ (1) สามารถใช้ในการเรียนการสอนในการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้วิจัยได้นำแนวทางการฝึกปฏิบัติการช่วยเหลือผู้สำลัก หรือ Choking ในผู้ใหญ่ อายุ 8 ปี ขึ้นไป ของศูนย์ฝึกอบรมปฐมพยาบาลและสุขภาพอนามัย ซึ่งกำหนดตำแหน่งในการวางมือสำหรับดันบริเวณกึ่งกลางระหว่างลิ้นปี่กับสะดือ (Thai Medical Women’s Association, 2023) โดยในเสื้อจำลองการสำลักได้กำหนดตำแหน่งสะดือให้อยู่บริเวณกระดุมสีม่วงเม็ดใหญ่ และตำแหน่งกึ่งกลางของปั๊มลมจะตรงกับบริเวณใต้กระบังลมหรือกึ่งกลางระหว่างลิ้นปี่กับสะดือพอดี จึงทำให้สามารถฝึกปฏิบัติทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักได้จริง (2) ช่วยให้มองเห็นภาพการสำลัก และการช่วยเหลือได้ชัดเจนเข้าใจง่าย เนื่องจากเสื้อจำลองการสำลักได้ออกแบบมาให้เสมือนผู้สำลักอาหาร โดยในตัวเสื้อจำลองที่มีท่ออะคริลิคใสและแท่งกระสุนโฟมเพื่อจำลองอาหารติดหลอดลม ผู้ใช้จะสามารถฝึกการช่วยเหลือผู้สำลักแบบ Heimlich Maneuver โดยกดที่ตำแหน่งกลางระหว่างลิ้นปี่กับสะดือ 5 ครั้งติดต่อกัน ซึ่งจะสร้างแรงดันให้วัตถุหลุดออกมา การใช้ตัวเสื้อจำลองช่วยให้ผู้ฝึกสามารถเห็นผลลัพธ์ของการกดดันอย่างชัดเจน ส่งเสริมความเข้าใจและความมั่นใจในการใช้เทคนิคนี้ในสถานการณ์จริงจึงช่วยให้ผู้ใช้มองเห็นภาพการสำลัก และการช่วยเหลือได้ชัดเจนเข้าใจง่ายขึ้น ซึ่งการช่วยเหลือผู้สำลักโดยการดันบริเวณกึ่งกลางที่จำลองในตัวเสื้อฝึกทักษะนี้สอดคล้องกับ ทฤษฎีการช่วยเหลือผู้สำลักแบบ Heimlich Maneuver หรือ “การกดดันบริเวณกระบังลมเพื่อช่วยการหายใจ” ซึ่งพัฒนาโดยแพทย์ Dr. Henry Heimlich ในปี 1974 (Altkorn et al., 2015) ทฤษฎีนี้ใช้หลักการของการสร้างแรงดันภายในช่องท้องเพื่อดันอากาศในปอดให้เกิดแรงกระแทกและขับวัตถุที่อุดกั้นหลอดลมออกมา การช่วยเหลือผู้สำลักแบบ Heimlich Maneuver ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายและยอมรับว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการช่วยชีวิตผู้ที่มีภาวะหลอดลมอุดกั้นจากอาหารหรือวัตถุแปลกปลอมที่ติดในหลอดลม

(3) ขนาด และน้ำหนักตัวเสื้อมีความเหมาะสมกับการใช้งาน เนื่องจากผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญรวมถึงไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาข้อบกพร่อง ดังนั้นจึงทำให้มีการแก้ไขส่วนของขนาด และน้ำหนักตัวเสื้อที่ทำจากวัสดุที่ค่อนข้างเบา สามารถถอดชิ้นส่วนเพื่อซักทำความสะอาดได้ สามารถอ้างอิงถึงแนวคิดของ การออกแบบตามหลักการของผู้ใช้งาน หรือ User-Centered Design--UCD ตามแนวคิดของ Norman (1988) แนวคิดนี้มุ่งเน้นให้ผลิตภัณฑ์สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานและปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยการออกแบบที่เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง ผู้วิจัยจะรับฟังความคิดเห็นและคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้จริงเพื่อปรับปรุงการออกแบบให้ใช้งานได้สะดวก เหมาะสมและง่ายต่อการบำรุงรักษา เช่น ในกรณีตัวเสื้อจำลองนี้ที่ใช้วัสดุน้ำหนักเบาและสามารถถอดซักได้ เพื่อตอบโจทย์การใช้งานและการดูแลรักษา

ส่วนรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ วัสดุที่ใช้มีความคงทน แข็งแรง ไม่ฉีกขาดง่าย อาจเป็นเพราะการออกแบบเสื้อจำลองการสำลัก ออกแบบให้สามารถถอดซักทำความสะอาดได้ จึงทำให้เวลานำเสื้อใส่ฝึกปฏิบัติหากประกอบชิ้นส่วนไม่แน่น อาจทำให้ชิ้นส่วนบางชิ้นหลุดออกมาได้ โดยเฉพาะในส่วนของท่ออะคริลิค เมื่อกดกระแทกจึงทำให้ท่ออะคริลิคหลุดออกจากปั๊มลมจากแรงดันลม ดังนั้นจึงควรตรวจสอบอุปกรณ์ในตัวเสื้อว่ามีการประกอบชิ้นส่วนแน่นดีหรือไม่ก่อนใช้งาน ผู้วิจัยจึงได้จัดทำคู่มือการใช้งานเพื่อช่วยให้ผู้ที่ใช้ศึกษาก่อนใช้งาน

3. ความพึงพอใจหลังใช้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลัก ภายหลังการใช้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก กลุ่มทดลอง มีระดับความพึงพอใจภายหลังการใช้นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักต่อการฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลักโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด $\overline{X}$ =4.58 SD=0.42 โดยระดับความพึงพอใจที่มีค่าเฉลี่ยระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านการออกแบบ ($\overline{X}$ =4.67) ด้านการใช้ประโยชน์ ($\overline{X}$ =4.65) ด้านความปลอดภัย ($\overline{X}$ =4.56) ส่วนความพึงพอใจที่มีค่าเฉลี่ยระดับมาก คือ ด้านการใช้งาน ($\overline{X}$ =4.47) ตามลำดับ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ความพึงพอใจด้านการออกแบบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\overline{X}$ =4.67) ซึ่งชี้ให้เห็นว่านวัตกรรมนี้ได้รับการออกแบบอย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับการใช้งานในสถานการณ์จำลองเสมือนจริง การออกแบบที่ดีเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ผู้ใช้งานรู้สึกสบายและมั่นใจในความสามารถของตนเองเมื่อใช้นวัตกรรม (Norman, 2013) นอกจากนี้ การออกแบบที่เหมาะสมยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกทักษะ ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญในการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

