



วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

EAU Heritage Journal

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Science and Technology

ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม-เมษายน 2564 Vol. 15 No. 1 January-April 2021 ISSN 2286-6175/ E-ISSN 2651-1738



นโยบายการจัดพิมพ์

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

บทความที่เสนอเพื่อตีพิมพ์

บทความที่เสนอเพื่อพิจารณาต้องเป็นบทความวิชาการหรือบทความการวิจัยทั้งภาษาไทย ภาษาอังกฤษ หรือภาษาต่างประเทศอื่น เรื่องที่จะได้รับการตีพิมพ์ต้องผ่านกระบวนการพิจารณากลั่นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ท่าน โดยผู้ทรงคุณวุฒิต้องมีความเชี่ยวชาญตรงตามสาขาของบทความ และได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ เป็นการประเมิน Double Blind Review ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้นิพนธ์ไม่ทราบชื่อและสังกัดของกันและกัน และต้องเป็นบทความที่ยังไม่เคยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่หรืออยู่ระหว่างการพิจารณาในวารสารอื่น ๆ (การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้ส่งบทความโดยตรง) บทความที่ได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิและทำการปรับแก้ให้ถูกต้องแล้ว จึงจะได้รับการตีพิมพ์ลงในวารสารฯ

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 และเลขหน้าที่มีข้อมูลปรากฏอยู่ (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 วรรณสุต. (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). สารสำคัญเกี่ยวกับการเรียนการสอนภาษาอังกฤษระดับประถมศึกษา. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนภาษาอังกฤษระดับประถมศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2, หน่วยที่ 9). นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

3. วารสาร

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. *ชื่อวารสาร*, ปีที่ฉบับที่, เลขหน้า.

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

4. หนังสือพิมพ์

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

ศรีสกุล สีวาฬะพันธ์. (2545, กรกฎาคม 11). จับทีวีใส่กระเป๋าท่านทำกันอย่างไร?. *มติชน*, น. 19.

5. วิทยานิพนธ์

กอบกุล สรรพกิจจานง. (2541). *การวิจัยเชิงนโยบายเพื่อการพัฒนา นโยบายการใช้อินเทอร์เน็ตสำหรับสถาบันอุดมศึกษาไทย*. ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

6. สารสนเทศจากอินเทอร์เน็ต

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

มานพ แก้วผกา. (2549). *เศรษฐกิจพอเพียงกับการค้าเสรีไปด้วยกัน ได้จริงหรือ*. 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>

การบอกรับเป็นสมาชิก

ผู้สนใจสามารถติดต่อบอกรับเป็นสมาชิกได้ที่ กองบรรณาธิการวารสาร EAU Heritage อัตราค่าสมัครเป็นสมาชิกปีละ 800 บาท

สถานที่ติดต่อ

ผู้สนใจเสนอบทความหรือบอกรับเป็นสมาชิก สามารถติดต่อได้ที่

กองบรรณาธิการวารสาร EAU Heritage

อาคาร ขวน ขวนิชย์ ชั้น 4 ห้อง C423

200 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต

อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทรศัพท์: 0-2577-1028 ต่อ 377, 378

e-mail address: EAU_heritage@EAU.ac.th



วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
EAU Heritage Journal

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Science and Technology

ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม-เมษายน 2564 Vol. 15 No. 1 January-April 2021

ISSN 2286-6175/ E-ISSN 2651-1738

ความเป็นมา

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ISSN 2286-6175 เริ่มจัดพิมพ์ในปี พ.ศ. 2550 เผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ จนถึงปี พ.ศ. 2559 ได้มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มการออกเผยแพร่วารสารเป็นปีละ 3 ฉบับ (ราย 4 เดือน) และในปีที่ 11 ฉบับที่ 3 (กันยายน-ธันวาคม 2560) ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิตวารสารจากตัวเล่มหนังสือเป็นการผลิตแบบ CD และในปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2561) ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิตอีกครั้งหนึ่ง โดยการผลิตเป็น Flash Drive ส่งมอบให้สมาชิก หากไม่ได้สมัครสมาชิก สามารถสืบค้นเพื่ออ้างอิงหรืออ่านบทความได้ที่ <https://heritage.eau.ac.th/> หรือสืบค้นได้จากฐานข้อมูลของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (Thai Journal Citation Index Center:TCI)

ปัจจุบันวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) โดยได้รับการรับรองคุณภาพจัดให้เป็นวารสารกลุ่มที่ 2 จนถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2567 และยังเป็นวารสารไทยที่ได้รับการคัดเลือกเข้าสู่ฐานข้อมูล ASEAN Citation Index (ACI)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Paper) และบทความวิชาการ (Academic Paper) ที่มีคุณภาพของอาจารย์ประจำ บุคคลภายนอก ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิ ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ วิศวกรรมศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ เกษษศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีสารสนเทศ และสาขาที่เกี่ยวข้อง

2. เพื่อส่งเสริมและกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มพูนความรู้ทางวิชาการแก่สังคม โดยสนับสนุนให้อาจารย์ประจำ และบุคคลภายนอกนำเสนอผลงานวิชาการในสาขาวิชา วิศวกรรมศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ เกษษศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีสารสนเทศ และสาขาที่เกี่ยวข้อง

นโยบายการรับบทความ

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความยินดีรับตีพิมพ์บทความสาขาวิศวกรรมศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ เกษตรศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีสารสนเทศ และสาขาที่เกี่ยวข้อง เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ดังนี้

1. ผลงานวิชาการที่ส่งมาขอตีพิมพ์ ต้องไม่เคยเผยแพร่ในสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น

2. การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้ส่งบทความโดยตรง กองบรรณาธิการฯ ขอสงวนสิทธิ์ในการรับหรือปฏิเสธบทความเข้าสู่กระบวนการประเมินคุณภาพ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ต้องผ่านการพิจารณากลั่นกรองคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 2 ท่าน โดยผู้ทรงคุณวุฒิต้องมีความเชี่ยวชาญตรงตามสาขาของบทความ และได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ เป็นการประเมิน Double Blind Review ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้นิพนธ์ไม่ทราบชื่อและสังกัดของกันและกัน

3. ข้อความที่ปรากฏภายในบทความแต่ละเรื่องที่ตีพิมพ์ในวารสารเล่มนี้ เป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้เขียนแต่ละท่านไม่เกี่ยวข้องกับกองบรรณาธิการแต่อย่างใด ความรับผิดชอบด้านเนื้อหา รูปภาพและการตรวจ ร่างบทความแต่ละเรื่องเป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน หากมีความผิดพลาดใด ๆ ผู้เขียนจะต้องรับผิดชอบต่อบทความของตนเอง

4. ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ถือเป็นลิขสิทธิ์ของวารสาร

5. ผู้ประสงค์จะส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ สามารถส่งบทความออนไลน์ได้ที่ <https://heritage.eau.ac.th/> หรือ <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci>

หากต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม สามารถติดต่อกองบรรณาธิการวารสาร วิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย อาคาร ชวน ชวนิชย์ ชั้น 4 ห้อง C423 เลขที่ 200 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0-2577-1028 ต่อ 377, 378 อีเมลล์ eau_heritage@eau.ac.th

ผู้สนใจส่งบทความกรุณาอ่านรายละเอียดการส่งบทความ ซึ่งระบุไว้ใน website <https://heritage.eau.ac.th/> และ <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci>

กำหนดการเผยแพร่

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 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 ผลิตเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Flash Drive) และเผยแพร่ฉบับ Online ที่ website <https://heritage.eau.ac.th/> และ <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci>

แหล่งผลิต ศูนย์ผลิตเอกสารทางวิชาการ และกองบรรณาธิการวารสารฯ

ที่ปรึกษา	ดร.โชติรัส ขวัญชัย	อธิการบดี
บรรณาธิการ	ดร.กัญจน์ณิชา โภคอุดม	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
กองบรรณาธิการ	ศาสตราจารย์ ดร.อรษา สุตเธียรกุล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล นาผล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	รองศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ แก้วปาน	มหาวิทยาลัยมหิดล
	รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล	มหาวิทยาลัยบูรพา
	รองศาสตราจารย์ ดร.บุญใจ ศรีสถิตนรากร	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
	รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ชูติมาสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
	รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	รองศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา ชายเกลี้ยง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพลินทิพย์ ภูทองกิ่ง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เตมีย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งตะวัน สุภาพผล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เดชะศิลารักษ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ มกระธัช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภฉัตร ธารีลาภ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดา สุขศิลา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	เรืออากาศโท ดร.สุจิต ห่วงสุวรรณ	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
	Mr. Oriville Leonard Trudo	Eastern Asia University
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	อาจารย์จรุงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	นางสาวนริศรา ทุมมณี	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
ออกแบบปก/จัดรูปเล่ม	อาจารย์วิลาวรรณ สุขมา	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
	นางสาวนริศรา ทุมมณี	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
พิสูจน์อักษรประจำฉบับ	นางสาวนริศรา ทุมมณี	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
	นางสาวเสาวลักษณ์ ชัยสิทธิ์	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย



จรรยาบรรณการตีพิมพ์ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของผู้พิมพ์

1. ผู้พิมพ์ต้องรับรองว่าผลงานที่ส่งมานั้นเป็นผลงานใหม่ และไม่เคยตีพิมพ์ที่ไหนมาก่อน
2. ผู้พิมพ์ต้องรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัย ไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เบี่ยงเบน
3. ผู้พิมพ์ต้องอ้างอิงผลงานของผู้อื่น หากมีการนำผลงานเหล่านั้นมาใช้ในผลงานตัวเอง รวมทั้งจัดทำรายการอ้างอิงท้ายบทความให้ครบถ้วน
4. ผู้พิมพ์ต้องเขียนบทความวิจัยให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดไว้ใน Template ของวารสาร
5. ผู้พิมพ์ที่มีรายชื่อปรากฏในบทความทุกคน ต้องเป็นผู้มีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัยจริง

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการวารสาร

1. บรรณาธิการวารสารมีหน้าที่พิจารณาคุณภาพของบทความ เพื่อตีพิมพ์ เผยแพร่ในวารสารที่ตนรับผิดชอบ
2. บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้พิมพ์และผู้ประเมินบทความ แก่บุคคลใด ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ
3. บรรณาธิการต้องตัดสินใจคัดเลือกบทความมาตีพิมพ์หลังจากผ่านกระบวนการประเมินบทความแล้ว โดยพิจารณาจากความสำคัญ ความใหม่ ความชัดเจน และความสอดคล้องของเนื้อหา กับนโยบายของวารสารเป็นสำคัญ
4. บรรณาธิการต้องไม่ตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์ที่อื่นมาแล้ว
5. บรรณาธิการต้องไม่ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ เพราะความสงสัยหรือไม่แน่ใจ โดยต้องหาหลักฐานมาพิสูจน์ข้อสงสัยนั้น ๆ ก่อน
6. บรรณาธิการต้องไม่มีประโยชน์ทับซ้อนกับผู้พิมพ์ ผู้ประเมิน และ ทีมบริหาร
7. บรรณาธิการต้องมีการตรวจสอบบทความในด้านการคัดลอกผลงานผู้อื่น (Plagiarism) อย่างจริงจัง โดยใช้โปรแกรมที่เชื่อถือได้ เพื่อให้แน่ใจว่าบทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารไม่มีการคัดลอกผลงานของผู้อื่น
8. หากตรวจพบการคัดลอกผลงานของผู้อื่นในกระบวนการประเมินบทความ บรรณาธิการต้องหยุดกระบวนการประเมิน และติดต่อผู้พิมพ์หลักทันทีเพื่อขอคำชี้แจง ประกอบการ “ตอบรับ” หรือ “ปฏิเสธ” การตีพิมพ์บทความนั้น ๆ

จรรยาบรรณการตีพิมพ์ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของผู้ประเมินบทความ

1. ผู้ประเมินบทความต้องรักษาความลับและไม่เปิดเผยข้อมูลบางส่วนหรือทุกส่วนของบทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาแก่บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง ในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ
2. หลังจากได้รับบทความจากกองบรรณาธิการวารสารฯ ผู้ประเมินบทความตระหนักว่าตัวเองอาจมีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้นิพนธ์ เช่น เป็นผู้ร่วมโครงการหรือรู้จักผู้นิพนธ์เป็นการส่วนตัว หรือเหตุผลอื่น ๆ ที่ทำให้ไม่สามารถให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอิสระได้ ผู้ประเมินบทความควรแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบ และปฏิเสธการประเมินบทความนั้น ๆ
3. ผู้ประเมินบทความ ควรประเมินบทความในสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญ โดยพิจารณาความสำคัญของเนื้อหาในบทความที่จะมีต่อสาขาวิชานั้น ๆ คุณภาพของการวิเคราะห์และความเข้มข้นของผลงาน ไม่ควรใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลรองรับมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินบทความวิจัย
4. ผู้ประเมินต้องระบุผลงานวิจัยที่สำคัญ ๆ และสอดคล้องกับบทความที่กำลังประเมิน แต่ผู้นิพนธ์ไม่ได้อ้างถึง เข้าไปในการประเมินบทความด้วย นอกจากนี้ หากมีส่วนใดของบทความที่มีความเหมือน หรือซ้ำซ้อนกับผลงานชิ้นอื่น ๆ ผู้ประเมินต้องชี้แจงให้บรรณาธิการทราบด้วย



ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความ

รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ มิตะถา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.ชูจิ ชิระโทริ	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา ขายเกลี้ยง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.สมเดช พินิจสุนทร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.นิตยา เกิดประสพ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญญพัฒน์ ไชยเมล์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
รองศาสตราจารย์ พันโทหญิง ดร.สุวิมล เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา	โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
รองศาสตราจารย์ ดร.สงกรานต์ วิริยะศาสตร์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รองศาสตราจารย์ ดร.วาทีต ภัคดี	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ กลัมพากร	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.ปานัน พิชยภิญโญ	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ วิรัตน์ พงษ์ศิริ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา บุญจง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุสุมา จิตแสง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมนึก ศิริโต	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรวัฒน์ เหล่านากุล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภฉัตร ธารีลาภ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เดชะศิลาภิรักษ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ปานอุทัย	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาลินี สุวรรณยศ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขาวินี ล่องชุมพล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงเยาว์ มีเทียน	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คัทธียา รัตนวิมล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี สลักนาวิระ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันย์พัชญ์ กะลัมพะเทติ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดา สุขศิลา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิทรา กิจธีระวุฒิวงษ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความ

ดร.ประภา โห้สละม
ดร.ภาสุระ อังกุลานนท์
ดร.ประเสริฐ เอ่งฉ้วน
ดร.อมวาสี อัมพันศิริรัตน์
ดร.อริสรา สุขวำจนี

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี เชียงใหม่
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



บทบรรณาธิการ

สวัสดีท่านผู้อ่านทุกท่าน ขณะนี้สถานการณ์ของประเทศไทยได้เข้าสู่การระบาดระลอก 2 ของไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ซึ่งส่งผลให้มีผู้ติดเชื้อเป็นวงกว้างและทวีจำนวนเพิ่มขึ้นมากกว่าการระบาดในระลอกแรก การใช้ชีวิตของประชาชนจึงต้องตั้งอยู่ในความไม่ประมาท การ์ดไม่ตก กองบรรณาธิการขอให้ท่านผู้อ่านทุกท่านมีสุขภาพที่แข็งแรงปลอดภัยจากโรคภัยไข้เจ็บทั้งปวง

วารสารวิชาการ EAU Heritage ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ย่างเข้าสู่ปีที่ 15 แล้ว โดยฉบับนี้เป็นฉบับแรกของปี 2564 กองบรรณาธิการต้องขอขอบพระคุณผู้สนับสนุนจากหลากหลายหน่วยงานที่ให้ความสนใจในการส่งบทความมาตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารของเรา เนื้อหาของวารสารเล่มนี้ประกอบไปด้วยบทความจำนวนทั้งสิ้น 18 บทความ จำแนกเป็นบทความวิชาการจำนวน 5 บทความ และบทความวิจัยจำนวน 13 บทความ โดยเป็นบทความจากหลากหลายศาสตร์ อันได้แก่ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พยาบาลศาสตร์ เกษษศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และการบิน และในส่วนท้ายของวารสารเป็นบทความแนะนำหนังสือเรื่อง “การใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับภาครัฐ” ของสำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน) (สพร.) ซึ่งผู้สนใจสามารถดาวน์โหลดหนังสือฉบับ pdf หรือในรูปแบบ e-Magazine ได้ โดยผู้เขียนบทความแนะนำหนังสือเล่มนี้ คือ อาจารย์นิกร โภคอุดม อาจารย์ประจำสำนักวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

หากท่านผู้อ่านมีข้อเสนอแนะประการใด กองบรรณาธิการยินดีอมรับทุกคำวิพากษ์วิจารณ์ เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาและปรับปรุงวารสารฯ ในฉบับต่อ ๆ ไปให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น แล้วพบกันใหม่ในฉบับหน้าค่ะ

บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความวิชาการ

- 1 ■ แรนซัมแวร์ จากภัยคุกคามรายบุคคลสู่ภัยพิบัติขององค์กร
Ransomware from Individual Threats to Corporate Disasters
สรวิศ บุญมี และสุภกัญญา ชวนิชย์
- 11 ■ เครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ
Instruments for Assessing Fall Risk Factors in Aging
อภิฤดี พาผล และอุไร ชลύνาค
- 21 ■ ความเครียดในการขึ้นฝึกปฏิบัติงานของนักศึกษาพยาบาล
The Stress of Nursing Student Training
ฐมาพร เชื้อวชาญ และอภิฤดี พาผล
- 29 ■ การคำนวณน้ำหนักบรรทุกการวิ่งขึ้นและร่อนลงของเครื่องบินแบบ B737-800
ก่อนปฏิบัติการบิน
Takeoff and Landing Weight Calculation for B737-800 Aircraft
before Flight Operation
เชมณัฐ อำนวยวรชัย ประวิทย์ วงศ์วิวัฒน์ และปราษฎ์ชนิด คงสมบูรณ์
- 46 ■ การดูแลเท้า: ปัญหาที่ไม่ควรมองข้ามของผู้สูงอายุโรคเบาหวานในชุมชน
Foot Care: The Problems That Should Not Be Overlooked among Diabetic Elders
in Community
บรรณทวรรณ หิรัญเคราะห์ ดนัย ดุสรักษ์ ศิรเมศร์ โภโค ชยพล ศิรินิยมชัย
และชาติชาย กิติยานันท์

บทความวิจัย

- 62 ■ การศึกษาอันตรกิริยาระหว่างเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสกับสารสำคัญจากต้นสอฟ้า
ด้วยวิธีโมเลกุลาร์ด็อกกิง
To Study The Molecular Interaction between Acetylcholinesterase Enzymes and
The Isolated Compounds from *Clausena Harmandiana* by Molecular Docking
Technique
กิ่งแก้ว สิทน ปัญญาดา ปัญญาทิพย์ และเพลินทิพย์ ภูทองกิ่ง

สารบัญ

- 75 ■ การพัฒนาระบบเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์สำหรับอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพด้วยการผสมผสานคลื่นไฟฟ้าสมองจากการจินตนาการการเคลื่อนไหวและการกระตุ้นทางการมองเห็นด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตา
Development of Brain-Computer Interface System for Rehabilitation Device by Combining Motor Imagery and Visual Illusion Stimulation
นันทน์ภัส ศิริบุญญพัฒน์ และยรรยงค์ พันธุ์สวัสดิ์
- 89 ■ การตรวจเมทแอมเฟตามีนจากตัวอย่างปัสสาวะ น้ำดี และอาหารในกระเพาะโดยไม่สกัดด้วยวิธีเพเปอร์สเปรย์แมส สเปกโตรเมตรี
Methamphetamine Analysis from Non-Extract Urine, Bile and Gastric Contents Using Paper Spray Mass Spectrometry
วชิรวิชัย ตั้งธนานุวัฒน์
- 99 ■ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชนอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
Factors Related to Hazardous Waste Management in Meung District Households, Phitsanulok
สุกัลยา ทองเสริม และสร้อยญา ถีป้อม
- 114 ■ การเกิดไฮดรอกซีอะพาไทต์บนฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบบนสแตนเลสสตีล
Hydroxyapatite Formation on Zirconium Dioxide Thin Film Coated on Stainless Steel
ศรีสุดา นิเทศน์ธรรม ชาตรี สักเนตร์ และวรรณฤดี เปรมเจริญ
- 127 ■ Key Success Factors for Learning Air Traffic Control
ปัจจัยแห่งความสำเร็จในการเรียนรู้การควบคุมจราจรทางอากาศ
Songpon Rachatakullanan and Nisakorn Somsuk

- 142 ■ ผลของโปรแกรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนตำบลบ้านนา
อำเภอวังสามหมอ จังหวัดพิจิตร
Effects of Dengue Hemorrhagic Disease Prevention Program by The Participation
of The Community in Ban Na Sub-district, Wachirabaramee District,
Pichit Province
ศิริวรรณ เกาะกัณหา อังคณา ทองโกมุท และนิธิพงศ์ ศรีเบญจมาศ
- 155 ■ ประสิทธิภาพของโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพต่อพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ
ตำบลจอมทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
The Effectiveness of Health Behaviors Modification Program on Health Behaviors
among the Elderly in Chom Thong Sub-district, Mueang Phitsanulok District,
Phitsanulok Province
นิธิพงศ์ ศรีเบญจมาศ และกิงแก้ว สำราญสิน
- 167 ■ การเพิ่มประสิทธิภาพของฉลากช่วยรูปร่างด้วยสัญลักษณ์อินโฟกราฟิกและผลของความเข้าใจ
เกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย
The Enhancement of The Pictorial Help Labels with Infographic Symbols and
The Effects of Understanding about Side Effects and Medication Methods for
Patients
ณัฐกัลยา เพียรการค้า และวิภูษิต เพียรการค้า
- 180 ■ ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน
The Hybrid Solar Dryer Cabinet
ธีรพงศ์ บริรักษ์ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์ และณรงค์ ภู่อู่
- 196 ■ คำแนะนำการคำนวณระวางบรรทุกของเครื่องบินพาณิชย์ แบบ Boeing 737-800 ด้วย
โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล
Loading Instruction of Commercial Aircraft Boeing 737-800 with Microsoft Excel
กิตติเชษฐ์ นนทะสุด ประวิทย์ วงศ์วิวัฒน์ สุกัญญา สมมณีนดวง และนายทวนชัย ต้นสุริยวงศ์

- 205 ■ การสัมผัสควันบุหรี่มือสอง การติดยาโคโคติน และการสนับสนุนให้เป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่
ของนักศึกษาและบุคลากรในสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งหนึ่ง
Second-hand Smoking Exposure, Nicotine Dependence, and Support for
Smoke-free University of Students and Academic Staff in Private University
พีรยา สุธีรางกูร และกัลยา ศรารุททัต

- 218 ■ Application of AHP Method to Cargo Airline Selection for Air Freight Forwarder
การประยุกต์ใช้วิธีการ AHP ในการเลือกสายการบินขนส่งสินค้าสำหรับผู้ขนส่งสินค้าทางอากาศ
Nisakorn Somsuk, Vatcharaporn Pookboonmee, Sutit Huangsuwan,
Koranut Sakulkrit, Sirirat Nakha and Sasirat Saikhoone

แนะนำหนังสือ

- 235 ■ การใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับภาครัฐ
Blockchain for Government Services
นิกร โภคอุดม



แรนซัมแวร์ จากภัยคุกคามรายบุคคลสู่ภัยพิบัติขององค์กร Ransomware from Individual Threats to Corporate Disasters

สรวิศ บุญมี¹ และสุภกัญญา ชวนิชย์²

Sorawit Boonmee¹ and Supakanya Chavanich²

¹คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Information Technology, Eastern Asia University

²คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

²School of Law, Eastern Asia University

Received: October 5, 2020

Revised: January 25, 2021

Accepted: February 1, 2021

บทคัดย่อ

แรนซัมแวร์หรือมัลแวร์เรียกค่าไถ่ คือ มัลแวร์ที่ใช้ข้อมูลของเหยื่อเป็นตัวประกันเพื่อแลกกับการจ่ายค่าไถ่ เป็นภัยคุกคามที่สร้างความเสียหายอย่างมากในปัจจุบัน โดยมีการพัฒนาเปลี่ยนรูปแบบจากไวรัสเป็นโทรจันและเวิร์ม และใช้เทคนิคใหม่ ๆ เพื่อหลบเลี่ยงการถูกตรวจจับ อีกทั้งยังนำการเข้ารหัสซึ่งเป็นเทคโนโลยีในการรักษาความลับมาเป็นอาวุธโจมตีเหยื่อ เปลี่ยนรูปแบบการแพร่กระจายไปเรื่อย ๆ ตามเทคโนโลยี และเปลี่ยนเป้าหมายจากผู้ใช้ทั่วไปเป็นองค์กรต่าง ๆ เพื่อเพิ่มโอกาสในการได้ค่าไถ่ที่มากขึ้น บทความนี้มุ่งนำเสนอที่มา ขั้นตอนการทำงานของแรนซัมแวร์แบบต่าง ๆ ในเชิงลึก และแนวทางในการป้องกันเพื่อลดความเสี่ยงจากความเสียหายในการสูญเสียสารสนเทศสำคัญ

คำสำคัญ: แรนซัมแวร์ มัลแวร์เรียกค่าไถ่ ความมั่นคงปลอดภัยด้านสารสนเทศ

Abstract

Ransomware is the malware that uses the victim's information as a hostage in exchange for paying the ransom. It's a very destructive threat today. With the development of changing styles from viruses to trojans and worms and use new techniques to evade detection. It also uses encryption, confidentiality technology, as a weapon to attack victims. It keep changing the pattern of spreading according to technology and targeting from general users to organizations to increase the chances of getting more ransom. This article aims to present the background, in-depth procedures of various ransomware, and prevention to reduce the risk of loss of critical information.

Keywords: ransomware, malware, information security



บทนำ

มัลแวร์มีพัฒนาการควบคู่มาพร้อมกับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ตลอดตั้งแต่อดีต ทั้งรูปแบบที่เริ่มจากไวรัสคอมพิวเตอร์เพื่อวัตถุประสงค์ในการทดสอบแนวคิด หรือ ก่อการสร้างความเดือดร้อนและความเสียหายเพียงเล็กน้อย จนกลายเป็นแรนซัมแวร์หรือมัลแวร์เรียกค่าไถ่ ซึ่งใช้เทคนิคขั้นสูงขึ้นในการสร้างความเสียหายตั้งแต่ระดับบุคคล ไปจนถึงองค์กรขนาดใหญ่ และสร้างผลตอบแทนให้แฮกเกอร์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ มีรายงานจากการประชุมใหญ่ของผู้เชี่ยวชาญด้านการรักษาความปลอดภัยไซเบอร์ประจำปี ค.ศ. 2020 โดยเจ้าหน้าที่พิเศษของเอฟบีไอประเทศสหรัฐอเมริกาได้อธิบายวิธีตรวจสอบการใช้งานกระเป๋าสตางค์ที่ใช้จ่ายค่าไถ่จากข้อความเรียกค่าไถ่ ทำให้รู้ว่าผู้ที่ตกเป็นเหยื่อของแรนซัมแวร์จ่ายเงินค่าไถ่ไปเท่าไร โดยพบว่า ตั้งแต่เดือนตุลาคมค.ศ. 2013 จนถึงพฤศจิกายน ค.ศ. 2019 มีการจ่ายค่าไถ่ด้วยบัตรเครดิตเป็นจำนวนเงินถึง 144,350,000 ดอลลาร์สหรัฐ แต่มูลค่าที่แท้จริงน่าจะสูงกว่าจำนวนที่ตรวจสอบได้เป็นอย่างมากโดยเฉพาะในภาคธุรกิจ (Spadafora, 2020) นอกจากนี้บริษัท FireEye ได้คาดการณ์ว่าปริมาณการโจมตีของแรนซัมแวร์แบบใช้คนส่งการต่อภาคธุรกิจได้เพิ่มขึ้นถึง 860% ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2017 (Vanderlee, 2020)

จากปัญหาดังกล่าว การเข้าใจที่มา และขั้นตอน

การทำงานของแรนซัมแวร์ที่สำคัญจะนำไปสู่แนวทางในการป้องกันเพื่อลดความเสี่ยงจากความเสียหายในการสูญเสียสารสนเทศสำคัญได้

ประวัติความเป็นมาของมัลแวร์

พัฒนาการของมัลแวร์ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่เจตนาออกแบบมาเพื่อสร้างความเสียหายให้กับระบบคอมพิวเตอร์ตามลำดับเวลาที่สำคัญมีดังต่อไปนี้ (Wikipedia, 2020)

ก่อนปีค.ศ. 1970

- บทความของ John von Neumann เรื่อง Theory of self-reproducing automata ตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 1966 บทความนี้มาจากการบรรยายเกี่ยวกับ Theory and Organization of Complicated Automata ในปี ค.ศ. 1949 เป็นผลงานทางวิชาการชิ้นแรกเกี่ยวกับทฤษฎีที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถสำเนาตัวเอง

ค.ศ. 1971-1974

- 1971 ระบบ Creeper ซึ่งเป็นการทดลองสร้างโปรแกรมที่สามารถสำเนาตัวเองเขียนโดย Bob Thomas ที่ BBN Technologies เพื่อทดสอบทฤษฎีของ John von Neumann โดย Creeper แพร่เชื้อสู่คอมพิวเตอร์ DEC

PDP-10 ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ TENEX สามารถเจาะเข้าเครือข่าย ARPANET และคัดลอกตัวเองไปยังระบบระยะไกลพร้อมทั้งแสดงข้อความ I'm the creeper, catch me if you can! ต่อมาโปรแกรม Reaper จึงถูกสร้างขึ้นในภายหลังเพื่อลบ Creeper

- 1973 ในภาพยนตร์เรื่อง Westworld ของ Michael Crichton ได้เริ่มกล่าวถึงแนวคิดของไวรัสคอมพิวเตอร์

- 1974 ไวรัส Rabbit (หรือ Wabbit) ซึ่งเป็น fork bomb มากกว่าไวรัส เพราะสามารถสร้างสำเนาของตัวเองหลายชุดบนคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว (และถูกตั้งชื่อว่า Rabbit เพราะความเร็วที่ทำได้) จนกระทั่งใช้ทรัพยากรระบบจนหมดและลดประสิทธิภาพของระบบส่งผลให้ระบบล่มในที่สุด

- 1975 เกมส Animal ถึงแม้จะไม่ทำความเสียหายให้ระบบแต่ก็ถือเป็นโทรจันตัวแรก โดยมันจะแอบทำสำเนาตัวเองและไวรัสชื่อ PERVADE ไว้ในทุกไดเรกทอรีของผู้ใช้

ค.ศ. 1981-1989

- 1981 โปรแกรมที่เรียกว่า Elk Cloner ซึ่งเขียนขึ้นสำหรับระบบ Apple II ถูกสร้างขึ้นโดย Richard Skrenta นักเรียนมัธยมปลาย โดยอาศัยช่องโหว่ในระบบปฏิบัติการเกี่ยวกับฟลอปปีดิสก์ นับเป็นการแพร่ระบาดของไวรัสคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ครั้งแรกในประวัติศาสตร์

- 1983 คำว่า virus ได้รับการบัญญัติขึ้นใหม่โดย Frederick B. Cohen ในการอธิบายโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถสำเนาตัวเอง ในปี 1984 Cohen ใช้วลี computer virus (จากการแนะนำโดยครูของเขา Leonard Adleman) เพื่ออธิบายการทำงานของโปรแกรกดังกล่าวในแง่ของ “การติดเชื้อ” เขาให้คำจำกัดความของ “virus” ว่าเป็น “โปรแกรมที่สามารถแพร่เชื้อสู่โปรแกรมอื่น ๆ ได้โดยการดัดแปลงให้รวมสำเนาของตัวเอง” Cohen สาธิตโปรแกรมคล้ายไวรัสบนระบบ VAX11/750 ที่มหาวิทยาลัย Lehigh ซึ่งสามารถติดตั้งตัวเองหรือแพร่เชื้อสู่ระบบอื่น ๆ ได้

- 1984 Ken Thompson ตีพิมพ์เอกสารสำคัญของเขาชื่อ Reflections on Trusting Trust ซึ่งอธิบายถึงวิธีที่เขาแก้ไขคอมไพเลอร์ภาษา C เพื่อใช้คอมไพเลอร์ระบบปฏิบัติการ Unix เวอร์ชันพิเศษ ที่จะมีประตูลับในคำสั่งล็อกอิน

- 1986 ไวรัส Brain อาศัยการซ่อนตัวใน boot sector ถือเป็นไวรัสบน IBM PC compatible ตัวแรก ถูกสร้างขึ้นในประเทศปากีสถานโดยโปรแกรมเมอร์ชาวปากีสถานวัย 19 ปี

- 1987 เริ่มพบไวรัสที่ติดเชื่อทางไฟล์โปรแกรม

1. ไวรัส Vienna ไวรัส Lehigh และไวรัส Cascade ซึ่งเป็นไวรัสที่ติดเชื่อทางไฟล์แบบเข้ารหัสตัวแรก (แพร่สู่สำนักงานของ IBM ทำให้ IBM ออกผลิตภัณฑ์ป้องกันไวรัสของตัวเอง)

2. ไวรัส Jerusalem ทำลายทุกไฟล์ที่มีนามสกุล .EXE ทุกวันศุกร์ที่ 13

3. ไวรัส SCA และ Byte Bandit บนเครื่อง Amiga

4. Christmas Tree EXEC เป็นมัลแวร์ที่สำเนาตัวเองผ่านเครือข่ายเป็นวงกว้างตัวแรก

- 1988 Morris worm สร้างโดย Robert Tappan Morris ติดเชื้อสู่เครื่อง DEC VAX และเครื่อง Sun ที่ใช้ BSD UNIX ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตและกลายเป็น worm ตัวแรกที่แพร่กระจายอย่างกว้างขวาง และเป็นหนึ่งในโปรแกรมที่รู้จักกันดีโปรแกรมแรกที่อาศัยช่องโหว่ buffer overrun

- 1989 ฟลอปปีดิสก์หลายพันแผ่นที่มีโทรจัน AIDS ซึ่งถือเป็น ransomware ตัวแรกจะถูกส่งไปยังสมาชิกของนิตยสาร PC Business World และผู้เข้าร่วมประชุม WHO AIDS โทรจันบน DOS ตัวนี้เมื่อติดแล้วจะไม่ทำงานจนเมื่อระบบผ่านการบูตไป 90 รอบ จากนั้นจะเข้ารหัสเฉพาะชื่อไฟล์ทั้งหมดในระบบแล้วแสดงประกาศขอเงิน 189 ดอลลาร์ส่งไปยังตู้ไปรษณีย์ในปานามาเพื่อรับโปรแกรมถอดรหัส

ค.ศ. 1990–1999

- 1990 เกิด Polymorphic Virus ตัวแรกชื่อ “The Chameleon family”
- 1993 Leandro แพร่กระจายผ่าน BBS และ shareware
- 1994 OneHalf เป็น polymorphic computer virus บน DOS ตัวแรก ๆ ที่ใช้เทคนิค “patchy infection”
- 1995 Macro virus ตัวแรกชื่อ “Concept” ถูกสร้างขึ้นเพื่อติดเชื้อผ่านไฟล์เอกสาร Microsoft Word
- 1996 Boza ไวรัสตัวแรกที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับไฟล์บน Windows 95 Laroux Excel macro virus ตัวแรก และ Staog ไวรัสบนระบบปฏิบัติการ Linux ตัวแรก
- 1998 ไวรัส CIH เป็นไวรัสตัวแรกที่สามารถลบข้อมูลโดยแฟลช ROM BIOS ได้
- 1999 เกิดอีเมลไวรัสที่เรียกว่า Happy99 และ Melissa Worm

ค.ศ. 2000–2009

- 2000 ILOVEYOU worm (Love Letter หรือ Love Bug) ถูกเขียนด้วย VB Script เขียนทับไฟล์แบบสุ่มบนระบบจากนั้นจะส่งต่อตัวเองไปยังอีเมลทั้งหมดในรายชื่อผู้ติดต่อ สร้างโดยชาวฟิลิปปินส์ คาดว่าน่าจะสร้างความเสียหายถึง 5.5-8.7 พันล้านเหรียญสหรัฐ
- 2001 มีการระบาดของไวรัส (worm) Code Red ที่โจมตี Index Server ISAPI Extension ในซอฟต์แวร์แม่ข่ายเว็บของไมโครซอฟต์ (Microsoft Internet Information Services) และพัฒนาต่อเป็น Code Red II ซึ่งมีการสร้างประตูลับทิ้งไว้และถูกใช้โดย Nimda worm ในเวลาต่อมา
- 2002 เกิด Simile virus เป็น metamorphic computer virus (กลายพันธุ์โดยการเปลี่ยนโค้ดโปรแกรมของตัวเองเพื่อเลี่ยงการตรวจจับ) ถูกเขียนด้วยภาษาแอสเซมบลีและม้าโทรจัน Beast บน Windows หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า RAT--Remote Administration Tool

- 2003 เวิร์ม SQL Slammer โจมตีช่องโหว่ใน Microsoft SQL Server และ MSDE กลายเป็นเวิร์มที่แพร่กระจายเร็วที่สุดตลอดกาล ทำให้อินเทอร์เน็ตหยุดชะงักทั่วโลกเพียงสิบห้านาทีหลังจากแพร่เชื้อเหยื่อรายแรกตามด้วยเวิร์ม Blaster Welchia Sobig Sober Agobot ฯลฯ ที่ล้วนแต่โจมตีช่องโหว่ของวินโดวส์

- 2004 เกิดเวิร์ม Witty Sasser Rugrat Rugrat.B Nuclear และ Bifrost ซึ่งล้วนแต่เป็นเวิร์มที่โจมตีช่องโหว่ของวินโดวส์ และยังเกิดเวิร์ม Santy ซึ่งเป็น webworm ตัวแรก โดยใช้ช่องโหว่ใน phpBB และใช้ Google เพื่อค้นหาเป้าหมายใหม่

- 2007 เป็นปีแห่ง botnet ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตจำนวนมากที่โปรแกรม bot อยู่ เกิด Storm worm ที่เริ่มจุดเริ่มต้นของ Storm botnet และ Zeus ซึ่งเป็นโทรจันที่ขโมยข้อมูลธนาคารโดยใช้การแอบบันทึกการกดแป้นพิมพ์ (keylogger) และยังเป็น botnet ด้วย

- 2008 เกิด Koobface worm มีเป้าหมายที่ผู้ใช้ Facebook และ Myspace และยังเกิด Conficker worm ที่ใช้เทคนิคใหม่ๆ มาโจมตี Windows 2000 ถึง Windows 7

ค.ศ. 2010–ปัจจุบัน

- 2010 มีการตรวจพบ Stuxnet ซึ่งเป็น Windows Trojan ตัวแรกที่โจมตีระบบสกาดา (SCADA) และเชื่อกันว่าได้รับการออกแบบมาเพื่อมุ่งเป้าหมายที่โรงงานนิวเคลียร์ของอิหร่าน ในตัวมันยังพบว่ามีลายเซ็นดิจิทัลจากไบรร์รองที่ถูกต้องอีกด้วย

- 2013 เกิด CryptoLocker มัลแวร์ที่เป็นต้นแบบของแรนซัมแวร์ยุคใหม่

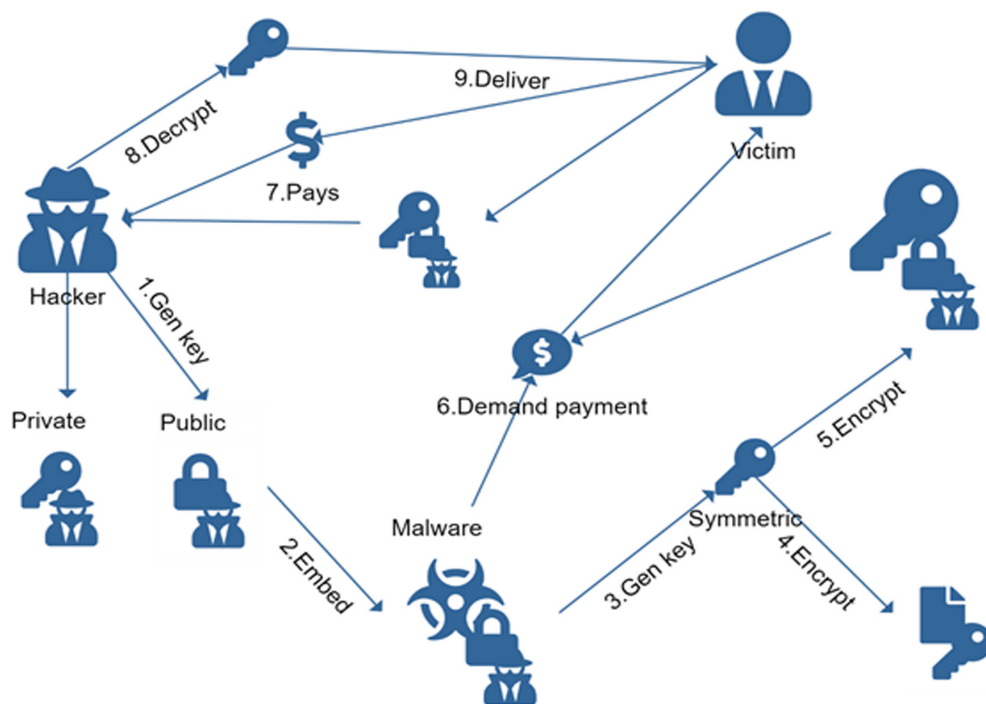
จากประวัติที่กล่าวมาจะเห็นพัฒนาการที่สำคัญของมัลแวร์ในรอบหลายปีที่ผ่านมา เช่น มีการเปลี่ยนรูปแบบจาก ไวรัสเป็นโทรจันและเวิร์ม ใช้เทคนิคใหม่ ๆ เพื่อหลบเลี่ยงการถูกตรวจจับ เช่น Polymorphic หรือ Metamorphic และเปลี่ยนรูปแบบการแพร่กระจายไปเรื่อย ๆ ตามเทคโนโลยี เช่น จากไฟล์เป็นอีเมล เครือข่ายและเว็บเป็นต้น

ต้นกำเนิดของแรนซัมแวร์ยุคใหม่

ในปีค.ศ. 1996 Adam L. Young และ Yung (Young & Yung, 1996) ได้บัญญัติคำว่า cryptovirology เพื่อแสดงถึงการเข้ารหัสเป็นอาวุธโจมตีผ่านไวรัสคอมพิวเตอร์และมัลแวร์อื่น ๆ ซึ่งตรงกันข้ามกับบทบาทของการเข้ารหัสแบบดั้งเดิมที่มักใช้เป็นเครื่องมือในการป้องกันสารสนเทศ (Whitman & Mattord, 2018) โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกเขาได้สาธิตต้นแบบของแรนซัมแวร์ที่ใช้การเข้ารหัสแบบ Public-key cryptography โดยสรุปขั้นตอนการทำงานตามภาพ 1 ดังนี้