จึงอาจสรุปได้ว่า นวัตกรรมเสื้อจำลองการสำลักนี้ได้รับความพึงพอใจในระดับสูงจากผู้ใช้งานทั้งในด้านการออกแบบ การใช้ประโยชน์ ความปลอดภัย และการใช้งาน ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของนวัตกรรมในการส่งเสริมการเรียนรู้และฝึกทักษะการช่วยเหลือผู้สำลัก

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ เสนอผลการวิจัยให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำนวัตกรรมดังกล่าว ไปใช้ในการสอนให้กับกลุ่มเสี่ยง และกลุ่มอื่นๆ เพื่อให้มีความมั่นใจ มีการรับรู้ความสามารถของตนเอง และเกิดทักษะในการดูแลตนเองและสามารถช่วยผู้อื่นที่สำลักได้อย่างถูกต้อง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการเพิ่มโปรแกรมร่วมกับการใช้นวัตกรรมเพื่อให้ได้เห็นประสิทธิผลเพิ่มมากขึ้น

2. การมีส่วนร่วมของอาสาสมัครสาธารณสุขในการนำนวัตกรรมไปใช้สอนให้คนในชุมชนและครอบครัว เพื่อให้สามารถประชาชนสามารถดูแลตนเอง ครอบครัว และคนในชุมชนได้

3. ควรติดตามความสามารถของอาสาสมัครในระยะยาว

4. ควรพัฒนาวิธีการให้อาสาสมัครสามารถทบทวนความรู้ได้ด้วยตนเอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่ให้สนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมกิจกรรมทุกท่านที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

References

Altkorn, R., Chen, X., Milkovich, S., Stool, D., Rider, G., Bailey, C. M., .& Reilly, J. S. (2015). Fatal and non-fatal food injuries among children (aged 0-14 years). *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 72*(7), 1041-1046. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2008.03.010

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy the exercise of control*. New York: W.H. Freeman and Company

Bloom, B. S., Madaus, G. F., & Hastings, J. T. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill.

Bloom, B. S. (1984). The 2-sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher, 13*(6), 4-16. https://doi.org/10.2307/1175554

Clark, R. E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research, 53*(4), 445-459. https://www.uky.edu/~gmswan3/609/Clark_1983.pdf

Department of Otolaryngology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital. (2010). *Choking on foreign objects in the respiratory tract.* Retrieved from https://www.si.mahidol.ac.th/th/healthdetail.asp?aid=487. (in Thai)

Happy News Agency. (2023). *Be aware of fake health news*. Retrieved from https://www.thaihealth.or.th. (in Thai)

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2017). Cooperative learning: The foundation for active learning. In R. L. Eberly (Ed.), *Active learning strategies for college classrooms* (pp. 27-45). California: Sage Publications.

Khammani, T. (2023). *The science of teaching: Knowledge for organizing effective lLearning processes* (26th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)

Klankhuwad, D. (2022). *How to provide first aid for choking Important steps in emergencies*. Retrieved from https://www.pobpad.com. (in Thai)

National Statistical Office. (2021). *The 2021 survey of the older persons in Thailand.* Bangkok: National Statistical Office. (in Thai)

Norman, D. A. (1988). *The design of everyday things*. New York: Basic Books.

Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things* (Rev. ed.). New York: Basic Books.

Phonthepkasemsan, R. (2019). *First aid* (3rd ed). Bangkok: Silpa Bannakarn. (in Thai)

Santrock, J. W. (2021). *Educational psychology* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Schunk, D. H., & Pajares, F. (2002). The development of academic self-efficacy. In A. Wigfield & J. Eccles (Eds.), Development of achievement motivation (pp. 15-31). Massachusetts: Academic Press.

Srisa-ard, B. (2010). *Preliminary research* (5th ed). Bangkok: Suviriyasarn PrintingHouse. (in Thai)

Thai Medical Women's Association. (2023). *Adult choking is a center for first aid and health*. Retrieved from https://www.tmwa.or.th/new/more2.php?subid=46&page=2. April 9, 2023. (in Thai)

การศึกษาการใช้พลังงานสำหรับการกลั่นน้ำมันหอมระเหยกรณีศึกษาตะไคร้หอม
A Study of Energy Consumption for Essential Oil Distillation: A Case Study of Citronella

ชนะชัย ดวงอาราม[1] ผกามาศ ศรนิล[1] และพงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ[1]*
Chanachai Duangaram[1], Pakamas Sonnin[1] and Pongsawat Kotchapoom[1]*
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[1]School of Engineering, Eastern Asia University
*Corresponding author: pongsawat@eau.ac.th
Received: November 11, 2024
Revised: February 27, 2025
Accepted: March 4, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการใช้พลังงานการกลั่นน้ำมันหอมระเหยกรณีศึกษาตะไคร้หอม โดยเปรียบเทียบการใช้พลังงานและความคุ้มค่าพลังงานที่ใช้ในการกลั่นโดยใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และพลังงานไฟฟ้า ในการทดลองจะใช้หม้อกลั่นปริมาตร 20 L และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm น้ำที่ใช้มีอุณหภูมิ 28.5 °C อุณหภูมิในการกลั่น 90-102°C เวลาในการกลั่น 2 hr การจัดเตรียมวัตถุดิบตัดเป็นชิ้นเล็ก ส่วนพลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG จะปรับแรงดันเตาแก๊สที่ 1 lb/ln^2 และเตาไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิดใช้กำลังไฟฟ้าขนาด 1,800 W เตาไฟฟ้าแบบขดลวดปรับระดับไฟฟ้าอยู่ที่ระดับ 7 ส่วนเตาแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถปรับอุณหภูมิได้ปรับอุณหภูมิที่ 550°C เตาไฟฟ้าแบบขดลวดและเตาแม่เหล็กไฟฟ้า มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 26 cm และ 23 cm ตามลำดับ ผลจากการทดลอง เตาก๊าซ LPG เตาไฟฟ้าแบบขดลวดและเตาแม่เหล็กไฟฟ้า ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย 15.07 MJ 9.14 MJ และ 10.67 MJ ต้นทุนค่าพลังงาน 10.91 10.72 และ 12.50 บาทต่อครั้ง ตามลำดับ พบว่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยของเตาก๊าซ LPG จะสูงกว่าเตาไฟฟ้าทั้งสองชนิด และต้นทุนพลังงานในการผลิต เตาไฟฟ้าแบบขดลวดจะใช้ต้นทุนต่ำกว่า ส่วนปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้นั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้ (1) ความสดของตะไคร้หอม (2) การจัดเตรียมวัตถุดิบ และ (3) ขนาดความกว้างหน้าเตาที่ให้พลังงานความร้อน

คำสำคัญ: การกลั่นน้ำมันหอมระเหย ตะไคร้หอม การใช้พลังงาน

Abstract

This research explores using energy to distil essential oil from lemongrass, comparing energy consumption and cost-effectiveness between using thermal energy from liquefied petroleum gas (LPG) and electrical energy. The experiment utilized a 20-litre distillation pot with a diameter of approximately 30 cm. The distillation temperature ranged from 90 to 102°C over 2 hours, with the raw material prepared by cutting it into small pieces. The thermal energy from LPG was adjusted at a gas burner pressure of 1 lb/In², while the two types of electric stoves consumed 1800 W. The electric coil stove was set to adjustment level 7, whereas the induction stove was capable of reaching a temperature of 550°C. The electric coil stove and induction stove had about 26 cm and 23 cm diameters, respectively. The results showed that the average thermal energy values for the LPG stove, the electric coil stove, and the induction stove were 15.07 MJ, 9.14 MJ, and 10.67 MJ respectively, with corresponding energy costs of 10.91, 10.72, and 12.50 baht per use. It was found that the average thermal energy from the LPG stove was higher than that of both electric stoves, while the production cost was lowest for the electric coil stove. Additionally, the amount of essential oil obtained depended on several factors, including (1) the freshness of the lemongrass, (2) the preparation of the raw materials, and (3) the size of the heating area of the stove providing thermal energy.

Keywords: distillation of essential oils, citronella, energy consumption

บทนำ

ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยเป็นสินค้า OTOP 5 ดาว ของจังหวัดปทุมธานี ซึ่งน้ำมันหอมระเหยเป็นสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในเซลล์ของพืช ลักษณะเด่นของมัน ก็คือมีกลิ่นระเหยได้ง่ายแม้ในอุณหภูมิปกติ ซึ่งกลิ่นดังกล่าวไม่จำเป็นต้องหอมเสมอไป น้ำมันหอมระเหยจะสะสมอยู่ในผนังเซลล์ เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเจริญเติบโตของพืช ทำหน้าที่เป็นระบบป้องกันตัวเอง รักษาแผลหรือป้องกันการระเหยของน้ำ รวมทั้งใช้ไล่แมลงที่เป็นศัตรู และล่อแมลงเพื่อช่วยในการผสมพันธุ์ น้ำมันหอมระเหยอาจจะอยู่ภายในส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช ไม่ว่าจะเป็นราก ใบ ดอก เปลือก หรือเมล็ดก็ได้ ซึ่งน้ำมันที่ได้ส่วนใหญ่จะใส มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่ไม่ละลายน้ำ น้ำมันหอมระเหยจากพืชเหล่านี้มีประโยชน์มากในอุตสาหกรรม น้ำหอม สารแต่งกลิ่น เพื่อให้เกิดความพึงพอใจแก่ผู้บริโภค น้ำมันและกลิ่นหอมเหล่านี้เราเรียกรวมกันว่า เครื่องหอม (Kkritsadee, Assavapanyaporn & Kunsilarak, 2023; Sittiritkawin, Pitiphumisuksan, Yotkat & Kitti, 2024)

ซึ่งรูปแบบและวิธีการในการผลิต จะวางวัตถุดิบลงบนตระแกรงในหม้อกลั่น ให้เหนือระดับน้ำในหม้อกลั่น ต้มให้เดือด ไอน้ำจะลอยตัวขึ้นไปผ่านพืชที่จะกลั่น ส่วนน้ำจะไม่ถูกกับตัวอย่างเลย ไอน้ำจากน้ำเดือดเป็นไอน้ำที่อิ่มตัว หรือเรียกว่า ไม่ร้อนจัด ไอน้ำมีความดันสูงกว่าบรรยากาศ ส่งไปตามท่อแล้วจะสกัดให้น้ำมันแพร่ระเหยออกมา ส่วนพลังงานความร้อนที่ใช้นั้นเป็นเชื้อเพลิงก๊าซ LPG ที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไป ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะใช้พลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในการกลั่น จึงได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยใช้พลังงานไฟฟ้าแทนการใช้ก๊าซ LPG (Jaijhan, Jumpa, Jansuya & Senabut, 2016)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบวิธีทั่วไปโดยใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG เตาแม่เหล็กไฟฟ้า และเตาไฟฟ้าขดลวด

2. เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเตาก๊าซ LPG เตาไฟฟ้าแบบขดลวดและเตาแม่เหล็กไฟฟ้าในการกลั่นน้ำมันหอมระเหย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ตะไคร้หอม

น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม (Cymbopogon nardus Rendle) ตะไคร้หอมเป็นพรรณพืชที่มีถิ่นกำเนิดในบริเวณเขตร้อนของทวีปเอเชีย ปัจจุบันได้มีการแพร่กระจายพันธุ์ไปยังเขตร้อนต่าง ๆ ทั่วโลก และสำหรับในประเทศไทย สามารถพบได้ทั่วทุกภาคของประเทศ แต่จะพบได้น้อยกว่าตะไคร้แกง ตะไคร้หอมจะมีลักษณะต่างๆ ค่อนข้างที่จะคล้ายกับตะไคร้แกงแต่ไม่นิยมนำมาบริโภคเหมือนตะไคร้แกง ดังนั้นในการนำมาใช้ประโยชน์ จึงมีแค่นำมาใช้ในการเกษตร และในด้านยาสมุนไพรเท่านั้น (Vigad, Chansakaow, Tarachai & Chukiatsiri, 2023).

2. การกลั่นน้ำมันตะไคร้หอม

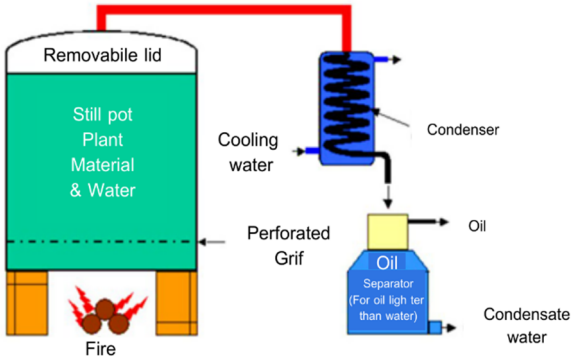
Klinboon (2018) ได้กล่าวไว้ว่าเป็นการแยกของเหลวผสมที่มีองค์ประกอบสารตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป โดยใช้หลักการที่ว่าสารแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการระเหยเป็นไอได้ไม่เท่ากัน ณ อุณหภูมิและความดันเดียวกัน เมื่อให้ความร้อนจนของเหลวผสมกลายเป็นไอบางส่วน แล้วนำไอนั้นไปควบแน่นกลับให้เป็นของเหลวจะได้ของเหลวผสมหลังควบแน่นที่มีส่วนผสมแตกต่างจากของเหลวก่อนการกลั่น ด้วยเหตุนี้การกลั่นจึงสามารถใช้ในการทำให้ของเหลวมีความบริสุทธิ์ขึ้น หรือใช้แยกของเหลวผสมออกเป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ได้การกลั่นน้ำมันหอมระเหย ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 3 วิธี คือ