1. แฮกเกอร์ทำการสร้าง public กับ private key คู่กันขึ้น
2. เอา public key ที่สร้างขึ้นแนบไปกับมัลแวร์และแพร่มัลแวร์สู่เหยื่อ
3. เมื่อเหยื่อติดมัลแวร์มันจะสร้าง symmetric key เติวขึ้นมา

4. นำ symmetric key นั้นมาเข้ารหัสไฟล์ของเหยื่อ
5. เข้ารหัส symmetric key ที่ใช้เข้ารหัสไฟล์ของเหยื่อด้วย public key ของแฮกเกอร์ที่แนบมากับตัวมัลแวร์
6. แจ้งข้อความเรียกค่าไถ่ให้เหยื่อส่งเงินและ symmetric key ที่ถูกเข้ารหัสกลับไปหาแฮกเกอร์
7. หากเหยื่อส่งค่าไถ่และ symmetric key ที่ถูกเข้ารหัสกลับไปหาแฮกเกอร์
8. แฮกเกอร์จะถอดรหัส symmetric key ที่ถูกเข้ารหัสด้วย private key จากขั้นตอนแรก
9. ส่ง symmetric key ที่ถอดรหัสแล้วกลับไปให้เหยื่อใช้ถอดรหัสไฟล์ของตน



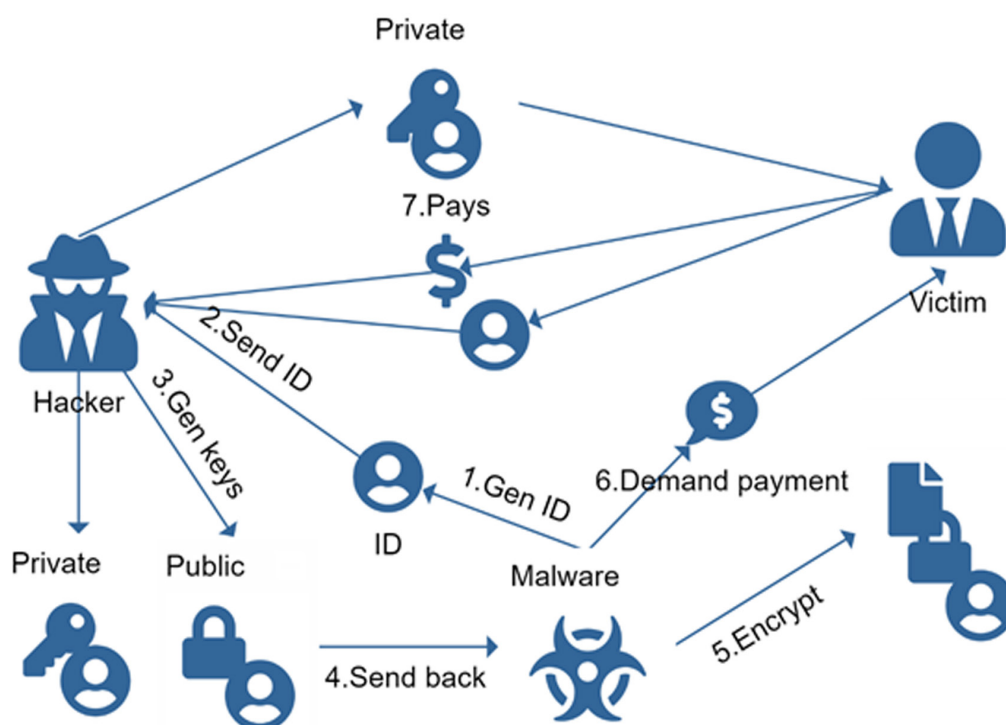
ภาพ 1 ต้นแบบของแรนซัมแวร์ที่ใช้การเข้ารหัสแบบ Public-key cryptography

แม้ว่าแนวคิดนี้จะถูกนำเสนอตั้งแต่ปีค.ศ. 1996 แต่ด้วยข้อจำกัดด้านการจ่ายเงินในช่วงเวลานั้นที่ยังไม่มีวิธีจ่ายเงินที่สะดวกแพร่หลายเพียงพอที่จะให้จ่ายจากที่ไหนในโลกก็ได้ และการจ่ายเงินค่าไถ่นั้นยากที่จะทำการปกปิดผู้รับจนไม่อาจตามรอยเพื่อดำเนินคดีได้ ทำให้แรนซัมแวร์ยุคนี้ยังไม่ประสบความสำเร็จมากนัก จนกระทั่งในปีค.ศ. 2009 เริ่มมีการใช้บิตคอยน์ซึ่งเป็นเงินตราแบบดิจิทัล (cryptocurrency) ซึ่งต่อมากลายเป็นระบบการชำระเงินที่ใช้กันแพร่หลายทั่วโลกและยังตามรอยได้ยากด้วย

แรนซัมแวร์ CryptoLocker

แรนซัมแวร์ CryptoLocker ถูกพบในเดือนกันยายน ค.ศ. 2013 มุ่งเป้าโจมตีระบบที่ใช้วินโดวส์ แพร่กระจายผ่านการแนบไปกับอีเมลและ botnets (Zeus) เมื่อติดที่เครื่องเหยื่อจะมีขั้นตอนการทำงานตามภาพ 2 ดังนี้

1. แก้ไข registry ของวินโดวส์ เพื่อให้ถูกรันทุกครั้งที่เครื่องบูทใหม่ และจะทำการสร้างไอดีเพื่อแยกแยะเหยื่อที่ติดเชื้อ
2. เชื่อมต่อกลับไปหาเครื่องแม่ข่ายของแฮกเกอร์เพื่อส่งไอดีของเหยื่อ
3. แฮกเกอร์จะทำการสร้าง public และ private key สำหรับเหยื่อแต่ละราย
4. ทำการส่ง public key กลับไปให้ CryptoLocker ที่เครื่องเหยื่อ
5. CryptoLocker ที่เครื่องเหยื่อจะเอา public key ที่ได้มาเข้ารหัสไฟล์ต่าง ๆ ของเหยื่อ
6. แจ้งข้อความเรียกค่าไถ่ให้เหยื่อส่งเงินไอดีของเหยื่อกลับไปหาแฮกเกอร์
7. เมื่อได้ค่าไถ่แล้ว แฮกเกอร์จะส่ง private key ของเหยื่อเพื่อให้ใช้ถอดรหัสไฟล์ที่โดนเข้ารหัสด้วย public key ของเหยื่อที่สร้างมาคู่กัน



ภาพ 2 ขั้นตอนการทำงานของ CryptoLocker

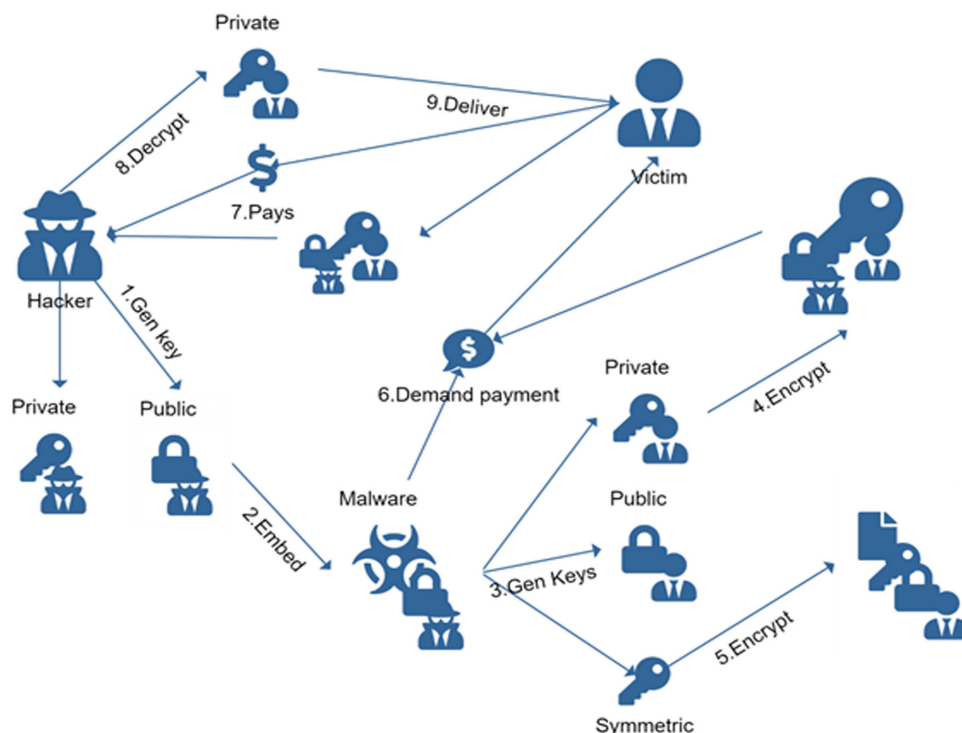
จะเห็นได้ว่าขั้นตอนวิธีเข้ารหัสของ CryptoLocker เมื่อเทียบกับของ Young และ Yung (Young & Yung, 1996) ยังมีข้อด้อยกว่าตรงที่ใช้ public key มาเข้ารหัสแทน ซึ่งจะทำงานได้ช้ากว่าการใช้ symmetric key ทำให้ต้องใช้เวลานานกว่าจะเข้ารหัสไฟล์ของเหยื่อได้หมด จึงมีโอกาสที่เหยื่อจะรู้ตัวได้ก่อนและอาจหยุดความเสียหายจากการโดนเข้ารหัสไฟล์ทั้งหมดได้ทันจนไม่จำเป็นต้องจ่ายค่าไถ่

แรนซัมแวร์ WannaCry

แรนซัมแวร์ WannaCry ถูกพบในเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2017 อาจถูกจัดว่าเป็นเวิร์มเพราะมุ่งโจมตีระบบที่ใช้วินโดวส์ โดยแพร่ผ่านการโจมตีแบบ EternalBlue ซึ่งคิดค้นโดยสำนักงานความมั่นคงแห่งชาติ (National Security Agency) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่อาศัยช่องโหว่ซึ่งไม่มีใครซอฟต์แวร์ได้ออกตัวแก้ไขมาก่อนการระบาดแล้ว แต่องค์กรจำนวนมากก็ไม่สามารถแก้ไขช่องโหว่นั้นได้ทัน มีการประมาณการว่ามีจำนวนเครื่องที่ถูกโจมตีด้วย WannaCry มากกว่าสองแสนเครื่องใน 150 ประเทศ

แรนซัมแวร์ WannaCry มีขั้นตอนการทำงานตามภาพ 3 ดังต่อไปนี้

1. แยกเกอร์ทำการสร้าง public กับ private key คู่กันขึ้น
2. เอา public key ที่สร้างขึ้นแนบไปกับมัลแวร์และแพรมัลแวร์สู่เหยื่อ
3. เมื่อเหยื่อติดมัลแวร์มันจะสร้าง public และ private key สำหรับเหยื่อแต่ละรายขึ้นมา
4. เข้ารหัส private key ของเหยื่อด้วย public key ของแยกเกอร์ที่แนบมากับมัลแวร์
5. สร้าง symmetric key ขึ้นมาใหม่ทุกครั้งเพื่อเข้ารหัสเฉพาะแต่ละไฟล์ของเหยื่อ แล้วเข้ารหัส symmetric key นั้นด้วย public key ของเหยื่อ
6. แจ้งข้อความเรียกค่าไถ่ให้เหยื่อส่งเงินและ private key ของเหยื่อที่ถูกเข้ารหัสกลับไปหาแยกเกอร์
7. หากเหยื่อส่งค่าไถ่และ private key ของเหยื่อที่ถูกเข้ารหัสกลับไปหาแยกเกอร์
8. แยกเกอร์ถอดรหัส private key ของเหยื่อที่ถูกเข้ารหัสด้วย private key ของแยกเกอร์จากขั้นตอนแรก
9. ส่ง private key ของเหยื่อที่ถอดรหัสแล้วกลับไปให้เหยื่อใช้ถอดรหัส symmetric key แต่ละอันเพื่อถอดรหัสไฟล์ของตน



ภาพ 3 ขั้นตอนการทำงานของ WannaCry

จากภาพ 3 จะเห็นว่า นอกจากขั้นตอนการทำงาน เป็นไปตามที่ Young และ Yung เสนอไว้แล้ว ยังมีการ ปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยแทนที่จะใช้ symmetric key เพียงตัว เดียวเข้ารหัสไฟล์จำนวนมากของเหยื่อทั้งหมด key นั้นอาจ จะถูกตรวจพบได้ในหน่วยความจำหลักในระหว่างที่การเข้า รหัสยังไม่เสร็จสิ้น ทำให้เอามาถอดรหัสไฟล์คืนได้โดยไม่ต้องจ่ายค่าไถ่ แต่ WannaCry ใช้วิธีสร้าง symmetric key ขึ้นใหม่เฉพาะแต่ละไฟล์ เมื่อเข้ารหัสแต่ละไฟล์เสร็จแล้ว key ของแต่ละไฟล์จะถูกเข้ารหัสด้วย public key ที่ถูกสร้างขึ้น ใหม่สำหรับเหยื่อแต่ละราย และเข้ารหัส private key ที่ใช้ ถอดรหัสคู่กันทันทีด้วย public key ของแฮกเกอร์ที่แนบ มากับตัว WannaCry จะเห็นได้ว่าไม่มี key ที่ใช้ถอดรหัส ตัวใด ๆ คงค้างอยู่ในเครื่องเหยื่อเป็นเวลานานโดยไม่ถูก เข้ารหัส ทำให้ลดความเสี่ยงที่จะถูกตรวจพบ key ที่ใช้ ถอดรหัสได้ก่อนที่จะเข้ารหัสไฟล์ทั้งหมดเสร็จ

อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก WannaCry เรียกใช้ library ของวินโดวส์ซึ่งบังเอิญมีข้อผิดพลาดในการสร้าง public และ private ของเหยื่อ ทำให้สามารถสร้าง private key ของเหยื่อขึ้นมาใหม่จากข้อมูลในหน่วยความจำที่หลง เหลืออยู่ได้แม้ key นั้นจะถูกเข้ารหัสไปแล้วถ้ายังไม่บูท เครื่องใหม่ ทำให้มีผู้ที่อาศัยข้อผิดพลาดนี้พัฒนาเครื่องมือ สำหรับถอดรหัสไฟล์ที่ถูกเข้ารหัสโดย WannaCry ออกมา ได้โดยไม่ต้องจ่ายค่าไถ่

นอกจากนั้น WannaCry ยังแนบที่อยู่ในการจ่าย ค่าไถ่ด้วยบิตคอยน์มาแค่สามที่อยู่ ทำให้การตรวจสอบว่า เหยื่อคนไหนยอมจ่ายเพื่อจะได้ถอดรหัส key คืนมาให้อาจ ทำได้ล่าช้าหากมีการจ่ายค่าไถ่เข้ามาจำนวนมาก ส่งผลต่อ ความเชื่อมั่นของเหยื่อรายใหม่ว่าจะได้ไฟล์คืนหรือไม่หาก ยอมจ่ายค่าไถ่ ถึงกระนั้นจากการตรวจสอบที่อยู่ทั้งสาม พบว่า มีการจ่ายเงินรวมถึงกว่าสามร้อยธุรกรรม เป็นเงิน ประมาณ 50 BTC หรือประมาณสี่ล้านห้าแสนบาทในเวลา แค่หนึ่งเดือน

แรนซัมแวร์แบบใช้คนสั่งการ (human-operated ransomware)

พฤติกรรมการณ์โจมตีของแรนซัมแวร์แบบใช้คนสั่ง การ (human-operated ransomware) นั้นจะแตกต่างจาก

แรนซัมแวร์แบบแพร่กระจายอัตโนมัติ (auto-spreading ransomware) อย่าง WannaCry โดยรูปแบบจะใกล้เคียง กับการโจมตีประเภทมีเป้าหมาย (targeted attack) จาก แฮกเกอร์ของรัฐ (nation-state actors) ซึ่งผู้โจมตีจะมุ่ง เป้าไปที่องค์กรขนาดใหญ่โดยจะเข้ามารวบรวมข้อมูลของ ระบบก่อน จากนั้นค่อยขยายไปยังเครื่องอื่น ๆ ในเครือข่าย สร้างช่องทางเชื่อมต่อทิ้งไว้ แล้วสุดท้ายค่อยส่งติดตั้งแรน ซัมแวร์ ทั้งนี้นอกจากผู้โจมตีจะเจาะระบบเข้ามาเพื่อแพร่ กระจายแรนซัมแวร์แล้วอาจมีการโจมตีอย่างอื่นเพิ่มเติม ด้วย เช่น ขโมยข้อมูลสำหรับยืนยันตัวตน ขโมยข้อมูล ความลับทางการค้า หรือข้อมูลของลูกค้าเพื่อเรียกค่าไถ่ (Microsoft, 2020a) ถ้าหากไม่ยอมจ่ายข้อมูลเหล่านี้ก็ จะถูกเผยแพร่สู่สาธารณะซึ่งนอกจากจะทำให้องค์กรเสีย ชื่อเสียงแล้ว ยังอาจถูกลูกค้าฟ้องร้องเรียกค่าเสียหายตาม กฎหมายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลอีกด้วย (Pokudom, 2020)

Maze เป็นตัวอย่างหนึ่งของแรนซัมแวร์แบบใช้ คนสั่งการที่สร้างความเสียหายให้องค์กรชั้นนำต่าง ๆ ใน ระดับโลกรวมถึงรัฐวิสาหกิจและองค์กรธุรกิจขนาดใหญ่ ของประเทศไทย ไมโครซอฟท์ (Microsoft, 2020b) ได้ อธิบายพฤติกรรมของ Maze สามารถสรุปโดยสังเขปได้ ดังนี้

- นอกจากการแพร่กระจายทางอีเมลแล้ว Maze มักจะเข้าถึงระบบที่มีความเสี่ยงด้วยการโจมตีผ่านการเดา รหัสผ่านบริการควบคุมระยะไกล (remote desktop) ซึ่งตั้งค่าไว้อย่างไม่ปลอดภัย ในขณะที่มัลแวร์กลุ่มอื่นมี การโจมตีช่องโหว่ซึ่งเป็นที่มีการเปิดเผยมาก่อนแล้ว อาทิ ช่องโหว่ใน Citrix Application Delivery Controller (CVE-2019-19781) ที่จะช่วยอำนวยความสะดวกในการ เข้าถึงทุก Application หรือช่องโหว่ใน VPN ของบริษัท Pulse Secure (CVE-2019-11510) และยังมีการระบุ ว่า เป้าหมายหลักของ Maze คือ การโจมตีกลุ่มผู้ให้บริการ (managed service provider) เพื่อใช้เป็นช่องทางในการ เข้าถึงผู้ใช้บริการในกลุ่มธุรกิจนี้ด้วย

- Maze ใช้โปรแกรม Mimikatz ในการระบุหา ข้อมูลสำหรับยืนยันตัวตนในระบบ ข้อมูลสำหรับยืนยันตัว ตนนี้จะถูกใช้เพื่อเข้าถึงระบบอื่น ๆ

- กระบวนการเคลื่อนย้ายตัวเองในระบบภายในขององค์กรมักเกิดขึ้นผ่านการใช้โปรแกรม Cobalt Strike ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับการทดสอบเจาะระบบ ทั้งนี้เทคนิคและวิธีการที่ Cobalt Strike รองรับนั้นโดยส่วนใหญ่เป็นเทคนิคซึ่งเป็นที่รู้จักกันอยู่แล้ว อาทิ การโจมตีแบบ Pass-the-Hash, WinRM หรือการใช้ PsExec ในการเข้าถึงด้วยข้อมูลสำหรับยืนยันตัวตนที่ได้มา

- กระบวนการฝังตัวของ Maze มีการปรากฏการใช้ Task Scheduler ร่วมกับการใช้คำสั่ง PowerShell ซึ่งทำให้ผู้โจมตีสามารถเข้าถึงระบบที่ถูกโจมตีไปแล้วได้ Maze ยังมีการใช้พีเอเจอร์ WinRM ในการควบคุมระบบเมื่อได้บัญชีซึ่งมีสิทธิ์ของผู้ดูแลโดเมน (Domain admin) ด้วย

- Maze มีการแก้ไขการตั้งค่าใน Group Policy หลายรายการเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการโจมตี

การโจมตีเพื่อติดตั้งแรนซัมแวร์ในกรณีที่ผู้โจมตีเป็นผู้สั่งการมักจะมีลักษณะคล้าย ๆ กัน คือ ผู้โจมตีจะเข้ามาอยู่ในระบบเพื่อรวบรวมข้อมูลรวมถึงสร้างช่องทางเพื่อให้สามารถกลับเข้ามาโจมตีซ้ำได้อีก ดังนั้นถึงแม้จะมีการจ่ายเงินค่าไถ่ (ซึ่งก็อาจไม่สามารถรับประกันว่าจะได้ข้อมูลกลับคืนจริง ๆ) หรือการกู้คืนระบบจากข้อมูล สำรอง หากไม่มีกระบวนการตรวจสอบ แก้ไขช่องโหว่ และกำจัดช่องทางที่ผู้โจมตีได้สร้างไว้ ก็มีสิทธิ์ที่จะติดแรนซัมแวร์ซ้ำได้อีกเรื่อย ๆ ยังไม่รวมปัญหาข้อมูลถูกขโมยซึ่งอาจส่งผลกระทบได้ไม่น้อยไปกว่าปัญหาแรนซัมแวร์ ซึ่งสามารถสรุปรูปแบบการโจมตีได้ ดังนี้

- ช่องทางการโจมตีส่วนใหญ่มักอาศัยข้อผิดพลาดของการตั้งค่าระบบ เช่น เปิดให้เชื่อมต่อ Remote Desktop--RDP ได้ผ่านอินเทอร์เน็ต หรือตั้งรหัสผ่านผู้ดูแลระบบที่สามารถคาดเดาได้ง่าย โจมตีช่องโหว่ที่มีแพตช์หรือซอฟต์แวร์ที่แก้ไขข้อผิดพลาดแล้วแต่ยังไม่ได้ติดตั้ง หรือมีเครื่องมือด้านความมั่นคงปลอดภัยอยู่แล้วแต่ไม่ได้ถูกเปิดใช้งาน

- ช่องทางแรกสุดของการโจมตีโดยมากมาจากมัลแวร์ที่สามารถรวบรวมข้อมูลสำหรับยืนยันตัวตน หรือข้อมูลของระบบเครือข่ายได้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกใช้ขยายขอบเขตต่อไปยังเครื่องอื่นในเครือข่ายเพื่อแพร่กระจายแรนซัมแวร์ในภายหลัง

- หลังจากโจมตีสำเร็จแล้ว หากไม่มีกระบวนการแก้ไขปัญหาที่ดีพอก็มีโอกาสที่จะถูกโจมตีซ้ำอีกได้เรื่อย ๆ การมุ่งความสนใจแค่เรื่องของการกู้คืนระบบจากแรนซัมแวร์เพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอ จำเป็นต้องค้นหาสาเหตุและกำจัดช่องทางการเชื่อมต่อที่ถูกสร้างไว้ด้วย

จากรูปแบบการโจมตีข้างต้นสามารถสรุปข้อแนะนำในการป้องกันได้ ดังนี้

- ระบบใด ๆ ที่เปิดให้สามารถเข้าถึงได้จากอินเทอร์เน็ตจำเป็นต้องได้รับการป้องกันและเฝ้าระวังการโจมตีเป็นพิเศษ

- ควรเปิดใช้การพิสูจน์ตัวตนแบบหลายปัจจัย (multi-factor authentication) หรือให้ผู้ยืนยันตัวตนก่อนเชื่อมต่อ (network-level authentication) เพื่อลดผลกระทบจากการฉ้อโกงผ่านถูกขโมย

- ใช้หลักการการให้สิทธิ์เฉพาะที่จำเป็นต้องใช้เท่านั้น (least-privilege) เพื่อป้องกันไม่ให้มีบัญชีที่มีสิทธิ์ระดับสูงโดยไม่จำเป็น

- เฝ้าระวังการโจมตีแบบ brute force (Windows Event ID 4625)

- เฝ้าระวังการเคลียร์ Windows Security Log (Windows Event ID 1102) หรือการรัน PowerShell

- เฝ้าระวังการล็อกอินโดยใช้บัญชีของผู้ดูแลระบบ (Window Event ID 4624) โดยเฉพาะอย่างยิ่งบัญชีของผู้ดูแลโดเมน (domain admin) ซึ่งบัญชีดังกล่าวไม่ควรถูกนำมาล็อกอินบนเครื่องของผู้ใช้ทั่วไป

- ใช้ Windows Defender ATP ซึ่งจะมีการแจ้งเตือนการรันโปรแกรมหรือคำสั่งที่น่าสงสัย เช่น PsExec WMI หรือ Office macro

บทสรุป

แรนซัมแวร์เป็นมัลแวร์ที่มีการพัฒนาด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงขึ้น เนื่องจากมันได้กลายเป็นช่องทางหนึ่งในการหารายได้ให้กับแฮกเกอร์ จากการโจมตีเหยื่อเป็นรายบุคคล เปลี่ยนมาเป็นการโจมตีเป้าหมายระดับ

องค์กรโดยใช้รูปแบบที่ซับซ้อนขึ้นเพราะมีโอกาสที่จะได้ผลประโยชน์ที่มากขึ้น อย่างไรก็ตาม จากข้อแนะนำในบทความนี้ก็อาจใช้เป็นแนวทางป้องกันหรือลดความเสียหายจากการโจมตีของแรนซัมแวร์ลงได้



References

- Microsoft. (2020 a). *Human-operated ransomware attacks: A preventable disaster*. Retrieved from <https://www.microsoft.com/security/blog/2020/03/05/human-operated-ransomware-attacks-a-preventable-disaster/>
- Microsoft. (2020 b). *Ransomware groups continue to target healthcare, critical services; here's how to reduce risk*. Retrieved from <https://www.microsoft.com/security/blog/2020/04/28/ransomware-groups-continue-to-target-healthcare-critical-services-heres-how-to-reduce-risk/>
- Pokudom, N. (2020). Data privacy in the digital age. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(2), 59-69. (in Thai).
- Spadafora, A. (2020). *FBI: Over \$140 million handed over to ransomware attackers*. Retrieved from <https://www.techradar.com/news/fbi-over-dollar140-million-handed-over-to-ransomware-attackers>
- Vanderlee, K. (2020). *They come in the night: Ransomware deployment trends*. Retrieved from <https://www.fireeye.com/blog/threat-research/2020/03/they-come-in-the-night-ransomware-deployment-trends.html>
- Whitman, M. E., & Mattord, H. J. (2018). *Principles of information security*. Boston: Cengage Learning.
- Wikipedia. (2020). *Timeline of computer viruses and worms*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_computer_viruses_and_worms
- Young, A. L., & Yung, M. (1996). Cryptovirology: Extortion-based security threats and countermeasures. *IEEE Symposium on Security & Privacy* (pp. 129-141). Oakland: IEEE.



เครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ Instruments for Assessing Fall Risk Factors in Aging

อภิญญา พาสล¹ และอุไร ขลุ่ยนาค¹

Apiruedee Papol¹ and Urai khluenak¹

¹คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Nursing, Eastern Asia University

Received: September 25, 2020

Revised: February 11, 2021

Accepted: February 15, 2021

บทคัดย่อ

ปัญหาการหกล้มในผู้สูงอายุเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อร่างกาย จิตใจ สังคม และเศรษฐกิจต่อตัวผู้สูงอายุและครอบครัว สิ่งสำคัญอันดับแรกของการป้องกันการหกล้มในผู้สูงอายุ คือ การประเมินปัจจัยเสี่ยง โดยการใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพผ่านการทดสอบความสามารถในการทำนายการหกล้ม และมีความเหมาะสมกับกลุ่มผู้ป่วย หน่วยงาน เครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ มีหลายเครื่องมือ แต่เครื่องมือที่นำมากล่าวถึงในที่นี้ ได้แก่ Morse Fall Scale--MFS, The STRATIFY falls risk และ The Hendrich II fall risk Model ผลการเปรียบเทียบพบว่า ประเมินของ Morse Fall Scale มีความไวสูงที่สุด ส่วน The Hendrich II fall risk Model มีความไวแบบเฉพาะเจาะจงสูงที่สุด และ Morse Fall Scale มีความไวแบบเฉพาะเจาะจงรองลงมา และเมื่อพิจารณาการนำไปใช้กับผู้สูงอายุ การใช้แบบประเมินทั้ง 3 พยาบาลหรือเจ้าหน้าที่ต้องพิจารณาปัจจัยเสี่ยงต่อการหกล้มของผู้สูงอายุในบริบทของตนเอง เพราะแบบประเมินทั้ง 3 มุ่งเน้นประเมินปัจจัยเสี่ยงที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: การหกล้ม เครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้ม ผู้สูงอายุ

Abstract

Falls in elderly are causing problems to physical psychological and economy and their family. The important step for fall prevention in older persons are assessing fall risk factors by using effective tools which proven can predicting falls and groups of these patients and organization. The tools for assessing fall risk factors in old persons are varied but the instruments in these mentioned are Morse Fall Scale--MFS, The STRATIFY falls risk and The Hendrich II fall risk Model. The comparison of tools for assessment fall risk are fall Morse Fall Scale is most sensitivity but The Hendrich II fall risk Model is high sensitivity and Morse Fall Scale is in second sensitivity of fall tool. Considering for using these three fall risk tools in aging nurses and healthcare personel have to concerning about Fall risk factors in their unit because the three assessment tools are different focus on assessing fall risk factors.

Keywords: fall, fall risk tool, aging



บทนำ

คำจำกัดความของการหกล้ม

เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่คาดคิดมาก่อนและเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดโดยไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้ร่างกายทรุดลงนั่งหรือนอนกับพื้นในระดับเดียวกันหรือตกลงไปสู่ระดับที่ต่ำกว่าโดยอาจปะทะกับสิ่งของต่าง ๆ ก่อนหรือหลังการสัมผัสพื้นได้ (Krauss et al., 2005)

ความชุกและอุบัติการณ์ของการหกล้มในผู้สูงอายุ

จำนวนครั้งของการพลัดตกหกล้มมีความสัมพันธ์กับอายุที่เพิ่มขึ้น โดยอายุที่มากขึ้นทำให้เสี่ยงต่อการหกล้มเพิ่มมากขึ้นทั้งหญิงและชาย เนื่องจากกระบวนการเสื่อมตามวัย อายุที่มากขึ้นทำให้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายเสื่อมถอย โดยเฉพาะอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น การเดินและการทรงตัว และผู้สูงอายุมักจะมีการเจ็บป่วยเรื้อรังต้องใช้ยาหลายชนิด ทำให้ผู้สูงอายุมีความเสี่ยงที่จะเกิดการหกล้ม (Ünal & Özdemir, 2019) โดยเฉพาะผู้ที่มียาอายุมากกว่าหรือเท่ากับ 65 ปี (Aranda-Gallardo et al., 2013) พบว่า ร้อยละ 70 ของผู้สูงอายุเคยหกล้มอย่างน้อย 1 ครั้งในรอบปีที่ผ่านมา และจำนวนร้อยละ 10 มีการหกล้มมากกว่า 1 ครั้ง (Teixeira, Andrade, Santos & Caires, 2019) และจากจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มขึ้น จึงทำให้การหกล้มในผู้สูงอายุเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ

จากข้อมูลสถิติมีผู้สูงอายุร้อยละ 20-33 ต่อปี มีประสบการณ์การหกล้ม และเมื่ออายุเพิ่มสูงขึ้น อัตราการหกล้มก็จะยิ่งมากขึ้น โดยสัดส่วนการหกล้มของผู้สูงอายุชายมากกว่าผู้สูงอายุหญิง (Peel, 2011) และยังพบอีกว่าผู้สูงอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไปจะมีแนวโน้มหกล้มร้อยละ 28-35 ต่อปีและจะเพิ่มเป็นร้อยละ 32-42 เมื่อก้าวเข้าสู่ปีที่ 70 เป็นต้นไป ดังนั้นความเสี่ยงของการหกล้มจะยิ่งมากขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น โดยเฉพาะผู้ที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงหรือมีโรคประจำตัว เช่น อัมพฤกษ์ อัมพาต หรือมีปัญหาเรื่องการทรงตัว ประเทศไทยมีผู้เสียชีวิตจากการพลัดตกหกล้ม ปีละกว่า 2,000 คน เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเกือบครึ่งเป็นผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปซึ่งความเสี่ยงของการพลัดตกหกล้มเพิ่มสูงขึ้นตามอายุ และพบในเพศชายสูงกว่าเพศหญิงกว่า 3 เท่า (Strategy and Planning Division Ministry of Public Health, 2015)

เมื่อผู้สูงอายุหกล้มจะเกิดผลกระทบที่เกิดจากการหกล้ม ทำให้ร่างกายบาดเจ็บ เกิดความพิการและเสียชีวิตตามมา (Cameron et al, 2012) ร้อยละ 40.5 ของผู้สูงอายุได้รับผลกระทบจากการหกล้มในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา (Vu et al, 2020) การศึกษาที่ผ่านมาของ Tsai et al. (2014) พบว่า ผู้สูงอายุที่ได้รับผลกระทบจากการหกล้มมีถึงร้อยละ 72.2 ผลจากการหกล้มมีตั้งแต่ระดับเล็กน้อยจนถึงรุนแรง ผลจากการหกล้มในผู้สูงอายุเป็นเหตุไปสู่การเสียชีวิตและ

เกิดความพิการก่อนวัยอันควร เนื่องจากเป็นสาเหตุทำให้บาดเจ็บได้ในระดับปานกลางถึงระดับรุนแรง การบาดเจ็บที่พบมากที่สุด คือ กระดูกหัก ร้อยละ 74.8 และต้องพักรักษาตัวในโรงพยาบาล ส่วนใหญ่ไม่สามารถกลับไปใช้ชีวิตหรือทำงานได้ตามปกติ ความสามารถในการทำงานและคุณภาพชีวิตลดลง (Ismail, El Sibai, Dakessian, Bachir & El Sayed, 2020) เมื่อพิจารณาความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ ดังที่ได้กล่าวมา เราพอสรุปปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการหกล้มในผู้สูงอายุได้ ดังนี้

ปัจจัยที่มีผลต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการหกล้ม ประกอบด้วย ปัจจัยภายใน (intrinsic factors) และปัจจัยภายนอก (extrinsic factors)

ปัจจัยภายใน (intrinsic factors) ที่มีผลต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ประกอบด้วย อายุ (Lim et al., 2013; Stevens, Mahoney & Ehrenreich., 2014) โดยพบว่าอายุที่เพิ่มมากขึ้นมีผลต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ จากการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีอายุมากกว่า 60 ปี มีการหกล้มถึงร้อยละ 96.7 (Lim et al., 2013; Nascimento & Tavares, 2016)

จากการศึกษาของ Lim et al. (2013) พบว่า การหกล้มส่วนใหญ่เกิดในผู้หญิงมีประสบการณ์การการหกล้มถึงร้อยละ 53.6 สอดคล้องกับการศึกษาของ Nascimento et al., (2016) ที่พบว่า เพศหญิงหกล้มสูงกว่าเพศชาย และปัญหาการเดินและการทรงตัว (Taylor, Lord, Delbaere, Mikolaizak & Close, 2012; Shi et al., 2014; Gale, Cooper & Aihie, 2016) โดยพบว่า การเสียความสมดุลในการทรงตัวและการทำงานของกล้ามเนื้อทำให้ผู้สูงอายุมีความเสี่ยงต่อการหกล้มเพิ่มสูงขึ้น (Gale et al., 2016) นอกจากนี้ปัญหาการกลัวการหกล้ม (Moniz-Pereira et al., 2013; Shi et al., 2014) รวมทั้งการมีประวัติการหกล้ม (Ranaweera, Fonseka, PattiyaArachchi & Siribaddana, 2013; Nicklett, Lohman & Smith, 2017) พบว่า ผู้สูงอายุที่หกล้ม เคยมีประวัติการหกล้มในช่วงปีที่ผ่านมา เมื่อศึกษาถึงปัจจัยการทํานายการหกล้มยังพบอีกว่าประวัติการหกล้มที่ผ่านมาของผู้สูงอายุมีความสัมพันธ์กับการหกล้มอย่างมี

นัยสำคัญ (Ranaweera et al., 2013) นอกจากนี้ยังพบว่า การมีโรคประจำตัว ส่งผลให้ผู้สูงอายุเกิดการหกล้มได้เพิ่มขึ้นอีกด้วย (Shi et al., 2014; Talarska et al., 2017) ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่พบ ได้แก่ ความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวัน (Jivaviroj & Phutthikhamin, 2013; de Brito Vieira et al., 2016) การได้รับยา (Moniz-Pereira et al., 2013) เป็นต้น

ส่วนปัจจัยภายนอก (extrinsic factors) ได้แก่ สภาพบ้านที่ไม่ปลอดภัย (Jamebozorgi, Kavooosi, Shafiee, Kahlaee & Raei, 2013) บ้านยกพื้นสูง (Ranaweera et al., 2013) แสงสว่างไม่เพียงพอ (Lim et al., 2013) โดยพบว่า การหกล้มของผู้สูงอายุส่วนใหญ่ ร้อยละ 60 เกิดขึ้นในบ้าน ที่ห้องนอนหรือในห้องน้ำนอน (Teixeira et al., 2019) ซึ่งส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับปัญหาความสามารถในการทรงตัว โดยปัญหาการหกล้มมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง

เมื่อมีปัจจัยเสี่ยงต่อการหกล้มเพิ่มมากขึ้น ปัญหาการหกล้มก็จะเพิ่มมากขึ้นไปด้วย (Jivaviroj et al., 2013) ปัจจัยเสี่ยงเหล่านี้ไม่ได้ส่งผลต่อการหกล้มโดยตรงแต่จะสามารถช่วยระบุผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงและให้การเฝ้าระวังเพื่อช่วยเหลือได้ โดยใช้เครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ ดังนี้

เครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ

เมื่อพิจารณาข้อมูลเครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุพบว่า มีเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงกับผู้สูงอายุหลายเครื่องมือ แต่คุณลักษณะที่ดีของแบบประเมินควรมีองค์ประกอบ ดังนี้ คือ (1) พัฒนามาจากหน่วยงานที่คล้ายคลึงกัน (2) มีความไวและความจำเพาะสูง (high sensitivity and specificity) และมีความสอดคล้องตรงกัน (interrater reliability) (3) มีการแสดงตารางและอธิบายการใช้ชัดเจน (4) ใช้เวลาในการประเมินเหมาะสม และ (5) มีการกำหนดค่าคะแนนเริ่มต้นที่ต้องปฏิบัติตามกิจกรรมการพยาบาล (Perell et al., 2001) นอกจากนี้ เครื่องมือที่มีความตรงในการวัด สามารถระบุความเสี่ยงได้ตรงกันเสมอ มีความชัดเจน ใช้งานง่าย เข้าใจง่าย สะดวกและใช้เวลาในการประเมินไม่นาน และมีความ

เหมาะสมกับคลินิกหรือหอผู้ป่วย (Photharos, 2016) นอกจากนี้ Perell et al. (2001) ยังพบว่า ลักษณะของกลุ่มผู้สูงอายุที่จะนำเครื่องมือไปประเมินต้องคล้ายคลึงกับกลุ่มผู้สูงอายุที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ แบบฟอร์มของเครื่องมือบันทึกได้ง่ายและใช้เวลาน้อย และเกิดแนวทางที่จะนำไปสู่การป้องกันการหกล้มได้

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ พบว่า มีเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มที่ใช้นิยมนำมาใช้ในผู้สูงอายุ ได้แก่ Morse Fall Scale--MFS, The STRATIFY falls risk, The Hendrich II fall risk Model โดยมีรายละเอียดของเครื่องมือ ดังนี้

1. Morse Fall Scale--MFS มี Morse, Morse และ Tylko เป็นผู้พัฒนาเครื่องมือ ในปี 1989 (Morse, Morse & Tylko, 1989) ในกลุ่มตัวอย่าง 100 คนที่หกล้ม และกลุ่มตัวอย่างอีก 100 คนที่ไม่หกล้ม พบค่า sensitivity = 78%, positive predictive value = 10.3%, negative predictive value = 99.2%

เครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมใช้ในสถานพยาบาลช่วงเฉียบพลันรวมทั้งการดูแลระยะยาว (Morse, 2006) ประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับ ประวัติการหกล้ม ได้รับการวินิจฉัยโรคมากกว่า 1 โรค การใช้เครื่องช่วยเดิน มีสายน้ำเกลือ การเดิน/ การเคลื่อนย้ายตนเอง การรับรู้ ข้อ 1 2 4 และ 6 ประเมินโดยการเลือกตอบ ใช่/ ไม่ใช่ ถ้าตอบ “ไม่” ค่าคะแนน คือ 0 คะแนน ในขณะที่ตอบ “ใช่” ค่าคะแนน คือ 15 (ข้อ 2 และ 6), 20 (ข้อ 4) หรือ 25 (ข้อ 1) คำตอบในข้อ 3 ถ้าตอบว่านอนติดเตียง/ ต้องการพยาบาลช่วย/ ใช้รถเข็น (0 คะแนน) ใช่ไม่เท้า/ ไม่ค้ำยัน/ คอกช่วยเดิน (15 คะแนน) หรือเดินโดยเกาะเฟอร์นิเจอร์ (30 คะแนน) และข้อ 5 ถ้าตอบว่าเดินปกติ/ นอนเตียง/ ไม่ขยับตัว (0 คะแนน), เดินท่าโค้งไปหน้า ก้าวเท้าสั้น ๆ (10 คะแนน) และท่าเดินผิดปกติ (ลูกลำบาก เดินก้มหน้า) (20 คะแนน) คะแนนรวมทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0-125 คะแนน 0-24 หมายถึง ไม่มีความเสี่ยงต่อการหกล้ม, คะแนน 25-50 หมายถึง มีความเสี่ยงต่อการหกล้มต่ำ และคะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 51 หมายถึง มีความเสี่ยงต่อการหกล้มสูง

2. The STRATIFY falls risk ได้ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดย Oliver et al. ในปี 1997 (Oliver, Britton, Seed, Martin & Hopper 1997) ทำการศึกษาที่ประเทศอังกฤษ เพื่อใช้ทำนายการหกล้มในโรงพยาบาล ใช้ประเมินในกลุ่มผู้สูงอายุที่เจ็บป่วย โดยศึกษาอำนาจในการทำนายความเสี่ยงของ The STRATIFY falls risk ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ สำหรับการศึกษาในระยะที่ 2 ซึ่งศึกษาในผู้สูงอายุ (อายุ 65 ปีขึ้นไป) ทั้งหมด 395 คน ผลการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยมีการหกล้ม 71 ครั้ง และที่คะแนน cut-off ≥ 2 sensitivity = 93.0%, specificity = 88%, positive predictive validity = 62.3, negative validity = 98.3, odds ratio 93.7 ($p < 0.001$) นอกจากนี้การศึกษาในระยะที่ 3 ในผู้สูงอายุ (อายุ 65 ปีขึ้นไป) จำนวน 331 คน ผลการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยมีการหกล้ม 79 ครั้ง และที่คะแนน cut-off ≥ 3 พบว่า sensitivity = 54.4%, specificity = 87.6%, positive predictive validity = 48.9, negative predictive validity = 89.8, odds ratio 8.4 ($p < 0.001$)

เครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เกี่ยวกับความสามารถในการเคลื่อนย้ายจากเตียงไปเก้าอี้ (capability when transferring from a bed to chair) และการเคลื่อนไหว (mobility) ส่วนที่ 2 เกี่ยวกับการหกล้มในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา ความบกพร่องในการมองเห็น (visually impaired) ภาวะหงุดหงิดงุ่นง่าน (agitated) และการเข้าห้องน้ำบ่อย (frequent toileting) การให้คะแนน ส่วนที่ 1 ระดับคะแนน 0-3 ส่วนที่ 2 ถ้าตอบว่าใช่ ให้ 1 คะแนนถ้าตอบว่าไม่ ให้ 0 คะแนน

3. The Hendrich II fall risk Model ได้รับการพัฒนา Hendrich, Nyhuis, Kippenbrock & Soja ในปี 1995 (Hendrich, Nyhuis, Kippenbrock & Soja, 1995) ทำการศึกษากลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มผู้ป่วยที่หกล้มและไม่หกล้มในอัตราส่วน 1:2 ในช่วงเดือนเดียวกัน ได้กลุ่มตัวอย่างที่หกล้มจำนวน 102 คน และไม่หกล้มจำนวน 236 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือที่ปรับปรุงมาจากเครื่องมือของ Hendrich ในปี 1988 ซึ่งมีปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการหกล้มทั้งหมด 22 ปัจจัย ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.97 จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการ

หกล้มมี 7 ปัจจัย จากการวิเคราะห์ได้ sensitivity=77%, specificity=72%

เครื่องมือประเมิน 8 ปัจจัย คือ (1) มีภาวะสับสน/มึนงง (4 คะแนน) (2) มีภาวะซึมเศร้า (2 คะแนน) (3) มีอาการวิงเวียนบ้านหมุน (1 คะแนน) (4) การขับถ่ายเปลี่ยนแปลง (1 คะแนน) (5) ได้รับยากลุ่มกันชัก (2 คะแนน) (6) ได้รับยากลุ่ม benzodiazepine (1 คะแนน) (7) เพศชาย (1 คะแนน) (8) ความสามารถในการเคลื่อนไหวทรงตัวจากท่านั่งเป็นยืน แบ่งเป็นลุกได้ทันทีด้วยตัวเอง (1 คะแนน) ผลักตัวเองแล้วลุก 1 ครั้ง (1 คะแนน) ออกแรงผลักมากกว่า 1 จนลุกได้ (3 คะแนน) และไม่สามารถลุกได้เองต้องมีคนช่วย (4 คะแนน) เกณฑ์การแปลผล คือ คะแนนน้อยกว่า 5 คือ ระดับความเสี่ยงต่ำ และคะแนน

มากกว่าหรือเท่ากับ 5 คือ ระดับความเสี่ยงสูงเครื่องมือจะประกอบด้วย 10 ปัจจัยเสี่ยง ได้แก่ เพศ อายุที่เพิ่มมากขึ้น การมองเห็นบกพร่อง การรับรู้บกพร่อง การเคลื่อนที่บกพร่อง มีโรคเรื้อรัง มีการใช้ยา มีประวัติการหกล้ม และสภาพที่อยู่อาศัย คะแนนรวม 4-11 เสี่ยงต่อการหกล้ม

เปรียบเทียบเครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ

ผู้ศึกษาได้นำข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมมาเปรียบเทียบรายละเอียดของเครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้ม รายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1

เปรียบเทียบเครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ

หัวข้อ	Morse Fall Scale--MFS	The STRATIFY falls risk	The Hendrich II fall risk model
องค์ประกอบของเครื่องมือ	ประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับประวัติการหกล้ม ได้รับการวินิจฉัยโรคมากกว่า 1 โรค การใช้เครื่องช่วยเดิน มีสายน้ำเกลือ การเดิน/การเคลื่อนย้ายตนเอง การรับรู้ ข้อ 1 2 4 และ 6 ประเมินโดยการเลือกตอบ ใช่/ไม่ใช่ ถ้าตอบ “ไม่” ค่าคะแนนคือ 0 คะแนน ในขณะที่ตอบ “ใช่” ค่าคะแนน คือ 15 (ข้อ 2 และ 6), 20 (ข้อ 4) หรือ 25 (ข้อ 1) คำตอบในข้อ 3 ถ้าตอบว่านอนติดเตียง/ต้องการพยาบาลช่วย/ใช้รถเข็น (0 คะแนน) ใช่ ไม่เท้า/ไม่ค้ำยัน/คอกช่วยเดิน (15 คะแนน) หรือเดินโดยเกาะเฟอร์นิเจอร์ (30 คะแนน) และข้อ 5 ถ้าตอบว่าเดินปกติ/นอนเตียง/ไม่ขยับตัว (0 คะแนน) เดินท่าไค้งไปหน้า ก้าวเท้าสั้นๆ (10 คะแนน) และท่าเดินผิดปกติ (ลุกลำบาก เดินก้มหน้า) (20 คะแนน)	ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เกี่ยวกับความสามารถในการเคลื่อนย้ายจากเตียงไปเก้าอี้ (capability when transferring from a bed to chair) และการเคลื่อนไหว (mobility) ส่วนที่ 2 เกี่ยวกับการหกล้มในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา ความบกพร่องในการมองเห็น (visually impaired) ภาวะหงุดหงิดฉุนฉาง (agitated) และการเข้าห้องน้ำบ่อย (frequent toileting)	ประกอบด้วย 8 ปัจจัย คือ (1) มีภาวะสับสน/มึนงง (4 คะแนน) (2) มีภาวะซึมเศร้า (2 คะแนน) (3) มีอาการวิงเวียนบ้านหมุน (1 คะแนน) (4) การขับถ่ายเปลี่ยนแปลง (1 คะแนน) (5) ได้รับยากลุ่ม กันชัก (2 คะแนน) (6) ได้รับยากลุ่ม benzodiazepine (1 คะแนน) (7) เพศชาย (1 คะแนน) (8) ความสามารถในการเคลื่อนไหวทรงตัวจากท่านั่งเป็นยืน แบ่งเป็นลุกได้ทันทีด้วยตัวเอง (1 คะแนน) ผลักตัวเองแล้วลุก 1 ครั้ง (1 คะแนน) ออกแรงผลักมากกว่า 1 จนลุกได้ (3 คะแนน) และไม่สามารถลุกได้เองต้องมีคนช่วย (4 คะแนน)

ตาราง 1 (ต่อ)

หัวข้อ	Morse Fall Scale--MFS	The STRATIFY falls risk	The Hendrich II fall risk model
แปลผลระดับความเสี่ยง	คะแนนรวมทั้งหมดยุ่ใน ช่วง 0-125 คะแนน 0-24 หมายถึง ไม่มีความเสี่ยงต่อการหกล้ม, คะแนน 25-50 หมายถึง มีความเสี่ยงต่อการหกล้มต่ำ และคะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 51 หมายถึง มีความเสี่ยงต่อการหกล้มสูง	การให้คะแนน ส่วนที่ 1 ระดับคะแนน 0-3 ส่วนที่ 2 ถ้าตอบว่าใช่ ให้ 1 คะแนนถ้าตอบว่าไม่ ให้ 0 คะแนน แบ่งระดับคะแนนเสี่ยง 2 ระดับ โดยคะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 2 หมายถึง มีระดับความเสี่ยงต่อการหกล้มสูง	คะแนนน้อยกว่า 5 คือ ระดับความเสี่ยงต่ำ และคะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 5 คือ ระดับความเสี่ยงสูง
ผลการศึกษาของเครื่องมือในกลุ่มผู้สูงอายุ	- ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่พักรักษาตัวในโรงพยาบาล พบว่า ค่า specificity ร้อยละ 51, sensitivity ร้อยละ 72%, positive predictive value ร้อยละ 38, negative predictive value ร้อยละ 81 และ accuracy ร้อยละ 57 (Eagle et al., 1999) - ศึกษาในผู้ที่มีอายุระหว่าง 17-100 ปี ในประเทศจีน จำนวน 954 คน พบว่า ค่า sensitivity ร้อยละ 31 และ specificity ร้อยละ 83 cut-off point อยู่ที่ 45 ค่า inter-rater reliability ดี ค่า ICC 0.97 (95%CI 0.94-0.98) มีความความเที่ยงและความแม่นยำของเครื่องมืออยู่ในระดับสูง (ICC=0.98) (Chow et al., 2007)	- ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างในสถานพักฟื้น พบว่า sensitivity และ specificity ของเครื่องมือค่อนข้างต่ำ โดยพบว่าที่ cut-off=2 sensitivity ร้อยละ 66 และ specificity ร้อยละ 47 และการทดสอบ Interrater reliability =0.74 (Coker & Oliver, 2003)	- ศึกษาในผู้หกล้มและไม่หกล้มในอัตราส่วน 1:2 ในช่วงเวลาเดียวกัน ได้กลุ่มตัวอย่างที่หกล้มจำนวน 102 คน และไม่หกล้มจำนวน 236 คน ได้ค่า sensitivity ร้อยละ 77 และ specificity ร้อยละ 72 (Hendrich et al., 1995) - ศึกษาเปรียบเทียบเครื่องมือทั้งสามชนิด ได้แก่ Morse Fall Scale--MFS, The STRATIFY falls risk, The Hendrich II fall risk Model พบว่า Morse Fall Scale มี sensitivity สูงที่สุด คือ ร้อยละ 88 ส่วน The Hendrich II fall risk Model มี specificity สูงที่สุด คือ ร้อยละ 61.5 และ Morse Fall Scale มีความไวแบบเฉพาะเจาะจงรองลงมา คือ ร้อยละ 48.3 (Kim, Lee & Eom, 2008)

จากการเปรียบเทียบเครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้ม พบว่า เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้ม ทั้ง Morse Fall Scale, The STRATIFY falls risk และ The Hendrich II fall risk Model ถูกพัฒนามาจากลักษณะและปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการหกล้มของผู้สูงอายุในโรงพยาบาล โดยศึกษาจากรายงานหรืออุบัติการณ์ของผู้ป่วยในช่วงนั้น ๆ แบบประเมินเป็นแบบประเมินปัจจัยภายในหรือปัจจัยที่มาจากลักษณะการเจ็บป่วยของผู้ป่วยเอง จึงทำให้การนำไปใช้อาจมีข้อจำกัดอยู่บ้างเนื่องจากจะไม่ครอบคลุมปัจจัยภายนอกที่ส่งผลให้เกิด

การหกล้ม เช่น สภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย ผู้สูงอายุมีปัจจัยที่สัมพันธ์กับการหกล้มที่เกิดได้จากหลากหลายสาเหตุซึ่งไม่ใช่ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง กล่าวโดยสรุป คือ Morse Fall Scale--MFS เครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมใช้ในสถานพยาบาลทั้งช่วงเฉียบพลันและการดูแลระยะยาว มีแนวโน้มไปใช้ปฏิบัติได้ในระดับมาก เนื่องจากรูปแบบประเมินที่มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่ต้องการคำตอบ ใช่/ไม่ใช่ ส่วน The STRATIFY falls risk เป็นเครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือที่ประเมินได้ง่าย ใช้เวลาไม่นาน เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่อยู่ในหอผู้ป่วย ที่มีการเคลื่อนย้าย ทำกิจกรรม

และ The Hendrich II fall risk model เครื่องมือนี้มีรูปแบบตารางที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้ปฏิบัติงานและง่ายต่อการประเมินซ้ำ โดยมีตารางไว้ให้ในแต่ละเวอร์ การนำเครื่องมือประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มในซีให้เหมาะสมกับบริบทของผู้สูงอายุย่อมนำไปสู่การทำนายการหกล้มและป้องกันการเกิดผลกระทบต่องูสูงอายุได้

สรุป

เมื่อพิจารณาการนำไปใช้ในการประเมินผู้สูงอายุทั้ง 3 เครื่องมือ พบสรุปได้ว่าเมื่อพิจารณาการนำไปใช้กับ

ผู้สูงอายุ การใช้แบบประเมินทั้ง 3 พยาบาลหรือเจ้าหน้าที่ต้องพิจารณาปัจจัยเสี่ยงต่อการหกล้มในบริบทของตนเอง เพราะแบบประเมินทั้ง 3 มุ่งเน้นประเมินปัจจัยเสี่ยงที่แตกต่างกัน เมื่อได้แบบประเมินที่เหมาะสมกับบริบทแล้วควรมีการประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้มตั้งแต่ระยะแรก หรือตั้งแต่ผู้สูงอายุเข้ามารักษาในโรงพยาบาล หรือประเมินในผู้ป่วยที่มีการเปลี่ยนยาและหลังจากที่เกิดการหกล้ม เพื่อให้สามารถระบุตัวผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงต่อการหกล้มได้ ช่วยป้องกันปัญหาและผลกระทบที่จะเกิดกับผู้สูงอายุได้เป็นอย่างดีอีกด้วย



References

- Aranda-Gallardo, M., Morales-Asencio, J. M., Canca-Sanchez, J. C., Barrero-Sojo, S., Perez-Jimenez, C., Morales-Fernandez, A., de Luna-Rodriguez, M. E., Moya-Suarez, A. B., & Mora-Banderas, A. M. (2013). Instruments for assessing the risk of falls in acute hospitalized patients: A systematic review and meta-analysis. *BMC Health Services Research*, 13, 122. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-13-122>
- Cameron, I. D., Gillespie, L. D., Robertson, M. C., Murray, G. R., Hill, K. D., Cumming, R. G., & Kerse, N. (2012). Interventions for preventing falls in older people in care facilities and hospitals. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12, CD005465. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005465.pub3>
- Chow, S. K., Lai, C. K., Wong, T. K., Suen, L. K., Kong, S. K., Chan, C. K., & Wong, I. Y. (2007). Evaluation of the Morse Fall Scale: applicability in Chinese hospital populations. *International Journal of Nursing Studies*, 44(4), 556–565. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2005.12.003>
- Coker, E., & Oliver, D. (2003). Evaluation of the STRATIFY falls prediction tool on a geriatric unit. *Outcomes Management*, 7(1), 8–16.
- de Brito Vieira, C. P., Saraiva Rocha, A. C., Alves Chrystiany Plácido de Brito Vieira, G. M., Alves de Carvalho, G. M., Silva Sales, J. E., Barros Araújo Luz, M. H., & Fortes Figueiredo, M. L. (2016). Risk factors associated with falls in elderly. *Journal of Nursing UFPE/Revista De Enfermagem UFPE*, 10(11), 4028-4035. doi:10.5205/reuol.9881-87554-1-EDSM1011201626
- Eagle, D. J., Salama, S., Whitman, D., Evans, L. A., Ho, E., & Olde, J. (1999). Comparison of three instruments in predicting accidental falls in selected inpatients in a general teaching hospital. *Journal of Gerontological Nursing*, 25(7), 40–45. <https://doi.org/10.3928/0098-9134-19990701-14>

- Gale, C. R., Cooper, C., & Aihie Sayer, A. (2016). Prevalence and risk factors for falls in older men and women: The english longitudinal study of ageing. *Age and Ageing*, 45(6), 789–794. <https://doi.org/10.1093/ageing/afw129>
- Hendrich, A., Nyhuis, A., Kippenbrock, T., & Soja, M. E. (1995). Hospital falls: Development of a predictive model for clinical practice. *Applied Nursing Research: ANR*, 8(3), 129–139. [https://doi.org/10.1016/s0897-1897\(95\)80592-3](https://doi.org/10.1016/s0897-1897(95)80592-3)
- Ismail, R. A., El Sibai, R. H., Dakessian, A. V., Bachir, R. H., & El Sayed, M. J. (2020). Fall related injuries in elderly patients in a tertiary care centre in Beirut, Lebanon Fall-related Injuries in Elderly Patients: A descriptive study from the emergency department of a tertiary care center in Beirut, Lebanon. *Journal of Emergencies Trauma Shock*, 13(2), 142-145. <http://www.onlinejets.org/text.asp?2020/13/2/142/286241>
- Jamebozorgi, A. A., Kavooosi, A., Shafiee, Z., Kahlaee, A. H., & Raei, M. (2013). Investigation of the prevalent fall-related risk factors of fractures in elderly referred to Tehran hospitals. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, 27(1), 23–30.
- Jivaviroj, A., & Phutthikhamin, N. (2013). The study of fall risk in stroke patients in rehabilitation phase. *North-Eastern Thai Journal of Neuroscience*, 8(2), 26-34. (in Thai)
- Kim, E. K., Lee, J. C., & Eom, M. R. (2008). Falls risk factors of inpatient. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 38(5), 676–684. <https://doi.org/10.4040/jkan.2008.38.5.676>
- Krauss, M. J., Evanoff, B., Hitcho, E., Ngugi, K. E., Dunagan, W. C., Fischer, I., Birge, S., Johnson, S., Costantinou, E., & Fraser, V. J. (2005). A case-control study of patient, medication, and care-related risk factors for inpatient falls. *Journal of general internal medicine*, 20(2), 116–122. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1497.2005.40171.x>
- Lim, K. H., Jasvinder, K., Normala, I., Ho, B. K., Yau, W. K., Mohmad, S., Lai, W. Y., & Sherina, M. S., (2014). Risk factors of home injury among elderly people in Malaysia. *Asian Journal of Gerontology & Geriatrics*, 9(1), 16-20. <http://psasir.upm.edu.my/id/eprint/35282/>.
- Moniz-Pereira, V., Carnide, F., Ramalho, F., André, H., Machado, M., Santos-Rocha, R., & Veloso, A. P. (2013). Using a multifactorial approach to determine fall risk profiles in Portuguese older adults. *Acta Reumatologica Portuguesa*, 38(4), 263–272.
- Morse J. M. (2006). The modified Morse fall scale. *International Journal of Nursing Practice*, 12(3), 174–175. <https://doi.org/10.1111/j.1440-172X.2006.00573.x>
- Morse, J. M., Morse, R., & Tylko, S. (1989). Development of a scale to identify the fall-prone patient. *Canadian Journal on Aging/ La Revue Canadienne Du Vieillessement*, 8(4), 366-377. doi:10.1017/S0714980800008576

- Nascimento, J. S., & Tavares D. M. S. (2016). Prevalence and factors associated with falls in the elderly. *Texto & Contexto-Enfermagem*, 25(2), 1-9. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-07072016000360015>.
- Nicklett, E. J., Lohman, M. C., & Smith, M. L. (2017). Neighborhood environment and falls among community-dwelling older adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(2), 175. <https://doi.org/10.3390/ijerph14020175>
- Oliver, D., Britton, M., Seed, P., Martin, F. C., & Hopper, A. H. (1997). Development and evaluation of evidence based risk assessment tool (STRATIFY) to predict which elderly inpatients will fall: Case-control and cohort studies. *British Medical Journal (Clinical Research ed.)*, 315(7115), 1049–1053. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7115.1049>
- Peel, N. (2011). Epidemiology of falls in older age. *Canadian Journal on Aging/La Revue Canadienne Du Vieillissement*, 30(1), 7-19. doi:10.1017/S071498081000070X.
- Perell, K. L., Nelson, A., Goldman, R. L., Luther, S. L., Prieto-Lewis, N., & Rubenstein, L. Z. (2001). Fall risk assessment measures: An analytic review. The journals of Gerontology. Series A, *Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(12), 761–766. <https://doi.org/10.1093/gerona/56.12.m761>
- Photharos, N. (2016). Measurement of health-related quality of life. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 10(3), 36-43. (in Thai)
- Ranaweera, A. D., Fonseka, P., PattiyaArachchi, A., & Siribaddana, S. H. (2013). Incidence and risk factors of falls among the elderly in the District of Colombo. *The Ceylon Medical Journal*, 58(3), 100–106. <https://doi.org/10.4038/cmj.v58i3.5080>
- Shi, J., Zhou, B. Y., Tao, Y. K., Yu, P. L., Zhang, C. F., Qin, Z. H., & Sun, Z. Q. (2014). Incidence and associated factors for single and recurrent falls among the elderly in an urban community of Beijing. *Biomedical and Environmental Sciences: BES*, 27(12), 939–949. <https://doi.org/10.3967/bes2014.134>.
- Stevens, J. A., Mahoney, J. E., & Ehrenreich, H. (2014). Circumstances and outcomes of falls among high risk community-dwelling older adults. *Injury Epidemiology*, 1(5), 5. <https://doi.org/10.1186/2197-1714-1-5>
- Strategy and planning division ministry of public health. (2015). *Public health statistics: 2014*. Bangkok: The Printing Office to Assist Veterans Organization. (in Thai)
- Talarska, D., Strugała, M., Szewczyzak, M., Tobis, S., Michalak, M., Wróblewska, I., & Wieczorowska-Tobis, K. (2017). Is independence of older adults safe considering the risk of falls?. *BMC Geriatrics*, 17(1), 66. <https://doi.org/10.1186/s12877-017-0461-0>
- Taylor, M. E., Lord, S. R., Delbaere, K., Mikolaizak, A. S., & Close, J. C. (2012). Physiological fall risk factors in cognitively impaired older people: a one-year prospective study. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 34(3-4), 181–189. <https://doi.org/10.1159/000343077>

- Teixeira, D. K., Andrade, L. M., Santos, J. L. P., & Caires, E. S., (2019). Falls among the elderly: Environmental limitations and functional losses. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 22(3), e1-10. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-22562019022.180229>.
- Tsai, L., Tsay, S., Hsieh, R., Yu, S., Tsai, J., Chien, H., & Liu, S. (2014). Fall injuries and related factors of elderly patients at a medical center in Taiwan. *International Journal of Gerontology*, 8(4), 203-208. doi: 10.1016/j.ijge.2013.10.007.
- Ünal, E., & Özdemir, A. (2019). Old Age and Aging, In P. Milchev CHERNOPOLSKI, N. Lukpanovna SHAPEKOVA, B. AK & B. SANÇAR (Eds.). *Recent Studies in Health Sciences* (pp. 414-424). Sofia, Bulgaria: St. Kliment Ohridski University Press, Sofia.
- Vu, H. M., Nguyen, L. H., Nguyen, H., Vu, G. T., Nguyen, C. T., Hoang, T. N., Tran, T. H., Pham, K., A Latkin, C., Xuan Tran, B., S H Ho, C., & Ho, R. (2020). Individual and environmental factors associated with recurrent falls in elderly patients hospitalized after falls. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 1-10. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072441>



ความเครียดในการขึ้นฝึกปฏิบัติงานของนักศึกษาพยาบาล

The Stress of Nursing Student Training

ฐมาพร เชี่ยวชาญ¹ และอภิฤดี พาผล¹

Tamaporn Chaiwcharn¹ and Apiruedee papol¹

¹คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Nursing, Eastern Asia University

Received: September 28, 2020

Revised: November 25, 2020

Accepted: December 2, 2020

บทคัดย่อ

นักศึกษาพยาบาลทุกคนจำเป็นต้องผ่านการฝึกภาคปฏิบัติ ในรายวิชาต่าง ๆ ให้ครบถ้วน จึงจะสำเร็จการศึกษาหลักสูตรพยาบาลศาสตรบัณฑิต ซึ่งการฝึกภาคปฏิบัติในแต่ละครั้ง นักศึกษาพยาบาลส่วนใหญ่จะมีความเครียดในระดับที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพื้นฐานการรับรู้และความสามารถในการปรับตัวของนักศึกษาพยาบาลแต่ละคน นักศึกษาพยาบาลต้องเรียนรู้และประยุกต์ความรู้ที่เรียนมาในภาคทฤษฎี นำมาใช้กับสถานการณ์จริงและทำงานร่วมกับสหสาขาวิชาชีพ ซึ่งเป็นสิ่งแวดล้อมใหม่อีกทั้งนักศึกษายังขาดประสบการณ์ในการดูแลผู้ป่วย จึงพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความเครียดของนักศึกษาพยาบาลในการขึ้นฝึกปฏิบัติงานบนหอผู้ป่วยมีหลายด้าน คือ ปัจจัยด้านความรู้และทักษะ ปัจจัยด้านสุขภาพในช่วงฝึกปฏิบัติงาน ปัจจัยด้านงานที่ได้รับมอบหมายขณะฝึกปฏิบัติ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และปัจจัยด้านอาจารย์นิเทศ ซึ่งเมื่อนักศึกษาพยาบาลเกิดความเครียดจากปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้นและไม่สามารถจัดการกับความเครียดได้ ย่อมส่งผลกระทบต่อตัวนักศึกษาทั้งทางด้านร่างกายและทางด้านจิตใจ ผลกระทบต่อครอบครัว ผลกระทบต่อสถาบันการศึกษาและสังคม ดังนั้นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องควรมีวิธีหรือมาตรการในการส่งเสริม ช่วยเหลือ และสนับสนุนให้นักศึกษาพยาบาลสามารถจัดการกับความเครียดและสามารถฝึกภาคปฏิบัติได้

คำสำคัญ: ความเครียด นักศึกษาพยาบาล การฝึกปฏิบัติ

Abstract

All nursing students are required to complete practical training in a number of subjects to complete the Bachelor of Science degree in Nursing, where each practical training session, most nursing students experience varying levels of stress depending on the basics. The perception and adaptability of each nursing student Nursing students must learn and apply theoretical knowledge, apply it to real-world situations, and work with a new multidisciplinary environment. Lack of experience in patient care, it was found that the factors affecting the stress of nursing students in nursing student s' training were several aspects, namely knowledge and skills factors, health factors during the practice, job factors. As assigned while practicing, environmental factors and supervisory factors, which when nursing students are stressed by the above factors and unable to manage stress, it will affect Impact on students both physically and mentally, family, educational institution and social impact. Be involved, there should be methods or measures to promote, assist and support nursing students to manage stress and be able to practice practical training.

Keywords: stress, nursing student, practice



บทนำ

หลักสูตรพยาบาลศาสตร์เป็นหลักสูตร 4 ปีที่มีการจัดการเรียนการสอนทั้งรายวิชาภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เพื่อให้ นักศึกษามีสมรรถนะในการเป็นพยาบาลวิชาชีพ โดยรายวิชาที่ศึกษา ได้แก่ รายวิชาศึกษาทั่วไป รายวิชา พื้นฐานวิชาชีพ และรายวิชาวิชาชีพการพยาบาล ได้แก่ การพยาบาลทั้งทฤษฎีและปฏิบัติในผู้ป่วยทุกกลุ่มอายุ ทุก ภาวะสุขภาพ ในสถานบริการสุขภาพทุกระดับ โดยทั่วไป หลักสูตรพยาบาลศาสตร์จะมีรายวิชาที่ศึกษา ประมาณ 140-150 หน่วยกิต (Liu, Rodcumdee, Jiang & Sha, 2015) ซึ่งในแต่ละสถาบันจะมีการใช้เกณฑ์มาตรฐานในการ กำหนดชั่วโมงการเรียนรู้ภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติที่แตกต่าง การจัดการเรียนการสอนของคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย มีทั้งหมด 143 หน่วยกิต เป็น วิชาปฏิบัติ 25 หน่วยกิต กำหนดชั่วโมงการฝึกภาคปฏิบัติ เท่ากับ 1,500 ชั่วโมง รายวิชาปฏิบัติ ประกอบไปด้วย รายวิชาปฏิบัติการพยาบาลพื้นฐาน ปฏิบัติการพยาบาล ผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ ปฏิบัติการพยาบาลมารดาทารก เป็นต้น (School of Nursing, Eastern Asia University, 2016)

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ สุขภาพ มีความเครียดที่สูงกว่าสาขาสังคมศาสตร์ (Kaewanun, Machana & Puyato, 2019) โดยพบว่า นักศึกษาพยาบาลมีความเครียดในระดับสูง สาเหตุของความเครียดมาจากกิจกรรมด้านการเรียน อาจเนื่องจาก หลักสูตรด้านวิทยาศาสตร์มีกระบวนการเรียนการสอนทั้ง ภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถทั้ง ด้านวิชาการและการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะกลุ่มสาขา วิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพที่เป็นวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับชีวิต และความปลอดภัยของประชาชน (Sapphaweewong et.al., 2016) นอกจากนี้ นักศึกษาพยาบาลยังถูกคาดหวังจากครอบครัวและสังคม พร้อมทั้งยังได้รับแรงกดดัน จากหลาย ๆ ด้าน จึงต้องอาศัยการปรับตัวจากสภาพการ เรียนการสอนที่มีลักษณะเฉพาะทางการพยาบาลเกี่ยวข้อง โดยตรงกับชีวิตและความปลอดภัยของผู้รับบริการ จึงได้รับ แรงกดดันจากสภาพแวดล้อมขณะฝึกปฏิบัติการพยาบาล บนหออภิบาลผู้ป่วย อีกทั้งการเรียนที่เน้นหนักทางภาค ทฤษฎีและภาคปฏิบัติ นักศึกษาพยาบาลส่วนใหญ่จะมีอายุ ระหว่าง 17-22 ปี ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนผ่านจากวัยรุ่นตอน

ปลายเข้าสู่ผู้ใหญ่อ่อนต้น มีการปรับตัวเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุก ๆ ด้าน ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ และสติปัญญา (Limthongkul & Aree-Ue, 2009) การฝึกปฏิบัติงานบนหอผู้ป่วยทำให้เกิดความเครียดแก่นักศึกษาพยาบาล เพราะการฝึกปฏิบัติงานบนหอผู้ป่วยมีความสำคัญ เนื่องจากนักศึกษาต้องนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้ไปใช้ในการเป็นพยาบาลวิชาชีพในอนาคต แหล่งที่มาของความเครียดเกิดได้ทั้งจากการจัดการเรียนการสอนและปัจจัยกระตุ้นด้านสิ่งแวดล้อมในขณะที่ฝึกปฏิบัติงาน รวมทั้งความเครียดที่เกิดจากการปฏิบัติงานร่วมกับทีมสุขภาพ (Pulido-Martos, Augusto-Landa & Lopez-Zafra, 2012)

คำจำกัดความ

ความเครียด หมายถึง การตัดสินใจภาวะเครียดของบุคคลจะต้องผ่านกระบวนการประเมินโดยใช้สติปัญญา (cognitive appraisal) เมื่อบุคคลเกิดความเครียดขึ้น แต่ละบุคคลจะตอบสนองออกเป็นความโกรธ ซึมเศร้า วิดกกังวล รู้สึกผิด หรือบางคนอาจรู้สึกท้อแท้มากกว่าความกลัว การรับรู้ที่แตกต่างกันนี้เนื่องจากแต่ละบุคคลที่มีประสบการณ์และพัฒนาการทางสติปัญญาที่จะเลือกรับรู้แตกต่างฝ่ายกันตามประสิทธิภาพในการทำงานของระบบการใช้สติปัญญาของแต่ละคนที่จะจำแนกการรับรู้สถานการณ์ที่กำลังเผชิญว่าเป็นอันตราย ความทุกข์ หรือท้าทายต่อความมั่นคงปลอดภัยของชีวิต (Lazarus & Folkman, 1984)

ระดับของความเครียด

ความเครียดแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ความเครียดระดับน้อย ระดับปานกลาง ระดับมาก (Cohen, Kamarch & Mermelstein, 1983) ดังนี้

1. ความเครียดระดับน้อย (mild stress) เป็นภาวะที่มีความเครียดอยู่เล็กน้อยพบได้ในชีวิตประจำวัน เป็นความเครียดที่เกิดมาจากเหตุการณ์เพียงเล็กน้อย เช่น พบอุปสรรคในการเดินทางไปทำงาน รอรถประจำทางนาน พลัดนัด อย่างไรก็ตามความเครียดชนิดนี้จะสิ้นสุดในเวลาอันสั้น เพียงไม่กี่วินาทีหรือไม่ถึงชั่วโมง

2. ความเครียดระดับปานกลาง (moderate stress) เป็นภาวะที่มีความเครียดรุนแรงกว่าชนิดแรก อาจเกิดเป็นชั่วโมงหรือหลายชั่วโมงจนกระทั่งเป็นวัน เช่น ความเครียดจากการทำงานหนัก ทำงานมากเกินไป ความขัดแย้งในความสัมพันธ์การเจ็บป่วยที่ไม่รุนแรงนัก ระดับความเครียดปานกลางนี้เป็นระดับที่ร่างกายและจิตใจตอบสนอง โดยการต่อสู้กับความเครียดที่มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระ พฤติกรรม อารมณ์และความนึกคิด เพื่อขจัดสาเหตุที่ทำให้เครียดหรือผ่อนคลายความเครียดลงจนกระทั่ง การเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ กลับสภาพปกติ

3. ความเครียดระดับมาก (severe stress) เป็นภาวะที่มีความเครียดอยู่ในระดับที่รุนแรง ความเครียดชนิดนี้จะแสดงอาการอยู่นานเป็นสัปดาห์เป็นเดือนหรือเป็นปี สาเหตุของความเครียดจะรุนแรงหรือมีหลายสาเหตุ เช่น ความเครียดจากการสูญเสียคู่ครอง การเจ็บป่วยร้ายแรง การสูญเสียอวัยวะของร่างกายล้มเหลวในการทำงานซึ่งเป็นผลให้ร่างกายและจิตใจพ่ายแพ้ต่อความเครียด มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางร่างกายและจิตใจอย่างเห็นได้ชัดมีพยาธิสภาพและความเจ็บป่วยเกิดขึ้นทำให้เกิดความเสียหายต่อการดำรงชีวิต

ผลกระทบที่เกิดจากความเครียด

ความเครียดในระดับต่ำ และความเครียดในระยะเวลานานจนเกินไป เป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลกระทำสิ่งต่าง ๆ อย่างกระตือรือร้น ได้ฝึกแก้ปัญหา มีความคิดสร้างสรรค์ อวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายได้มีโอกาสที่จะรับภาวะเครียดที่เกิดขึ้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะทำให้บุคคลเกิดความพึงพอใจในทักษะความสามารถของตน มีความเชื่อมั่นและภาคภูมิใจในตนเองมากขึ้น แต่ถ้าความเครียดในระดับรุนแรงหรือเกิดขึ้นเป็นระยะเวลานาน ๆ กลับก่อให้เกิดผลเสียมากมาย (Ministry of public health, 2010) ดังนี้ ผลกระทบด้านร่างกาย ได้แก่ ซิฟรแดงเร็ว ความดันโลหิตสูง เหงื่อออก เจ็บหน้าอก ปวดคอและกล้ามเนื้อหลัง ปวดศีรษะ ปวดท้อง คลื่นไส้ ตัวสั่น เหนื่อย อ่อนเพลีย ผลกระทบด้านจิตใจและอารมณ์ ได้แก่ ขาดความสนใจสิ่งรอบตัว สูญเสียความเชื่อมั่นในตนเองและความมั่นใจ ขาดสมาธิ ความระมัดระวังในการทำงานเสียไป หดหู่ท้อแท้ และ

ผลกระทบด้านพฤติกรรม เช่น เบื่ออาหาร ปัสสาวะจากสังคม ต้องพึ่งพาการดื่มสุรา สูบบุหรี่และติดสารเสพติด เป็นต้น (Gomathi, Jasmindebora & Baba, 2017)

ปัจจัยที่มีผลต่อความเครียดของนักศึกษาพยาบาล ในการขึ้นฝึกปฏิบัติงานบนหอผู้ป่วย

การขึ้นฝึกปฏิบัติบนหอผู้ป่วยเป็นประสบการณ์ครั้งแรกของนักศึกษาพยาบาล เป็นความแปลกใหม่ ทำให้เกิดความตื่นเต้น ประกอบกับต้องนำความรู้ภาคทฤษฎีมาปรับใช้ในการฝึกภาคปฏิบัติ และต้องฝึกปฏิบัติจริงกับผู้ป่วย ฝึกทักษะการแก้ปัญหา เมื่อนักศึกษาพยาบาลต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่ท้าทายความสามารถ อาจทำให้เกิดความเครียดได้ (Fukfon, Sriwichai, Chairinkhom & Tanyapansin, 2018) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความเครียดของนักศึกษาพยาบาลในการขึ้นฝึกปฏิบัติงานบนหอผู้ป่วย ประกอบไปด้วยหลายด้าน เช่น ปัจจัยที่ตัวของนักศึกษา และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจัยดังกล่าวพอจะสรุปเป็นแหล่งที่มาของความเครียดขณะฝึกปฏิบัติงานของนักศึกษาพยาบาลได้ ดังนี้

ปัจจัยด้านความรู้และทักษะ

การขาดประสบการณ์ ความสามารถในการให้การพยาบาล การขาดความรู้ในการวินิจฉัยโรคของผู้ป่วย และการไม่สามารถหาข้อมูลจากซักประวัติการเจ็บป่วยและการรักษาของผู้ป่วยที่อยู่ในความดูแล ทำให้นักศึกษาพยาบาลมีความเครียดขณะฝึกปฏิบัติงานบนหอผู้ป่วยเพิ่มสูงขึ้น (Pulido-Martos, Augusto-Landa & Lopez-Zafra, 2012) พบว่า นักศึกษาพยาบาลที่มีความเครียดสูง จะให้ข้อมูลว่าตนเองขาดความรู้และทักษะ รวมถึงการขาดประสบการณ์ในการดูแลผู้ป่วย (Kaneko & Momino, 2015) จากการขาดความรู้และทักษะดังกล่าวส่งผลให้เพิ่มความเครียดเกี่ยวกับผลการเรียนในรายวิชาปฏิบัติที่อาจจะไม่ดี กังวลว่าเกรดจะไม่ดี (Pulido-Martos, Augusto-Landa & Lopez-Zafra, 2012)

การปฏิบัติการพยาบาลภายในหอผู้ป่วย การศึกษาของ Shdaifat, Jamama and Al-Amer (2018) พบว่า

สาเหตุที่ทำให้นักศึกษาพยาบาลเครียดขณะฝึกปฏิบัติงาน คือ การดูแลผู้ป่วย การขาดประสบการณ์และขาดความสามารถในการวางแผนการดูแลผู้ป่วย และไม่รู้ว่าจะช่วยเหลือผู้ป่วยที่มีปัญหาทางด้านร่างกาย จิตใจและสังคม รวมทั้งปัญหาอื่น ๆ ปัจจัยด้านความรู้และทักษะนี้เกิดจากความกลัวในการตัดสินใจทางคลินิกและการตอบสนองที่จะเกิดขึ้นกับผู้ป่วย ส่งผลให้นักศึกษาพยาบาลเครียดขณะฝึกปฏิบัติ (Yilmaz, 2016) ซึ่งปัจจัยด้านความรู้และทักษะ ยังส่งผลต่อปัจจัยด้านสุขภาพในช่วงฝึกปฏิบัติงานได้อีกด้วย

ปัจจัยด้านสุขภาพในช่วงฝึกปฏิบัติงาน

ปัจจัยด้านนี้พบว่า มีความเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์แข็งแรงของร่างกาย สภาวะทางสรีรวิทยา ลักษณะบุคลิกภาพ การรับรู้และการแปลความหมายจากเหตุการณ์ ได้แก่ การนอนหลับพักผ่อนไม่เพียงพอ ทิวเนื่องจากไม่ได้รับประทานอาหารก่อนขึ้นฝึกปฏิบัติงาน (Lertsakornsir, 2015) และปัญหาสุขภาพอื่น ๆ ของนักศึกษาพยาบาล เช่น ภูมิแพ้ ไข้หวัด ไข้หวัดใหญ่ เป็นสิ่งที่ส่งเสริมให้เกิดความเครียดยิ่งขึ้น (Limthongkul & Aree-Ue, 2009)

ปัจจัยด้านงานที่ได้รับมอบหมายขณะฝึกปฏิบัติ

ในการฝึกปฏิบัติงานบนหอผู้ป่วย นักศึกษาพยาบาลนอกจากจะต้องปฏิบัติตามการพยาบาลตามทักษะที่กำหนดไว้ในรายวิชาปฏิบัติต่าง ๆ แล้ว นักศึกษายังต้องมีการวางแผนการพยาบาล และเขียนรายงานส่ง เพื่อให้ครอบคลุมการดูแลผู้ป่วยแบบองค์รวม อีกทั้งการปฏิบัติการพยาบาลบนหอผู้ป่วยต้องการร่วมทำกิจกรรมประชุมก่อนและหลังการพยาบาล (pre-post conference) ร่วมกับอาจารย์นิเทศ และเจ้าหน้าที่ที่หอผู้ป่วย เพื่อเป็นการประชุมปรึกษาร่วมกันในการวางแผนการพยาบาลผู้ป่วย (School of Nursing, Eastern Asia University, 2016) ซึ่งการร่วมกิจกรรม Pre-Post Conference การเขียนรายงานแผนการพยาบาลผู้ป่วยประจำวันรายบุคคล ปัจจัยที่มีผลต่อความเครียดของนักศึกษาพยาบาล และปัจจัยที่มีผลต่อความเครียดมาก คือ ขาดการศึกษาเรื่องพยาธิสภาพของโรคอย่างลึกซึ้ง การอ่าน ศัพท์ทางการแพทย์ไม่เข้าใจ (Homsombut, Aphateeraphong, Khakhuen &

Oungsakul, 2018) โดยนักศึกษาพยาบาลจะรู้สึกเครียดมากที่สุดในเรื่องการเขียนแผนการพยาบาล

ผู้รายงานที่ได้รับมอบหมาย การทำกรณีศึกษารวมทั้งการปฏิบัติการพยาบาลตามแผนที่วางไว้ (Nelwati, Mckenna & Plummer, 2013) การเขียนแผนการพยาบาลซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องทำควบคู่ไปกับการฝึกภาคปฏิบัติเป็นการนำความรู้ภาคทฤษฎีมาบูรณาการใช้ในการขึ้นฝึกภาคปฏิบัติในการดูแลคนไข้ที่ได้รับผิดชอบ ซึ่งเป็นเรื่องยากในการขึ้นฝึกปฏิบัติครั้งแรก (Fukfon, Sriwichai, Chairinkhom & Tanyapansin, 2018) การเรียนการสอน การเขียนแผนการพยาบาลต้องใช้เวลามาก การประชุมปรึกษาก่อนและหลังการฝึกปฏิบัติงาน ต้องมีการเตรียมตัวมาก มีงานที่ต้องรับผิดชอบมาก การเขียนรายงานไม่เสร็จตามกำหนดเวลา (Limthongkul & Aree-Ue, 2009) อีกทั้งปริมาณงานที่ได้รับมอบหมาย โดยนักศึกษาที่เริ่มฝึกปฏิบัติทางคลินิกอธิบายว่าทำให้ไม่มีเวลาพักผ่อน มีงานที่มากเกินไป และต้องส่งงานให้ตรงเวลา (Nelwati, Mckenna & Plummer, 2013)