1. การกลั่นด้วยน้ำร้อน (water distillation และ hydro-distillation)

เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการกลั่นน้ำมันหอมระเหย การกลั่นโดยวิธีนี้พืชที่ใช้กลั่นต้องจุ่มอยู่ในน้ำเดือดทั้งหมด อาจพบพืชบางชนิดเบา อาจจะลอยได้แล้วแต่ความถ่วงจำเพาะของพืชนั้น

การให้ความร้อนกับน้ำ อาจให้ไปโดยรอบหรือให้ท่อไอน้ำผ่านการกลั่น น้ำมันหอมระเหยนี้ใช้กับของที่ติดกันง่าย ๆ เช่น ใบไม้บาง ๆ กลีบดอกไม้อ่อน ๆ ข้อควรระวังในการกลั่นโดยวิธีนี้ คือ โดยมากพืชจะได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอตรงกลางจะได้มากกว่าด้านข้าง จะทำให้เกิดการไหม้ของพืช ซึ่งส่งผลให้เกิดกลิ่นไหม้ปนมากับน้ำมันหอมระเหยและมีสารไม่พึงประสงค์ติดมาในน้ำมันหอมได้

ภาพ 1 ตะไคร้หอม



ภาพ 2 แผนภาพจำลองการกลั่นด้วยน้ำร้อน (water distillation)

Note. From "*Water distillation*", by AYUB R & D, 2006, retrieved from https://www.AYUBR&D.com/

2. การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation)

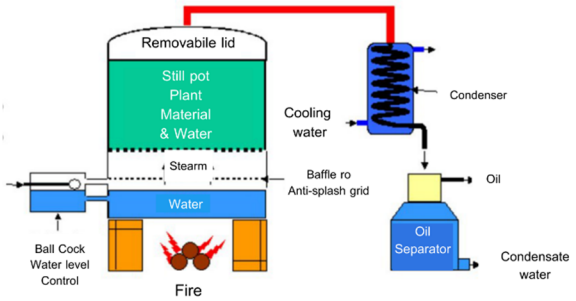
การกลั่นโดยวิธีนี้ใช้ตะแกรงกรองที่จะกลั่นให้เหนือระดับน้ำในหม้อกลั่น ต้มให้เดือด ไอน้ำจะลอยตัวขึ้นไปผ่านพืชหรือตัวอย่างที่จะกลั่น ส่วนน้ำจะไม่ถูกกับตัวอย่างเลย ไอน้ำจากน้ำเดือดเป็นไอน้ำที่อิ่มตัว หรือเรียกว่า ไม่ร้อนจัด เป็นการกลั่นที่สะดวกที่สุด คุณภาพของน้ำมันออกมาดีกว่าวิธีแรก การกลั่นแบบนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยทางการค้า (Neelapong, Phonyotin & Sittikijyothin, 2018)

3. การกลั่นด้วยไอน้ำ (direct steam distillation)

วิธีนี้วางของอยู่บนตะแกรงในหม้อกลั่น ซึ่งไม่มีน้ำอยู่เลย ไอน้ำภายนอกที่อาจจะเป็นไอน้ำเปียก หรือไอน้ำร้อนจัดแต่ความดันสูงกว่าบรรยากาศ ส่งไปตามท่อได้ตะแกรง ให้ไอผ่านขึ้นไปถูกกับของบนตะแกรงไอน้ำต้องมีปริมาณเพียงพอที่จะช่วยให้น้ำมันแพร่ระเหยออกมา จากพืชของการกลั่นวิธีนี้คือ สามารถกลั่นได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเอาพืชใส่หม้อกลั่น ไม่ต้องเสียเวลารอให้ร้อน ปล่อยไอร้อนเข้าไปได้เลย ปริมาณของสารที่ใช้น้ำกลั่นก็ได้มาก ปริมาณทำให้ได้น้ำมันหอมระเหยมาก (Pitipoomsuksan & Yotkat, 2024)

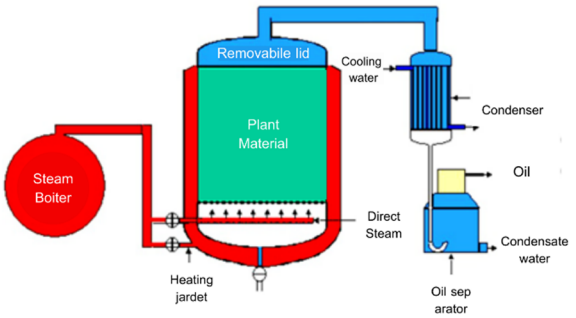
3. เครื่องควบแน่น (condenser)

2 Pt. Co.,Ltd. (2022) ได้กล่าวไว้ว่า เครื่องควบแน่น (condenser) ส่วนผสมของไอน้ำและน้ำมันหอมระเหยที่ออกมาจากหม้อกลั่นจะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องควบแน่น ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไอน้ำและน้ำมันหอมให้เป็นของเหลว ลักษณะเป็น Coil ม้วนอยู่ใต้ถังที่มีน้ำเย็นผ่านจากด้านล่าง สวนทางกับไอน้ำและน้ำมันหอมระเหยที่นิยมอีกแบบหนึ่ง ให้ไอน้ำและน้ำมันหอมระเหยผ่านในท่อ (tube) ให้น้ำเย็นไหลเวียนรอบ ๆ ท่อ (Klongdee & Jareanjit, 2023)



ภาพ 3 แผนภาพจำลองขั้นตอนการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation)

Note. From "*Water and steam distillation*", by AYUB R & D, 2006, retrieved from https://www.AYUBR&D.com/



ภาพ 4 แผนภาพจำลองการกลั่นด้วยไอน้ำ (Direct steam distillation)

Note. From "*Direct steam distillation*", by AYUB R & D, 2006, retrieved from https://www.AYUBR&D.com/

พลังงานจากแหล่งกำเนิดความร้อน

พลังงาน ก๊าซ LPG

ก๊าซหุงต้ม (liquefied petroleum gas) มีชื่อทางการว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว หรือก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมันและจากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ

ในก๊าซธรรมชาติ ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด ได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซอีเทน ก๊าซโพรเพน และก๊าซบิวเทน เมื่อจะนำมาใช้ต้องแยกก๊าซออกจากกันเสียก่อน

- ก๊าซมีเทน ใช้ผลิตไฟฟ้า ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และใช้กับรถยนต์ ซึ่งก็คือก๊าซ CNG หรือ NGV

- ก๊าซอีเทน + โพรเพน ใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานปิโตรเคมี

- ก๊าซโพรเพน + บิวเทน ใช้ในโรงงานปิโตรเคมี และอุตสาหกรรมอื่น ๆ และใช้เป็นก๊าซหุงต้ม (LPG)

ก๊าซหุงต้ม (LPG) 1 L = 0.54 kg

1 kg = 1.85 L

เตาไฟฟ้า

1. เตาไฟฟ้าเพลทร้อน (hot plate)

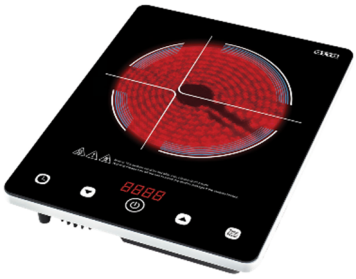
Kitchenform Intertrade Co.,Ltd (2022) กล่าวไว้ว่า เตาชนิดนี้มีลักษณะที่เห็นได้เด่นชัดคือตัวเตาจะมีแผ่นเพลทกลมทำจากแผ่นโลหะ และด้านบนจะมีขดลวดสำหรับให้ความร้อนติดตั้งอยู่ โดยหลักการทำงานให้ความร้อน จะต้องผ่านตัวให้ความร้อนคือขดลวด ผ่านเพลทร้อนจนมาถึงตัวภาชนะที่อยู่บนเตา ลักษณะเตา เมื่อเลิกใช้งานและปิดเตาแล้วจะยังมีความร้อนหลงเหลืออยู่ที่หัวเตา ต้องระมัดระวังไม่ให้ผิวเนื้อสัมผัสโดนเตา

เตาไฟฟ้ารุ่นแรก ๆ มีขวดลวดทำความร้อนอยู่ใต้แผ่นสีดำ ให้ความร้อนค่อนข้างช้า กินไฟมาก การปรับระดับความร้อนขึ้นลงค่อนข้างช้า เพราะความร้อนต้องผ่านตัวกลางหลายตัว ตั้งแต่ขดลวด แผ่นเซรามิค ก้นหม้อ แล้วจึงถึงอาหาร

2. เตาแม่เหล็กไฟฟ้า (Induction)

Kitchenform Intertrade Co.,Ltd (2022) กล่าวไว้ว่า เตาเหนี่ยวนำไฟฟ้าหรือเตาแม่เหล็กไฟฟ้าอาศัยความร้อนจากการเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่ภาชนะที่เหนี่ยวนำไฟฟ้าได้ เช่นเหล็ก หรือเหล็กสแตนเลสบางชนิด อุปกรณ์ ที่ไม่เหนี่ยวนำแม่เหล็ก จะไม่สามารถทำให้เกิดความร้อนได้ เช่น อลูมิเนียม แก้ว เซรามิก หรือเหล็กสแตนเลสหลายชนิด เตาแม่เหล็กไฟฟ้าให้พลังงานความร้อนได้รวดเร็วกว่าเตาแบบธรรมดา และสูญเสียพลังงานน้อยกว่า เช่นไม่มีความร้อนที่แผ่ไปในอากาศ เหมือนเตาความร้อนทั่ว ๆ ไป แต่พลังงานนั้นจะถ่ายทอดไปที่ตัวภาชนะโดยตรง ที่สำคัญคือ ความเสี่ยงหรืออันตรายจากการไหม้ติดไฟยังลดลงเพราะเตาได้ความร้อนจริง ๆ จากตัวภาชนะอีกที

ภาพ 5 เตาไฟฟ้าเพลทร้อน (hot plate)
Note. From "*Electric stove*", by Kitchenform Intertrade Co.,Ltd., 2022, retrieved from https://www.kitchen-form.com/portfolio



ภาพ 6 เตาแม่เหล็กไฟฟ้า (Induction)
Note. From "*Electric stove*", by Kitchenform Intertrade Co.,Ltd., 2022, retrieved from https://www.kitchen-form.com/portfolio

การเปรียบเทียบพลังงานก๊าซ LPG เป็นพลังงานความร้อน (MJ)

ค่ามาตรฐานของกระทรวงพลังงาน คือ 50.22 MJ/kg

1 หน่วย แก๊ส LPG = 1 kg

ซึ่ง 1 kg = 50.22 MJ

การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้า (kWh) เป็นพลังงานความร้อน (MJ)

1 หน่วยไฟฟ้า = 1 kWh

ซึ่ง W คือ $\frac{J}{s}$ (วัตต์ คือ จูลต่อวินาที)

เมื่อแทนค่าจะได้ 1 kWh $= 1\,k\frac{J}{s}\,h$

$= 1\,k\frac{J}{s}\,3600\,s$

$= 3600\,kJ$

$= 3.6\,MJ$

การคำนวณต้นทุน

1. การคำนวณต้นทุนก๊าซ LPG

Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy (2022) ได้กล่าวไว้ว่า การคำนวณต้นทุนก๊าซ LPG ในการทดลองใช้ถังบรรจุก๊าซ 4 kg มีราคา 118-181 บาท/ 4 kg

ดังนั้น ก๊าซ LPG 1 kg $= \left(\frac{118+181}{2}\right) \div 4$

$= \frac{149.5}{4}$

= 37.36 บาท/kg

2. การคำนวณต้นทุนค่าไฟ

Metropolitan Electricity Authority (2022) ได้กล่าวไว้ว่า การคำนวณค่าไฟ ใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านพักที่อยู่อาศัย บ้านที่ทำการทดลอง เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้า 200 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 4.22 บาท/หน่วย ดังนั้นในการทดลองค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจะอยู่ที่ 4.22 บาท/หน่วย

การออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ ได้ทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน 3 แบบ ดังนี้

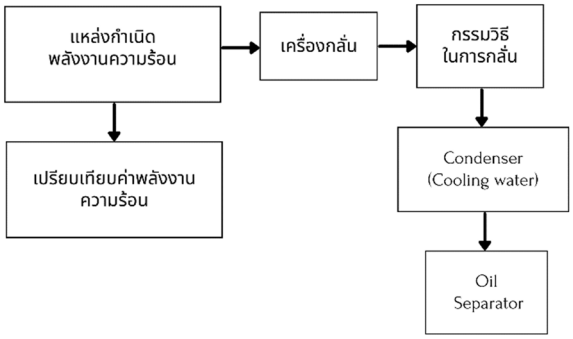
1. การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาก๊าซ LPG
2. การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาไฟฟ้าแบบขดลวด
3. การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้า

โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ Lutron TM-1947SD และใช้ Fluke 43B สำหรับวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ในการเตรียมวัตถุดิบสำหรับกลั่นตะไคร้หอมในการทดลองจะใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28.5°C และควบคุมอุณหภูมิในการกลั่น 90-102°C เพื่อให้ทราบถึงการจัดเตรียมตะไคร้หอมสำหรับการกลั่นให้ได้ปริมาณน้ำมันตะไคร้หอมได้ดีที่สุด การจัดเตรียมตะไคร้มี 4 แบบ (Sittiritkawin, Pitiphumisuksan, Yotkat & Kitti, 2024)