จากการพิจารณาถึงรายละเอียดด้านรายวิชาและหอผู้ป่วยที่ฝึกปฏิบัติ พบว่า การฝึกปฏิบัติในรายวิชาปฏิบัติการพยาบาลพื้นฐาน ซึ่งเป็นการฝึกปฏิบัติครั้งแรกของนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ชั้นปีที่ 2 พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักศึกษาเกิดความเครียด ได้แก่ กลัวการทำแผลให้กับคนไข้ กลัวจะทำผิดพลาดแล้วทำให้ผู้ป่วยติดเชื้อกังวลเรื่องการเจาะเลือด การให้สารน้ำ และการดูแลผู้ป่วยที่มีเครื่องช่วยหายใจ กังวลเรื่องการฉีดยาอินซูลินเข้าหน้าขาในการฉีดยาครั้งแรกกับผู้ป่วยจริง (Homsombut, Aphateeraphong, Khakhuen & Oungsakul, 2018) ส่วนการฝึกภาคปฏิบัติทางคลินิกรายวิชาปฏิบัติการพยาบาลมารดาทารกและการผดุงครรภ์ 1 ของนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 จากการฝึกปฏิบัติบนหอผู้ป่วยสูติกรรมซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ไม่แน่นอน ผวนกับการเปลี่ยนแปลงของอาการผู้ป่วยอยู่ตลอดเวลา ทำให้นักศึกษาขาดความมั่นใจในการปฏิบัติ (Saetan & Kampun, 2014) และในการฝึกปฏิบัติรายวิชาปฏิบัติการพยาบาลผู้ใหญ่ 2 นักศึกษาให้ข้อมูลว่าเกิดจากปริมาณงานทั้งหมดที่ได้รับมอบหมายกลับความยากของงานที่ได้รับมอบหมายในรายวิชานี้ ปัญหาในการจัดการให้งานเสร็จให้ทันเวลา (Mahakayanum,

Worapattrakul, Chantamit-O-Pas & Sinraparattanaporn, 2011) นอกจากนั้นยังมีปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมก็มีผลต่อความเครียดของนักศึกษาพยาบาลด้วย

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม

นักศึกษาพยาบาลจะมีการฝึกปฏิบัติงานเกิดขึ้นภายในหอผู้ป่วยเป็นส่วนใหญ่ซึ่งเป็นสิ่งแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยทีมบุคลากรทางการแพทย์ และผู้ป่วยเมื่อถึงชั่วโมงการฝึกปฏิบัติบนหอผู้ป่วย นักศึกษาจะได้พบเจอกับสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นภายในหอผู้ป่วย (Pulido-Martos, Augusto-Landa & Lopez-Zafra, 2012) ไม่ว่าจะเป็นสิ่งแวดล้อมด้านกายภาพ และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ รอบตัวนักศึกษา โดยสิ่งแวดล้อมภายในหอผู้ป่วย ซึ่งเป็นสิ่งแวดล้อมที่ใหม่ สำหรับนักศึกษาพยาบาล นักศึกษารู้สึกไม่ปลอดภัย และรู้สึกวิตกกังวลเกี่ยวกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว (Bektas, Terkes & Özer, 2018) อีกทั้งการที่ต้องปฏิบัติงานบนหอผู้ป่วยจะทำให้นักศึกษาไม่คุ้นเคยกับเจ้าหน้าที่ผู้ร่วมงาน สถานที่ไม่ถูกกับเพื่อนในกลุ่มที่ขึ้นฝึกปฏิบัติด้วยกัน การพบผู้ป่วยหนัก/ฉุกเฉิน (Limthongkul & Aree-Ue, 2009) และยังพบอีกว่านักศึกษาพยาบาลมีปัญหากการสื่อสารกับทีมสุขภาพ การกลัวที่จะต้องตัดสินใจกับสถานการณ์ต่าง ๆ ภายในหอผู้ป่วย สัมพันธภาพที่ไม่ดีกับผู้ป่วย (Aydin & Argun, 2010) และยังพบอีกว่าเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วย ทำให้เกิดความเครียดกับนักศึกษาพยาบาลได้ เนื่องจากนักศึกษาไม่กล้าถามพยาบาล กลัวถูกดุ (Pumpuang, 2016) ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อให้นักศึกษาพยาบาลที่ฝึกปฏิบัติงานบนหอผู้ป่วยเกิดความเครียด

ปัจจัยด้านอาจารย์นิเทศ

การศึกษาที่ผ่านมาในนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 1 ที่ขึ้นฝึกปฏิบัติในหอผู้ป่วยครั้งแรก พบว่า นักศึกษามีความเครียดที่เกิดจากอาจารย์นิเทศ โดยอาจารย์นิเทศเป็นปัจจัยด้านลบที่ส่งผลกระทบต่อความเครียดของนักศึกษา ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนของอาจารย์บนหอผู้ป่วย นักศึกษารู้สึกถึงความไม่แน่นอนของเนื้อหาและหลักสูตรที่อาจารย์นิเทศสอน และความแตกต่างระหว่างการเรียน

ทฤษฎีและการนำมาปฏิบัติจริงที่หอผู้ป่วย ทำให้นักศึกษาเกิดความเครียด รวมถึงการขาดการแนะนำจากอาจารย์นิเทศ (Yilmaz, 2016)

บทบาทของอาจารย์บนหอผู้ป่วย เช่น อาจารย์สอนเสียงดัง ผู้ป่วยมอง การถูกจ้องมองจาก อาจารย์เวลาปฏิบัติกรพยาบาล การคาดคั้นคำตอบจากอาจารย์ อาจารย์ต่อว่าต่อหน้าเพื่อนเมื่อถามคำถาม อาจารย์ต่อว่าเมื่อทำงานช้า (Limthongkul & Aree-Ue, 2009) เป็นแหล่งของความเครียดที่เกิดขึ้นในนักศึกษาพยาบาล จากการศึกษาของ Homsombut, Aphateeraphong, Khakhuen and Oungsakul (2018) ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 โดยการให้นักศึกษาเล่าประสบการณ์การฝึกปฏิบัติงาน ดำเนินการสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว (face to face) โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (semi-structured interview) โดยนักศึกษาให้ข้อมูลว่ากลัวอาจารย์ผู้สอนภาคปฏิบัติ ทำโทษ ขู่ให้กลัว หรือใช้เสียงดัง เมื่อปฏิบัติการพยาบาลไม่ถูกต้องต่อหน้าผู้รับบริการและญาติ และรู้สึกกดดันเมื่อถูกกระตุ้นให้ตื่นตัว ขณะถูกอาจารย์ซักถาม เช่น มือสั่น เสียงสั่น ปากสั่น มือเย็น หัวใจเต้นเร็ว โดยลักษณะการมีปฏิสัมพันธ์กับอาจารย์ที่ทำให้นักศึกษาเกิดความเครียด ได้แก่ การที่อาจารย์ใช้คำถามซักถามอยู่ตลอดเวลา และนักศึกษาไม่สามารถตอบคำถามได้ในขณะนั้น อาจารย์ค่อนข้างดุทำให้นักศึกษาไม่กล้าซักถาม เกิดความคับข้องภายในจิตใจ ต้องอดทนกับความล้าเลสงสัย หรือได้รับการส่งต่อในทางลบเกี่ยวกับอาจารย์นิเทศจากเพื่อนหรือรุ่นพี่ (Fukfon, Sriwichai, Chairinkhom & Tanyapansin, 2018)

จากปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียด ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว พบว่า ความเครียดในระดับต่ำจะช่วยให้ นักศึกษามีการต่อสู้ดิ้นรนให้เข้ากับสภาพแวดล้อม และเป็นการสอนให้รู้จักกับการแก้ปัญหา รวมถึงการคิดริเริ่มสร้างสรรค์เพื่อให้

พ้นจากสภาพที่เป็นอยู่ ถ้านักศึกษาไม่ตกอยู่ในภาวะเครียดแล้ว ก็จะไม่มีโอกาสเรียนรู้ถึงการปรับตัว ส่วนความเครียดในระดับปานกลางนั้นถือเป็นสัญญาณเตือนภัย ซึ่งต้องรีบหาและขจัดสาเหตุหรือผ่อนคลายความเครียดลง หากทำได้ในระยะเวลาอันสั้นร่างกายและจิตใจก็จะกลับเข้าสู่ภาวะปกติ ถ้าหากทำไม่ได้ก็จะเข้าสู่ความเครียดระดับสูง ซึ่งถือว่าเป็นอันตรายอย่างมาก (Lertsakornsir, 2015)

สรุป

การขึ้นฝึกปฏิบัติการพยาบาลบนหอผู้ป่วย นักศึกษาจะเกิดความกดดันหลายด้าน ซึ่งอาจมีผลทำให้เกิดความเครียดแก่นักศึกษาที่ก็จะเกิดผลกระทบทางด้านลบตามมาทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ และผลการเรียนรู้ หากมีการจัดการเรียนการสอนในการฝึกปฏิบัติบนบริบทที่เข้าใจปัญหาดังกล่าวของนักศึกษาพยาบาล โดยคณะอาจารย์และผู้บริหารเข้ามามีส่วนร่วมวางแผนดูแลและมีการให้คำปรึกษาแก่นักศึกษาพยาบาลและติดตามดูแลนักศึกษาพยาบาลอย่างต่อเนื่องในการจัดการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติจะช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถปรับตัวอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และเกิดทัศนคติที่ดีและการประกอบวิชาชีพพยาบาลต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. จัดกิจกรรมพี่สอนน้องโดยให้นักศึกษาพยาบาลชั้นที่สูงกว่า มาเล่าประสบการณ์การขึ้นฝึกเพื่อให้นักศึกษาพยาบาลที่กำลังเตรียมขึ้นฝึกรู้สึกผ่อนคลายและเครียดลดลง

2. จัดกิจกรรมทบทวนความรู้ภาคปฏิบัติให้แก่ นักศึกษาพยาบาลก่อนการขึ้นฝึกปฏิบัติจริง โดยทีมอาจารย์ผู้สอนเพื่อให้นักศึกษาพยาบาลมีความมั่นใจมากขึ้น มีความเครียดและวิตกกังวลต่อการขึ้นฝึกปฏิบัติลดลง



References

- Aydin, M. F., & Argun, M. Ş. (2010). The expectations of hospital practices and faced problems of the students in Bitlis Eren University, Health School, Department of Nursing. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(4), 209-213. <https://bit.ly/2KUez9Z>

- Bektaş, H., Terkes, N., & Özer, Z. (2018). Stress and ways of coping among first year nursing students: A Turkish perspective. *Journal of Human Sciences*, 15(1), 319-330. <https://j-humansciences.com/ojs/index.php/IJHS/article/view/4626>
- Cohen, S., Kamarck, T., & Mermelstein, R. (1983). A global measure of perceived stress. *Journal of Health and Social Behavior*, 24(4), 385-396. doi: 10.2307/2136404
- Fukfon, K., Sriwichai, P., Chairinkhom, S., & Tanyapansin, P. (2018). Stress and factors related to stress of nursing students regarding the first clinical nursing practice. *Nursing Public Health and Education Journal*, 19(1), 162-167. (in Thai)
- Gomathi, S., Jasmindebora, S., & Baba, V. (2017). Impact of stress on nursing students. *International Journal of Innovative Research and Advanced Studies (IJIRAS)*, 4(4), 107-110. https://www.researchgate.net/publication/327013844_Impact_Of_Stress_On_Nursing_Students
- Homsombut, Y., Aphateeraphong, W., Khakhuen, S., & Oungsakul, L. (2018). Stress management of the first practice among nursing students. *Journal of Health Science Boromarajonani College of Nursing Sunpasitthiprasong*, 2(3), 48-62. (in Thai)
- Kaewanun, C., Machana, W., & Puyato, S. (2019). Stress and stress management of Eastern Asia University's Students. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 13(2), 159-174. (in Thai)
- Kaneko, S., & Momino, K. (2015). Stress factors and coping behaviors in Nursing Students During Fundamental Clinical Training in Japan. *International Journal of Nursing & Clinical Practices*, 2, 138. <http://dx.doi.org/10.15344/2394-4978/2015/138>
- Lazarus, R. S., & Folkmans, S. (1984). *Stress appraisal and coping*. New York: Springer.
- Lertsakornsir, M. (2015). The stress, stress management of nursing students during practice in the labor room. *Kuakarun Journal of Nursing*, 22(1), 7-16. (in Thai)
- Limthongkul, M., & Aree-Ue, S. (2009). Sources of stress, coping strategies, and outcomes among nursing students during their initial practice. *Ramathibodi Nursing Journal*, 15(2), 192-205. (in Thai)
- Liu, Y., Rodcumdee, B., Jiang, P., & Sha, L. (2015). Nursing education in the United States, Thailand, and China: Literature review. *Journal of Nursing Education and Practice*, 5(7), 100-108. doi:10.5430/JNEP.V5N7P100
- Mahakayanum, S., Worapattrakul, T., Chantamit-O-Pas, C., & Sinraparattanaporn, A. (2011). Stress, cause of stress and coping in nursing students in practicum adult nursing II course. *The Journal of Faculty of Nursing Burapha University*, 19(Suppl. 2), 1-11. (in Thai)
- Ministry of public health. (2010). *Health promotion working people guideline*. Nonthaburi: Department of Health. (in Thai)
- Nelwati, Mckenna. L., & Plummer, V. (2013). Indonesia student nurses' perceptions of stress in clinical learning: A phenomenological study. *Journal of Nursing Education and Practice*, 3(5), 56-65. <https://doi.org/10.5430/jnep.v3n5p56>

- Pulido-Martos, M., Augusto-Landa, J. M., & Lopez-Zafra, E. (2012). Sources of stress in nursing students: A systematic review of quantitative studies. *International Nursing Review*, 59(1), 15–25. doi: 10.1111/j.1466-7657.2011.00939.x
- Pumpuang, W. (2016). Stress in nursing education: Relaxation techniques for mind and body. *Nursing Science Journal of Thailand*, 34(2), 5-15. (in Thai)
- Saetan, C., & Kampun, S. (2014). Stress and coping strategies of nursing students in clinical practice preparation of maternal and child health nursing and midwifery 1. *Journal of Boromarajonani College of Nursing*, 30(3), 54-63. (in Thai)
- Sonpaveerawong, J., Dammee, M., Nimsuwa, J., Mad-a-dam, C., Laiadkan, S., & Sopon, S. (2016). Stress, stress management and the need to supports nursing students. *Journal of Nursing and Education*, 9(3), 36-50. (in Thai)
- School of Nursing, Eastern Asia University. (2016). *Bachelor of Nursing Science*. Pathum Thani: School of Nursing, Eastern Asia University. (in Thai)
- Shdaifat, E., Jamama, A., & Al-Amer, M. (2018). Stress and coping strategies among nursing students. *Global Journal of Health Science*, 10(5), 33-41. doi: 10.5539/gjhs.v10n5p33
- Yilmaz, E. B. (2016). Academic and clinical stress, stress resources and ways of coping among Turkish first-year nursing students in their first clinical practice. *Kontakt*, 18(3), e145–e151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.kontakt.2016.08.001>



การคำนวณน้ำหนักบรรทุกทุกการวิ่งขึ้นและร่อนลงของเครื่องบิน แบบ B737-800 ก่อนปฏิบัติการบิน Takeoff and Landing Weight Calculation for B737-800 Aircraft before Flight Operation

เขมณัฐ อำนวยวรชัย¹ ประวิทย์ วงศ์วิวัฒน์¹ และ ปราชญ์ชนิต คงสมบูรณ์¹
Khemmanat Aumnaiworachai¹, Pravith Vongviwat¹ and Pratchanit Kongsomboon¹

¹คณะการบิน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Aviation, Eastern Asia University

Received: December 14, 2020

Revised: February 14, 2021

Accepted: March 1, 2021

บทคัดย่อ

ก่อนการปฏิบัติการบินเพื่อการขนส่งผู้โดยสารและสินค้าสิ่งสำคัญที่สุดที่ต้องคำนึงถึง นั่นคือ ความปลอดภัย ซึ่งเริ่มตั้งแต่สนามบินต้นทาง ระหว่างทาง จนกระทั่งถึงสนามบินปลายทาง ดังนั้น ทุกเที่ยวบินก่อนทำการบิน จะต้องมีการวางแผนการบินก่อนปฏิบัติการบิน โดยขั้นตอนที่มีความสำคัญ ได้แก่ การวางแผนคำนวณน้ำหนักบรรทุกทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและการร่อนลง โดยปกติประสิทธิภาพของเครื่องบินที่จะรับน้ำหนักบรรทุกทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและทำการร่อนลงขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความยาวทางวิ่ง สภาพพื้นผิวและความหนาแน่นทางวิ่ง ปริมาณการรับน้ำหนักสูงสุดตามโครงสร้างของอากาศยาน เป็นต้น ดังนั้นบทความนี้จะขอกล่าวถึงวิธีการคำนวณน้ำหนักบรรทุกทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและร่อนลงสำหรับเครื่องบิน B737-800 ด้วยวิธีที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบินและวิธีที่ใช้ผลคำนวณจากโปรแกรมทางผู้ผลิตเครื่องบิน โดยพิจารณาจากปัจจัยที่มีอุปสรรคต่อสมรรถนะอากาศยาน เช่น น้ำหนักจำกัดตามความยาวทางวิ่ง น้ำหนักจำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น เป็นต้น ซึ่งวิธีการทั้งสองให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกัน ซึ่งในปัจจุบันบริษัทสายการบินส่วนใหญ่ใช้วิธีการคำนวณจากโปรแกรมผู้ผลิตเนื่องจากประหยัดเวลาในการคำนวณและมีความถูกต้องแม่นยำสูง แต่โปรแกรมผู้ผลิตพัฒนาขึ้นมีราคาสูงจึงทำให้สายการบินใช้วิธีการขอรับบริการใช้โปรแกรมเป็นครั้ง ๆ ไปแทน ดังนั้นการคำนวณด้วยวิธีที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบินก็ยังมีประโยชน์อยู่เมื่อเกิดปัญหาการเปลี่ยนตัวแปรที่จะจำกัดน้ำหนักบรรทุกเพียงบางตัวพนักงานอำนวยความสะดวกการบินก็ยังสามารถคำนวณด้วยตนเองได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายที่จะต้องไปขอรับบริการจากผู้ผลิต

คำสำคัญ: การวางแผนการบิน การอำนวยความสะดวกการบิน การวางแผนน้ำหนักบรรทุกทุก

Abstract

The most important priority of any flight operations for passengers and cargo transportation, which starts from the departure airport to the destination airport, is safety. Therefore, pre-flight plans must accurately plan before any flight operations. The crucial steps prioritize such as pre-flight planning for takeoff and landing weight calculation. Normally, an aircraft's weight performance for takeoff and landing depends on several factors, such as runway length, surface condition, and runway density, and the maximum load capacity according to the aircraft's structure. Hence, this article will discuss how to calculate the weight of B737-800 aircraft for takeoff and landing with a non-programmed method from the aircraft manufacturer and a method using the results calculated from the aircraft manufacturer's program. These methods are considered by several factors that impede the aircraft competency, for example, runway length limit weight, takeoff obstacles limit weight. Both methods are consistent results. Nowadays, most airline companies use the calculation method from the aircraft manufacturer's program because it saves more time and provides high accuracy. However, the program costs a high price. By this means, the program has been occasionally requested for services by many airlines. On the other hand, unprogrammed calculations from the aircraft manufacturer are still necessary in case there are some problems with changing some weight limit variables. Instead of waiting for another program, flight operators are able to calculate it manually without any payment for the service from the manufacturer's program.

Keywords: pre-flight planning, flight operations, weight load planning



บทนำ

ปัจจุบันการขนส่งทางอากาศไม่จะเป็นการขนส่งผู้โดยสารหรือการขนส่งสินค้าเป็นการขนส่งที่มีความสำคัญและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเพราะทำการขนส่งได้รวดเร็วว่าการขนส่งประเภทอื่น ๆ ด้วยปัจจัยสำคัญที่ผลักดันให้การขนส่งทางอากาศเติบโต ได้แก่ แนวโน้มการเติบโตทางเศรษฐกิจ การเมือง สังคม และการแข่งขันทางการค้าในโลกยุคใหม่ที่มุ่งเน้นความเร็ว สะดวกสบาย และปลอดภัย ประกอบกับองค์กรที่ทำธุรกิจด้านการบินได้เดินทางพัฒนาอุตสาหกรรมการบินอย่างครบวงจร ทั้งการยกระดับสนามบินเดิม สร้างสนามบินใหม่เพื่อรองรับผู้ใช้บริการที่เพิ่มขึ้นต่อเนื่อง กอปรกับความนิยมของผู้ใช้บริการทางอากาศได้ขยายตัวอย่างกว้างขวางทำให้การเติบโตของการบินเชิงพาณิชย์ได้ขยายตัวเพิ่ม

มากขึ้น พร้อมทั้งด้านผู้ผลิตเครื่องบินมีการใช้เครื่องบินไอพ่นในด้านการบินเชิงพาณิชย์ต้องเพิ่มความเร็วในการเดินทาง รวมทั้งเพิ่มจำนวนที่นั่งผู้โดยสาร และน้ำหนักสินค้ามากขึ้น จึงทำให้การบินเชิงพาณิชย์เป็นที่นิยมจึงนับได้ว่าธุรกิจการบินนับวันจะมีความสำคัญต่อการขนส่งผู้โดยสารและสินค้าทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศมากขึ้นและมีการพัฒนาไปอย่างไม่หยุดยั้ง (Ayasanond, n.d.) แต่สิ่งสำคัญที่สุดก่อนการปฏิบัติการบินเพื่อการขนส่งผู้โดยสารและสินค้า สิ่งที่ต้องคำนึงถึง ก็คือ ความปลอดภัย จะต้องมาเป็นอันดับหนึ่งตั้งแต่ สนามบินต้นทางระหว่างทางจนกระทั่งไปถึงสนามบินปลายทาง โดยนักบินที่รับผิดชอบเที่ยวบินนั้น ๆ ร่วมกับพนักงานอำนวยการบินได้ร่วมกันวางแผนการบินโดยคำนึงถึงหลักนำไปสู่ความปลอดภัยในการบินแต่ละเที่ยวบิน เช่น การวางแผนน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นก่อนการปฏิบัติการบิน (takeoff

performance pre-flight planning) ของเครื่องบินที่สามารถจะรับได้ ภายใต้ข้อกำหนดกฎเกณฑ์ที่ถูกต้องและปลอดภัยในขณะที่ทำการวิ่งขึ้นและทำการลงสู่สนามบินปลายทาง (Vongviwat, 2014) ซึ่ง Zhu, Wang, Chen and Wu (2016) ได้กล่าวว่าการวิ่งขึ้นและร่อนลงเป็นช่วงเวลาที่สำคัญเป็นช่วงที่มักเกิดอุบัติเหตุบ่อย จึงได้มีการวิจัยเกี่ยวกับการคำนวณน้ำหนักบรรทุกทุกการวิ่งขึ้นและร่อนลงเพื่อเพิ่มความปลอดภัยโดยการคำนวณน้ำหนักบรรทุกโดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการวิ่งขึ้นและร่อนลงทั้งระดับความสูงของทางวิ่งเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางและอุณหภูมิของอากาศ แต่สภาพแวดล้อมจริงของการวิ่งขึ้นและร่อนลงมีความซับซ้อนมากกว่านี้ ดังนั้นในบทความวิชาการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะแสดงวิธีการคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและร่อนลงตามคู่มือการปฏิบัติงานของผู้ประจำหน้าที่ในอากาศของเครื่องบินแบบ B737-800 และจากโปรแกรมการคำนวณจากผู้ผลิต

การคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้น (takeoff performance calculation)

ก่อนการปฏิบัติการบินทุกครั้ง นักบินหรือพนักงานอำนวยความสะดวกบินจะต้องทำการคำนวณน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff performance calculation) เสียก่อนว่าเที่ยวบินนี้สามารถบรรทุกน้ำหนักได้สูงสุดเท่าใด เรียกว่า Maximum Allowed Weight For Takeoff โดยปกติสมรรถนะการรับน้ำหนักบรรทุกของเครื่องบินเมื่อปฏิบัติการบินบางครั้งจะไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากับน้ำหนักบรรทุกตามสมรรถนะวิ่งขึ้นที่โรงงานผลิตเครื่องบินกำหนดให้เสมอไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเป็นตัวแปรที่จะจำกัดน้ำหนักบรรทุก เช่น น้ำหนักจำกัดตามความยาวทางวิ่ง (field length limited weight) น้ำหนักจำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited weight) น้ำหนักจำกัดตามอัตราการไต่ (climb limited weight) เป็นต้น (Civil Aviation Authority of New Zealand, 2020)

น้ำหนักวิ่งขึ้นจากปัจจัยดังกล่าว สามารถคำนวณน้ำหนักได้จากคู่มือการปฏิบัติงานของผู้ประจำหน้าที่ในอากาศที่ผู้ผลิตเครื่องบินกำหนดให้ จากนั้นนักบินหรือ

พนักงานอำนวยความสะดวกบินต้องพิจารณาค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ โดยนำค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นที่น้อยที่สุดเป็นค่าน้ำหนักสูงสุดเพื่อทำการวิ่งขึ้นของเที่ยวบินนั้น เรียกว่า Maximum Allowed Weight For Takeoff (Vongviwat, 2014)

ขั้นตอนการคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและร่อนลงสำหรับเครื่องบินแบบ B737-800

น้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและร่อนลงสามารถคำนวณค่าได้จากกราฟหรือตารางในคู่มือการปฏิบัติงานของผู้ประจำหน้าที่ในอากาศของแต่ละแบบของเครื่องบินนั้น ๆ ซึ่งทางโรงงานผู้ผลิตเครื่องบินเป็นผู้ดำเนินการจัดทำเป็นคู่มือปฏิบัติ จากนั้นนักบินหรือพนักงานอำนวยความสะดวกบิน (flight operation officer) ต้องคำนวณค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น จากนั้นก็พิจารณา ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นของปัจจัยที่ได้ค่าน้ำหนักน้อยที่สุดเป็นค่าน้ำหนักสูงสุดเพื่อทำการวิ่งขึ้นของเที่ยวบินนั้น เรียกว่า Maximum Allowed Weight For Takeoff หรือ Regulated Takeoff Weight--RTOW

The Boeing Company (2014) ได้กล่าวถึงวิธีการคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นสำหรับเครื่องบิน B737-800 ตามน้ำหนักจำกัดตามความยาวทางวิ่ง เริ่มต้นจะต้องมีการจัดเตรียมข้อมูลของสนามบินที่ทำการวิ่งขึ้นได้แก่

1. ความยาวของทางวิ่งที่ถูกประกาศใช้ ทางวิ่งได้มีการกำหนดความยาวหลายชนิดซึ่งเรียกว่า Declare Distance เช่น

- 1.1 Takeoff Run Available--TORA หมายถึง ความยาวของทางวิ่งที่ถูกประกาศพร้อมใช้งานและเหมาะสมเพื่อทำการวิ่งขึ้นของเครื่องบิน

- 1.2 Takeoff Distance Available--TODA หมายถึง ความยาวของทางวิ่งที่ถูกประกาศพร้อมใช้งานและเหมาะสม (TORA) บวกกับความยาวของพื้นที่ที่ถูกขยายยืดออกไปจากปลายทางวิ่งในแนวลาดเอียงทำมุมไม่เกิน 1.25% และปราศจากความสูงสิ่งกีดขวางเหนือแนวลาดเอียงของพื้นที่นี้ (clearway)

1.3 Accelerate-Stop Distance Available--

ASDA หมายถึง ความยาวของทางวิ่งซึ่งถูกประกาศพร้อมใช้งานและเหมาะสมเพื่อใช้ในการวิ่งขึ้นของเครื่องบิน (TORA) บวกกับพื้นที่ที่ได้ทำการก่อสร้างขยายี้ออกไปจากปลายทางวิ่ง (runway) ทั้งสองด้านหรือปลายทางวิ่งด้านใดด้านหนึ่งในแนวราบเพื่อจัดเตรียมให้สามารถรองรับเครื่องบินกรณียกเลิกการวิ่งขึ้น (abort takeoff) และได้ทำการหยุดการวิ่งขึ้นอย่างสมบูรณ์และปลอดภัย ภายในพื้นที่ดังกล่าว (stopway) หมายถึง: TORA + stopway

1.4 Landing Distance Available--LDA

หมายถึง ความยาวของทางวิ่งซึ่งถูกประกาศพร้อมใช้งานและเหมาะสมเพื่อทำการลงของเครื่องบิน โดยปกติระยะทางของทางวิ่งเพื่อใช้ในการลงจะเริ่มจากหัวทางวิ่งถึงปลายทางวิ่ง (runway threshold) ซึ่งสามารถใช้และเหมาะสมเพื่อการร่อนลง (International Civil Aviation Organization, 2013)

2. อุณหภูมิของอากาศ มี 2 ชนิด ได้แก่ (1) Aerodrome Reference Temperature และ (2) Ambient Temperature สามารถใช้ค่าอุณหภูมิชนิดใดก็ได้มาใช้อ้างอิงการคำนวณ

2.1 Aerodrome Reference Temperature คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของสนามบินนั้น ๆ โดยค่าเฉลี่ยพิจารณาของเดือนที่ร้อนปีนั้น และจะประกาศไว้ในเอกสารแถลงข่าวการบิน (Aeronautical Information Publication--AIP) ของแต่ละสนามบิน

2.2 Ambient Temperature คือ อุณหภูมิของอากาศจริง ๆ ณ เวลานั้น

3. Wind Component คือ ความเร็วลมบางส่วนที่มาปะทะกับเครื่องบินในลักษณะทวนลมหรือตามลมขณะทำการวิ่งขึ้น ซึ่งสามารถหาค่า Wind Component ได้ดังนี้

3.1 หาค่าเฉลี่ย ทิศทางลมและความเร็วลมจากหน่วยงานอุตุนิยมวิทยารายงาน เช่น 06020 060 หมายถึง ค่าเฉลี่ยทิศทางลมพัดมาจาก 060 องศา 20 หมายถึง ค่าเฉลี่ยความเร็วลม 20 นอต

3.2 หาค่ามุมระหว่างทิศทางที่ลมพัดมาจากทิศอะไรกับทิศทางที่หัวเครื่องบินทำการวิ่งขึ้นไปยังทิศอะไร เช่น

○ Wind Report 04020 หมายถึง ลมพัดมาจากทิศ 040

○ เครื่องทำการวิ่งขึ้นหัว Runway 09 หมายถึง หัวเครื่องบินชี้ไปยังทิศ 090

○ ดังนั้นมุมระหว่างทิศทางที่ลมพัดมากับทิศทางที่หัวเครื่องบินชี้ไปเพื่อทำการวิ่งขึ้น คือ

$$90-40 = 050$$

3.3 จากนั้นให้นำค่าทั้งสอง ได้แก่ ความเร็วลมตามอุตุนิยมวิทยารายงานเท่ากับ 20 นอต และมุมต่างเท่ากับ 050 องศา ไปหาค่า Wind Component จาก Wind Component Chart ต่อไป ตามภาพ 1

จากภาพ 1 ลักษณะของ Wind Component Chart ทำให้คำนวณค่า Wind Component ได้ ดังนี้

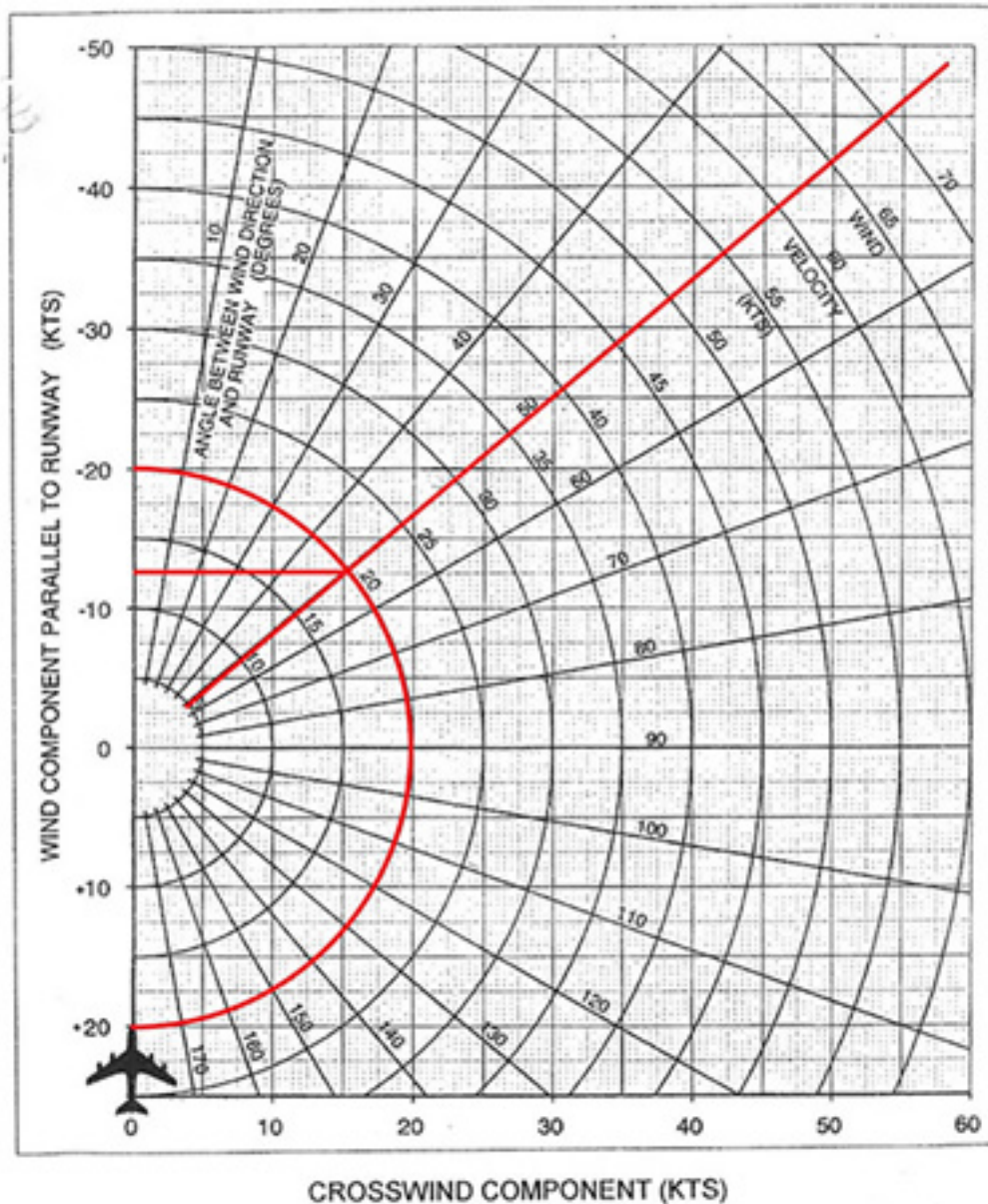
1. เส้นเฉียงเป็นเส้นแทนค่ามุมระหว่างทิศทางที่หัวเครื่องบินชี้ไปตามทิศทางของทางวิ่งกับทิศทางของลมที่พัดมาซึ่งตัวอย่างนี้ คือ 050 องศา

2. เส้นโค้งแทนค่าความเร็วลมจากตัวอย่างนี้ คือ 020 นอต

3. ลากเส้นทั้งสองมาตัดกันตามภาพ จากจุดตัดของทั้งสองเส้นลากเส้นขนานไปทางขวามือถึงขอบของภาพ 1 ซึ่งจะมีตัวเลขบอกค่า Wind Component ซึ่งค่า Wind Component มี 2 ชนิด คือ ทวนลม (head wind) จะมีสัญลักษณ์เครื่องหมาย+ข้างหน้า และตามลม (tail wind) จะมีสัญลักษณ์เครื่องหมายลบ กำกับด้านหน้าความเร็ว ตามตัวอย่างจะได้ค่า Wind Component ในลักษณะทวนลม (head wind) เท่ากับ 13 นอต เป็นต้น

หมายเหตุ: ในทางปฏิบัติ หากค่า Wind Component ทวนลม (head wind) ให้คิด 50% แต่ค่า Wind Component ตามลม (tail wind) ให้คิด 150% แล้วนำผลลัพธ์ไปเปรียบเทียบกับ Maximum Tail Wind คือ 10 นอต หากค่า Wind Component Tail Wind มากกว่า 10 นอต ห้ามเครื่องบินจะทำการวิ่งขึ้น เนื่องจากโดยปกติเครื่องบินจะทำการวิ่งขึ้นในลักษณะทวนลมเสมอ

WIND COMPONENT IN FLIGHT (For training purpose only)



ภาพ 1 Wind Component Chart

Note. From 737-800 Flight Crew Operation Manual Nok Airlines Company Limited. By The Boeing Company, 2014, Washington: The Boeing Company.

4. เปอร์เซ็นต์ของความลาดเอียงของทางวิ่ง (runway slope) ความลาดเอียงของทางวิ่งมี 2 ประเภท คือ ทางลาดขึ้น (upslope) และ ทางลาดลง (downslope) (ปกติความลาดเอียงของทางวิ่งทั้งทางลาดขึ้น และทางลาดลง จะไม่เกิน 2%)

5. ค่าของ Flap Position เพื่อยืดความกว้างของปีกเครื่องบินให้กว้างมากขึ้นโดยยืดออกไปเป็น % เช่น Flap Position 5% 10% และ 15% เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้เกิดแรงยกเร็วขึ้นและใช้ทางวิ่งสั้นสำหรับวิ่งขึ้น

6. ค่า Pressure Altitude คือ ระดับความสูงของทางวิ่งเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางซึ่งได้ค่าจากการ นำค่า Aerodrome Elevation (ระดับในแนวตั้งของสนามบินเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง) บวกหรือลบค่าความสูงที่สอดคล้องกับความกดอากาศ

เมื่อได้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเรียบร้อยแล้ว สำหรับวิธีการคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้น สำหรับเครื่องบินแบบ B737-800 แบ่งวิธีการคำนวณได้ 2 วิธี ได้แก่ (1) การคำนวณน้ำหนักวิ่งขึ้นที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากผู้ผลิตเครื่องบิน และ (2) การคำนวณน้ำหนักวิ่งขึ้นซึ่งใช้ผลคำนวณจากระบบคอมพิวเตอร์โดยโปรแกรมทางผู้ผลิตเครื่องบินเป็นผู้ดำเนินการ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

วิธีที่ 1 การคำนวณน้ำหนักวิ่งขึ้นที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากผู้ผลิตเครื่องบินโดยพิจารณาจากปัจจัยน้ำหนักจำกัดตามความยาวทางวิ่ง (field length limited weight) น้ำหนักจำกัดตามอัตราการไต่ (climb limited weight) และน้ำหนักจำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited weight) สำหรับวิธีการคำนวณผู้เขียนขออธิบายดังตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 1

กำหนดข้อมูล

1. Runway Length 3699 เมตร
2. Outside Air Temperature--OAT 30 องศาเซลเซียส
3. Wind Component 0 นอต
4. Flap Position 5%
5. Runway Slope 0.0%
6. Elevation 9 ฟุต
7. Obstacle Distance from The Runway End 600 เมตร ความสูง 25 เมตร
8. Takeoff Fuel 8000 กิโลกรัม
9. Trip Fuel 3200 กิโลกรัม
10. Engine Bleed for Packs on 650 กิโลกรัม
11. Structure Limited 70533 กิโลกรัม
12. Maximum Certificate Zero Fuel Weight--

MCZFW 61600 กิโลกรัม

13. Maximum Certificate Landing Weight--
MCLDW 65317 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 1 หาค่า Takeoff Runway Length By Runway Slope Correction Table

จากภาพ 2

วิธีทำ

ลากเส้น จากคอลัมน์ Field Length Available ซ้ายมือ ณ ตำแหน่ง Runway Length 3699 เมตรหรือประมาณ 3700 เมตร มาตัดกับเส้น Runway Slope 0.0% ที่ลากจากคอลัมน์ Runway Slope จะได้ค่า Runway Length Corrected By Runway Slope เท่ากับ 3699 เมตร หรือประมาณ 3700 เมตร

ขั้นตอนที่ 2 หาค่า Takeoff Runway Length By Wind Component Correction Table

จากภาพ 3

วิธีทำ

ลากเส้นความยาวทางวิ่งที่ Correction โดย Runway Slope เท่ากับ 3700 เมตร จากคอลัมน์ Slope Correction Field Length ตัดกับเส้นของ Wind Component คือ 0 นอต จากคอลัมน์ Wind Component จะได้ค่า Runway Length Corrected By Wind Component เท่ากับ 3700 เมตร

ขั้นตอนที่ 3 หาค่า Takeoff Runway Length By OAT Correction Table

จากภาพ 4

วิธีทำ

ลากเส้นความยาวทางวิ่งเท่ากับ 3700 เมตร จากคอลัมน์ Corrected Field Length ตัดกับเส้นของ OAT เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส จะได้ค่า น้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) ที่จำกัดตามความยาวทางวิ่งเท่ากับ 86.1 ตัน หรือ 86100 กิโลกรัม และ จะได้ค่า น้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) ที่จำกัดตามอัตราการไต่ 78.0 ตันหรือ 78000 กิโลกรัม

Takeoff Field Corrections - Dry Runway Slope Corrections

FIELD LENGTH AVAILABLE (M)	SLOPE CORRECTED FIELD LENGTH (M)								
	RUNWAY SLOPE (%)								
	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0
1200	1240	1230	1220	1210	1200	1190	1180	1170	1150
1400	1460	1450	1430	1420	1400	1380	1350	1330	1310
1600	1680	1660	1640	1620	1600	1570	1530	1500	1460
1800	1900	1870	1850	1820	1800	1750	1710	1660	1610
2000	2110	2090	2060	2030	2000	1940	1880	1820	1770
2200	2330	2300	2270	2230	2200	2130	2060	1990	1920
2400	2550	2510	2470	2440	2400	2320	2240	2150	2070
2600	2770	2730	2690	2640	2600	2510	2410	2320	2220
2800	3000	2950	2900	2850	2800	2690	2590	2480	2380
3000	3220	3170	3110	3060	3000	2880	2770	2650	2530
3200	3450	3390	3320	3260	3200	3070	2940	2810	2680
3400	3670	3600	3540	3470	3400	3260	3120	2980	2840
3600	3900	3820	3750	3670	3600	3450	3290	3140	2990
3800	4130	4050	3970	3880	3800	3640	3470	3310	3140
4000	4370	4280	4190	4090	4000	3820	3650	3470	3290
4200	4610	4510	4410	4300	4200	4010	3820	3640	3450
4400	4850	4740	4630	4510	4400	4200	4000	3800	3600
4600	5090	4970	4850	4720	4600	4390	4180	3960	3750
4800	5330	5200	5070	4930	4800	4580	4350	4130	3910
5000	5570	5430	5290	5140	5000	4760	4530	4290	4060

ภาพ 2 Runway Slope Correction Table

Note. From 737-800 Flight Crew Operation Manual Nok Airlines Company Limited, by The Boeing Company, 2014, Washington: The Boeing Company.