1. ตัดแล้วมัด ความยาวประมาณ 20 cm
2. ตัดเป็นชิ้นใหญ่ ความยาวประมาณ 12 cm
3. ตัดเป็นชิ้นเล็ก ความยาวประมาณ 3 cm
4. ตัดแบบละเอียด ความยาวประมาณ 0.5 cm

ดังภาพตามลำดับ

การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาวิธีการเตรียมตะไคร้หอมที่เหมาะสม โดยเตรียมตะไคร้หอม 4 แบบ



ภาพ 7 Block diagram ภาพรวมของการทดลอง

ภาพ 8 ภาพรวมของการทดลอง

(1) ตัดแล้วมัด

(2) ตัดเป็นชิ้นใหญ่

(3) ตัดเป็นชิ้นเล็ก

(4) ตัดแบบละเอียด

ภาพ 9 การเตรียมตะไคร้หอม 4 แบบ

ตาราง 1

ผลการทดลองเบื้องต้นการกลั่นน้ำมันตะไคร้หอมโดยเปรียบเทียบการตัดตะไคร้ 4 แบบ

แบบที่	การตัดตะไคร้หอม	ความยาวของตะไคร้ (cm)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย (ml)	Oil Yield (ml/kg)
1		20	1	0.5
2		12	5	2.5
3		3	7	3.5
4		0.5	8	4

จากการทดลองที่น้ำหนัก 2 kg ระยะเวลาในการกลั่น 2 hr ด้วยเตาก๊าซ LPG โดยทำการทดลอง 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย พบว่าการตัดตะไคร้หอมแบบละเอียดสามารถกลั่นน้ำมันหอมระเหยได้ปริมาณมากที่สุด แต่จะใช้เวลาในการจัดเตรียมวัตถุดิบ 2 hr/ครั้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การจัดเตรียมวัตถุดิบแบบที่ 3 เป็นการตัดเป็นชิ้นเล็ก ซึ่งใช้เวลาในการจัดเตรียมวัตถุดิบเพียง 1 hr/ครั้ง ซึ่งจะประหยัดเวลาในการจัดเตรียมวัตถุดิบเป็น 1 เท่าของการตัดแบบละเอียด และได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่างกันเพียง 0.5 ml/kg (Khumphail, Phanphech, Charoensuk, Parashewa & Rukpouk, 2024)

การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาก๊าซ LPG

การทดลองการใช้พลังงานในการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาก๊าซ LPG ใช้ตะไคร้หอมแบบที่ 3 ตัดเป็นชิ้นเล็ก ในการทดลองใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28.5˚C และควบคุมอุณหภูมิในการกลั่น 90-102˚C

จากการทดลองพบว่า ปริมาณก๊าซ LPG ที่ใช้ในการกลั่นเฉลี่ย 0.3 kg เนื่องจากปริมาณการจ่ายก๊าซ LPG คงที่เป็นเวลา 2 hr คิดเป็นค่าพลังงานเฉลี่ย 15.07 MJ เมื่อก๊าซ LPG มีราคา 37.36 บาท/kg คิดเป็นต้นทุนค่าพลังงานในการกลั่น 10.91 บาท/ครั้ง ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย 7.5 ml

การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาไฟฟ้าแบบขดลวด

ใช้เตาไฟฟ้าเหนี่ยวนำกำลังไฟฟ้า สูงสุดอยู่ที่ 1,800 W ใช้ระดับความร้อนที่ระดับ 7 ในการทดลองใช้ปริมาณน้ำ 5 L อุณหภูมิที่ต้องการคือ 90–102˚C ภายในเวลา 20 นาที ใช้ตะไคร้หอมแบบที่ 3 ตัดเป็นชิ้นเล็ก ในการทดลองใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28.5˚C

ตาราง 2

ทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาก๊าซ LPG

การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ปริมาณก๊าซ LPG (kg)	0.3	0.3	0.3	0.3
ค่าพลังงานความร้อน (MJ)	15.07	15.07	15.07	15.07
น้ำมันหอมระเหย (ml)	7.6	7.5	7.4	7.5
Oil Yield (ml/kg)	3.8	3.75	3.7	3.75

ภาพ 10 เตาไฟฟ้าแบบขดลวดปรับระดับความร้อนที่ระดับ 7

การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาไฟฟ้าแบบขดลวด

ใช้ตะไคร้หอมแบบที่ 3 ตัดเป็นชิ้นเล็ก ในการทดลองใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28.5°C

จากการทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาไฟฟ้าแบบขดลวด ใช้พลังงานในการกลั่นเฉลี่ย 2.54 kWh หรือคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย 9.14 MJ เมื่อไฟฟ้ามีราคาหน่วยละ 4.22 บาท คิดเป็นต้นทุนค่าพลังงานในการกลั่นเฉลี่ย 10.72 บาท/ครั้ง ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย 14 ml

การทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้า

ใช้เตาไฟฟ้าเหนี่ยวนำ มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 1,800 W ปรับระดับความร้อน 550°C ใช้ตะไคร้หอมแบบที่ 3 ตัดเป็นชิ้นเล็ก ในการทดลองใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28.5°C และควบคุมอุณหภูมิในการกลั่น 90 - 102°C

ตาราง 3

ทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาไฟฟ้าแบบขดลวด

การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)	2.52	2.56	2.54	2.54
ค่าพลังงานความร้อน (MJ)	9.07	9.22	9.14	9.14
น้ำมันหอมระเหย (ml)	13	12	17	14
Oil Yield (ml/kg)	6.5	6	8.5	7

ตาราง 4

ทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้า

การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)	2.95	2.94	3.00	2.96
ค่าพลังงานความร้อน (MJ)	10.62	10.58	10.80	10.67
น้ำมันหอมระเหย (ml)	13	11	17	13.67
Oil Yield (ml/kg)	6.5	5.5	8.5	6.83

ภาพ 11 เตาแม่เหล็กไฟฟ้าปรับระดับความร้อนไว้ที่อุณหภูมิ 550°C

จากการทดลองการกลั่นตะไคร้หอมด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้พลังงานในการกลั่นเฉลี่ย 2.96 kWh หรือคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย 10.67 MJ เมื่อไฟฟ้ามีราคาหน่วยละ 4.22 บาท คิดเป็นต้นทุนค่าพลังงานในการกลั่นเฉลี่ย 12.50 บาท/ครั้ง ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย 13.67 ml