Wind Corrections

SLOPE CORR'D FIELD LENGTH (M)	SLOPE & WIND CORRECTED FIELD LENGTH (M)							
	WIND COMPONENT (KTS)							
	-15	-10	-5	0	10	20	30	40
1200	880	990	1090	1200	1270	1340	1410	1490
1400	1050	1170	1280	1400	1480	1550	1630	1710
1600	1220	1350	1470	1600	1680	1760	1850	1930
1800	1390	1530	1660	1800	1890	1980	2070	2160
2000	1560	1700	1850	2000	2090	2190	2280	2380
2200	1720	1880	2040	2200	2300	2400	2500	2600
2400	1890	2060	2230	2400	2500	2610	2720	2830
2600	2060	2240	2420	2600	2710	2820	2930	3050
2800	2230	2420	2610	2800	2910	3030	3150	3270
3000	2400	2600	2800	3000	3120	3240	3370	3500
3200	2570	2780	2990	3200	3330	3450	3590	3720
3400	2730	2960	3180	3400	3530	3660	3800	3940
3600	2900	3140	3370	3600	3740	3880	4020	4170
3800	3070	3310	3560	3800	3940	4090	4240	4390
4000	3240	3490	3750	4000	4150	4300	4450	4610
4200	3410	3670	3940	4200	4350	4510	4670	4840
4400	3580	3850	4130	4400	4560	4720	4890	5060
4600	3740	4030	4310	4600	4760	4930	5110	5280
4800	3910	4210	4500	4800	4970	5140	5320	5510
5000	4080	4390	4690	5000	5170	5350	5540	5730

ภาพ 3 Wind Component Correction Table

Note. From 737-800 Flight Crew Operation Manual Nok Airlines Company Limited, by The Boeing Company, 2014, Washington: The Boeing Company.

Takeoff Field & Climb Limit Weights - Dry Runway

Flaps 5

Sea Level Pressure Altitude

CORR'D FIELD LENGTH (M)	FIELD LIMIT WEIGHT (1000 KG)										
	OAT (°C)										
	-40	10	14	18	22	26	30	38	42	46	50
1220	56.4	51.7	51.3	51.0	50.6	50.3	50.0	47.2	45.9	44.6	43.3
1400	61.1	56.1	55.7	55.3	55.0	54.6	54.2	51.3	49.9	48.5	47.1
1600	66.1	60.6	60.2	59.8	59.4	59.0	58.6	55.5	54.0	52.5	51.0
1800	70.6	64.8	64.4	63.9	63.5	63.1	62.7	59.3	57.7	56.1	54.5
2000	74.7	68.5	68.0	67.6	67.2	66.7	66.3	62.7	61.0	59.3	57.6
2200	78.5	72.0	71.5	71.0	70.6	70.1	69.6	65.9	64.1	62.3	60.5
2400	82.0	75.2	74.7	74.2	73.7	73.2	72.7	68.8	66.9	65.0	63.1
2600	85.0	77.9	77.4	76.8	76.3	75.8	75.3	71.2	69.2	67.3	65.4
2800	86.1	80.5	79.9	79.4	78.8	78.3	77.8	73.5	71.5	69.4	67.4
3000	86.1	82.8	82.3	81.7	81.2	80.6	80.1	75.6	73.5	71.4	69.3
3200	86.1	85.3	84.7	84.1	83.5	83.0	82.4	77.8	75.6	73.4	71.3
3400	86.1	86.1	86.1	86.1	85.9	85.3	84.7	80.0	77.7	75.4	73.2
3600	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	82.0	79.7	77.3	75.1
3800	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	84.0	81.6	79.2	76.8
4000	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	85.9	83.4	80.9	78.5
4200	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	85.2	82.7	80.2
4400	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	84.4	81.9
4600	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.0	83.5
CLIMB LIMIT WT (1000 KG)	79.2	78.6	78.5	78.4	78.3	78.1	78.0	72.6	69.9	67.3	64.7

ภาพ 4 Takeoff Field Length & Climb Limit Weight Table By OAT Correction

Note. From 737-800 Flight Crew Operation Manual Nok Airlines Company Limited, by The Boeing Company, 2014, Washington: The Boeing Company.

ขั้นตอนที่ 4 หาค่าน้ำหนักจำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น

จากภาพ 5

วิธีทำ

ลากเส้นจาก คอลัมน์ Obstacle Height 25 เมตร มายังด้านขวามือตัดกับค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (Takeoff Weight) สอดคล้องกับระยะทางจาก Distance From

Brake Release เท่ากับ ความยาวทางวิ่ง + Obstacle Distance From The Runway End = 3699 + 600 = 4299 เมตร จะได้ น้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) ที่จำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้นเท่ากับ 76650 – 650 (Engine Bleed For Packs On) = 76000 กิโลกรัม

Takeoff Obstacle Limit Weight

Flaps 5

Sea Level, 30°C & Below, Zero Wind

Based on engine bleed for packs on and anti-ice off

Reference Obstacle Limit Weight (1000 KG)

OBSTACLE HEIGHT (M)	DISTANCE FROM BRAKE RELEASE (100 M)										
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
5	70.0	75.5	79.3	81.7							
20	64.2	69.5	73.6	76.8	79.1	80.6	82.0	83.1			
40	59.4	64.4	68.4	71.6	74.2	76.3	78.0	79.2	80.3	81.2	82.0
60	55.7	60.5	64.4	67.7	70.4	72.7	74.5	76.1	77.4	78.4	79.3
80	52.5	57.3	61.2	64.5	67.2	69.5	71.5	73.2	74.6	75.9	76.9
100	49.8	54.6	58.5	61.7	64.5	66.8	68.9	70.7	72.2	73.5	74.7
120	47.5	52.1	56.0	59.3	62.1	64.5	66.5	68.4	70.0	71.4	72.6
140	45.4	50.0	53.8	57.1	59.9	62.3	64.4	66.3	68.0	69.4	70.7
160	43.4	48.0	51.8	55.1	57.9	60.4	62.5	64.4	66.1	67.6	69.0
180	41.7	46.2	50.0	53.3	56.1	58.6	60.8	62.7	64.4	65.9	67.3
200		44.6	48.4	51.6	54.4	56.9	59.1	61.1	62.8	64.4	65.8
220		43.1	46.8	50.1	52.9	55.4	57.6	59.5	61.3	62.9	64.3
240		41.6	45.4	48.6	51.4	53.9	56.1	58.1	59.9	61.5	63.0
260			44.0	47.3	50.1	52.6	54.8	56.8	58.6	60.2	61.7
280			42.8	46.0	48.8	51.3	53.5	55.5	57.3	58.9	60.4
300			41.6	44.8	47.6	50.1	52.3	54.3	56.1	57.8	59.3

ภาพ 5 Takeoff Obstacle Limit Weight

Note. From 737-800 Flight Crew Operation Manual Nok Airlines Company Limited. By The Boeing Company, 2014, Washington: The Boeing Company.

ขั้นตอนที่ 5 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นตามปัจจัยต่าง ๆ กับ Maximum Weight For ZERO Fuel และ Maximum Weight For Landing

จากตาราง 1 พบว่า ค่า Maximum Weight For ZERO Fuel ได้มาจากการผลรวมระหว่างค่า Maximum Certificate Zero Fuel Weight--MCZFW และ Takeoff Fuel โดยผลที่ได้เท่ากับ 69600 กิโลกรัม ในขณะที่ค่า Maximum Weight For Landing ได้มาจากการผลรวมระหว่าง

Maximum Certificate Landing Weight--MCLDW และ Trip Fuel โดยผลที่ได้เท่ากับ 68500 กิโลกรัม จากนั้นให้นำค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นในแถวใดที่มีค่าน้อยที่สุดให้เลือกค่านั้น ซึ่งเรียกว่าค่า Maximum Allowed Weight For Takeoff หรือ ค่า Regulated Takeoff Weight--RTOW ดังนั้น ค่า Maximum Allowed Weight For Takeoff ในตัวอย่างที่ 1 คือ 68517 กิโลกรัม

ตาราง 1

แสดงค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นตามปัจจัยต่าง ๆ ค่า Maximum Weight For ZERO Fuel และ ค่า Maximum Weight For Landing

ปัจจัย	ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (หน่วย: กิโลกรัม)
ความยาวทางวิ่ง (field length limited)	86100
อัตราการไต่ (climb limited)	78000
สิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited)	76000
โครงสร้างอากาศยาน (structure limited)	70533
Maximum Weight For ZERO Fuel	61600 + 8000 = 69600
Maximum Weight For Landing	65317 + 3200 = 68517

วิธีที่ 2 การคำนวณน้ำหนักวิ่งขึ้นที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากผู้ผลิตเครื่องบินโดยพิจารณาจากปัจจัยน้ำหนักจำกัดตามความยาวทางวิ่ง (field length limited weight) น้ำหนักจำกัดตามอัตราการไต่ (climb limited weight) และน้ำหนักจำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited weight) สำหรับวิธีการคำนวณผู้เขียนขออธิบายดังตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 2

กำหนดข้อมูล

1. Runway Length 3699 เมตร
2. Outside Air Temperature--OAT 30 องศาเซลเซียส
3. Wind Component 0 นอต
4. Flap Position 5%
5. Runway Slope 0.0%
6. Elevation 9 ฟุต
7. Obstacle Distance from The Runway End 600 เมตร ความสูง 25 เมตร
8. Takeoff Fuel 8000 กิโลกรัม
9. Trip Fuel 3200 กิโลกรัม
10. Engine Bleed for Packs on 650 กิโลกรัม

11. Structure Limited 70533 กิโลกรัม

12. Maximum Certificate Zero Fuel Weight--MCZFW 61600 กิโลกรัม

13. Maximum Certificate Landing Weight--MCLDW 65317 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 1 ให้นำข้อมูลจากโจทย์ทั้งหมดใส่ลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากผู้ผลิตเครื่องบิน

โดยผลลัพธ์ที่ได้ในโปรแกรมจะคำนวณค่า Takeoff Weight เหลือเพียง 3 ปัจจัยที่ได้ค่าน้ำหนักน้อยสุด 3 รายการและระบุลงในแบบฟอร์มที่เรียกว่า Gross Weight Chart--GWC โดยในตัวอย่างนี้ ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตามอัตราการไต่ (climb limited weight) ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตามโครงสร้างอากาศยาน (structure limited weight) และค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited) ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังภาพ 6

จากภาพ 6 สามารถสรุปผลลัพธ์ได้ ดังนี้

1. Runway 03L หมายถึง หมายเลขทางวิ่ง 03L
2. VTBD หมายถึง สนามบินดอนเมือง

3. ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตาม อัตราการไต่ (climb limited) ดูที่คอลัมน์การไต่ (climb) ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) สอดคล้องกับอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เท่ากับ 780 หมายถึง 78.0 ตัน หรือ 78000 กิโลกรัม

4. ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตาม โครงสร้างอากาศยาน (structure limited) เท่ากับ 70533 กิโลกรัม

5. ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตาม สิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited) เท่ากับ 760 หมายถึง 76000 ตัน หรือ 76000 กิโลกรัม จากการลากเส้นอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตัดกับค่า Wind Component 0 นอต

6. พิจารณาค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) น้อยที่สุดจากน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตามอัตราการไต่ (climb limited) จำกัดตามโครงสร้างอากาศยาน (structure limited) และ จำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited) ในที่นี้ คือ 70533 กิโลกรัม ซึ่งจำกัดตามโครงสร้างอากาศยาน (structure limited)

ขั้นตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นตาม โครงสร้างอากาศยาน (structure limited) กับ Maximum Weight For Zero Fuel และ Maximum Weight For Landing ดังนี้

1. นำค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตามตามโครงสร้างอากาศยาน (structure limited) เท่ากับ 70533 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับ ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดโดย Zero Fuel Weight Limit และ Landing Weight Limit ต่อไป เพื่อหาค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) ที่น้อยที่สุดของปัจจัยประเภทใดประเภทหนึ่งมาเป็นค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) สูงสุดในการบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นของเที่ยวบินนี้ ดังตาราง 2

จากตาราง 2 พบว่า

1. ค่า Maximum Certificate Zero Fuel Weight--MCZFW คือ น้ำหนักของ Zero Fuel Weight สูงสุดที่โรงงานผลิตเครื่องบินกำหนดให้ สำหรับตัวอย่างนี้ เท่ากับ 61600 กิโลกรัม ระบุใน คอลัมน์ 1 (Maximum Weight for Zero Fuel) + น้ำหนักของ Takeoff Fuel เท่ากับ 8000 กิโลกรัม นั่นคือ $61600 + 8000 = 69600$ กิโลกรัม ระบุใน คอลัมน์ 1 (Maximum Weight for Zero Fuel) + น้ำหนักของ Takeoff Fuel เท่ากับ 8000 กิโลกรัม นั่นคือ $61600 + 8000 = 69600$ กิโลกรัม

2. ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จาก Gross Weight Chart--GWC ซึ่งพิจารณาค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) ที่น้อยที่สุด จาก ปัจจัยทั้งสามประเภทใน Gross Weight Chart ในที่นี้ คือ 70533 กิโลกรัม จำกัดน้ำหนัก โดย Structure Limited ระบุในคอลัมน์ 2

3. ค่า Maximum Certificate Landing Weight--MCZFW คือ น้ำหนักของการร่อนลง (landing weight) สูงสุดที่โรงงานผลิตเครื่องบินกำหนดให้ จากตัวอย่างนี้ เท่ากับ 65300 กิโลกรัม ระบุใน คอลัมน์ 1 (Maximum Weight For Landing Weight) + น้ำหนักของ Trip Fuel เท่ากับ 3200 กิโลกรัม จะได้ว่า $65317 + 3200 = 68517$ กิโลกรัม

4. พิจารณาค่า Maximum Allowed Weight for Takeoff ที่น้อยที่สุดในคอลัมน์ 1 หรือ 2 หรือ 3 ในที่นี้คือ ค่า Maximum Allowed Weight For Takeoff หรือ ค่า Regulated Takeoff Weight--RTOW คือ 68517 กิโลกรัม ดังนั้น Maximum Allowed Weight for Takeoff เท่ากับ 68517 กิโลกรัม

จากตัวอย่างที่ 1 และ 2 พบว่า ทั้งวิธีที่ไม่ได้ใช้ โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบินและวิธีที่ใช้ผลคำนวณจาก โปรแกรมทางผู้ผลิตเครื่องบินให้ผลลัพธ์ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) ที่สอดคล้องกัน และได้ค่า Regulated Takeoff Weight--RTOW คือ 68517 กิโลกรัม

ELEVATION	9 FT			RUNWAY 03L	VTBD				
*** FLAPS 05 ***	AIR COND AUTO	ANTI-ICE OFF		DON MUEANG INTL					
WINGLETS				BANGKOK, THA					
737-800	CFM56-7B24			DATED 16-JAN-2015					
A INDICATES OAT OUTSIDE ENVIRONMENTAL ENVELOPE									
OAT CLIMB	WIND COMPONENT IN KNOTS (MINUS DENOTES TAILWIND)								
C 100KG	-10 0 10 20								
65A 565	544*/29-29-33	546*/29-29-33	546*/30-30-33	547*/30-30-33					
60A 592	590**48-51-54	598**53-56-58	598**53-55-58	598**53-55-57					
56A 613	571*/32-32-36	572*/32-32-36	573*/33-33-36	573*/33-33-36					
	625**50-53-55	625**55-58-61	625**55-58-60	625**55-57-60					
	592*/34-35-38	593*/35-35-38	594*/35-35-38	594*/35-35-38					
	635**51-54-57	647**57-60-63	647**57-60-62	647**57-59-62					
52 635	615*/36-37-41	617*/37-37-41	617*/37-37-41	618*/37-37-41					
	657**52-55-58	671**59-62-65	671**61-64-67	671**61-64-67					
48 661	640*/39-40-44	642*/40-40-44	643*/40-40-44	643*/40-40-44					
	682**53-56-59	698**62-65-68	698**63-66-69	698**62-65-68					
44 686	666*/41-42-47	668*/42-43-47	669*/43-43-47	670*/43-43-47					
	705**54-57-60	705**54-56-60	705**54-56-60	705**54-56-59					
42 699	680*/42-44-48	682*/43-44-48	682*/44-44-48	683*/44-44-48					
	705**50-53-56	705**51-52-56	705**51-52-56	705**51-52-55					
40 713	693*/43-45-49	695*/45-45-49	696*/45-45-49	697*/45-45-50					
	705**47-49-53	705**48-49-53	705**48-49-53	705**48-48-52					
38 726	706*/44-46-50	708*/45-46-50	709*/46-46-50	709*/46-46-50					
36 739	718*/44-46-51	721*/45-46-51	721*/45-46-51	722*/45-46-51					
34 752	731*/44-46-51	733*/45-46-51	734*/45-46-51	734*/45-46-51					
32 765	744*/43-45-51	746*/44-45-51	747*/44-45-51	748*/45-45-51					
30 780	758*/43-45-51	760*/44-45-51	761*/44-45-51	762*/44-45-51					
28 781	759*/43-45-51	761*/44-45-51	762*/44-45-51	762*/44-45-51					
26 782	759*/43-45-51	761*/44-45-51	762*/44-45-51	763*/44-45-51					
24 782	760*/43-45-51	762*/44-45-51	763*/44-45-51	763*/44-45-51					
22 783	760*/43-45-51	762*/44-45-51	763*/44-45-51	764*/44-45-51					
20 784	761*/43-45-51	763*/44-45-51	764*/44-45-51	764*/44-45-51					
18 784	761*/43-45-51	763*/44-45-51	764*/44-45-51	765*/44-45-51					
16 785	761*/43-45-51	764*/44-45-51	764*/44-45-51	765*/44-45-51					
14 785	762*/43-45-51	764*/44-45-51	765*/44-45-51	766*/44-45-51					
12 786	762*/43-45-51	765*/44-45-51	765*/44-45-51	766*/44-45-51					
10 786	763*/43-45-51	765*/44-45-51	766*/44-45-51	767*/44-45-51					
5 788	764*/43-45-51	766*/44-45-51	767*/44-45-51	767*/44-45-51					
0 789	764*/43-45-51	767*/44-45-51	767*/44-45-51	768*/45-45-51					
MAX BRAKE RELEASE WT MUST NOT EXCEED MAX CERT TAKEOFF WT OF				70533 KG					
FLAP RETRACTION HEIGHT IS 1000 FT									
LIMIT CODE IS F=FIELD, T=TIRE SPEED, B=BRAKE ENERGY, V=VMCG,									
A=OBSTACLE/LEVEL-OFF, **=IMPROVED CLIMB									
TORA IS 3699 M		TODA IS 3849 M		ASDA IS 3849 M					
RUNWAY SLOPES ARE 0.00 PERCENT FOR TODA AND 0.00 PERCENT FOR ASDA									
LINE-UP DISTANCES: 0 M FOR TODA, 0 M FOR ASDA OBS FROM LO FT/M									
RUNWAY	HT	DIST	OFFSET	HT	DIST				
03L	71	1290	0						
ENG-OUT PROCEDURE:				Structure Limited					
NONE									

ภาพ 6 Gross Weight Chart for B737-800

Note. From Gross Weight Chart, by Nok Airlines Company Limited, 2015, Bangkok: Nok Airlines Company Limited.

ตาราง 2

ค่า Takeoff Weight จำกัดตามโครงสร้างอากาศยาน ค่า Maximum Weight For ZERO Fuel และ ค่า Maximum Weight For Landing

Maximum Weight For Zero Fuel (หน่วย:กิโลกรัม)	Takeoff Weight Lowest From GWC (หน่วย:กิโลกรัม)	Maximum Weight For Landing (หน่วย:กิโลกรัม)
61600+	70533	65317+
8000	Maximum Allowed Weight for Takeoff	3200
69600		68517

ขั้นตอนการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการร่อนลงสำหรับเครื่องบินแบบ B737-800

สมรรถนะของเครื่องบินขณะทำการร่อนลง โดยปกติทางโรงงานผู้ผลิตเครื่องบินจะเป็นผู้คำนวณน้ำหนักในการร่อนลงให้ (landing weight) แต่ในบางโอกาสจะมีปัจจัยบางอย่างเป็นตัวแปรขัดจำกัดน้ำหนักไม่สามารถเอาน้ำหนักทำการลง ณ สนามบินปลายทางได้เท่ากับน้ำหนักที่โรงงานผู้ผลิตเครื่องบินคำนวณให้เรียกว่า Maximum Certificate Landing Weight คือ น้ำหนักที่ใช้ทำการลงสูงสุดที่ได้รับรองโดยสอดคล้องตามโครงสร้างของเครื่องบิน

ปัจจัยที่มีอุปสรรคต่อสมรรถนะของเครื่องบินเมื่อทำการร่อนลงมี ดังนี้

- Runway Length
- Obstacles In The Approach Area
- Landing Climb Requirements
- Structural Landing Weight
- Runway Bearing Strength

สำหรับวิธีการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการร่อนลงสำหรับเครื่องบินแบบ B737-800 แบ่งวิธีการคำนวณได้ 2 วิธี ได้แก่ (1) การคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการร่อนลงที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และ (2) การคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการร่อนลงที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากโปรแกรมทางผู้ผลิตเครื่องบิน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

วิธีที่ 1 การคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการร่อนลงที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับวิธีการคำนวณดังตัวอย่างที่ 3

ตัวอย่างที่ 3

กำหนดข้อมูล

1. Landing Distance Available 3100 เมตร
2. Runway Condition Dry Runway
3. Wind component 10 นอต
4. Runway in use 18
5. Flap landing 30
6. Outside Air Temperature--OAT 30 องศาเซลเซียส

และ

7. Airport Elevation 1036 ฟุต
8. Maximum Certificate Landing Weight--MCLDW 65317 กิโลกรัม

วิธีทำ ใช้ตาราง Limit Climb Limit Weight ดัง
ภาพ 7

1. ลากเส้นขนานจากอุณหภูมิเท่ากับ 30 องศา
เซลเซียส ตัดกับค่าของ Airport Pressure Altitude
เท่ากับ 1036 ฟุต $\approx$ 1000 ฟุต

2. จะได้ค่า Maximum Landing Weight ที่
จำกัดโดย Approach Climb Limit เท่ากับ 71.2 ตัน
หรือ 71200 กิโลกรัม

3. ในทางปฏิบัติน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเพื่อทำการ
ร่อนลงจะต้องไม่มากกว่า ค่า Maximum Certificate
Landing Weight เท่ากับ 65317 Kgs ซึ่ง ค่า Maximum
Landing Weight ที่คำนวณได้เท่ากับ 71200 กิโลกรัม
ดังนั้นค่า Maximum Landing Weight เท่ากับ 65317
กิโลกรัม

วิธีที่ 2 การคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการ
ร่อนลงที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากโปรแกรมทางผู้ผลิต
เครื่องบิน สำหรับวิธีการคำนวณดังตัวอย่างที่ 4

ตัวอย่างที่ 4

กำหนดข้อมูล

1. Landing Distance Available 3100 เมตร
2. Runway Condition Dry Runway
3. Wind component 10 นอต
4. Runway in use 18
5. Flap landing 30
6. Outside Air Temperature (OAT) 30 องศา
เซลเซียส
7. Airport Elevation 1036 ฟุต
8. Maximum Certificate Landing Weight--
MCLDW 65317 กิโลกรัม

วิธีทำ นำข้อมูลไปใส่ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์
จากโปรแกรมทางผู้ผลิตเครื่องบิน ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังภาพ 8

จากภาพ 8 Landing Performance Chart
สำหรับหาค่า Maximum Landing Weight

วิธีทำ

ลากเส้นขนานจากอุณหภูมิ เท่ากับ 30 องศา
เซลเซียส ตัดกับค่าของ Wind Component เท่ากับ Head
wind 10 นอต จะได้ค่า Maximum Landing Weight ที่
จำกัดโดย Approach Climb เท่ากับ 711A หรือ เท่ากับ
71100 กิโลกรัม A = Approach Climb อ้างอิงจาก
Landing Performance Chart

ในทางปฏิบัติน้ำหนักสูงสุดจะต้องไม่มากกว่า
ค่า Maximum Certificate Landing Weight เท่ากับ
65317 กิโลกรัม ดังนั้น ค่า Maximum Landing Weight
ที่คำนวณได้เท่ากับ 71100 กิโลกรัม ต้องคิดค่า Maximum
Landing Weight เพียง 65317 กิโลกรัม เท่านั้น

จากตัวอย่างที่ 3 และ 4 พบว่า ทั้งวิธีที่ไม่ได้ใช้
โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบินและวิธีที่ใช้ผลคำนวณจาก
โปรแกรมทางผู้ผลิตเครื่องบินให้ผลลัพธ์ค่า Landing
Weight ที่ใกล้เคียงกัน

Landing Climb Limit Weight

Valid for approach with flaps 15 and landing with flaps 40

Based on engine bleed for packs on and anti-ice off

AIRPORT OAT		LANDING CLIMB LIMIT WEIGHT (1000 KG)													
		AIRPORT PRESSURE ALTITUDE (FT)													
°C	°F	-2000	-1000	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	
54	129	61.8	60.4	58.9	57.8										
52	126	63.0	61.6	60.0	57.8										
50	122	64.3	62.8	61.1	58.9	56.7									
48	118	65.5	64.0	62.3	60.0	57.8	55.6								
46	115	66.8	65.3	63.6	61.3	59.0	56.8	54.6							
44	111	68.1	66.5	64.8	62.4	60.1	57.8	55.7	53.5						
42	108	69.3	67.8	66.0	63.6	61.3	58.9	56.7	54.5	52.4					
40	104	70.6	69.1	67.3	64.8	62.4	60.1	57.8	55.6	53.4	51.2				
38	100	71.9	70.4	68.6	66.0	63.6	61.2	58.9	56.7	54.4	52.2	50.2			
36	97	73.4	71.7	69.9	67.3	64.8	62.4	60.0	57.7	55.5	53.2	51.1	49.1		
34	93	74.7	73.1	71.1	68.6	66.0	63.5	61.1	58.8	56.5	54.2	52.0	50.0	47.9	
32	90	74.8	74.5	72.5	69.8	67.3	64.7	62.3	59.9	57.5	55.2	53.0	50.9	48.8	
30	86	74.9	74.5	73.9	71.2	68.5	65.9	63.4	61.0	58.7	56.3	54.0	51.9	49.8	
28	82	74.9	74.6	73.9	72.5	69.8	67.2	64.6	62.2	59.8	57.4	55.1	52.8	50.7	
26	79	75.0	74.7	74.0	72.6	71.1	68.5	65.9	63.3	60.9	58.5	56.2	53.9	51.6	
24	75	75.1	74.7	74.1	72.6	71.2	69.7	67.1	64.5	62.0	59.6	57.3	54.9	52.7	
22	72	75.1	74.8	74.1	72.7	71.2	69.8	68.3	65.8	63.2	60.7	58.4	56.0	53.7	
20	68	75.2	74.9	74.2	72.7	71.3	69.8	68.4	67.0	64.4	61.9	59.4	57.2	54.8	
18	64	75.3	74.9	74.2	72.8	71.3	69.9	68.4	67.0	65.5	63.1	60.5	58.2	55.9	
16	61	75.3	75.0	74.3	72.8	71.4	69.9	68.4	67.1	65.6	64.1	61.7	59.2	56.9	
14	57	75.4	75.0	74.3	72.9	71.4	70.0	68.5	67.1	65.6	64.2	62.6	60.3	57.8	
12	54	75.4	75.1	74.4	73.0	71.5	70.0	68.5	67.2	65.6	64.2	62.7	61.1	58.8	
10	50	75.5	75.1	74.5	73.0	71.5	70.1	68.6	67.2	65.7	64.2	62.7	61.1	59.5	
-40	-40	76.0	75.7	75.1	73.6	72.2	70.7	69.1	67.7	66.1	64.6	63.1	61.5	59.9	

ภาพ 7 Landing Climb Limit Weight

Note. From 737-800 Flight Crew Operation Manual Nok Airlines Company Limited, by The Boeing Company, 2014, Washington: The Boeing Company.

737-800 LANDING PERFORMANCE VTCC
 CFM56-7B24 CHIANG MAI INTL 36
 LDA 3100 M CHIANG MAI, THA Elev 1036 FT
 WINGLETS
 Approach 15 Landing 30 Air Cond Auto Anti-ice Off
 Dry Rwy

OAT C	Maximum Allowable Landing Weight (100 KG)			
	-10	0	Wind (Knots) 10	20
65	OF	OF	OF	OF
60	OF	OF	OF	OF
56	OF	OF	OF	OF
52	577A	577A	577A	577A
48	600A	600A	600A	600A
44	623A	623A	623A	623A
42	635A	635A	635A	635A
40	647A	647A	647A	647A
38	660A	660A	660A	660A
36	673A	673A	673A	673A
34	685A	685A	685A	685A
32	697A	697A	697A	697A
30	711A	711A	711A	711A
28	724A	724A	724A	724A
26	725A	725A	725A	725A
24	726A	726A	726A	726A
22	726A	726A	726A	726A
20	727A	727A	727A	727A
18	727A	727A	727A	727A
16	728A	728A	728A	728A
14	728A	728A	728A	728A
12	729A	729A	729A	729A
10	730A	730A	730A	730A
5	731A	731A	731A	731A
0	732A	732A	732A	732A

Above Standard Pressure Add (KG per MB)

39 39 39 39

Below Standard Pressure Subtract (KG per MB)

75 75 75 75

Reference QNH is 1013.25 MB

Corrections based on 1003.25 MB and 1023.25 MB

Landing weight must not exceed 65317 KG

Limit Codes: F=Field C=Climb B=Brakes

A=Approach Climb L=Landing Climb T=Tire Speed

ภาพ 8 Landing Performance Chart

Note. From Landing Performance Chart, by Nok Airlines Company Limited, 2015, Bangkok: Nok Airlines Company Limited

บทสรุป

วิธีการคำนวณหาค่าน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและร่อนลงที่ผู้เขียนได้กล่าวมาเป็นวิธีการคำนวณที่ใช้เฉพาะสำหรับเครื่อง B737-800 เท่านั้น ซึ่งผู้เขียนได้อธิบายถึงวิธีการคำนวณหาค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นจำนวน 2 วิธี ทั้งที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบิน และวิธีใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบิน โดยทั้ง 2 วิธีให้ผลลัพธ์ค่า Takeoff Weight ที่สอดคล้องกัน และวิธีการคำนวณหาค่าน้ำหนักเพื่อร่อนลงจำนวน 2 วิธีทั้งที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบิน และวิธีใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบิน โดยทั้ง 2 วิธีให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกัน โดยในปัจจุบันบริษัทสายการบินส่วนใหญ่ใช้วิธีการคำนวณจากโปรแกรมผู้ผลิตเนื่องจาก

ประหยัดเวลาในการคำนวณและมีความถูกต้องแม่นยำสูง แต่โปรแกรมผู้ผลิตพัฒนาขึ้นมีราคาสูงจึงทำให้สายการบินใช้วิธีการขอรับบริการใช้โปรแกรมเป็นครั้ง ๆ ไปแทนที่จะซื้อโปรแกรมมาใช้เอง ดังนั้นการคำนวณด้วยวิธีที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบินก็ยังคงมีความจำเป็นอยู่เมื่อเกิดปัญหาที่มีการเปลี่ยนตัวแปรที่จะจำกัดน้ำหนักบรรทุกเพียงบางตัวพนักงานอำนวยความสะดวกการบินในสายการบินนั้น ๆ ก็สามารถที่จะคำนวณหาค่าน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและร่อนลงด้วยตนเองได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายที่จะต้องไปขอรับบริการจากผู้ผลิต ดังนั้นผู้เขียนจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิธีการคำนวณที่ได้กล่าวมาจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมการบินหรือผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป



References

- Civil Aviation Authority of New Zealand. (2020). *Take-off and landing performance*. Retrieved from <https://www.aviation.govt.nz/assets/publications/gaps/Take-off-and-landing-performance.pdf>
- International Civil Aviation Organization. (2013). *Annex 14 aerodromes - Volume I, aerodrome design and operations*. Quebec: the International Civil Aviation Organization.
- Nok Airlines Company Limited. (2015). *Gross weight chart*. Bangkok: Nok Airlines Company Limited. (in Thai)
- Nok Airlines Company Limited. (2015). *Landing performance chart*. Bangkok: Nok Airlines Company Limited. (in Thai)
- The Boeing Company. (2014). *737-800 flight crew Operations Manual Nok Airlines Company, Limited*. Washington: The Boeing Company.
- Vongviwat, P. (2014). Pre-flight planning. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 8(1), 1-9. (in Thai)
- Zhu, Y., Wang, J., Chen, Y., & Wu, Y. (2016). Calculation of takeoff and landing performance under different environments. *International Journal of Modern Physics: Conference Series*, 42, 1-12. <https://www.worldscientific.com/doi/10.1142/S2010194516601745>



การดูแลเท้า: ปัญหาที่ไม่ควรมองข้ามของผู้สูงอายุโรคเบาหวานในชุมชน

Foot Care: The Problems that should not be Overlooked among Diabetic Elders in Community

บรรณทวรรณ หิรัญเคราะห์¹ ดนัย ดุสรักษ์¹ ศิรเมศร์ โภโค¹
ชยพล ศิรินิยมชัย² และชาติชาย กิตยานันท์³
Buntawan Hirunkhro¹, Danai Dussaruk¹, Siramet Poko¹,
Chayaphon Siriniyomchai² and Chartchai Kitiyanun³
¹วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จักรีราช

¹Boromarajonani college of Nursing Chakiraj

²คณะพยาบาลศาสตร์แมคคอร์มิค มหาวิทยาลัยพายัพ

²McCormick Faculty of Nursing, Payap University

³สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพังงา

³Phangnga Provincial Health office

Received: November 2, 2020

Revised: January 25, 2021

Accepted: February 1, 2021

บทคัดย่อ

การดูแลเท้าในผู้สูงอายุเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้สูงอายุโรคเบาหวาน สาเหตุและปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดแผลได้ง่ายจากพยาธิสภาพของโรคเบาหวานร่วมกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและสรีระวิทยาหลายด้าน ดังนั้นการเกิดแผลที่เท้าในผู้สูงอายุโรคเบาหวานจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่นำไปสู่การถูกตัดเท้า ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อทั้งด้านร่างกายและจิตใจ ทำให้คุณภาพชีวิตลดลง และเพิ่มภาระการดูแลของครอบครัว ปัจจุบันสถิติผู้ป่วยโรคเบาหวานทั่วโลกเพิ่มมากขึ้นทุกปี และผู้ป่วยที่ถูกตัดเท้ามีแนวโน้มสูงขึ้นและพบในผู้ป่วยโรคเบาหวานอายุตั้งแต่ 35 ปี การดูแลเท้าในผู้สูงอายุเหล่านี้จึงถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้พยาบาลและผู้ที่เกี่ยวข้อง มีความรู้ความเข้าใจวิธีการดูแลเท้าผู้เป็นโรคเบาหวาน เนื้อหาในบทความอธิบายถึงสาเหตุและปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดการแผลที่เท้า การตรวจประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดแผลที่เท้าและบทบาทของพยาบาลในฐานะเป็นผู้ดูแลโดยตรง เป็นผู้ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำในการประเมินความเสี่ยง และการช่วยสอนทักษะการดูแลเท้าแก่ผู้สูงอายุ เป็นการส่งเสริมให้ผู้สูงอายุสามารถดูแลเท้าได้ด้วยตนเอง ไม่เกิดแผลที่เท้าและมีคุณภาพชีวิตที่ดี

คำสำคัญ: การดูแลเท้า ผู้สูงอายุ โรคเบาหวาน ชุมชน

Abstract

Foot care among the elderly is important especially among the elderly with Diabetes Mellitus--DM. The main cause and factor of wounds from diabetic pathology and combined with a variety of physical and physiological changes. Therefore, the incidence of foot ulcers in the elderly with diabetes is essential to prevent complications. Foot ulcers among the elderly with DM is an important complication which could lead to foot amputation affecting those in both physical and mental dimensions. Moreover, it also leads to a decrease in quality of life and an increase in the burden of taking care of their family. Presently, the statistics of DM patients around the world are increasing every year and foot amputation was found in diabetics aged 35 years. Foot care among the elderly with DM in community plays an important role to prevent further foot ulcers and reduce the complications leading to foot amputation. This article aimed to provide knowledge and understanding about foot care among diabetic elders for nurses and those interested. The article described the causes and risk factors that cause foot ulcers in diabetic elders, risk assessment of occurring foot wounds, and the role of a nurse as direct care including being an educator or a consultant to help assess the risks, give advice, and help to teach foot care skills. This is to encourage the elderly with DM in the community to be able to practice on their own according to the recommendations effectively. Moreover, it is to promote and prevent the occurrence of foot ulcers as well as to assist the elderly with DM in community to take care of their feet by themselves, to prevent further occurrence of foot ulcers, and be able to live a better-quality of life.

Keywords: foot care, elder, diabetes mellitus, community



บทนำ

สังคมไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (ageing society) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 โดยมีสัดส่วนประชากรอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปเกินร้อยละ 10 ของประชากรรวมจากรายงานทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 31 ธ.ค. 2562 ของกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย มีจำนวนผู้สูงอายุ 12 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 18 ของประชากร 66.5 ล้านคน และจะเพิ่มเป็น 20.42 ล้านคน หรือร้อยละ 31.28 ในปี 2583 (Department of Provincial Administration, Ministry of Interior, 2020) ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญและเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับประชากรสูงอายุในอนาคต

การเพิ่มขึ้นของประชากรสูงอายุ ทำให้มีอัตรา

การพึ่งพิงเพิ่มมากขึ้นด้วย และเนื่องจากผู้สูงอายุมักมีโรคประจำตัว ได้แก่ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง หัวใจและภาวะน้ำหนักเกิน (Ronnarithivichai, 2018) อันเนื่องมาจากความเสื่อมของสภาพร่างกาย ปัญหาการเปลี่ยนแปลงบทบาทและหน้าที่ทางสังคม และการขาดรายได้จากการทำงาน (Institute for Population and Social Research, Mahidol University, 2017) ด้วยเหตุนี้ผู้สูงอายุ ควรได้รับการดูแลที่ตอบสนองความต้องการอย่างเหมาะสมเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตและลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากความสูงวัย

โรคเบาหวานเป็นโรคที่พบบ่อยสามารถเกิดขึ้นได้กับทุกเพศทุกวัยและพบมากในผู้สูงอายุโดยพบอุบัติการณ์การเกิดโรคเบาหวานในผู้ใหญ่อายุ 6.4 และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10.5-19.0 ในผู้สูงอายุ มีผู้เสียชีวิตจากโรคเบาหวาน

คิดเป็นอัตราตาย 17.83 ต่อแสนประชากร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (Division of Non Communicable Diseases, 2020) จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ผู้ป่วยเบาหวานมักเกิดภาวะแทรกซ้อนจากภาวะน้ำตาลในเลือดทั้งสูงและต่ำ ทำให้ต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลแยกเป็น ค่าใช้จ่ายของผู้ป่วย-นอกเฉลี่ย 1,172 บาทต่อราย ส่วนผู้ป่วยใน 10,217 บาทต่อราย รวมค่ารักษาพยาบาลทั้งสิ้น 3,984 ล้านบาทต่อปี (Sirinyomchai, 2020) ผู้สูงอายุโรคเบาหวานมีคุณภาพชีวิตลดลง สาเหตุจากการขาดความรู้ในการปฏิบัติตัวในการดำเนินชีวิตและปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การมีโรคร่วมปัญหาทางสายตาบกพร่องในการอ่าน ขาดความรู้เกี่ยวกับเรื่องโรคและยังมีสาเหตุอื่น ๆ ได้แก่ สัมรับประทานอาหารปรับเปลี่ยนลดอินซูลินไม่เหมาะสม ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เป็นต้น ดังนั้น การให้ความรู้แก่ผู้ป่วยเกี่ยวกับการรับประทานอาหารและยา การออกกำลังกาย ลดพฤติกรรมเสี่ยงและการจัดการความเครียดเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และการลดภาวะแทรกซ้อนด้วยการดูแลเท้าจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ (Nakphu & Songthap, 2019; Sirikamonsathian, 2018)

จากรายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 5 ในปี พ.ศ. 2557 พบว่า ความชุกของโรคเบาหวานของประชากรไทยอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไปเท่ากับร้อยละ 8.9 และสถิติผู้ป่วยโรคเบาหวานเพิ่มมากขึ้นทุกปี และผู้ป่วยที่ถูกตัดเท้ามีแนวโน้มในผู้ป่วยโรคเบาหวานอายุตั้งแต่ 35 ปีขึ้นไป (Sukwatjane, 2015) สถานการณ์โดยรวมของประเทศไทยพบว่า ผู้ป่วยเบาหวานถูกตัดขาจำนวนขึ้นต่ำ 14,000 คนต่อปี และคาดว่าปี พ.ศ. 2563 จะเพิ่มขึ้นเป็น 30,000 คนต่อปี (Auewattana, Chitdee & Nissiakla, 2018)

ผลกระทบต่อผู้สูงอายุที่มีผลที่เท้าและถูกตัดเท้า คือ อุปสรรคในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันภาวะจิตใจและเศรษฐกิจ ผลกระทบต่อครอบครัว คือ ภาระค่าใช้จ่ายสำหรับการรักษาพยาบาล และผลกระทบต่อประเทศ คือ ค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพของประชากร ทำให้สูญเสียงบประมาณของแผ่นดินเป็นจำนวนมาก ผู้เขียนจึงได้ตระหนักถึงการเกิดผลที่เท้าของผู้สูงอายุเหล่านี้และนำเสนอความรู้เกี่ยวกับการดูแลเท้า จากประสบการณ์ทำงานในชุมชน ให้กับบุคลากรทางการแพทย์และผู้ป่วย

เนื้อหาในบทความนี้ได้อธิบายตั้งแต่ความหมายของโรคเบาหวาน ชนิดของโรคเบาหวาน ความหมายของเท้าเบาหวาน สาเหตุและปัจจัยของโรคเบาหวาน อาการผลกระทบของโรคเบาหวาน การตรวจวินิจฉัย หลักการของการให้การรักษา บทบาทของพยาบาลในการแนะนำโภชนาการด้วยการควบคุมอาหาร บทบาทของพยาบาลในการแนะนำการออกกำลังกายที่เหมาะสม (physical activity) บทบาทของพยาบาลในการแนะนำการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพและการดูแลตนเองในผู้ป่วยเบาหวาน (lifestyle) บทบาทของพยาบาลในการแนะนำการป้องกันและบทบาทของพยาบาลในการส่งต่อผู้ป่วยและบทบาทของพยาบาลในการดูแลแผลที่เท้าผู้ป่วยเบาหวาน

ความหมายของโรคเบาหวาน

โรคเบาหวาน คือ กลุ่มอาการที่มีระดับน้ำตาลกลูโคสรวมทั้งไขมันและกรดอะมิโนสูงในเลือด เกิดจากความผิดปกติของตับอ่อน หรือการที่ตับอ่อนสร้างฮอร์โมนอินซูลินได้ไม่เพียงพอ และออกฤทธิ์ควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดได้ไม่ดี มีผลให้กลูโคสในเลือดสูงจนล้นออกมาในปัสสาวะ และผลการตรวจระดับน้ำตาลในเลือดเวลาใดก็ได้ ไม่จำเป็นต้องอดอาหาร สมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทยได้กำหนดค่าน้ำตาลกลูโคสในเลือดถ้า มากกว่าหรือเท่ากับ ≥ 200 มก./ดล. หรือระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (อย่างน้อย 8 ชั่วโมง) ≥ 126 มก./ดล. ถือว่าเป็นโรคเบาหวาน (American Diabetes Association (ADA), 2017; Diabetes Association of Thailand under The patronage of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn, 2014)

ชนิดของโรคเบาหวาน ได้แก่

1. โรคเบาหวานชนิดที่ 1 (type 1 Diabetes Mellitus-T1DM หรือเป็นชนิดพึ่งอินซูลิน (Insulin-Dependent Diabetes Mellitus-IDDM) เบาหวานชนิดที่ 1 นี้พบประมาณ 5-10% ของจำนวนโรคเบาหวานทุกชนิดเกิดได้ทุกช่วงอายุ แต่มักเกิดในเด็กและวัยรุ่น ส่วนใหญ่ มีรูปผอมสาเหตุเกิดจากภาวะภูมิคุ้มกันของร่างกายผิดปกติ

ทำให้เกิดการอักเสบและมีการทำลายเซลล์ตับอ่อนจนหมด ทำให้สร้างอินซูลินไม่ได้ จึงต้องรักษาด้วยการฉีดยาอินซูลิน

2. โรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Type 2 Diabetes Mellitus--T2DM หรือเป็นชนิดไม่พึ่งอินซูลิน (อินซูลิน (Non Insulin-Dependent Diabetes Mellitus--NIDDM) เบาหวานชนิดที่ 2 นี้ พบเป็นจำนวน 90-95% ของจำนวนโรคเบาหวานทุกชนิด ส่วนใหญ่พบในเพศหญิงที่มีอายุมากกว่า 40 ปี มีรูปร่างอ้วนหรือปกติ และมีประวัติครอบครัวเป็นเบาหวาน มีสาเหตุจากร่างกายสร้างอินซูลินไม่เพียงพอและไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

3. โรคเบาหวานที่มีสาเหตุจำเพาะ (specific types of diabetes due to other causes) มีได้หลายสาเหตุ เช่น โรคทางพันธุกรรม โรคของตับอ่อน โรคทางต่อมไร้ท่อ การได้รับยาบางชนิด เป็นต้น

4. โรคเบาหวานขณะตั้งครรภ์ (Gestational Diabetes Mellitus--GDM) ในไตรมาสที่ 2 หรือ 3 เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนในขณะตั้งครรภ์ไปต้านฤทธิ์ของอินซูลิน ภายหลังคลอดส่วนใหญ่โรคเบาหวานจะหายไป แต่ผู้ป่วยส่วนหนึ่งจะมีโอกาสเกิดโรคเบาหวานเมื่ออายุมากขึ้น (Diabetes Association of Thailand under The patronage of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn, 2014)

ความหมายของเท้าเบาหวาน

เท้าเบาหวาน (diabetic foot) เป็นภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญของผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเป็นเวลานาน โดยองค์การอนามัยโลกให้นิยามคำว่า เท้าเบาหวาน หมายถึง กลุ่มอาการของเท้าที่เกิดจากปลายประสาทเสื่อม (neuropathy) ที่นำไปสู่การสูญเสียหน้าที่การทำงานของเท้า (Siriniyomchai, 2020)

สาเหตุและปัจจัยของโรคเบาหวาน

สาเหตุของโรคเบาหวานที่แท้จริงยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด แต่เชื่อว่าเกิดจากสาเหตุและปัจจัย ดังนี้

1. กรรมพันธุ์ จะพบโรคเบาหวานได้บ่อยในผู้ที่มิ

ประวัติครอบครัวเป็นโรคเบาหวาน เช่น พ่อ แม่ หรือญาติพี่น้อง เป็นโรคเบาหวาน จะมีโอกาสเป็นโรคนี้ได้มากขึ้น

2. ความอ้วน การไม่ออกกำลังกาย ภาวะเครียด การมีบุตรมาก สิ่งเหล่านี้ทำให้เนื้อเยื่อของร่างกายตอบสนองต่ออินซูลินไม่ดี หรือร่างกายดื้อต่ออินซูลินและเกิดโรคเบาหวานตามมา

3. การติดเชื้อไวรัส ทำให้ตับอ่อนถูกทำลายจากร่างกายเกิดภูมิต้านทานต่อเซลล์ของตับอ่อน

4. อายุมากขึ้น ตับอ่อนมีการสร้างอินซูลินลดลง

5. โรคของตับอ่อน เช่น มะเร็งของตับอ่อน การผ่าตัดตับอ่อน ตับอ่อนอักเสบเรื้อรังจากการดื่มสุรา เป็นต้น

6. ภาวะการตั้งครรภ์ฮอร์โมนจากรกหลายชนิดมีผลไปยับยั้งการออกฤทธิ์ของอินซูลิน ผู้หญิงที่ตั้งครรภ์หลายครั้งจะมีโอกาสเป็นโรคเบาหวาน

7. ยาบางชนิด ถ้าใช้ไปนาน ๆ จะมีโอกาสเป็นโรคเบาหวาน เช่น สเตียรอยด์ เป็นต้น

8. จากเชื้อโรคหรือยาบางอย่าง (รวมทั้งเหล้าด้วย) ไปทำลายตับอ่อน ทำให้สร้างอินซูลินไม่ได้จึงเกิดโรคเบาหวาน (ADA, 2019)

อาการของโรคเบาหวาน

ผู้ที่มีระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดสูงกว่าเกณฑ์ปกติเล็กน้อย อาจจะยังไม่มีอาการ ส่วนใหญ่อาการของโรคเกิดจากการมีระดับน้ำตาลในเลือดสูง และภาวะแทรกซ้อนจากการควบคุมโรคไม่ได้ผล อาการที่สำคัญและพบบ่อยโดยสมาคมโรคเบาหวานแห่งสหรัฐอเมริกา ได้เสนอไว้ ดังนี้ (ADA, 2019)

1. ปัสสาวะบ่อยและจำนวนมากเนื่องจากมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงจนล้นออกทางปัสสาวะ ปัสสาวะหลายครั้งตอนกลางคืน เพราะระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นเมื่อเลือดไหลผ่านไต ก็ไม่สามารถเก็บกักน้ำตาลไว้ได้ ก็ถูกขับออกทางปัสสาวะ ทำให้เสียน้ำออกไปทางปัสสาวะด้วย

2. หิวน้ำดื่มบ่อยและรับประทานอาหารได้มาก เนื่องจากถ่ายปัสสาวะมากและบ่อย ทำให้ร่างกายขาดน้ำ จึงเกิดความกระหายน้ำ

3. หิวบ่อยและรับประทานอาหารได้มากกินจุ แต่ผอมลง เพราะอินซูลินไม่เพียงพอ หรือไม่สามารถออกฤทธิ์ได้เพียงพอ จึงนำน้ำตาลไปใช้เป็นพลังงานไม่ได้ ทำให้รู้สึกหิว รับประทานได้มาก คือ กินจุ

4. น้ำหนักลดหรือผอมลงและอ่อนเพลีย เนื่องจากร่างกายไม่สามารถใช้น้ำตาลในเลือดเป็นพลังงาน จึงสลายเนื้อเยื่อของร่างกายมาใช้แทน

5. ค้นตามตัวหรือบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ สาเหตุของอาการคันเกิดขึ้นได้หลายอย่าง เช่น ผิวหนังแห้งเกินไป หรือการอักเสบของผิวหนังซึ่งพบได้บ่อยในผู้ป่วยเบาหวาน ส่วนการคันบริเวณอวัยวะเพศมักเกิดจากการ ติดเชื้อรา

6. ตาพร่ามัว จากน้ำตาลในเลือดสูงต้องเปลี่ยนแว่นบ่อย การที่ตาพร่ามัวในโรคเบาหวาน สาเหตุอาจเกิดได้หลายประการ คือ อาจเป็นเพราะสายตาเปลี่ยน (ตาสั้นลง) เมื่อน้ำตาลสูงและน้ำตาลไปคั่งอยู่ในตาหรือมัว อาจเกิดเป็นต้อกระจกหรือเส้นเลือดในตาอุดตันก็ได้

7. ชาปลายมือและปลายเท้า จากการเสื่อมของเส้นประสาท หรือหมดความรู้สึทางเพศ เนื่องจากร่างกายที่สูงนาน ๆ ทำให้เส้นประสาทเสื่อม บางคนอาจไม่มีอาการอะไรเลยก็ได้ พบบ่อย ๆ ว่าผู้ป่วยที่ละเลยไม่รับการวินิจฉัยและรักษาโรคเบาหวานตั้งแต่ต้น จะทราบว่าเป็นเบาหวานต่อเมื่อเกิดโรคแทรกซ้อนขึ้นแล้ว ดังนั้น นอกจากจะต้องตรวจหาโรคเบาหวานในผู้ที่มีอาการดังกล่าวข้างต้นแล้ว ผู้ที่อายุเกิน 40 ปี ขึ้นไปทุกรายควรได้รับการตรวจอย่างน้อยปีละครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ที่มีญาติพี่น้องเป็นโรคเบาหวานหรือผู้ที่มีความเสี่ยงต่อโรคสูง

8. เป็นแผลหรือฝีง่าย และหายยาก เนื่องจากน้ำตาลสูง เนื้อเยื่อบริเวณที่เป็นแผลมีความชุ่มชื้นสูงทำให้ความต้านทานต่อเชื้อโรคลดลง

9. ซึมลงหรือไม่รู้ตัว จากการมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงหรือต่ำมากหรือผู้ป่วยที่ขาดการรักษาต่อเนื่องทำให้หมดสติได้ ภาวะหมดสติจากน้ำตาลในเลือดสูงมากหรือต่ำมาก สามารถเปรียบเทียบอาการทั้ง 2 ได้จากตาราง 1

ตาราง 1

เปรียบเทียบอาการแสดงของผู้ป่วยที่มีน้ำตาลในเลือดต่ำและสูง

	น้ำตาลในเลือดต่ำ	น้ำตาลในเลือดสูง
สาเหตุ	-ได้รับยารักษาเบาหวานมากเกินไป กินอาหารน้อย และออกกำลังกายมากเกินไป	-ได้รับยาเบาหวานน้อย -ควบคุมน้ำตาลในเลือดไม่ได้
ระยะของการเกิดอาการ	-อาการจะปรากฏทันทีทันใด -ตอบสนองต่อการรักษาอย่างรวดเร็วภายใน 10-15 นาที	-อาการค่อยเป็นค่อยไป -ตอบสนองต่อการรักษาช้า
อาการปรากฏ	-ซีดอ่อนเพลีย หิวเหงื่อออก เป็นลม ปวดศีรษะ	-เชื่องซึม ผิวแห้ง หน้าแดง กระหายน้ำ อาเจียน ปวดท้อง
ชีพจรหายใจ	-ปกติ	-เร็ว เร็วลึกมีกลิ่นอาซิโตน
ความดันโลหิต	-ปกติหรือต่ำ	-ต่ำและมีช่วงแคบ
การเต้นของหัวใจ	-ปกติ	-เร็ว
อาการทางสมอง	-มือสั่น ชัดในระยะท้าย ๆ -ควบคุมตนเองไม่ได้ ไม่รู้สึกตัว	-ไม่มี -กระสับกระส่าย -ไม่รู้สึกล
การตรวจปัสสาวะ		
-น้ำตาล	-ไม่พบ	-ได้ผลบวก
-อาซิโตน	-ไม่พบ	-ได้ผลบวก

Note. From *Diabetes*, by Department of Health, 2020, retrieve from <http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/files>

ผลกระทบของโรคเบาหวาน

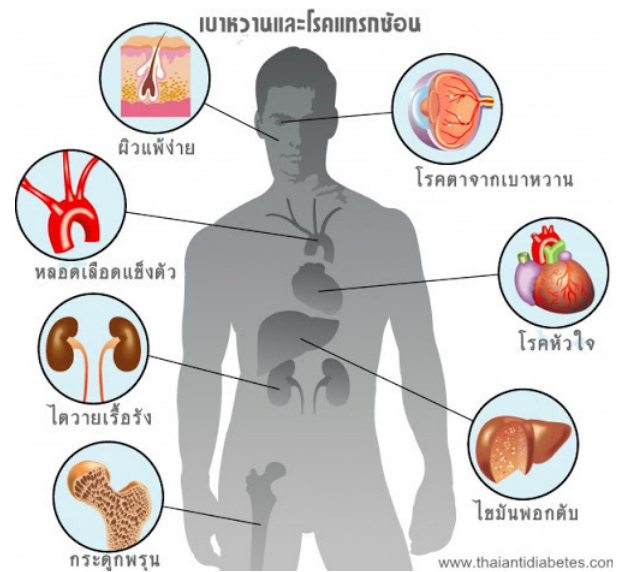
โรคเบาหวานเป็นโรคที่อันตรายถ้าไม่ได้รับการเอาใจใส่ในการรักษาและการดูแลที่ดีทั้งตัวผู้ป่วยเองและทางการแพทย์ โดยผลกระทบหลัก 2 ประการ คือ

1. ผลกระทบเฉียบพลัน พบได้ในกรณีที่ระดับน้ำตาลสูงมาก ทำให้เกิดอาการซึมลง ไม่รู้สึกตัวและอาจเสียชีวิตได้ (American Diabetes Association (ADA), 2019)

2. ผลกระทบเรื้อรัง พบได้ในผู้ป่วยที่ควบคุมระดับน้ำตาลได้ไม่ดีเป็นระยะเวลานาน ๆ อาจนานนับ 10 ปี เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของหลอดเลือดเล็ก ๆ (microvascular) และหลอดเลือดขนาดใหญ่ (macrovascular) ทำให้มีผลกระทบต่ออวัยวะต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ หลอดเลือดหัวใจ หลอดเลือดสมอง ไต และตา ซึ่งจะนำไปสู่พยาธิสภาพเรื้อรังและถึงตาย (International Diabetes Federation, 2019)

หากการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดดี จะไม่เกิดภาวะแทรกซ้อนเรื้อรังต่าง ๆ ที่สามารถป้องกันได้และจะไม่ทำให้เกิดภาวะทุพพลภาพ เช่น ภาวะแทรกซ้อนเรื้อรังของหลอดเลือดขนาดเล็ก ทำให้เกิดอาการชาที่ปลายเท้า ตาพร่ามัวมองเห็นไม่ชัดจากสภาวะเบาหวานขึ้นตา (eye disease diabetic retinopathy) และโรคเบาหวานที่เกิดผลกระทบกับไต จนทำให้เกิดโรคไตวายเรื้อรัง (kidney disease diabetic nephropathy) นอกจากนี้โรคเบาหวานยังเป็นสาเหตุที่สำคัญทำให้เกิดการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร ภาวะแทรกซ้อนของหลอดเลือดขนาดใหญ่ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ หรือกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด โรคหลอดเลือดสมอง ตีบ แตก ตัน ทำให้เกิดอาการ อัมพฤกษ์ อัมพาต หรืออ่อนแรงแบบครึ่งซีก โรคหลอดเลือดแดงปลายเท้าตีบ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดแผลที่เท้าส่งผลให้ผู้ป่วยเบาหวานต้องสูญเสียอวัยวะที่สำคัญที่ใช้ในการเดิน โดยการถูกตัดเท้าหรือขาออกบางส่วน เป็นต้น (International Diabetes Federation, 2019: WHO, 2020) แสดงในภาพ 1

ดังนั้น การดูแลและการตั้งเป้าหมายในการดูแลเท้าของผู้ป่วยเบาหวานเพื่อไม่ให้เกิดภาวะแทรกซ้อน จึงเน้นที่การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ใกล้เคียงกับปกติมากที่สุด แต่ถึงอย่างไรก็ตามในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีความเปราะบางและมีโรคประจำตัวหลายโรคหรือการรับประทานยาหลายชนิดและการได้รับความรู้ที่ไม่เพียงพอ จึงทำให้ผู้ป่วยไม่ตระหนักถึงความสำคัญในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด หรือควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ยังไม่เข้มงวด จึงทำให้เสี่ยงต่อการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูงหรือต่ำ ซึ่งเกิดผลเสียกับผู้ป่วยเบาหวานเป็นอย่างมาก



ภาพ 1 อาการแทรกซ้อนที่เกิดจากโรคเบาหวาน

Note. From *Complications arising from diabetes* by Thaiantidiabetes, 2020, retrieve from <http://www.thaiantidiabetes.com/?name=knowledge diabetes&file=readknowledge diabetes&id=281>

การตรวจวินิจฉัย

สมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย ได้แบ่งการตรวจวินิจฉัยโรคเบาหวาน ซึ่งสามารถทำได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่งใน 4 วิธี ดังต่อไปนี้ (Diabetes Association of Thailand under The patronage of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn, 2014)

1. มีอาการโรคเบาหวานชัดเจน ได้แก่ หิวน้ำบ่อย ปัสสาวะบ่อยและปริมาณมาก น้ำหนักตัวลดลงโดยไม่ทราบสาเหตุ ร่วมกับ Random Plasma Glucose--RPG คือระดับน้ำตาลที่วัดจากพลาสมา โดยเจาะเลือดจากหลอดเลือดดำเวลาใดก็ได้ไม่เจาะงด โดยการเจาะเลือดโดยใช้เข็มที่ปลายนิ้ว (DTX) ไม่จำเป็นต้องอดอาหาร ถ้ามีค่า ≥ 200 มก./ดล. แต่การตรวจเลือดทำให้ค่อนข้างยากในชนบท เพราะราคาแพงและต้องการเครื่องมือพิเศษ ดังนั้นอาจจะใช้การตรวจหาน้ำตาลในปัสสาวะแทน ซึ่งจะช่วยให้การวินิจฉัยโรคนี้ได้ดีพอสมควร โดยที่การตรวจปัสสาวะทำได้ง่าย และราคาถูกกว่า แม้ผลที่ได้จะไม่แน่นอนเท่ากับการตรวจเลือดก็ตาม การตรวจน้ำตาลในปัสสาวะ ถ้าตรวจพบน้ำตาลในปัสสาวะเกินกว่า 1+ ขึ้นไปควรแนะนำให้ไปตรวจเลือดเพื่อยืนยันว่า เป็นโรคเบาหวานอีกครั้งที่โรงพยาบาล

2. การตรวจหาค่าระดับน้ำตาลเฉลี่ยในเลือดที่วัดจากพลาสมา โดยเจาะเลือดจากหลอดเลือดดำในตอนเช้าหลังจากอดอาหาร ข้ามคืนมากกว่า 8 ชั่วโมง Fasting Blood Sugar--FB โดยการเจาะเลือดใส่หลอดเลือดพลาสติก (blood tube) ปริมาณ 2-3 มิลลิลิตร หากพบว่า มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ≥ 126 มก./ดล. แสดงว่าผิดปกติ หรืออาจเป็นโรคเบาหวานเพราะโดยปกติระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงขึ้นภายหลังมื้ออาหาร ร่างกายจะมีการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด โดยไปกระตุ้นตับอ่อนให้หลั่งฮอร์โมนอินซูลินเข้าสู่กระแสเลือด และนำน้ำตาลไปใช้เพื่อเผาผลาญเป็นพลังงาน ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงโดยจะเก็บสะสมในรูปไขมัน (ไตรกลีเซอไรด์) ที่เนื้อเยื่อไขมันตามใต้ผิวหนังและหน้าท้อง ขณะอดอาหารร่างกายสามารถสร้างน้ำตาลเพื่อรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม คนปกติมีระดับน้ำตาล (กลูโคส) ในเลือดหลังอดอาหารนานกว่า 8 ชั่วโมง มีค่า 60–110 มก/ดล หรือภายหลังรับประทานอาหาร 2 ชั่วโมงจะไม่เกิน 140 มก/ดล.

3. การตรวจความทนต่อกลูโคส Oral Glucose Tolerance Test--OGTT คือ โดยให้รับประทานกลูโคส 75 กรัม แล้วตรวจระดับน้ำตาลในเลือดที่ 2 ชั่วโมง ถ้ามีค่า ≥ 200 มก./ดล. แสดงว่าผิดปกติ

4. การตรวจระดับน้ำตาลสะสมหรือค่าฮีโมโกลบินเอวันซี (HBA1C) หรือเอวันซีA1Cมากกว่าหรือเท่ากับ $\geq 6.5\%$ โดยวิธีการตรวจทางห้องปฏิบัติการต้องได้รับการรับรองตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งยังมีน้อยในประเทศไทย ในเกณฑ์ของผู้ใหญ่ที่มีอายุ 18 ถึง 65 ปี มีการกำหนดระดับน้ำตาลสะสม (HBA1C) เท่ากับหรือน้อยกว่า 7% (American Diabetes Association (ADA), 2017) และในกรณีที่ควบคุมอย่างเข้มงวดและระดับน้ำตาลสะสมควรน้อยกว่า 6.5 เปอร์เซ็นต์และในกรณีที่ไม่เข้มงวดมาก ระดับน้ำตาลสะสมควรอยู่ระหว่าง 7-8% ส่วนในผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 65 ปีขึ้นไปถ้าร่างกายแข็งแรงดีช่วยเหลือตนเองได้ไม่มีโรคร่วมรุนแรงแนะนำให้ควบคุมระดับน้ำตาลสะสมน้อยกว่าหรือใกล้เคียงที่ 7% แต่ถ้าสภาพร่างกายไม่แข็งแรง มีโอกาสล้มหรือการเจ็บป่วยรุนแรงหรือผู้ป่วยมีภาวะสมองเสื่อมมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำขั้นรุนแรงอาจให้ระดับน้ำตาลสะสม สูงได้ถึง 8.5% (American Diabetes Association (ADA), 2017)

ผู้ป่วยเบาหวานที่มีความดันโลหิตสูงและสามารถควบคุมระดับน้ำตาลสะสมในเลือดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7% จะลดความรุนแรงของโรคไตเรื้อรังได้ 7.6 เท่า (Sonthon et al, 2017) ตามแนวทางเวชปฏิบัติของสมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย กล่าวว่า การวินิจฉัยโรคเบาหวานตามข้อที่ 2-4 ต้องมีการตรวจยืนยันอีกครั้งโดยใช้ตัวอย่างเลือดอันใหม่ ด้วยวิธีเดียวกันหรือต่างกันในวันถัดไป อย่างไรก็ตามแนวทางเวชปฏิบัติของสมาคมโรคเบาหวานแห่งสหรัฐอเมริกา พ.ศ. 2562 (International Diabetes Federation, 2019) ได้มีการเปลี่ยนแปลงว่า สามารถตรวจยืนยันอีกครั้งโดยใช้ตัวอย่างเลือดอันเดิมหรืออันใหม่ก็ได้ เพื่อให้การวินิจฉัยโรคเบาหวาน มีการศึกษาวิจัยกึ่งทดลองในประเทศไทยเกี่ยวกับการใช้ แนวปฏิบัติ การพยาบาลทางคลินิกสำหรับผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยทั้งหมด 74 คน เป็นกลุ่มควบคุมทั้งหมด 35 คน และกลุ่มทดลองจำนวน 39 คน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีค่าระดับน้ำตาลในเลือดที่เหมาะสมมากกว่ากลุ่มควบคุม โดยสรุปผลการวิจัยว่าการใช้แนวปฏิบัติสามารถส่งเสริมให้พยาบาลมีการจัดการกับภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำของผู้ป่วยได้อย่างเหมาะสม เพราะงานวิจัยได้วิเคราะห์ปัญหาการวิจัยพบว่า พยาบาลส่วนใหญ่มักให้การช่วยเหลือผู้ป่วยน้ำตาลในเลือดต่ำตามประสบการณ์และการติดตามระดับน้ำตาลในเลือดหลังการให้การพยาบาลมีความแตกต่างกัน จึงพัฒนาแนวปฏิบัติ CNPG ทำให้รูปแบบการดูแลไปในทิศทางเดียวกัน ลดความหลากหลายในการปฏิบัติได้ (Saengrut, Pudwan, Srethigran, Nongyam & Prayoorputtana, 2016)

หลักการของการให้การรักษได้แก่

การเลือกใช้ยาลดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุจะแตกต่างกันไป เนื่องจากผู้สูงอายุมักมียาที่รับประทานอยู่เป็นประจำหลายชนิดซึ่งแตกต่างจากวัยผู้ใหญ่และวัยเด็ก บางรายอาจมีปัญหาเรื่องความจำหรือหลงลืมได้ง่าย ทำให้การรับประทานยาไม่ตรงไปตามเวลาหรือรับประทานยาผิด และมีความเสี่ยงที่จะเกิดการพลัดตกหกล้มได้ง่ายถ้าได้รับยาที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำอาจทำให้เกิดอาการเหงื่อออก หน้ามืด ใจสั่น อ่อนเพลีย หิว ปวดศีรษะ สับสน มีนงง ถ้าอาการรุนแรงอาจทำให้หมดสติ ชักและเสียชีวิต

โดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีโรคเรื้อรังที่รุนแรงได้แก่โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง อาจทำให้ผู้ป่วยเสี่ยงต่อการเสียชีวิตเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นแพทย์ผู้ดูแลจึงพยายามเลือกใช้ยาเบาหวานเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดระดับน้ำตาลในเลือดต่ำแก่ผู้ป่วย และจะเห็นได้ว่าการกำหนดเป้าหมายในการรักษาโรคเบาหวานในผู้สูงอายุแต่ละรายมีความแตกต่างกัน ดังนั้นผู้ดูแลควรปรึกษาแพทย์และช่วยผู้สูงอายุดูแลเรื่องการรับประทานยา การดูแลตนเอง การตระหนักถึงความสำคัญของการรับประทานยาอย่างเคร่งครัด การคุมอาหารอย่างเคร่งครัด เพื่อหลีกเลี่ยงระดับน้ำตาลในเลือดสูงหรือต่ำเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ตามเป้าหมาย นอกจากนี้การใช้ยาลดระดับน้ำตาลในเลือดยังจำเป็นต้องปรับพฤติกรรมในการดำเนินชีวิตประจำวันให้มีความเหมาะสม ทั้งเรื่องการเลือกชนิดอาหารที่รับประทาน กำหนดปริมาณอาหารให้เหมาะสมกับวัยสูงอายุและเหมาะสมกับผู้ป่วยเบาหวานนั้น เป็นเรื่องที่ยากเพราะผู้สูงอายุมักมีข้อจำกัดในเรื่องการบริโภคอาหารจากปัญหาสุขภาพเหงือกและฟัน ดังนั้นการลดปริมาณอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต เช่น ข้าว แป้ง น้ำตาล เส้นก๋วยเตี๋ยวต่าง ๆ อาหารรสหวานผลไม้รสหวานจัด จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งยวดและควรมุ่งเน้นการให้ความรู้ตามความฉลาดทางสุขภาพของผู้ป่วยเบาหวานแต่ละคน (Moungkum, 2017)

อย่างไรก็ตามการดูแลตนเองของผู้สูงอายุและการช่วยดูแลสนับสนุนจากครอบครัวและผู้ดูแลมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการป้องกันไม่ให้เกิดภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ในผู้สูงอายุ (Hirunkhro, Dussaruk, Plodpluang, Kongmaha & Kengtanyakorn, 2020) การดูแลสุขภาพเท้าในผู้ที่เป็นโรคเบาหวานจะสำเร็จได้ต้องได้รับความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ทุกสาขาวิชาชีพและที่สำคัญมากที่สุด คือ การร่วมมือในการรักษาจากผู้ป่วย (Khunkaew, Supsung & Thaiwong, 2019) และจากผลการศึกษาวิจัยของหนึ่งฤทัย จันทรอินทร์ (Jun-In, Siripitayakunkit & Malathum, 2015) ที่ศึกษาพฤติกรรมการดูแลเท้าของผู้สูงอายุโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน จะให้ความสำคัญกับการดูแลเท้ามากขึ้น มีการตรวจเท้าด้วยตนเองเพราะกลัวการตัดนิ้ว/ตัดขา และมีการป้องกันการเกิดแผลที่เท้าโดยการทาครีมทาผิวที่เท้า นอกจากนี้การออกกำลังกายยังมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับ

ผู้สูงอายุโรคเบาหวานการเลือกชนิดของการออกกำลังกายให้เหมาะสม เช่น การเดิน การเดินเร็ว การรำไทเก๊ก การแกว่งแขน มีส่วนสำคัญที่ทำให้เนื้อเยื่อของร่างกาย เช่น กล้ามเนื้อเอาน้ำตาลไปใช้เพิ่มขึ้น ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดไม่สูงไป และสิ่งสำคัญ คือ การตรวจคัดกรองภาวะแทรกซ้อนหรือการไปตรวจ พบแพทย์ตามนัดซึ่งอาจจะต้องพบกับแพทย์เฉพาะทางด้านจักษุแพทย์เพื่อตรวจ การมองเห็นตรวจเส้นเลือดจอประสาทตา จากการศึกษาของ มลฤดี ชาตรีเวโรจน์และรุ่งระวี นาวี (Chatreewarote & Navicharern, 2015) พบว่า คุณภาพชีวิตโดยรวมผู้ป่วยภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา อยู่ในระดับดีมาก เพราะมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการจัดการตนเองที่ดีและมีแรงสนับสนุนทางสังคม ดังนั้นผู้ป่วยเบาหวานควรระวังภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ที่เกิดกับตาของผู้ป่วยเบาหวาน โดยควรพบแพทย์อายุรกรรมหรือพยาบาลที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะสาขา พบแพทย์เพื่อตรวจเลือด เช็กสุขภาพการทำงานของไตโดยการวัดปริมาณโปรตีนที่รั่วออกมาจากปัสสาวะและการตรวจเท้าอย่างละเอียดเป็นประจำทุกปี

การใช้ยารักษาโรคเบาหวาน มีดังนี้

ยาที่ใช้มี 3 กลุ่ม คือ ยากิน ยาฉีดอินซูลิน และยาฉีด GLP-1 analog ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 1 ต้อง ฉีดอินซูลินเป็นหลัก สำหรับผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ส่วนหนึ่งอาจเริ่มด้วยการปรับพฤติกรรม คือ ควบคุม อาหาร และการออกกำลังกายก่อน หากควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ตามเป้าหมายจึงเริ่มให้ยา โดยเลือกยาให้เหมาะกับผู้ป่วยแต่ละราย ในบางกรณีจำเป็นต้องเริ่มยาลดระดับน้ำตาลในเลือดตั้งแต่แรก ซึ่งอาจเป็นยากินหรือยาฉีดขึ้นกับระดับน้ำตาลในเลือดและสภาวะเจ็บป่วยอื่น ๆ ที่อาจมีร่วมด้วย

สำหรับยาเม็ดลดระดับน้ำตาลในเลือดที่ได้รับอนุมัติการใช้จากคณะกรรมการอาหารและยาแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ตามกลไกของการออกฤทธิ์ โดยสมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย ปี 2560 (Clinical Practice Guideline for Diabetes, 2017) ได้แก่

1. กลุ่มที่กระตุ้นให้มีการหลั่งอินซูลินจากตับอ่อนเพิ่มขึ้น (Insulin secretagogues) ได้แก่ ยากลุ่มซัล

โพลียูเรีย (Sulfonylureas) ยากลุ่มที่ไม่ใช่ซัลโฟนิลยูเรีย (Non-Sulfonylureas หรือ Glinides) และยาที่ยับยั้งการทำลาย Glucagon Like Peptide-1--GLP-1 ได้แก่ ยากลุ่ม DPP-4 inhibitors (หรือ Gliptins)

2. กลุ่มที่ลดภาวะดื้ออินซูลินและลดการสร้างกลูโคสจากตับ คือ Biguanides และกลุ่ม Thiazolidinediones หรือ Glitazone

3. กลุ่มที่ยับยั้งเอนไซม์ Alpha-glucosidase (Alpha-glucosidase inhibitors) ที่เยื่อลำไส้ ทำให้ลดการดูดซึมกลูโคสจากลำไส้

4. กลุ่มที่ยับยั้ง Sodium-glucose co-transporter-SGLT-2 receptor ที่ไต ทำให้ขับกลูโคสทิ้งทางปัสสาวะ

ในโรคเบาหวานมีความจำเป็นมากจะต้องใช้ยาตามแพทย์สั่งทั้งขนาดและจำนวน เวลา สำหรับการรักษาเบาหวานชนิดที่ 2 ควรฉีดยาก่อนอาหาร ประมาณ 30 นาที ยาสมุนไพร ใช้รักษาเบาหวาน ยังไม่มียาสมุนไพรใดที่มีสรรพคุณแน่นอนในการรักษาโรคเบาหวาน ในปัจจุบันการค้นคว้าวิจัยยังกระทำอยู่

บทบาทของพยาบาลในการแนะนำโภชนาการด้วยการควบคุมอาหาร

เนื่องจากโรคเบาหวานไม่สามารถใช้น้ำตาลได้เหมือนคนปกติ จึงมีความจำเป็นต้องควบคุมอาหารเพื่อให้น้ำตาลในเลือดไม่สูงหรือต่ำกว่าปกติ จากบทความของ อติพร สำราญบัว และเบญจมาศ ทำเจริญตระกูล (Atoporn & Benjamas, 2017) ได้กล่าวว่า การลดน้ำหนักโดยเน้นการควบคุมให้รับประทานอาหารที่เหมาะสมสามารถช่วยป้องกันและลดความดันโลหิตสูงได้เช่นกัน สำหรับหลักในการควบคุมในผู้ป่วยเบาหวานอาศัยหลักสำคัญ 4 ประการ คือ

1. ปริมาณอาหาร ควรจะเพียงพอกับพลังงานที่ร่างกายใช้ในแต่ละวัน ซึ่งทำให้น้ำหนักตัวคงที่

ตัวอย่างสูตรการคำนวณ พลังงานที่ควรได้รับในแต่ละวัน (ระดับการใช้แรงงานของแต่ละบุคคลไม่เท่ากัน ขึ้นกับแต่ละกิจกรรม) คือ

อายุ (ปี)	ไม่ได้ออกกำลังกาย	ออกกำลังกาย
25-40	24-26	29-33
40+	22-24	26-33

พลังงาน = น้ำหนักตัว x ระดับการใช้แรงงาน

โจทยสมมุติ นายเอ อายุ 50 ปี น้ำหนัก 60 กิโลกรัม ไม่ได้ออกกำลังกาย

$$60 \times (22-24)$$

$$\text{โดยเฉลี่ย} = (1320-1440) = 1,380 \text{ kcal}$$

ค่าที่ได้เท่ากับ 1,380 กิโลแคลอรีต่อวัน

2. ส่วนประกอบของอาหารที่รับประทานควรยึดหลักอาหาร 5 หมู่ แต่ต้องปรับให้เหมาะสม คือ (Campbell, 2017)

(1) งดอาหารที่มีน้ำตาลสูงทุกชนิด

(2) ลดและจำกัดอาหารจำพวกแป้ง ข้าวสุกควรรับประทานเพียงมื้อละ 1-2 ทัพพี ควรเลือกคาร์โบไฮเดรตชนิดดี เพราะมีใยอาหารและมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ <55 ส่งผลต่อการดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดช้า ได้แก่ ข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ วุ้นเส้น ขนมปังโฮลวีท ข้าวโพด

(3) รับประทานอาหารประเภทผักให้มากขึ้น เน้นผักผลไม้ 5 สี เช่น คื่นหีป ตำลึง ผักบุ้ง แตงกวา แครอท

(4) อาหารประเภทโปรตีน ควรรับประทาน 0.8 กรัม/น้ำหนักตัว (กิโลกรัม) เพื่อรักษามวลกล้ามเนื้อ แต่เนื้อสัตว์ไม่ควรติดมัน เนื้อสัตว์ ควรเป็นเนื้อสัตว์ที่ย่อยง่ายและมีแคลเซียม เหล็ก สังกะสี เช่น ปลา ไข่ นม

(5) งดไขมันจากสัตว์ทุกชนิด ใช้น้ำมันพืชแทน และควรดื่มน้ำมันมะพร้าว น้ำมันสัตว์ น้ำมันปาล์ม ควรเลือกไขมันชนิดที่ช่วยลดคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี (LDL) ได้แก่ น้ำมันรำข้าว น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันคาโนลา

(6) งดกะทิ หนึ่งสัตว์ทุกชนิด

(7) งดดื่มเหล้า เบียร์ สุบบุหรี่ ชา กาแฟ น้ำอัดลม

3. การแบ่งมื้ออาหาร ควรกระจายอาหารออกเป็นมื้อย่อย ๆ รับประทานทีละน้อย แต่รับประทานทุกมื้อ

บทบาทของพยาบาลในการแนะนำการออกกำลังกายที่เหมาะสม (physical activity)

การวางแผนจัดกิจกรรมทางกายให้ผู้สูงอายุเป็นสำคัญ และสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาล

ได้ดีควรออกกำลังกายพอควรและสม่ำเสมอ ตามสภาพที่ร่างกายอำนวย สมาคมโรคเบาหวานแห่งสหรัฐอเมริกา พ.ศ. 2562 (ADA, 2019; International Diabetes Federation, 2019) แนะนำให้ผู้สูงอายุออกกำลังกาย 3-5 วันต่อสัปดาห์ อย่างน้อยเป็นเวลาครั้งละ 30-45 นาที สิ่งที่ต้องปฏิบัติอย่างเคร่งครัด คือ ควรเริ่มจากการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5-10 นาที และใช้เวลาในการออกกำลังกาย 15-20 นาที และจบด้วยการผ่อนคลาย 5-10 นาที ตัวอย่างชนิดการออกกำลังกายเช่น การเดิน การวิ่ง ควรเริ่มเดินช้า ๆ ก่อน 5 นาที แล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มความเร็วขึ้นตามลำดับ การออกกำลังกายช่วยได้หลายประการ คือ

1. ทำให้กล้ามเนื้อใช้น้ำตาลเป็นพลังงานมากขึ้น ช่วยให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลง
2. ช่วยให้น้ำหนักตัวลดลง
3. ช่วยลดไขมันในเส้นเลือด ซึ่งช่วยลดโรคแทรกของเบาหวานบางอย่างลงได้

พยาบาลสามารถแนะนำให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานมีกิจกรรมทางกายอื่น ๆ หลายรูปแบบ เช่น การทำสวน การเดินรำ การทำงานบ้านเบา ๆ เป็นต้น

บทบาทของพยาบาลในการแนะนำการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพและการดูแลตนเองในผู้ป่วยเบาหวาน (lifestyle)

1. แนะนำให้ควบคุมอาหารอย่าปล่อยให้อ้วน ไม่รับประทานของหวาน ควบคุมน้ำหนักไม่ให้อ้วน ให้ดัชนีมวลกายปกติ หรือให้เส้นรอบพุงไม่เกิน 50% ของส่วนสูง

การคำนวณหาดัชนีมวลกาย (Body Mass Index--BMI)

คือ เป็นมาตรการที่ใช้ประเมินภาวะอ้วนและผอมในผู้ใหญ่ ตั้งแต่อายุ 20 ปีขึ้นไป สามารถทำได้โดยการชั่งน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัม และวัดส่วนสูงเป็นเซนติเมตรยกตัวอย่าง เช่น ถ้าน้ำหนัก 60 กิโลกรัม และสูง 155 ซม. น้ำหนักตัวตั้ง และหารด้วยส่วนสูงยกกำลังสอง

$$\text{ดัชนีมวลกาย (BMI)} = 60 / (1.55^2)$$

$$= 60 / 2.4$$

$$= 25$$

ค่าที่ได้เท่ากับ 25

ซึ่งเกณฑ์การแปลผลโดยปกติของผู้มีสุขภาพดีอยู่ระหว่าง 18.50-22.90 ถ้าน้อยกว่า 18.50 ถือว่าผอมไปหรือมากกว่า 22.9 ถือว่ามีภาวะเสี่ยงต่อโรค ควรลดน้ำหนักจากตัวอย่างข้างต้น บ่งบอกถึงผู้ป่วยมีภาวะอ้วน

2. หมั่นตรวจระดับน้ำตาลในเลือดและปัสสาวะเพื่อคุ้ระดับน้ำตาลในร่างกาย
3. รับประทานยาตามแพทย์สั่งโดยเคร่งครัดและสม่ำเสมอ หากพบอาการผิดปกติควรรีบไปพบแพทย์
4. ดูแลรักษาเท้าให้สะอาดอยู่เสมอเพราะเมื่อมีบาดแผลจะทำให้แผลหายช้า ถ้ามีแผลหรือมีความผิดปกติใด ๆ ควรปรึกษาแพทย์ทันที การตัดเล็บโดยเฉพาะเล็บเท้าไม่ควรตัดสั้นติดผิวหนังและเลือกรองเท้าที่เหมาะสม
5. ทำจิตใจให้สบาย ผีกลสติสมาธิ (meditation/mindfulness) ให้เป็นกิจวัตรประจำวัน
6. มีลูกอมทอฟฟี่หรือน้ำตาลไว้ เพื่อป้องกันการหมดสติจากน้ำตาลในเลือดต่ำเกินไปพกเมื่อออกไปนอกบ้าน

บทบาทของพยาบาลในการแนะนำการป้องกันภาวะแทรกซ้อน

1. พยาบาลควรแนะนำให้ผู้ป่วยเบาหวานรับประทานอาหารให้ถูกหลักและคงที่ โดยรับประทานพวกแป้งชนิดไม่หวาน หลีกเลี้ยงพวกน้ำตาล แต่ถ้ามีอาการน้ำตาลในเลือดต่ำ ในปัจจุบันบุคลากรทางการแพทย์จะแนะนำให้ผู้ป่วยเบาหวาน พกกลูโคมรสหวาน ติดตัวไว้เสมอ ซึ่งมีการศึกษาเกี่ยวกับอาหารที่สามารถย่อยเป็นกลูโคสและดูดซึมได้เร็วซึ่งจะทำให้ระดับกลูโคสในเลือดเพิ่มเร็วขึ้น ได้แก่ กลูโคสเม็ดจำนวน 3 เม็ด น้ำส้มคั้น 180 ml หรือน้ำผึ้ง 3 ช้อนชา และในบางงานวิจัยได้แนะนำให้เลือกน้ำหวานยี่ห้อเฮลบลูบอยที่จำหน่ายในท้องตลาด จำนวน 30 ml (Saengrut, Pudwan, Srethigran, Nongyam & Prayoorputtana, 2016) ก็จะทำให้ผู้ป่วยเบาหวานที่มีอาการน้ำตาลต่ำ มีอาการดีขึ้น ซึ่ง