ปัจจัยที่มีผลต่อการกลั่นน้ำมันหอมระเหย

1. ความสดของตะไคร้หอม
2. การจัดเตรียมวัตถุดิบ
3. ขนาดความกว้างหน้าเตาที่ให้พลังงานความร้อน

เปรียบเทียบค่าพลังงานจากแหล่งความร้อนทั้ง 3 ชนิด

ในการทดลองแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนทั้ง 3 ชนิด ใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25°C จึงนำค่าการใช้พลังงานทั้ง 3 ชนิด มาเปรียบเทียบเพื่อหาแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนที่คุ้มทุนมากที่สุด

จากภาพ 12 เปรียบเทียบพลังงานความร้อนแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจากเตาก๊าซ LPG เตาไฟฟ้าแบบขดลวด เตาแม่เหล็กไฟฟ้าจะเห็นได้ว่าเตาก๊าซ LPG ใช้พลังงานความร้อนมากที่สุด เตาไฟฟ้าแบบขดลวดน้อยที่สุด

จากภาพ 13 เปรียบเทียบต้นทุนพลังงาน ต้นทุนการใช้พลังงานของแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจากเตาก๊าซ LPG เตาไฟฟ้าแบบขดลวด เตาแม่เหล็กไฟฟ้าจะเห็นได้ว่าเตาแม่เหล็กไฟฟ้าใช้ต้นทุนในการผลิตมากที่สุด เตาไฟฟ้าแบบขดลวดน้อยที่สุด

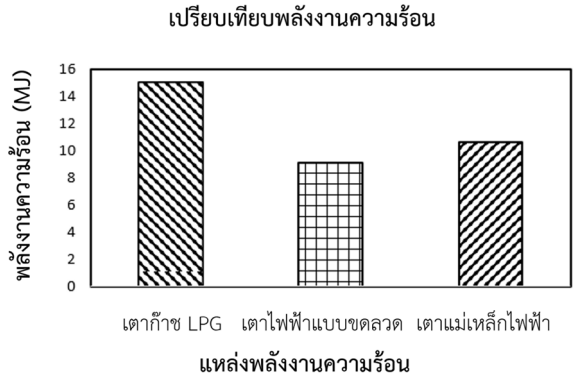
จากภาพ 14 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจากเตาแม่เหล็กไฟฟ้าได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ยมากที่สุด เตาก๊าซ LPG น้อยที่สุด

ตาราง 5

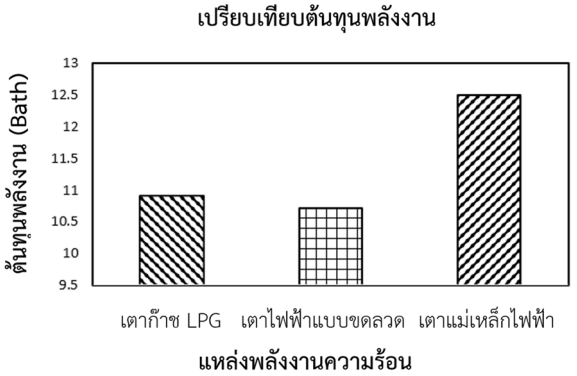
การเปรียบเทียบค่าพลังงานจากแหล่งความร้อน 3 ชนิด

แหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน	ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ย	พลังงานความร้อนเฉลี่ย (MJ)	ต้นทุนค่าพลังงาน (Baht)	ประสิทธิภาพการกลั่น (ml/MJ)	ต้นทุนเชื้อเพลิงของน้ำมันหอมระเหย (Baht/ml)
เตาก๊าซ LPG	0.3 Kg	15.07	10.91	0.5	1.45
เตาไฟฟ้าแบบขดลวด	2.54 kWh	9.14	10.72	1.53	0.77
เตาแม่เหล็กไฟฟ้า	2.96 kWh	10.67	12.50	1.28	0.91

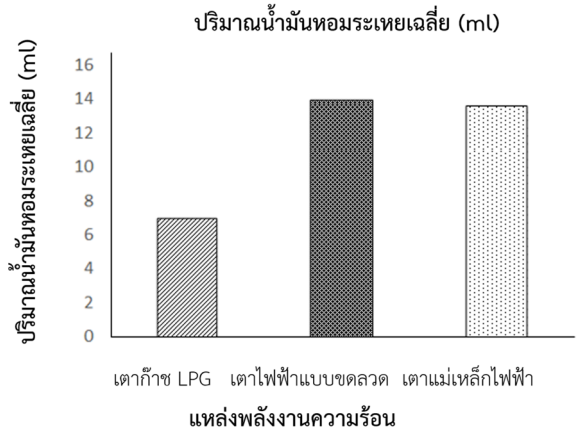
กราฟเปรียบเทียบพลังงาน



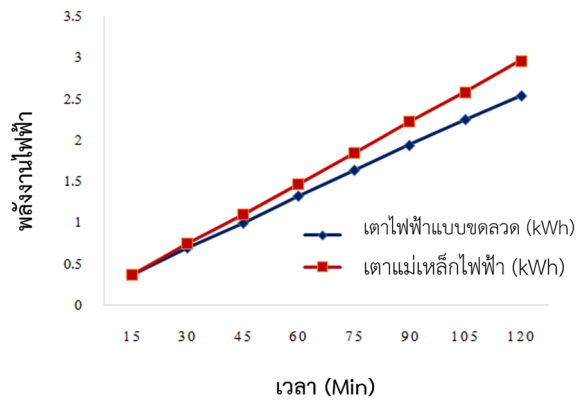
ภาพ 12 พลังงานความร้อน



ภาพ 13 ต้นทุนพลังงาน



ภาพ 14 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ย (ml)



ภาพ 15 พลังงานไฟฟ้า (kWh)

จากภาพ 15 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้า เตาไฟฟ้าแบบขดลวดและเตาแม่เหล็กไฟฟ้าแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจากเตาไฟฟ้าแบบขดลวด และเตาแม่เหล็กไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปของเตาแม่เหล็กไฟฟ้าจะมากที่สุด

การวิเคราะห์และสรุปผล

จากการทดลอง ใช้ตะไคร้หอมแบบที่ 3 ตัดเป็นชิ้นเล็ก ในการทดลองใช้ปริมาณน้ำ 5 L ตะไคร้หอม 2 kg ใช้เวลาในการกลั่น 2 hr อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28.5 °C โดยควบคุมอุณหภูมิในการกลั่น 90-102°C พบว่า ปัจจัยในการกลั่นน้ำมันตะไคร้หอมขึ้นอยู่กับลักษณะการหั่นตะไคร้หอมเป็นชิ้นเล็กหรือหั่นละเอียด และความสดของใบตะไคร้หอมควรมีความสดจะกลั่นน้ำมันหอมระเหยได้ปริมาณมาก แต่เนื่องจากการหั่นตะไคร้แบบหั่นละเอียดจะใช้เวลาในการเตรียมวัตถุดิบนานถึงสองเท่าแต่ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และการกระจายความร้อน หากเตาสามารถแผ่รังสีความร้อนได้ทั่วถึงทั้งก้นหม้อกลั่นจะส่งผลให้สามารถกลั่นน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมได้มาก ซึ่งเตาไฟฟ้าแบบขดลวด และเตาแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถกลั่นน้ำมันหอมระเหยได้มากกว่าเตาก๊าซ LPG เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของเตามีขนาดใหญ่กว่าจึงสามารถกระจายความร้อนได้ทั่วบริเวณก้นของหม้อกลั่น ส่วนการใช้พลังงานความร้อนของเตาทั้ง 3 แบบ คือ เตาก๊าซ LPG เตาไฟฟ้าแบบขดลวดและเตาแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่าเตาก๊าซ LPG ใช้พลังงานความร้อนสูงถึง 15.07 MJ เตาแม่เหล็กไฟฟ้า 10.66 MJ ลดลง 29.26% เมื่อเทียบกับเตาก๊าซ LPG และเตาไฟฟ้าแบบขดลวด 9.14 MJ ลดลง 39.35 % เมื่อเทียบกับเตาก๊าซ LPG เช่นกัน

ด้านต้นทุนค่าพลังงานความร้อนของเตาทั้ง 3 แบบ พบว่า เตาก๊าซ LPG มีต้นทุนพลังงาน 10.91 บาท/ครั้ง เตาแม่เหล็กไฟฟ้ามีต้นทุนพลังงาน 12.50 บาท/ครั้ง เพิ่มเป็น 14.57 % เมื่อเทียบกับเตาก๊าซ LPG ส่วนเตาไฟฟ้าแบบขดลวดมีต้นทุนพลังงาน 10.72 บาท/ครั้ง ลดลง 1.96% เมื่อเทียบกับเตาก๊าซ LPG ดังนั้นเตาไฟฟ้าแบบขดลวดสามารถนำมาใช้ทดแทนเตาก๊าซ LPG ได้ สรุปผลจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการกลั่น พบว่าสามารถพัฒนากระบวนการกลั่นโดยใช้พลังงานทดแทนได้ โดยแหล่งพลังงานไม่มีผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ที่กลั่นได้

References

AYUB R & D. (2006). *Water distillation, water and steam distillation and Direct steam distillation.* Retrieved from https://www.AYUBR&D.com/

2 Pt. Co.,Ltd. (2022). *What is a condenser? How does it work? 3 types of condensers*. Retrieved from https://www.2pt3q.com/en/condenser/. (in Thai).

Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy. (2022). *Energy for cooking*. Retrieved from http://www.eppo.go.th/templates/eppo_v15_mixed/eppo_lpg/eppo_lpg_gen. (in Thai)

Jaijhan, B., Jumpa, E., Jansuya, P., & Jirapatpong Senabut, J. (2016) Developing an herbal essential oil distiller using solar cells and automatic electric control. *RMUTL Engineering Journal, 1*(1), 16-24. https://doi.org/10.14456/rmutlengj.2017.2 (in Thai)

Khumphail, T., Phanphech, P., Charoensuk, C., Parashewa, A., & Suriyan Rukpouk, S. (2024) Development of condensation essential oil distillation system for herbal community enterprises. *Institute of Vocational Education Southern Region 1, 9*(2),128-133. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/csnp_veis1/article/view/258095/174003 (in Thai)

Kitchenform Intertrade Co.,Ltd. (2022). *Electric stove*. Retrieved from https://www.kitchen-form.com/portfolio. (in Thai).

Klinboon, J. (2018). *Study on the efficiency of distillation of essential oil from lemongrass by solar energy.using the foaming technique*. Retrieved from https://repository.rmutr.ac.th/bitstream/handle/123456789/1209/fulltext.pdf?sequence=1&isAllowed=y. (in Thai)

Klongdee, H., & Jareanjit, J. (2023). An Experimental Study on Characteristics of Condensation Lid for Thermosyphon-type Solar Energy Ethanol Distillation Tank on Distillation Performance. *RMUTSV Research Journal, 15*(3), 798-814. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsvrj/article/view/249149 (in Thai)

Kritsadee, S, Assavapanyaporn, S., & Kunsilarak, S. (2023). The effects of essential oil from roots of *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash Inhalation on emotional states autonomic nervous system. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 17*(3), 95–103. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/262099 (in Thai)

Metropolitan Electricity Authority. (2022). *Latest Ft value*. Retrieved from https://www.mea.or.th/download/2985/3195. (in Thai)

Neelapong, W., Phonyotin, B., & Sittikijyothin, W. (2018). Extraction of active compounds from Thai herbs: Steam distillation and solvent extraction. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 28*(4), 901-910. https://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/kjournal/article/viewFile/1368/1584 (in Thai)

OTOP products 5 stars - Pathum Thani Province. (2022). *OTOP products 5 stars - Pathum Thani Province.* Retrieved from https:// sites.google.com/a/northbkk.ac.th/canghwad-pthumthani/phlitphanth-otop-5-daw/lochan-kan-yung-takhir-hxm. (in Thai)

Pricharat, K., & Jaipanya, K. (2004). *Extraction of essential oils from the citronella tree*. Retrieved from http://dspace.nstru.ac.th:8080/dspace/bitstream/123456789/1964/3/Fulltext.pdf. (in Thai)

Provincial Electricity Authority. (2017). *Electricity rate of the Metropolitan Electricity Authority*. Retrieved from https://www.pea.co.th/Portals/0/Document/Rate2015Update.pdf. (in Thai).

Research Laboratory and Experimental Plant. (2022). *Lemon grass*. Retrieved from http://clgc.agri.kps.ku.ac.th/resources/herb/cymbopogon.html. (in Thai)

Sittiritkawin, P., Pitiphumisuksan, C., Yotkat, P., & Kitti, T. (2024). Transferring Citronella Oil Refining Technology totheElderly in San Sai Subdistrict, Mueang District, Chiang Rai Province. *Journal of Community Development and Life Quality, 12*(1), 59-69. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JCDLQ/article/view/265310/178562 (in Thai)

Vigad, N., Chansakaow, S., Tarachai, P., & Chukiatsiri, K. (2023). Efficacy of essential oils from Ginger and Citronella to killed sticktight fleas (*Echidnophaga gallinacean*) in Chicken. *King Mongkut's Agricultural Journal, 41*(2), 146-151. https://doi.org/10.55003/kmaj.2023.08.31.006 (in Thai)

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
เลขที่ 200 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
โทรศัพท์ : 0-2577-1028 ต่อ 377, 378 โทรสาร : 0-2577-1053
www.eau.ac.th E-mail: eau_heritage@eau.ac.th
http://eauheritage.eau.ac.th/