จะให้ค่าคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 19 กรัม จากผลการศึกษาพบว่า ภายหลังและการช่วยเหลือ ผู้ป่วยที่มีระดับน้ำตาลต่ำ ทำให้ผู้ป่วยมีค่าระดับน้ำตาลในเลือดเหมาะสม อยู่ที่ 80 ถึง 180 มิลลิกรัมเดซิลิตร ซึ่งเป็นไปตามคำแนะนำของสมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (Diabetes Association of Thailand under the Patronage of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn, 2014) และการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดี จะทำให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดี เพราะคุณภาพชีวิตเป็นผลลัพธ์ที่สำคัญของภาวะสุขภาพ (Rungsipanodon, Wongsaree & Jeangwirichaikul, 2018; Sroisong, Rueankon, Fuongtong & Kaewtankham, 2020)

2. การออกกำลังกายนอกจากจะช่วยเสริมร่างกายแข็งแรงและลดความเครียดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการทำงานภาวะเศรษฐกิจ จริก รวมไปถึงหนี้สินด้วย โดยความเครียดจะกระตุ้นให้ร่างกายหลั่งสารทุกซ์ คือ “อะดรีนาลิน” (Adrenalin) ทำให้หลอดเลือดตีบตัว มีผลทำให้หัวใจต้องเต้นเร็วและแรงขึ้น เพื่อสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย ผลวิจัยในต่างประเทศพบว่า ภาวะจิตใจที่เครียดเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ถึง 1 ใน 3 ดังนั้นการออกกำลังกายและการทำสมาธิ จะช่วยปรับสมดุลของร่างกาย ช่วยลดภาวะความเครียด ทำให้การเต้นของหัวใจลดลง ส่งผลให้ความดันเลือดลดลงตามด้วย สุขภาพจึงดีขึ้น

บทบาทของพยาบาลในการส่งต่อผู้ป่วย

ในกรณีใดบ้างต่อไปนี้ ที่ควรนำส่งผู้ป่วยไปยังสถานบริการสาธารณสุขหรือโรงพยาบาล

1. ในผู้สูงอายุที่สงสัยว่าจะเป็นเบาหวานแล้วมาตรวจปัสสาวะพบว่า น้ำตาลในปัสสาวะ 1+ ขึ้นไปและนัดมาตรวจซ้ำอีกภายใน 1 สัปดาห์ต่อมาพบว่า ผลการตรวจน้ำตาลในปัสสาวะยัง 1+ ขึ้นไป ให้แนะนำหรือส่งต่อผู้สูงอายุเพื่อมาตรวจน้ำตาลในเลือดที่ รพ.ชุมชน หรือสถานบริการต่อไป (Department of Health, 2020)

2. ผู้ป่วยหมดสติ ผู้ป่วยเบาหวานจะหมดสติได้จากหลายสาเหตุ แต่เหตุที่สำคัญ คือ น้ำตาลในเลือดต่ำ

จากการให้ยาเบาหวานมากเกินไป หรือผู้ป่วยกินอาหารไม่สม่ำเสมอ กรณีนี้อาจพบอาการใจสั่นเหงื่อออกมาก วิงเวียนศีรษะนำมาก่อนหมดสติ เมื่อพบผู้ป่วยเบาหวานมีอาการสับสนสับสนโกล้งหมดสติ ควรให้กินน้ำตาล ถ้าพอกินได้ใช้น้ำตาลหรือน้ำเชื่อมใส่ไปในปากผู้ป่วย แต่ถ้ากินเองไม่ได้ให้ป้ายน้ำหวานที่ได้ลิ้นหรือใต้กระพุ้งแก้ม จนผู้ป่วยรู้สึกตื่น (ระวังอย่าให้สำลัก) หรือหากยังไม่ฟื้นต้องรีบนำส่งโรงพยาบาลทันที เพราะน้ำตาลในเลือดต่ำอยู่นาน จะรักษาไม่ได้ (Department of Health, 2020)

การที่ผู้สูงอายุโรคเบาหวานจะมีสุขภาพแข็งแรง มีอายุยืนยาวอย่างมีความสุขทั้งสุขภาพ กาย ใจ มีคุณภาพชีวิตที่ดีได้นั้น ไม่เพียงแต่การเตรียมความพร้อมหรือการปฏิบัติตัวผู้สูงอายุเองเท่านั้น ลูกหลาน ครอบครัวก็ควรใส่ใจดูแลผู้สูงอายุด้วย และพฤติกรรมดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวานมีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดอย่างมากด้วย (Jankasem & Suphunnakul, 2019) ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ผู้สูงอายุมีสุขภาพจิต ที่ดี สมาชิกในครอบครัวอันประกอบด้วยลูกหลาน ฯลฯ ควรปฏิบัติต่อผู้สูงอายุอย่างมีคุณค่า

บทบาทของพยาบาลในการดูแลแผลที่เท้าผู้ป่วยเบาหวาน

การจัดระบบการตรวจคัดกรองความเสี่ยงในการเกิดแผลที่เท้า โดยสามารถแบ่งเท้าของผู้สูงอายุโรคเบาหวานเป็น 3 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่มีความเสี่ยงน้อย ได้แก่ผู้สูงอายุ โรคเบาหวานที่มีเท้าปกติไม่มีลักษณะนิ้วเท้าจิกนิ้วจิกงอ (claw toe) ไม่สูญเสียความรู้สึกที่เท้า จะให้การดูแล โดยการให้ความรู้ในการดูแลเท้าเพื่อป้องกันการเกิด แผลที่เท้า และนัดมาตรวจเท้าปีละครั้ง การตรวจประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดแผลที่เท้า ทำได้โดยการตรวจระบบประสาทรับความรู้สึกโดยใช้ Monofilament ทดสอบที่ฝ่าเท้า

- กลุ่มที่เสี่ยงปานกลาง ได้แก่ผู้สูงอายุ โรคเบาหวานที่มีเท้าชา แต่ไม่มีนิ้วเท้าจิก นิ้วจิกงอ การไหลเวียนเลือดปกติและไม่เคยมีประวัติแผลที่เท้า แต่เริ่มมีแผลที่เท้าหรือมีหนังแข็ง (callus) เกิดขึ้น โดย ประเมินรูปเท้าของผู้สูงอายุโรคเบาหวาน เพื่อประเมิน การลงน้ำหนักที่ฝ่าเท้า และควรทำการขัดหนังแข็งให้ (ในกรณีเฉพาะพยาบาลที่ผ่านการอบรม) พร้อมทั้งแนะนำการเลือกใช้พื้นรองเท้า

ที่นุ่มเพื่อรองรับการ ลงน้ำหนักที่เท้า เพื่อป้องกันการเกิด แผลและหนังแข็ง เกิดขึ้นซ้ำบริเวณตำแหน่งเดิม พร้อม ทั้งทบทวนการ ดูแลเท้าและติดตามเยี่ยมบ้าน เพื่อสังเกต พฤติกรรมการดูแล เท้าขณะอยู่ที่บ้านและนัดมาตรวจเท้า ทุก 3-6 เดือน

- กลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง ได้แก่ ผู้สูงอายุ โรคเบาหวานที่มีเท้าชา มีนิ้วเท้าจิก นิ้วจิกงอ มีเท้าผิดปกติ การเคลื่อนไหวของข้อลดลง เกิดหนังแข็งหรือมีการ สูญเสียความรู้สึกร่วมกับการไหลเวียนของเลือดที่ต่ำ เลี้ยงเท้าผิดปกติหรือมีแผลที่เป็นเรื้อรังไม่หายภายในสองสัปดาห์หรือถูกตัดเท้าแล้ว บางส่วนซึ่งมีแนวโน้มที่ จะไม่มารับการรักษาต่อเนื่องควร ติดตามเยี่ยม ที่บ้านพร้อมเจ้าหน้าที่จากโรงพยาบาล ส่งเสริมสุขภาพตำบลละนัดมาตรวจเท้าทุกเดือนหรือทุก ครั้งที่มาทำแผล

จากประสบการณ์การเป็นอาจารย์พยาบาลที่ ทำงานในชุมชน ได้เห็นปัญหาของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน ในชุมชนและครอบครัวที่มีผู้ป่วยโรคเบาหวาน จึงได้จัด โครงการอบรมแกนนำสุขภาพะ ตำบลท่าผา อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ประจำปี 2562 วันที่ 31 สิงหาคม และวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2562 ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุน

จากสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช) ผ่าน เทศบาลเมืองท่าผา อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี โดยจัดอบรม 2 วัน แก่ผู้สูงอายุโรคเบาหวานและกลุ่มเสี่ยง จำนวน 150 คน และผลการประเมินจากผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจระดับ มากที่สุดร้อยละ 100 และบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนั้น บุคลากรทางสุขภาพที่เห็นปัญหาในชุมชนสามารถประยุกต์ และพัฒนางานในพื้นที่ชุมชนของตนเองโดยมีการตั้งองค์กร ภาควิชาเครือข่ายในชุมชนนั้น ๆ เข้ามามีส่วนร่วมด้วยกัน ซึ่ง กิจกรรมในโครงการที่จัดอบรมประกอบด้วย

- การให้ความรู้โรคเบาหวาน กิจกรรมย่อย คือ การให้ความรู้แก่ผู้สูงอายุและครอบครัวเกี่ยวกับโรค (ภาพ 1)

- การตรวจประเมินสุขภาพเท้าเบื้องต้น กิจกรรม ย่อย คือ การตรวจคัดกรอง การตรวจเท้า (ภาพ 2)

- การตรวจประเมินอาการขาของเท้า กิจกรรมย่อย คือ การตรวจประเมินอาการขาของเท้าด้วยตนเอง โดยใช้ monofilament ทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ reusable, disposable monofilament (ภาพ 3)

- การใช้อุปกรณ์พิเศษ กิจกรรมย่อย คือ กิจกรรม แก้ปัญหาให้กับผู้รับบริการผู้สูงอายุโรคเบาหวาน โดยใช้ อุปกรณ์พิเศษ ได้แก่ backfile (ภาพ 4)



ภาพ 1 การให้ความรู้โรคเบาหวาน



ภาพ 2 การตรวจประเมินสุขภาพเท้าเบื้องต้น



ภาพ 3 กิจกรรมการตรวจประเมินอาการขาของเท้า



ภาพ 4 การใช้อุปกรณ์พิเศษ



References

- American Diabetes Association (ADA). (2017). *Classification and diagnosis of diabetes*. *Diabetes Care*, 40 (Suppl 1), S11-S24. <https://doi.org/10.2337/dc17-S005>
- American Diabetes Association (ADA). (2019). *Improving care and promoting health in populations: Standards of Medical Care in Diabetes—2019*. Retrieve from https://care.diabetesjournals.org/content/42/Supplement_1/S7

- Atoporn, S., & Benjamas, T. (2017). Optional healthy lifestyle for high blood pressure reduction. *The journal of Boromarajonani College of Nursing, Nakhonratchasima*, 23(2), 121-132. (in Thai)
- Auewattana, A., Chitdee, A., & Nissiakla, P. (2018). Care system for patients with diabetic foot ulcer at Amnatcharoen hospital. *Journal of Nursing and Health Care*, 31(1), 198-206. (in Thai)
- Campbell, A. P. (2017). DASH eating plan: An eating pattern for diabetes management. *Diabetes Spectrum: A publication of the American Diabetes Association*, 30(2), 76–81. <https://doi.org/10.2337/ds16-0084>
- Chatreewarote, M., & Navicharern, R. (2015). Factors related to quality of life in patients with diabetic retinopathy. *Journal of Nursing Science Chulalongkorn University*, 27(1), 70-82. (in Thai)
- Department of Health. (2020). *Diabetes*. Retrieve from <http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/files>
- Department of Provincial Administration, Ministry of Interior. (2020). *Situation of Thai Population*. Retrieve from http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2563/E/024/T_0017.PDF (in Thai)
- Diabetes Association of Thailand under the Patronage of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn. (2014). *Clinical practice guideline for diabetes 2014*. Bangkok: Diabetes Association of Thailand under The patronage of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn. Retrieve from <http://www.imrta.dms.moph.go.th/imrta/images/cpg20141120.pdf>. (in Thai)
- Division of Non Communicable Diseases. (2020). *Non-Communicable Diseases (NCDs)*. Retrieve from <http://www.thaincd.com/2016/mission/documents.php?tid=32&gid=1-020>
- Hirunkhro, B., Dussaruk, D., Plodpluang, U., Kongmaha, H., & Kengtanyakorn, N. (2020). Excellent health home model for dependent patients. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(2), 131-144. (in Thai)
- Institute for Population and Social Research, Mahidol University. (2017). *RamaMental*. Retrieve from <https://med.mahidol.ac.th/ramamental/generalknowledge/general/07172014-1131>. (in Thai)
- International Diabetes Federation. (2019). *About diabetes*. Retrieve from <https://www.idf.org/aboutdiabetes/what-is-diabetes>.
- Jankasem, T., & Suphunnakul, P. (2019). Factors predicting blood glucose level among type 2 diabetes patients in Klong Lan Hospital, Kam Phaeng Phet Province. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 13(1), 95-106. (in Thai)
- Khunkaew, S., Supsung, A., & Thaiwong, A. (2019). Foot health assessment among people with diabetes for healthcare professionals. *Songklanagarind Journal of Nursing*, 39(3), 179-187. (in Thai)
- Moungkum, S. (2017). Nurse's role in diabetic foot care. *Journal of The Royal Thai Army Nurses*, 18(Suppl. 1), 1-10. (in Thai)
- Nakphu, T., & Songthap, A. (2019). Self-care behaviors of the elderly. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 13(1), 48-56. (in Thai)

- Jun-In, N., Siripitayakunkit, A., & Malathum, P. (2015). Foot care behaviors of older persons with type 2 diabetes. *Ramathibodi Nursing Journal*, 21(2), 199-213. (in Thai)
- Ronnarithivichai, C. (2018). Caring of the old persons in aging society. *Journal of Nursing Science and Health*, 41(4), 136-144. (in Thai)
- Rungsipanodon, P., Wongsaree, C., & Jeangwirichaikul, A. (2018). Utilization of Orem's Self Care Theory for Caring in Prevention of Foot Ulcer among Diabetic Patients. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 12(3), 89-100. (in Thai)
- Saengrut, B., Pudwan, R., Srethigran, M., Nongyam, K., & Prayoorputtana, M. (2016). The effect of using clinical nursing Practice guideline for diabetic patients with hypoglycemia, Maharaj Nakorn Chiang Mai Hospital.2016. *Journal of The Royal Thai Army Nurses*, 17(1), 124-131. (in Thai)
- Sirikamonsathian, B. (2018). Self-care management in diabetes patients to prevent adverse events. *Journal of Nursing Science Health*, 41(3), 138-149. (in Thai)
- Siriniyomchai, C. (2020). *Management of diabetic foot: Art and Science of Nursing*. Bangkok: Sahamit Pattana Printing (1992) Co., LTD. (in Thai)
- Sonthon, P., Promthet, S., Changsirikulchai, S., Rangsin, R., Thinkhamrop, B., Rattanamongkolgul, S., & Hurst, C. P. (2017). The impact of the quality of care and other factors on progression of chronic kidney disease in Thai patients with type 2 diabetes mellitus: A nationwide cohort study. *PloS One*, 12(7), e0180977. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180977>
- Sroisong, S., Rueankon, A., Fuongtong, P., & Kaewtankham, K. (2020). Quality of life and level of Hemoglobin A1c among patients with type 2 diabetes mellitus. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(1), 71-84. (in Thai)
- Sukwatjane, A. (2015). Practice guideline for preventing and caring of foot ulcer and lower limb amputation in diabetic patients. *Journal of Medicine and Health Sciences*, 22(2), 99-107. (in Thai)
- Thaiantidiabetes. (2020). *Complications arising from diabetes*. Retrieve from <http://www.thaiantidiabetes.com/?name=knowledgediabetes&file=readknowledgediabetes&id=281>. (in Thai)
- World Health Organization. (2020). *About diabetes*. Retrieve from https://www.who.int/diabetes/action_online/basics/en/index3.html



การศึกษาอันตรกิริยาระหว่างเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส
กับสารสำคัญจากต้นสอ่งฟ้า ด้วยวิธีโมเลกุลาร์ด็อกกิง
To Study the Molecular Interaction between Acetylcholinesterase Enzymes
and the Isolated Compounds from *Clausena Harmandiana*
by Molecular Docking Technique¹

กิงแก้ว สีทน¹ ปัญญา ปญญาทิพย์² และเพลินทิพย์ ภูทองกิง^{3,4}

Kingkao Sithon¹, Panyada Panyatip² and Ploenthip Puthongking^{3,4}

¹สาขาวิชาเภสัชเคมีและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹Master of Sciences Program in Pharmaceutical Chemistry and Natural Products,
Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University

²กลุ่มวิจัยเมลาโทนิน คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²Melatonin Research Group, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University

³ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³Department of Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University

⁴ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพจากสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

⁴Center for Research and Development of Herbal Health Products (CRD-HHP),
Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University

Received: July 17, 2020

Revised: September 11, 2020

Accepted: September 18, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการจำลองอันตรกิริยาระหว่างเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสชนิด *Homo sapiens* (hAChE) และ *Torpedo californica* (TcAChE) กับสารสำคัญจากต้นสอ่งฟ้า (*Clausena harmandiana*) ได้แก่ สารกลุ่มคูมาริน ซึ่งประกอบด้วย Xanthoxyletin, Nordentatin, Dentatin และ Clausarin สารกลุ่มคาร์บาโซลแอลคาลอยด์ ได้แก่ 7-Methoxymukonal, 7-Methoxyheptaphylline และ Heptaphylline ด้วยวิธีโมเลกุลาร์ด็อกกิง ในการทดลองได้นำสารมาตรฐานที่ออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส ได้แก่ Donepezil, Rivastigmine, Galantamine และ Tacrine เป็นกลุ่มควบคุมในการรีด็อกกิง จากการทดลองสามารถสร้างพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับรายงานที่ผ่านมา โดยสารมาตรฐานทุกตัวมีค่าพลังงานยึดจับ กับ hAChE อยู่ในช่วง -11.53 ถึง -7.31 kcal/mol และ TcAChE อยู่ในช่วง -11.30 ถึง -7.04 kcal/mol ดังนั้นพารามิเตอร์ดังกล่าวจึงถูกนำมาใช้ศึกษากับสารทดสอบ ผลการศึกษาพบว่าการเกิดอันตรกิริยาระหว่างเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสทั้งชนิด hAChE และ TcAChE กับสารทดสอบทั้งหมดให้ผลสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และมีการยึดจับผ่านอันตรกิริยา 3 แบบ ได้แก่ H-bonding, π - π interaction

และ hydrophobic interaction ที่บริเวณ Peripheral Anionic Site--PAS ได้เช่นเดียวกันทั้งหมด และพบว่าสารกลุ่มคูมารินสามารถยึดจับกับเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสทั้ง 2 ชนิด ได้ดีกว่าสารกลุ่มคาร์บาโซลแอลคาลอยด์ โดยสาร Clausarin สามารถยึดจับกับเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสทั้ง 2 ชนิดได้ดีที่สุด และมีค่าพลังงานยึดจับใกล้เคียงกับ Donepezil จึงอาจกล่าวได้ว่า สารจากต้นสอ่งฟ้าโดยเฉพาะสารกลุ่มคูมารินมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเป็นสารออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส

คำสำคัญ: โมเลกุลาร์ด็อกกิง สอ่งฟ้า อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส คูมาริน คาร์บาโซลแอลคาลอยด์

Abstract

This research aims to study the molecular interaction between acetylcholinesterases (AChEs), *Homo sapiens* (*hAChE*) and *Torpedo californica* (*TcAChE*) and the isolated Coumarins (Xanthoxyletin, Nordentatin, Dentatin and Clausarin) and Carbazole alkaloids (7-Methoxymukonal, 7-Methoxyheptaphylline and Heptaphylline) from *Clausena harmandiana* using *in-silico* molecular docking technique. Four standard acetylcholinesterase inhibitors are Donepezil, Rivastigmine, Galantamine, and Tacrine were used for re-docking process. The complex of *hAChE* or *TcAChE* with four standard acetylcholinesterase inhibitors displayed the binding energies value in the range -11.53 to -7.31 kcal/mol and -11.30 to -7.04 kcal/mol, which accorded to the previously study. Therefore, the optimized crystal structures of AChEs were further used in this study. The docking result showed the same pattern of molecular interaction via H-bonding, π - π interaction and hydrophobic interaction at Peripheral Anionic Site--PAS, and stability binding trend between AChEs and all tested compounds were observed. Coumarins displayed the stable complex with AChEs than Carbazole alkaloids, especially Clausarin exhibited the most stability complex. To summarize, the isolated compounds from *C. harmandiana*, particularly coumarins have the high potential to be acetylcholinesterase inhibitor agent.

Keywords: molecular docking, *hAChE*, *TcAChE*, coumarins, Carbazole alkaloids



บทนำ

จากการสำรวจ 10 สาเหตุหลักของการเสียชีวิตของประชากรทั่วโลกในปี ค.ศ. 2010 ถึง ค.ศ. 2016 ขององค์การอนามัยโลก พบผู้ป่วยเสียชีวิตจากโรคอัลไซเมอร์เพิ่มขึ้นเป็นอันดับที่ 5 ในปี ค.ศ. 2016 ซึ่งเดิมในปี ค.ศ. 2010 อยู่ในอันดับที่ 8 จะเห็นได้ว่าอัตราการเสียชีวิตจากโรคอัลไซเมอร์ในระยะเวลา 6 ปี มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นถึง 41.67% ซึ่งสูงกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของโรคหัวใจ (11.57%)

ซึ่งเป็นสาเหตุการเสียชีวิตเป็นอันดับแรก (WHO, 2018) สืบเนื่องจากอัตราการเพิ่มขึ้นของสถิติการเกิดโรคอัลไซเมอร์เป็นผลให้มีความวิจัยเกี่ยวกับโรคทางระบบประสาทเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะโรคอัลไซเมอร์ มีการตั้งสมมุติฐานการเกิดโรคอัลไซเมอร์ไว้หลายสมมุติฐาน โดยสมมุติฐานโคลิเนอร์จิก (Cholinergic hypothesis) เป็นสมมุติฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรค จึงมีการนำสมมุติฐานดังกล่าวมาใช้

สำหรับการออกแบบโครงสร้างยารักษาโรคอัลไซเมอร์ในปัจจุบัน กล่าวคือโรคอัลไซเมอร์เกิดจากการลดลงของสารสื่อประสาทอะซิติลโคลีน (Acetylcholine--ACh) ที่บริเวณปลายประสาท เนื่องจากถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (Acetylcholinesterase--AChE) ทำให้อะซิติลโคลีนที่ส่งไปยังตัวรับนิโคตินิก (Nicotinic receptor) และมัสคารินิก (Muscarinic receptor) เกิดความไม่สมดุล และเหนี่ยวนำให้เกิดการสะสมของเบต้าอะไมลอยด์ (β -amyloids) รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเทาโปรตีน (Tau proteins) ส่งผลให้เกิดเป็นโรคอัลไซเมอร์ (Giachini, 2003) หนึ่งในแนวทางการรักษาโรคอัลไซเมอร์คือการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ AChE ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถไฮโดรไลซ์สารสื่อประสาทอะซิติลโคลีนได้ ส่งผลให้ปริมาณสารสื่อประสาทอะซิติลโคลีนเพิ่มขึ้น และเกิดการยับยั้งการสะสมของเบต้าอะไมลอยด์ รวมถึงป้องกันการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเทาโปรตีน ยารักษาโรคอัลไซเมอร์ในปัจจุบันที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ AChE ได้แก่ Tacrine, Donepezil, Galantamine และ Rivastigmine (ภาพ 1) แต่ในปัจจุบันได้ยกเลิกการใช้ Tacrine ในการรักษาโรคอัลไซเมอร์ ทั้งนี้เนื่องจากพบรายงานการเกิดพิษต่อตับ (Froestl, Muhs & Pfeifer, 2014) แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีการใช้ Tacrine เพื่อเป็นสารมาตรฐานในห้องปฏิบัติการสำหรับการทดสอบในหลอดทดลอง

การพัฒนาการรักษาโรคอัลไซเมอร์ในปัจจุบันมีความก้าวหน้าอย่างมาก เนื่องจากมีการนำการศึกษาทางเคมีคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกโครงสร้างสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ AChE โดยการศึกษาโมเลกุลาร์ด็อกกิง (Molecular docking) จากการคำนวณพลังงานการยึดจับและการเกิดอันตรกิริยากับกรดอะมิโน โดยใช้ซอฟต์แวร์ทางคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณ และใช้วิธีของ Monte Carlo ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของสารในการจับกับเอนไซม์ (Metropolis, Rosenbluth, Rosenbluth, Teller & Teller, 1953) โดยโปรแกรมดังกล่าวได้พัฒนามาจากโครงสร้างเอกซเรย์ของเอนไซม์ AChE ที่เคยมีรายงานได้แก่เอนไซม์ *Homo sapiens* (รหัส 1B41 1F8U 4EY6 4EY7), *Mus musculus* (รหัส 1N5M 1N5R 1JO6 1JO7), *Torpedo californica* (รหัส 1EVE

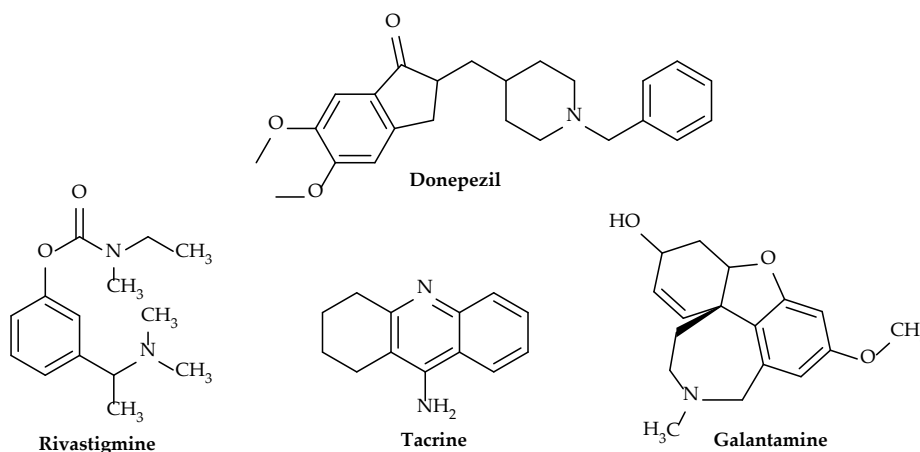
1GQR 1DX6 1W6R 1QTI 1EA5 1ACJ), *Electrophorus electricus* (รหัส 1C2O) และ *Drosophila melanogaster* (รหัส 1QO9) แต่ที่นิยมนำมาศึกษาโมเลกุลาร์ด็อกกิง ได้แก่ *H. sapiens* (hAChE), *E. electricus* (eelAChE) และ *T. californica* (TcAChE) แต่เนื่องจาก เอนไซม์ TcAChE และ eelAChE มีความคล้ายคลึงกันมาก จึงได้มีนักวิทยาศาสตร์ทำการเปรียบเทียบผลของการด็อกกิงจากทั้ง 2 เอนไซม์ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกัน แต่ข้อมูลการเกิดอันตรกิริยาของกรดอะมิโนจากเอนไซม์ TcAChE มีความชัดเจนมากกว่า eelAChE (Razavi et al., 2013) จึงทำให้มีงานวิจัยหลายฉบับนิยมใช้โครงสร้างของเอนไซม์ TcAChE มากกว่า eelAChE

เนื่องจากประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติเป็นอย่างมาก สมุนไพรหรือสารจากธรรมชาติจึงเป็นแหล่งที่มาสำคัญของการค้นหายารักษาโรคต้นสอ่งฟ้า (*Clausena harmandiana*) ซึ่งเป็นต้นไม้ที่พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในอดีตใช้เป็นยาพื้นบ้านในการลดไข้ จากข้อมูลด้านพฤกษเคมีมีรายงานว่าพบสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลัก 2 กลุ่ม คือ สารกลุ่มคาร์บาโซลแอลคาลอยด์ (Carbazole alkaloids) และสารกลุ่มคูมาริน (Coumarins) (Songsiang, Thongthoom, Boonyarat & Yenjai, 2011; Jantakoon, Tadtong & Puthongking, 2012; Wangboonskul, Tunsirikongkon & Sasithomwetchakun, 2015; Jantamart, Weerapreeyakul & Puthongking, 2019) และจากงานวิจัยเบื้องต้นของกลุ่มของผู้วิจัยที่ผ่านมา พบสารสกัดหยาบจากต้นสอ่งฟ้ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ปกป้องเซลล์ประสาท และพบสารองค์ประกอบ คือ สาร Nordentatin ซึ่งเป็นสารในกลุ่มคูมาริน มีฤทธิ์ในการปกป้องเซลล์ประสาทสูงกว่าสารอื่นๆ ในกลุ่มคูมาริน (Jantakoon et al., 2012) และกลุ่มของผู้วิจัยยังได้แยกสารองค์ประกอบจากต้นสอ่งฟ้าได้แก่ สารกลุ่มคูมาริน 4 ชนิด ได้แก่ Xanthoxyletin, Dentatin, Nordentatin และ Clausarin และสารกลุ่มคาร์บาโซลแอลคาลอยด์ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ 7-Methoxyheptaphylline, Heptaphylline และ 7-Methoxymukonal (ภาพ 2) พบว่า สารทุกตัวมีฤทธิ์ต้านมะเร็ง (Jantamart et al., 2019) นอกจากนี้กลุ่มวิจัยยังสนใจศึกษาศักยภาพของสารทั้ง 7 ชนิดในการออกฤทธิ์ป้องกันหรือรักษาโรคอัลไซเมอร์ ผ่าน

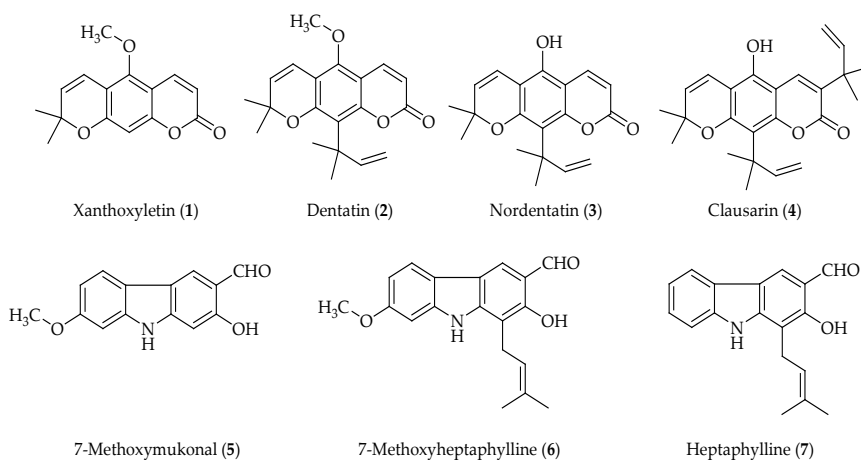
กลไกการยับยั้งเอนไซม์ AChE จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาไม่พบรายงานแสดงการเกิดอันตรกิริยาของสารกลุ่มคูมารินและคาร์บาโซลแอลคาลอยด์ จากต้นสอ่งฟ้ากับเอนไซม์ AChE จึงทำให้เกิดงานวิจัยครั้งนี้ และเนื่องจากสารที่แยกได้จากต้นสอ่งฟ้ามีปริมาณน้อยมาก ดังนั้นเพื่อลดปริมาณการใช้สารจากธรรมชาติในเบื้องต้น และเพื่อให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดสอบ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยจึงได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการทำนายความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ AChE รวมถึงการศึกษาการเกิดอันตรกิริยาระหว่างสารจากต้นสอ่งฟ้ากับเอนไซม์ AChE ด้วยวิธีโมเลกุลาร์ด็อกกิง ในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้โครงสร้างเอกซเรย์ของเอนไซม์ *hAChE* และ *TcAChE*

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อทำนายฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ AChE ของสารสำคัญจากเปลือกรากสอ่งฟ้า 7 ชนิด ได้แก่ Xanthoxyletin, Nordentatin, Dentatin, Clausarin, 7-Methoxymukonal, 7-Methoxy-heptaphylline และ Heptaphylline ด้วยวิธีโมเลกุลาร์ด็อกกิง และศึกษาอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างสารทั้ง 7 ชนิด กับเอนไซม์ *AChEs* (*hAChE* และ *TcAChE*) เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง และแนวทางในการดัดแปลงโครงสร้างสารกลุ่มคูมารินและคาร์บาโซลแอลคาลอยด์ให้มีฤทธิ์สูงขึ้น



ภาพ 1 โครงสร้างของสารมาตรฐานที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส



ภาพ 2 โครงสร้างของสาร 7 ชนิด ที่แยกได้จากต้นสอ่งฟ้า

วิธีดำเนินการวิจัย

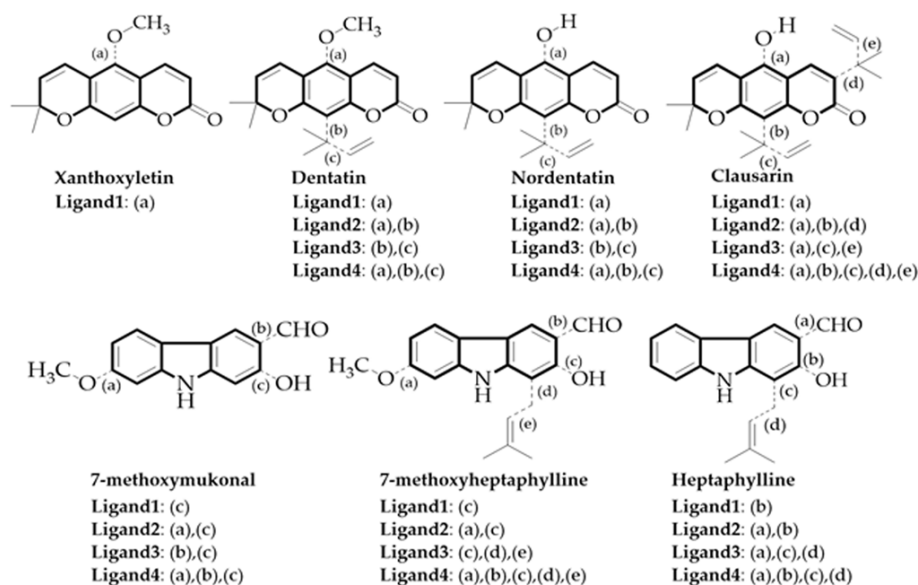
1. การเตรียมโครงสร้างเอนไซม์ด้วยขบวนการรีด็อกกิ่ง

การรีด็อกกิ่งเป็นการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการสร้างโครงสร้างจำลองของเอนไซม์ เพื่อใช้ในการทดลอง โดยเริ่มจากการดาวน์โหลดโครงสร้างเอกซเรย์ของเอนไซม์ AChE ทั้ง 2 ชนิดจากธนาคารโปรตีน (<https://www.rcsb.org/>) โดยใช้รหัสในการดาวน์โหลดของชนิด *hAChE* และ *TcAChE* เป็น 4EY7 (Cheung et al., 2012) และ 1EVE (Kryger, Silman & Sussman, 1999) ตามลำดับ จากนั้นใช้โปรแกรม Discovery Studio 5.0 (Accelrys, San Diego, USA) เพื่อทำการตัดโมเลกุลน้ำ และตัดแยกโมเลกุล Donepezil ออกจากโครงสร้างเอกซเรย์ นำโครงสร้างของ Donepezil ที่แยกออกมาไปเติมอะตอมไฮโดรเจน และคำนวณตำแหน่งของอะตอมไฮโดรเจนที่เหมาะสมด้วยโปรแกรม Hyper Chem 7.0 (Hypcube, Gainesville, FL, USA) ส่วนโครงสร้างของโปรตีนนำไปเติมอะตอมของไฮโดรเจน โดยใช้โปรแกรม AutoDockTools (Morris et al., 2009) ซึ่งจะศึกษาพารามิเตอร์ 2 ชนิด คือ (1) พันธะการหมุนของกรดอะมิโนในบริเวณเร่งของเอนไซม์ (2) พันธะการหมุนของลิแกนด์โดยสร้างแผนที่กริดขนาด $60 \text{ \AA} \times 60 \text{ \AA} \times 60 \text{ \AA}$ ระยะห่าง $0.375 \text{ \AA}$ แล้วนำโครงสร้างของ Donepezil ที่เติมไฮโดรเจนแล้วมาเตรียมเป็นไฟล์ PDBQT เพื่อกำหนดการหมุนของพันธะ จากนั้นจึงนำโครงสร้างของ Donepezil มาทำการด็อกกิ่งเข้าไปในบริเวณเร่งของเอนไซม์ ด้วยโปรแกรม AutoDock4.2 (Sanner, 1999) โดยใช้ Lamarckian

Genetic Algorithm--LGA (Mashhadi, Shanechi & Lucas, 2003) ในการคำนวณค่าพลังงานต่ำสุด โดยกำหนดค่า Population size เท่ากับ 300, Energy evaluations เท่ากับ 250,000 และ GA runs เท่ากับ 200 ซึ่งการรีด็อกกิ่งของโครงสร้าง 4EY7 และ 1EVE จะเลือกพารามิเตอร์ที่ให้ตำแหน่งด็อกกิ่งใกล้เคียงกับโครงสร้างเอกซเรย์ โดยพิจารณาจากค่า Root-Mean-Square Deviation--RMSD ไม่เกิน $2.0 \text{ \AA}$ ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ (Taha et al., 2011) แล้วนำพารามิเตอร์ที่ได้ไปศึกษาโมเลกุลาร์ด็อกกิ่งกับสารจากสองฟ้า 7 ชนิด

1. การศึกษาโมเลกุลาร์ด็อกกิ่ง

นำโครงสร้างของลิแกนด์ที่ต้องการศึกษาไปวาดเป็นโครงสร้างสามมิติโดยใช้โปรแกรม HyperChem 7.0 จากนั้นหาค่าพลังงานต่ำสุดของโครงสร้างโดยใช้ระเบียบวิธี Semi-empirical แบบ AM1, Polak-Ribiere conjugate gradient method ($\text{RMSD} < 0.1 \text{ kcal/mol}$) โดยบันทึกเป็นไฟล์ PDB ด้วยโปรแกรม Open babel (O'Boyle et al., 2011) และเตรียมไฟล์ PDBQT ซึ่งกำหนดการหมุนของลิแกนด์ดังภาพ 3 และใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการรีด็อกกิ่งโดยใช้แผนที่กริดขนาด $60 \text{ \AA} \times 60 \text{ \AA} \times 60 \text{ \AA}$ ในการด็อกกิ่งสารที่ต้องการศึกษาโดยดูค่าพลังงานยึดจับของสารกับโปรตีน จากนั้นนำโครงสร้างด็อกกิ่งที่ได้มาพล็อตกราฟเพื่อดูการเกิดอันตรกิริยาด้วยโปรแกรม PyMOL (Schrödinger LLC, New York, NY)

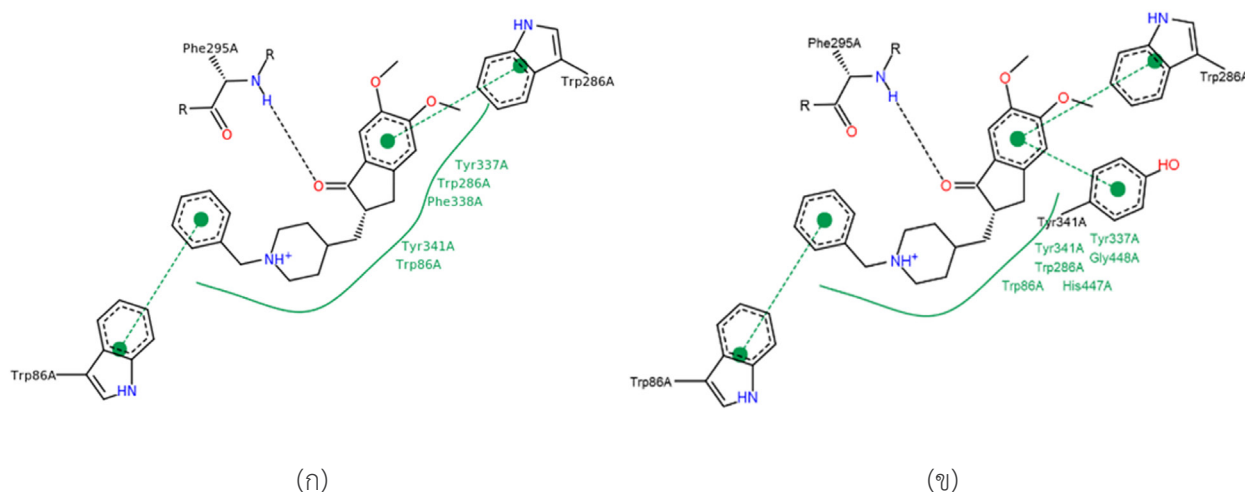


ภาพ 3 แสดงการกำหนดการหมุนพันธะที่หมุนได้ของลิแกนด์ของสารจากต้นสองฟ้า

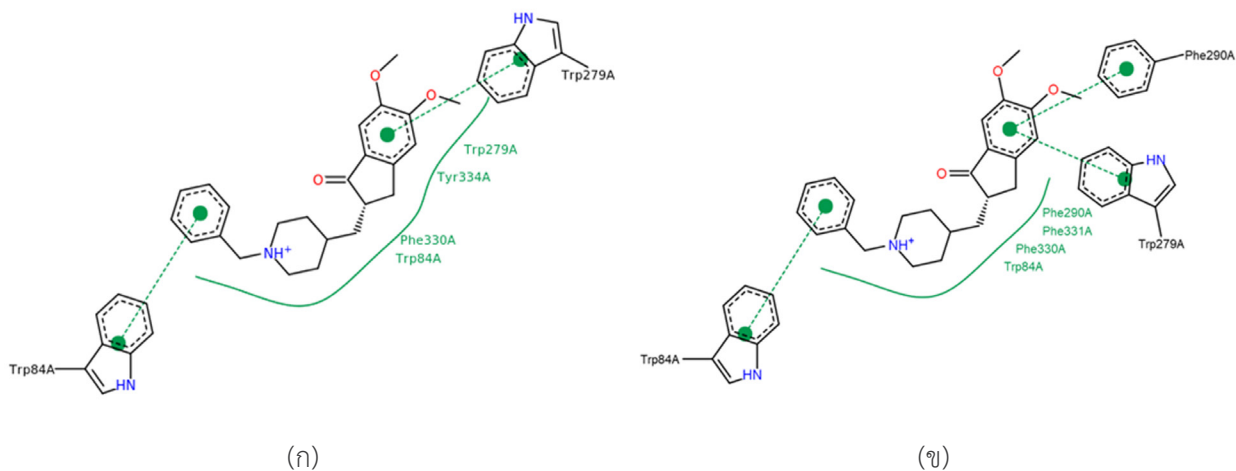
ผลการวิจัย

การศึกษาโมเลกุลาร์ด็อกกิงของสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กในการจับกับเอนไซม์ *AChEs* (*hAChE* และ *TcAChE*) จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของเอนไซม์ที่นำมาศึกษา วิธีการนี้เรียกว่าการรีด็อกกิง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้ทำรีด็อกกิงเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสทั้ง 2 ชนิด กับสารมาตรฐาน คือ Donepezil โดยอ้างอิงบริเวณตัวเร่งที่สำคัญของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส จากการทดลองของ Wiesner, Křiz, Kuca, Jun and Koca (2007) พบว่า บริเวณ Peripheral Anionic Site--PAS ของ *hAChE* ประกอบด้วยกรดอะมิโน Asp74 Tyr124 Trp286 Tyr337 Tyr341 บริเวณ Acyl-binding Pocket--ABP ประกอบด้วยกรดอะมิโน Trp236 Phe295 Phe297 และ Phe338 บริเวณ Catalytic Anionic Site--CAS ประกอบด้วยกรดอะมิโน Trp86 Tyr133 Glu202 Gly448 และ Ile451 และบริเวณ Catalytic Triad--CT ประกอบด้วยกรดอะมิโน Ser203 His447 Glu334 สำหรับบริเวณ PAS ของ *TcAChE* ประกอบด้วยกรดอะมิโน Asp72 Tyr121 Trp279 Phe330 และ Tyr334 บริเวณ ABP ประกอบด้วย Trp233 Phe288 Phe290 และ Phe331 บริเวณ CAS ประกอบด้วย Trp84 Tyr130 Glu199 Gly441 และ Ile444 และบริเวณ CT ประกอบด้วย Ser200 His440 Glu327

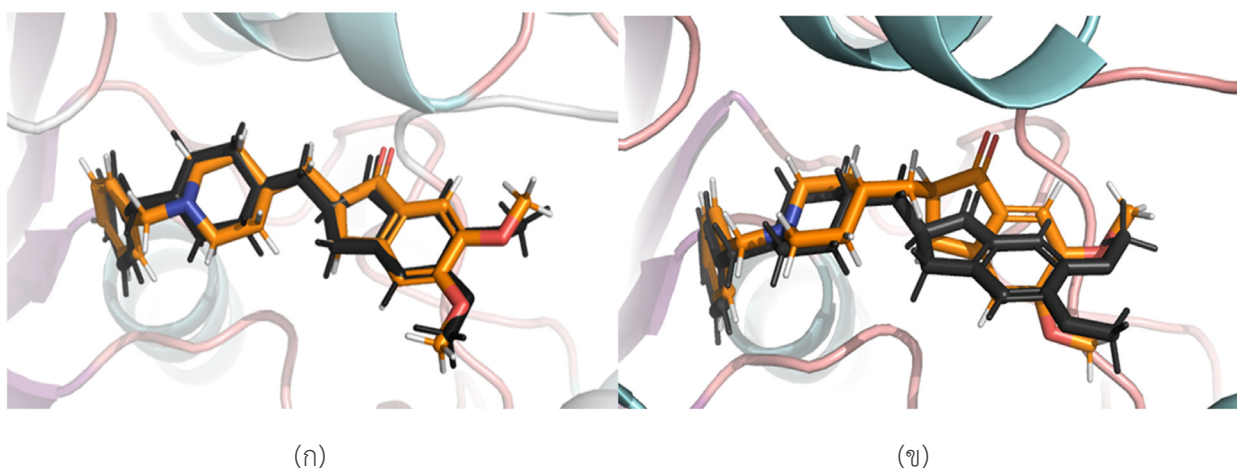
จากการทดลองได้ค่า RMSD เท่ากับ 0.599 สำหรับเอนไซม์ *hAChE* และ 1.551 Å สำหรับเอนไซม์ *TcAChE* ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของการรีด็อกกิง โดยค่าที่ยอมรับได้กำหนดค่าต้องน้อยกว่า 2 Å (Araújo, Lima, Pinto, De Alencastro & Albuquerque, 2011) เมื่อนำโครงสร้างของเอนไซม์ *hAChE* ที่เตรียมได้จากการรีด็อกกิงมาทำการด็อกกิงกับ Donepezil (ภาพ 4ข) พบการเกิดอันตรกิริยากับ Trp86 และ Trp286 ด้วย π - π interaction และเกิดแรงกระทำผ่าน H-bonding กับ Phe295 เช่นเดียวกับอันตรกิริยาที่พบในโครงสร้างเอกซเรย์ของ *hAChE* กับ Donepezil (ภาพ 4ก) และซ้อนทับกันสนิท ดังแสดงตามภาพ 6ก เช่นเดียวกับโครงสร้างรีด็อกกิงของเอนไซม์ *TcAChE* กับ Donepezil (ภาพ 5ข) พบการเกิดอันตรกิริยาผ่าน π - π interaction กับ Trp84 และ Trp279 ได้เหมือนกับโครงสร้างเอกซเรย์ของ *TcAChE* กับ Donepezil (ภาพ 5ก) และซ้อนทับกันสนิทดังแสดงตามภาพ 6ข จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าโครงสร้างของเอนไซม์ *hAChE* และ *TcAChE* ที่เตรียมได้จากการรีด็อกกิงมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพ 4 การเกิดอันตรกิริยาของ (ก) โครงสร้างเอกซเรย์ของ *hAChE* - Donepezil (ข) โครงสร้างรีด็อกกิงของ *hAChE* - Donepezil



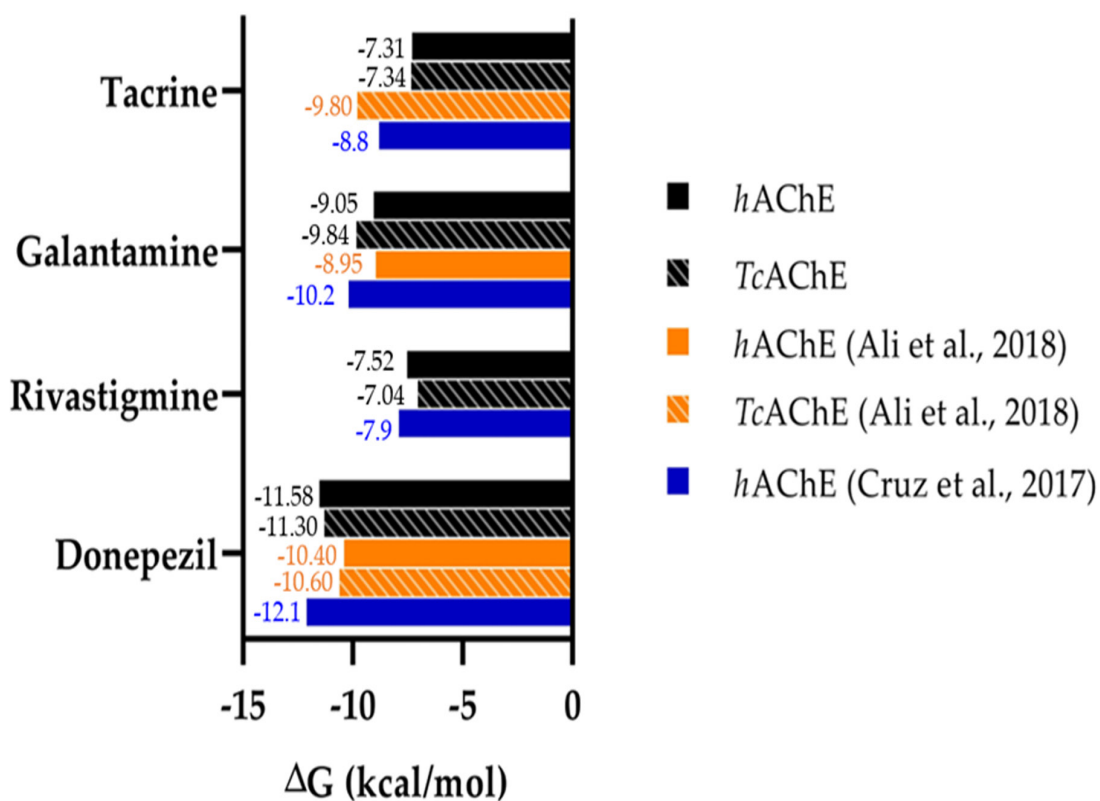
ภาพ 5 การเกิดอันตรกิริยาของ (ก) โครงสร้างเอกซเรย์ของ *TcAChE* - Donepezil (ข) โครงสร้างรีด็อกกิ่งของ *TcAChE* - Donepezil



ภาพ 6 เปรียบเทียบตำแหน่งของโครงสร้างรีด็อกกิ่ง (ส้ม) กับโครงสร้างเอกซเรย์ (ดำ) (ก) *hAChE* (ข) *TcAChE*

เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องและแม่นยำของโครงสร้างของเอนไซม์ *hAChE* และ *TcAChE* ที่ได้จากการรีด็อกกิ่ง ผู้วิจัยจึงได้นำสารมาตรฐานที่เคยมีการศึกษามาก่อน ได้แก่ Donepezil Rivastigmine, Galantamine และ Tacrine (ภาพ 7) มาทำการศึกษา พบค่าพลังงานการยึดจับมีค่าสอดคล้องกับรายงานการศึกษาก่อนหน้า (Rehman, Khan, Khan & Roohullah, 2013; Cruz et al., 2017;

Ali, Seong, Jung, Jannat & Choi, 2018) จากภาพ 7 สาร Donepezil สามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดได้ดีที่สุด ส่งผลให้ความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ AChE สูง ดังนั้นการทดลองในขั้นตอนต่อไปจึงเลือกใช้สาร Donepezil เป็นสารมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบการเกิดอันตรกิริยากับสารจากต้นส่อกฟ้าต่อไป



ภาพ 7 แสดงค่าพลังงานยึดจับของยารักษาโรคอัลไซเมอร์กับเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสเปรียบเทียบกับโครงสร้างที่มีการศึกษาโมเลกุลาร์ด็อกกิง

ผลการศึกษาการเกิดอันตรกิริยาของสารทั้ง 7 ชนิด จากต้นส่่งฟ้าสรุปได้ดังตาราง 1 และภาพ 8 แสดงตัวอย่าง การเกิดอันตรกิริยาของสารกลุ่มคูมาริน คือ Clausarin และ คาร์บาโซลแอลคาลอยด์ คือ 7-Methoxyheptaphylline กับเอนไซม์ hAChE และ TcAChE สรุปผลการทดลองดังนี้ คือ สารประกอบเชิงซ้อนของสารกลุ่มคูมารินกับเอนไซม์ AChEs มีความเสถียรกว่าสารประกอบเชิงซ้อนของสาร กลุ่มคาร์บาโซลแอลคาลอยด์ โดยดูจากค่าพลังงานยึดจับ ที่มีค่าต่ำ (สารที่มีค่าพลังงานยึดจับต่ำ-ค่าติดลบมาก- บ่งชี้ว่าสารประกอบเชิงซ้อนมีความเสถียรสูงกว่ากว่าสารที่มี ค่าพลังงานยึดจับสูง-ค่าติดลบน้อย) โดย Clausarin มีค่า พลังงานยึดจับต่ำกว่าสารอื่นที่แยกจากต้นส่่งฟ้า และมีค่า ใกล้เคียงกับ Donepezil ที่มีพลังงานยึดจับเท่ากับ -11.53 kcal/mol กับเอนไซม์ hAChE และ -11.30 kcal/mol

กับเอนไซม์ TcAChE เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาในการเกิด เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของสารทดสอบกับเอนไซม์พบว่า Donepezil จะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับเอนไซม์ hAChE บริเวณ ABP แต่ไม่พบอันตรกิริยาดังกล่าวในเอนไซม์ TcAChE และพบอันตรกิริยาแบบ π - π interaction และ แบบ hydrophobic interaction ได้ทั้งในเอนไซม์ hAChE และ TcAChE ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Cruz et al., 2017) เช่นเดียวกับอันตรกิริยาของสารกลุ่มคูมาริน และคาร์บาโซลแอลคาลอยด์ ที่สามารถเกิดอันตรกิริยา ได้ทั้ง 3 แบบ คือ H-bonding, π - π interaction และ hydrophobic interaction และพบอันตรกิริยาได้ที่บริเวณ CAS, PAS และ ABP แต่ไม่พบอันตรกิริยาที่บริเวณ CT

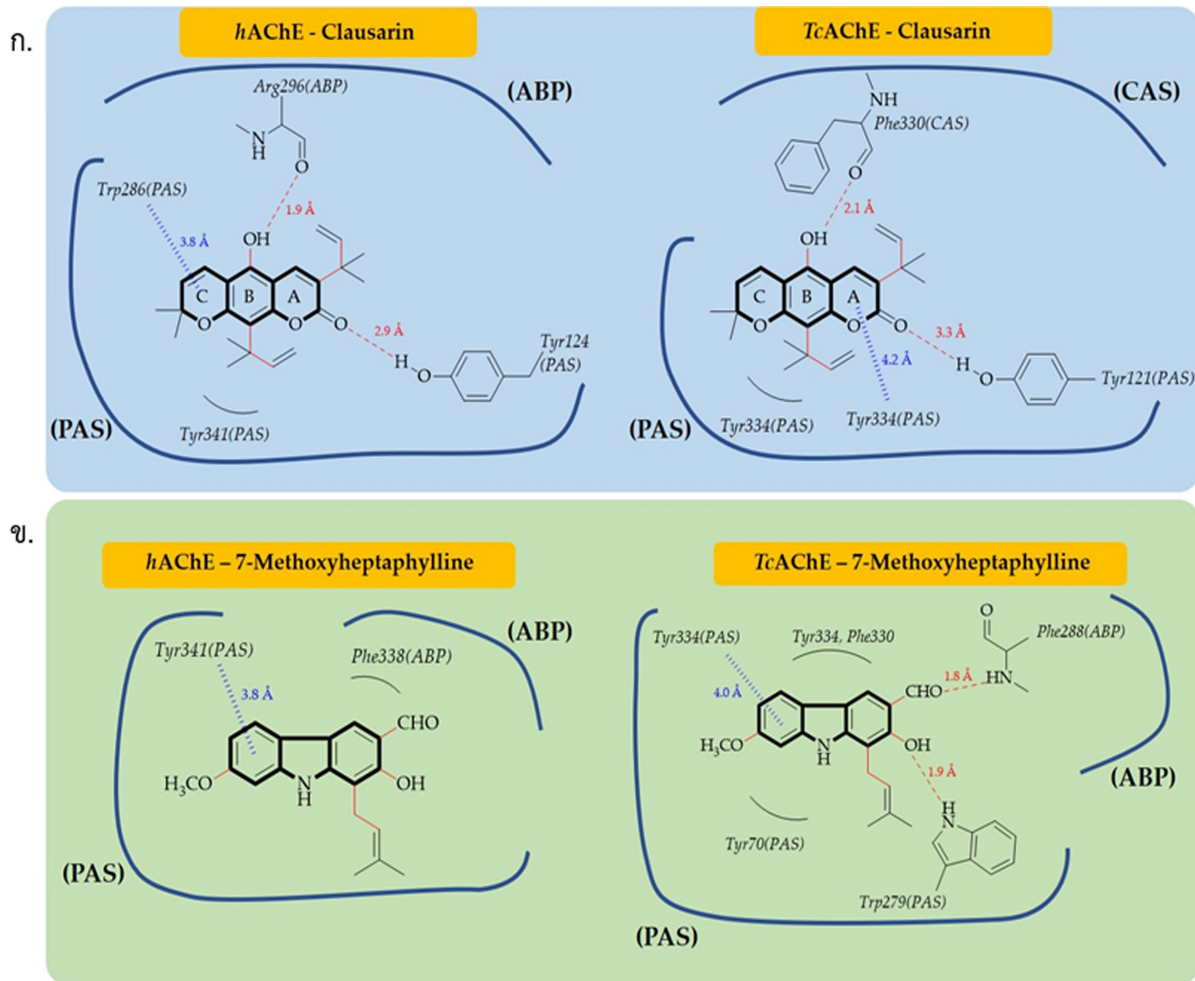
ตาราง 1

การเกิดอันตรกิริยาของสารกลุ่มคูมารินกับเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสชนิด hAChE และ TcAChE

ชื่อสาร	$\Delta G_{\text{binding}}$ (kcal/mol)		ชนิดอันตรกิริยาและกรดอะมิโน						
			H-bonding		π - π interaction		hydrophobic interaction		
	hAChE	TcAChE	hAChE	TcAChE	hAChE	TcAChE	hAChE	TcAChE	
Donepezil	-11.53	-11.30	Phe295	-	Trp86, Trp84, Trp286, Tyr341	Trp86, Trp279, Phe290	Gly448, Tyr341, Tyr337, His447	Trp84, Phe330, Phe290, Phe331	
1	-8.83	-8.47	Ser293, Arg296	Trp279, Arg289	-	-	Trp286, Phe338	Trp279, Phe331	
2	-9.48	-9.56	Tyr133	Asp72	Trp86	-	Trp86, Ser125, Gly121	Trp84, Ser122	
3	-9.38	-9.20	Arg296	Gly117	-	-	Trp286, Tyr341	Trp84, Ser122	
4	-11.04	-10.43	Tyr124, Arg296	Tyr121, Phe330	Trp286	Tyr334	Trp286, Tyr341	Tyr334	
5	-7.48	-7.83	Phe295, Arg296	Trp279, Ser286	Phe338, Tyr341	Phe331	Phe338, Tyr337, Tyr341	Phe331, Tyr334, Phe330	
6	-8.54	-8.84	-	Phe288, Trp279	Tyr341	Tyr334	Phe338, Tyr341	Tyr70, Phe330, Tyr334	
7	-8.23	-8.14	-	Trp279, Phe288	Tyr341	Tyr334	Tyr341, Phe338	Trp279, Tyr334	

หมายเหตุ: กำหนดให้แต่ละสีแทนกรดอะมิโนที่ตำแหน่งของบริเวณเร่ง ดังนี้

CAS	PAS	ABP	CT
-----	-----	-----	----



ภาพ 8 การเกิดอันตรกิริยาของ (ก) Clausarin และ (ข) 7-Methoxyheptaphylline กับเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส ชนิด *hAChE* และ *TcAChE*

อภิปรายผล

ผลการศึกษาโมเลกุลาร์ด็อกกิงของเอนไซม์ *hAChE* และ *TcAChE* กับสารกลุ่มคูมารินและคาร์บาโซลแอลคาลอยด์ จากต้นสอ่งฟ้าให้ผลการทดลองสอดคล้องและไปในทิศทางเดียวกัน และพบอันตรกิริยาได้ทั้ง 3 แบบ คือ H-bonding π - π interaction และ hydrophobic interaction ที่บริเวณ CAS, PAS และ ABP เช่นเดียวกัน แต่ชนิดและลำดับของกรดอะมิโนที่เกิดอันตรกิริยาของเอนไซม์ AChE แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันดังแสดงในตาราง 1 สำหรับโครงสร้างของสารกลุ่มคูมารินจากต้นสอ่งฟ้าทั้ง 4 ชนิด พบว่า หมู่ฟังก์ชันที่จำเป็นต่อการเกิดอันตรกิริยาแบบ H-bonding กับเอนไซม์ *hAChE* หรือ *TcAChE* คือ หมู่ -OH ที่เกาะบนวงแหวน B และ O-atom ของหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ของวง A และเกิดอันตรกิริยาแบบ π - π interaction กับ

วง A และ C หมู่ฟังก์ชัน 1,1-dimethyl allyl บนวงแหวน B จำเป็นสำหรับการเกิดอันตรกิริยาแบบ Hydrophobic interaction ส่วนโครงสร้างของคาร์บาโซลแอลคาลอยด์ หมู่ -OH และ -CHO สามารถเกิดอันตรกิริยาแบบ H-bonding ส่วนวงแหวนอะโรมาติก ทั้ง 2 วงสามารถจับกับเอนไซม์ผ่านเกิดอันตรกิริยาแบบ π - π interaction จากข้อมูลของงานวิจัยในครั้งนี้อาจสรุปได้ว่าหมู่ฟังก์ชันที่จำเป็นของโครงสร้างสารกลุ่มคูมาริน และคาร์บาโซลแอลคาลอยด์ ในการเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับเอนไซม์ *hAChE* และ *TcAChE* ซึ่งจะทำให้งานวิจัยต่อไปสามารถออกแบบโครงสร้างสารอนุพันธ์ของคูมารินและคาร์บาโซลแอลคาลอยด์ เพื่อให้ได้สารใหม่ที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ AChE ดีกว่าสารตั้งต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (สกว) รหัส MRG5180175 ทุนวิจัยร่วมโครงการไทย-จีน (DBG60800063) และศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์

สุขภาพจากสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชำนาญ ภักธรพานิช สำหรับคำแนะนำแนวทางในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้



References

- Ali, M. Y., Seong, S. H., Jung, H. A., Jannat, S., & Choi, J. S. (2018). Kinetics and molecular docking of dihydroxanthyletin-type coumarins from *Angelica decursiva* that inhibit cholinesterase and BACE1. *Archives of Pharmacal Research*, 41(7), 753–764. <https://doi.org/10.1007/s12272-018-1056-9>
- Araújo, J. Q., Lima, J. A., Pinto, A. D. C., De Alencastro, R. B., & Albuquerque, M. G. (2011). Docking of the alkaloid geissospermine into acetylcholinesterase: A natural scaffold targeting the treatment of Alzheimer's disease. *Journal of Molecular Modeling*, 17(6), 1401–1412. <https://doi.org/10.1007/s00894-010-0841-2>
- Cheung, J., Rudolph, M. J., Burshteyn, F., Cassidy, M. S., Gary, E. N., Love, J., ..., & Height, J. J. (2012). Structures of human acetylcholinesterase in complex with pharmacologically important ligands. *Journal of Medicinal Chemistry*, 55, 10282 - 10286. <https://doi.org/10.1021/jm300871x>
- Cruz, I., Puthongking, P., Cravo, S., Palmeira, A., Cidade, H., Pinto, M., & Sousa, E. (2017). Xanthone and Flavone Derivatives as Dual Agents with Acetylcholinesterase Inhibition and Antioxidant Activity as Potential Anti-Alzheimer Agents. *Journal of Chemistry*, 2017, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2017/8587260>
- Froestl, W., Muhs, A., & Pfeifer, A. (2014). Cognitive Enhancers (Nootropics). Part 2: Drugs Interacting with Enzymes. Update 2014. *Journal of Alzheimer's Disease*, 42(1), 1–68. <https://doi.org/10.3233/JAD-140402>
- Giacobini, E. (2003). Cholinergic function and Alzheimer's disease. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 18, S1–S5. <https://doi.org/10.1002/gps.935>
- Jantakoon, P., Tadtong, S., & Puthongking, P. (2012). Neuritogenic and antioxidant activities of nordentatin from *Clausena harmandiana*. *Journal of Asian Association of Schools of Pharmacy*, 1(3), 180–186. https://www.aasjournal.org/uploads/155/5952_pdf.pdf
- Jantamart, P., Weerapreeyakul, N., & Puthongking, P. (2019). Cytotoxicity and apoptosis induction of coumarins and carbazole alkaloids from *Clausena harmandiana*. *Molecules*, 24(18), 1–14. <https://doi.org/10.3390/molecules24183385>

- Kryger, G., Silman, I., & Sussman, J. L. (1999). Structure of acetylcholinesterase complexed with E2020 (Aricept p): Implications for the design of new anti-Alzheimer drugs. *Structure*, 7(3), 297–307. [https://doi.org/10.1016/s0969-2126\(99\)80040-9](https://doi.org/10.1016/s0969-2126(99)80040-9)
- Mashhadi, H. R., Shanechi, H. M., & Lucas, C. (2003). A new genetic algorithm with Lamarckian individual learning for generation scheduling. *IEEE Transactions on Power Systems*, 18(3), 1181–1186. doi: 10.1109/TPWRS.2003.814888.
- Metropolis, N., Rosenbluth, A.W., Rosenbluth, M.N., Teller, A.H., & Teller, E. (1953). Equation of state calculations by fast computing machines. *The Journal of Chemical Physics*, 21(6), 1087–1092. <https://doi.org/10.1063/1.1699114>
- Morris, G. M., Huey, R., Lindstrom, W., Sanner, M. F., Belew, R. K., Goodsell, D. S., & Olson, A.J. (2009). AutoDock4 and AutoDockTools4: Automated docking with selective receptor flexibility. *Journal of Computational Chemistry*, 30(16), 2785–2791. <https://doi.org/10.1002/jcc.21256>
- O’Boyle, N. M., Banck, M., James, C. A., Morley, C., Vandermeersch, T., & Hutchison, G. R. (2011). Open babel: An open chemical toolbox. *Journal of Cheminformatics*, 3(33), 1–14. <https://doi.org/10.1186/1758-2946-3-33>
- Razavi, S. F., Khoobi, M., Nadri, H., Sakhteman, A., Moradi, A., Emami, S., ..., & Shafiee, A. (2013). Synthesis and evaluation of 4-substituted coumarins as novel acetylcholinesterase inhibitors. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 64, 252–259. doi: 10.1016/j.ejmech.2013.03.021.
- Rehman, F.U., Khan, M. F., Khan, I., & Roohullah, -. (2013). Molecular interactions of an alkaloid eucrestifoline as a new acetylcholinesterase inhibitor. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 8(4), 361–364. <https://doi.org/10.3329/bjp.v8i4.16417>
- Sanner, M. F. (1999). Python: A programming language for software integration and development. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 17(1), 57–61. <http://mgl.scripps.edu/people/sanner/html/papers/NewsAndViewsSept99.pdf>
- Songsang, U., Thongthoom, T., Boonyarat, C., & Yenjai, C. (2011). Claurailas A-D, cytotoxic carbazole alkaloids from the roots of Clausena harmandiana. *Journal of Natural Products*, 74(2), 208–212. <https://doi.org/10.1021/np100654m>
- Taha, M. O., Habash, M., Al-Hadidi, Z., Al-Bakri, A., Younis, K., & Sisan, S. (2011). Docking-based comparative intermolecular contacts analysis as new 3-D QSAR concept for validating docking studies and in silico screening: NMT and GP inhibitors as case studies. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 51(3), 647–669. <https://doi.org/10.1021/ci100368t>
- Wangboonskul, J., Tunsirikongkon, A., & Sasithornwetchakun, W. (2015). Simultaneous determination of nine analytes in Clausena harmandiana Pierre. by new developed high-performance liquid chromatography method and the influence of locations in Thailand on level of nordentatin and dentatin. *Pharmacognosy Magazine*, 11(41), 1–14. <https://doi.org/10.4103/0973-1296.149666>

Wiesner, J., Kříz, Z., Kuca, K., Jun, D., & Koca, J. (2007). Acetylcholinesterases-The structural similarities and differences. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 22(4), 417–424.
doi: 10.1080/14756360701421294

World Health Organization (WHO). (2018). *Top 10 causes of death*. Retrieved from https://www.who.int/gho/mortality_burden_disease/causes_death/top_10/en/



การพัฒนาระบบเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์สำหรับอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพ ด้วยการผสมผสานคลื่นไฟฟ้าสมองจากการจินตนาการการเคลื่อนไหว และการกระตุ้นทางการมองเห็นด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตา Development of Brain-Computer Interface System for Rehabilitation Device by Combining Motor Imagery and Visual Illusion Stimulation

นันท์นภัส ศิริบุญญพัฒน์¹ และยรรยงค์ พันธุ์สวัสดิ์¹

Nannaphat Siribunyaphat¹ and Yunyong Punsawad¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology,
Silpakorn University

Received: June 4, 2020

Revised: July 29, 2020

Accepted: August 5, 2020

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ได้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพให้วิธีการจินตนาการการเคลื่อนไหวเพื่อเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์สำหรับการบำบัดฟื้นฟูสมรรถภาพด้วยการรวมกันกับวิธีการกระตุ้นสมองด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตา เนื่องจากวิธีการจินตนาการการเคลื่อนไหวใช้เวลานานในการฝึกฝน วิธีการกระตุ้นจากสิ่งเร้าภายนอกผ่านประสาทสัมผัสจึงเป็นทางเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้ โดยงานวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ คือ (1) การสำรวจและตรวจสอบรูปแบบของภาพเคลื่อนไหวลงตาเพื่อการเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์ (2) ระบบเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์ด้วยการจินตนาการการเคลื่อนไหวร่วมกับกระตุ้นด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตา งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้รูปแบบกังหันลมเพื่อกระตุ้นให้สมองเกิดการเปลี่ยนแปลงมีการทดสอบรูปแบบกังหันลมที่มีจำนวนใบพัดแตกต่างกัน พบว่ารูปแบบกังหันลม 96 ใบพัด สามารถกระตุ้นสมองได้ผลดีที่สุด นำรูปแบบที่ได้ไปใช้ร่วมกับวิธีการจินตนาการการเคลื่อนไหว ระบบเชื่อมต่อสมองแบบผสมนี้สามารถสร้างคำสั่งเพื่อควบคุมอุปกรณ์ฟื้นฟูได้สองคำสั่งสำหรับกรายกแขนซ้ายหรือขวาด้วยอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบด้วยโปรแกรมเชื่อมต่อที่พัฒนาจากซอฟต์แวร์ LabVIEW มีอาสาสมัครเข้าร่วมการทดลอง จำนวน 8 คน ทำการใช้ระบบเชื่อมต่อสมองด้วยวิธีการจินตนาการการเคลื่อนไหวและวิธีรวมกันเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ผลการทดลองพบว่าวิธีที่นำเสนอสามารถเพิ่มความถูกต้องได้ประมาณ 4% ถึง 6% ความเร็วของการสร้างคำสั่งเพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจากการกระตุ้นทางการมองเห็น ดังนั้นผลของวิธีรวมกันอาจเกิดจากวิธีการกระตุ้นสมองด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตาเพียงวิธีเดียว อนาคตจะมีการพัฒนาอัลกอริทึมตรวจสอบประสิทธิภาพ และสร้างแนวทางการใช้ที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริงเพื่อควบคุมอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพมือและแขนของผู้ป่วย

คำสำคัญ: การเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์ การจินตนาการการเคลื่อนไหว ภาพเคลื่อนไหวลงตา

Abstract

This article presents an enhancement of Motor Imagery--MI-based Brain-Computer Interface--BCI for rehabilitation by combining a visual motion illusion stimulation method. Since, the motor imagery takes a long time for training, the method of stimulation by external stimuli through the sensory system is an alternative way to increase the efficiency. The research is divided into two parts, mainly: (1) To observe and test the pattern of visual motion illusion for brain-computer interface (2) The proposed system of the BCI by combining motor imagery and visual illusion stimulation. This research uses the windmill pattern to modulate signal at occipital area of the brain. We were testing the windmill pattern with a different number of propellers. It was found that the windmill pattern with 96 propellers can stimulate the brain with the best result. Therefore, we used the obtained pattern to combine with motor imagery. This proposed system can create two commands to control the rehabilitation device for lifting the left or right arm with the designed algorithm, which implemented for the interface program using LabVIEW software. A total of 8 volunteers participated in the experiment, using a brain-computer interface system with motor imagery and combining the methods to compare the efficiency. The results show that the proposed method can increase the accuracy by approximately 4% to 6%. The speed of command creation is increased due to visual stimulation. Therefore, the combined effects may be caused by stimulating the brain with visual motion illusion only. In the future, we will develop algorithms, verify performance, and establish guidelines for use appropriate to control an arm rehabilitation device in reality.

Keywords: brain-computer interface, motor imagery, illusion motion



บทนำ

จากสถิติผู้พิการในประเทศไทย สัดส่วนของผู้พิการต่อประชากรทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 2.89 คนพิการทางกายหรือการเคลื่อนไหวเป็นกลุ่มใหญ่ที่สุดในบรรดาคนพิการทุกประเภท (Department of Empowerment of Persons with Disabilities, 2019) อันเนื่องมาจากหลายสาเหตุ ได้แก่ อุบัติเหตุ อาการเจ็บป่วย หรือโรคต่าง ๆ เช่น อัมพาตจากโรคหลอดเลือดสมอง (stroke) กล้ามเนื้ออ่อนแรง (Amyotrophic Lateral Sclerosis--ALS) และ อุบัติเหตุไขสันหลัง (Spinal Cord Injury--SCI) ซึ่งส่งผลต่อการเคลื่อนไหว

จากการรายงานขององค์การอนามัยโลก (WSO) ระบุว่าโรคหลอดเลือดสมองเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 2 ของโลก สำหรับประเทศไทย กระทรวงสาธารณสุขได้รายงานว่ ในปี พ.ศ. 2561 พบผู้ป่วย 331,086 ราย และมีผู้เสียชีวิตประมาณปีละ 30,000 ราย (Bureau of Non-Communicable Diseases, The Ministry of Public Health, 2018) ผลกระทบที่เกิดจากโรคหลอดเลือดสมองนั้นส่งผลต่อการทำงานของร่างกายรวมถึงสภาพจิตใจของผู้ป่วย ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองมักประสบกับอาการผิดปกติทางร่างกาย เช่น กล้ามเนื้ออ่อนแรง ความผิดปกติในการสื่อสาร อัมพฤกษ์ อัมพาต วิตกกังวล เป็นต้น ซึ่งอาการเหล่านี้ทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถดำเนินชีวิตได้ตามปกติ ดังนั้น

การฟื้นฟูสภาพร่างกายของผู้ป่วยหลังจากการรักษาโรคหลอดเลือดสมองจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ช่วยให้ร่างกายของผู้ป่วยสามารถกลับมาใช้งานได้ตามปกติ เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถดำเนินชีวิตประจำวันได้ด้วยตนเอง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปยังกลุ่มผู้ป่วยหลังจากการรักษาโรคหลอดเลือดสมอง หรือผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีก (hemiplegia) ซึ่งสามารถฟื้นฟูคืนสู่สภาพปกติได้ จากความยืดหยุ่นของสมอง (brain plasticity) จึงประยุกต์ใช้การเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมอุปกรณ์กายภาพบำบัด

คลื่นไฟฟ้าสมองคือข้อมูลทางสมองที่วัดได้ในรูปแบบของศักย์ไฟฟ้าซึ่งได้จากการทำงานของสมอง ได้จากการวางขั้ววัดสัญญาณไฟฟ้าที่บริเวณหนังศีรษะ จะทำให้ได้สัญญาณไฟฟ้าออกมา หรือที่เรียกว่าคลื่นสมอง (Iturrate, Antelis, Kübler & Minguez, 2009; Cecotti, Volosyak & Graser, 2009; Bashir & Abdulhalim, 2014; Zainuddin, Hussain & Isa, 2014; Mebarkia & Reffad, 2019) การสื่อสารระหว่างมนุษย์และอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้คอมพิวเตอร์เพื่อแปลงสัญญาณสมองเป็นคำสั่งสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ การสื่อสารระหว่างสมองและคอมพิวเตอร์ (Brain-Computer Interface--BCI) มีการประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางและต่อเนื่องในหลาย ๆ ด้าน รวมถึงทางการแพทย์ เช่น การวินิจฉัยและการฟื้นฟูสมรรถภาพ (Wolpaw, Birbaumer, McFarland, Pfurtscheller & Vaughan, 2002; Pires, Castelo-Branco & Nunes, 2008; Nicolas-Alonso & Gomez-Gil, 2012; Daly & Huggins, 2015; Van Dokkum, Ward & Laffont, 2015; Cervera et al., 2018) Electroencephalogram--EEG เป็นวิธีการที่ได้รับสัญญาณสมองแบบไม่รุกรานร่างกายสามารถพกพาได้ และราคาไม่สูงมาก นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ EEG รุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงในการเก็บและแปลงสัญญาณ วิธีการเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์ด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG-BCI) ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ (1) Event-Related Desynchronization/Synchronization--ERD/ERS (Bashir, et al., 2014) (2) Event-Related Potentials--ERPs และ (3) Visual Evoked Potentials--VEPs (Rhodes & Robertson, 2002; Zhu, Bieger & Garcia Molina, 2010; Xie, Xu, Wang, Zhang & Zhang,

2012; Yin et al., 2014) การใช้ระบบ BCI สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวเป็นวิธีการที่นิยมใช้ช่วยเหลือผู้พิการขั้นรุนแรง ซึ่งนักวิจัยหลายคนตั้งเป้าหมายว่าผู้ป่วยจะสามารถควบคุมอุปกรณ์ช่วยเหลือและฟื้นฟูสมรรถภาพได้ด้วยตัวเอง เช่น การควบคุมรถเข็นไฟฟ้าจากสัญญาณสมองด้วยวิธีการจินตนาการการเคลื่อนไหว (Motor Imagery--MI) เป็นต้น ผู้วิจัยสามารถเก็บข้อมูลจากสมองระหว่างที่สมองกำลังจินตนาการซึ่งต้องมีการฝึกฝนในการสร้างคลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อให้เกิดปรากฏการณ์ ERD/ERS (Annett, 1995) ระบบ BCI ที่ใช้การทำงานจาก MI สื่อสารกับอุปกรณ์ด้วยการจินตนาการการเคลื่อนไหวทางร่างกายเพื่อนำสัญญาณจากสมองเพื่อมาแปลงเป็นคำสั่งในการควบคุมอุปกรณ์ อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวยังคงส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานที่ไม่สามารถใช้วิธีการจินตนาการได้ ระบบนี้จำเป็นต้องมีการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ BCI ที่ใช้งานด้วยวิธีการจินตนาการในงานวิจัยก่อนหน้านี้มีการออกแบบวิธีการการใช้การจินตนาการการเคลื่อนไหวในรูปแบบใหม่ (Verma et al., 2019) รวมถึงการรวมวิธีการจินตนาการการเคลื่อนไหวร่วมกับวิธีการอื่น ๆ ของ EEG (Ma et al., 2019)

งานวิจัยก่อนหน้านี้กล่าวถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้การจินตนาการการเคลื่อนไหวกับระบบ BCI ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 วัตถุประสงค์หลัก คือ (1) การพัฒนาการแยกคุณลักษณะและการจำแนกกลุ่ม (Rhodes & Robertson, 2002; Zhu et al., 2010; Leow, Ibrahim & Moghavvemi, 2007; Pfurtscheller, Solis-Escalante, Ortner, Linortner & Muller-Putz, 2010) (2) การตรวจสอบวิธีการจินตนาการการเคลื่อนไหวรูปแบบใหม่และการป้อนข้อมูลกลับ (Ahn, Cho, Ahn & Jun, 2018; Ahn, Cho & Chan Jun, 2014; Allison et al., 2010; Vialatte, Maurice, Dauwels & Cichocki, 2009) (3) แนวทางของระบบการฝึกอบรมผู้ใช้ (Wu, Lai, Xia, Wu & Yao, 2008; Punsawat & Wongsawat, 2017) และ (4) การใช้วิธีการจินตนาการการเคลื่อนไหวร่วมกับวิธีการอื่น (Horki, Solis-Escalante, Neuper & Muller-Putz, 2011; Lupu, Irimia, Ungureanu, Poboroniuc & Moldoveanu, 2018; Verma et al., 2019) สำหรับการทดลองนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาหัวข้อที่ 2 เพื่อออกแบบ

การทดลองโดยใช้การรับรู้ของมนุษย์ เช่น (Xiaokang, Lin, Xinjun, Dingguo & Xiangyang, 2017) เสนอการใช้ระบบเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์จากการจินตนาการการเคลื่อนไหวร่วมกับการกระตุ้นการสัมผัสด้านเดียว (Unilateral Tactile Stimulation–Uni-TS) ซึ่งในการทดลองประกอบด้วยผู้เข้าร่วมการทดลอง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้วิธีการจินตนาการการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่ใช้วิธีการปรับปรุงด้วยการใช้จินตนาการร่วมกับการสัมผัส ผลลัพธ์ที่ได้นั้นสรุปว่าการใช้ Uni-TS ส่งผลกระทบบ้างมีนัยสำคัญต่อการกระตุ้นเยื่อหุ้มสมองในขณะที่ทำการจินตนาการการเคลื่อนไหวมือ แต่วิธีนี้ไม่เหมาะสมกับผู้ที่มีอาการชาบริเวณมือ นอกจากนี้ Allison และคณะ (Allison et al., 2010) ได้เสนอ 2 วิธีการของการใช้ระบบเชื่อมต่อระหว่างสมองและคอมพิวเตอร์ คือ จากการจินตนาการการเคลื่อนไหวและในสภาวะคงตัวจากการมองเห็น (Steady-State Visual Evoked Potential–SSVEP) บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะที่ทำกิจกรรมดังต่อไปนี้ (1) จินตนาการการเคลื่อนไหวของมือซ้ายหรือมือขวา (2) กระตุ้นความสนใจผ่านทางสายตา (3) ใช้ทั้งสองวิธีร่วมกันในเวลาเดียวกัน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการสลับใช้ทั้ง 2 วิธีสามารถเพิ่มความแม่นยำให้กับผู้ใช้บางคนได้ นอกจากนี้ยังมีวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการจินตนาการการเคลื่อนไหวโดยใช้ระบบภาพลวงตาด้วยมือยาง (Song & Kim, 2017) พวกเขานำเสนอการปรับปรุง ERD โดยใช้มือยางลวงตาที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ในการทดลองแรกผู้ทดลองจะต้องพยายามขยับข้อมือขวาเมื่อมีแสงสีเขียวปรากฏขึ้นบนหน้าจอแบบสุ่ม การทดลองที่ 2 จะใช้มือยางในการทดลองแทน โดยจะใช้ผ้าคลุมมือขวาจริงเพื่อป้องกันการสะท้อนกลับของข้อมือขวาจริง แล้วทำการถูข้อมือขวาจริงและข้อมือยางด้านขวาในตำแหน่งเดียวกัน เมื่อผู้ทดสอบรู้สึกว่ามีมือกลายเป็นมือจริงให้จินตนาการว่าเหมือนถูกสัมผัสที่มือจริง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถปรับปรุงวิธีการของ MI-ERD ได้ แต่ไม่เพียงพอในการประมวลผลของ ERD จึงเป็นที่มาผลของงานวิจัยเพื่อศึกษาและสำรวจวิธีการกระตุ้นทางการมองเห็นด้วยภาพแบบใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวิธีการจินตนาการการเคลื่อนไหว

นอกจากนี้ จากการรับรู้ของมนุษย์ (Minkyu et al., 2018) ศึกษาประสิทธิภาพในการจินตนาการการ

เคลื่อนไหวด้วยการเชื่อมต่อระหว่างสมองกับคอมพิวเตอร์ โดยเน้นไปที่ความรู้สึกของผู้ทดลองมีอิทธิพลโดยตรงต่อการประเมิน MI-BCI ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นผู้ทดลองสามารถทำนายประสิทธิภาพของวิธีการ MI-BCI ได้อย่างแม่นยำ

จากการทดลอง ERD และ SSVEP สำหรับระบบ MI-BCI (Allison et al., 2010) และการรวบรวมประสาทสัมผัสจากการกระตุ้นด้วยสายตาและการกระตุ้นด้วยความรู้สึก ใช้การทดลองในการตรวจสอบค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น (ERPs) โดยใช้การกระตุ้นทางความรู้สึกร่วมกับสายตา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการกระตุ้นด้วยสายตาเป็นเงื่อนไขอัตโนมัติของการกระตุ้นด้วยความรู้สึก (Tsukasa & Jun'ichi, 2017)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงรวบรวมการตอบสนองของสมองจากการจินตนาการการเคลื่อนไหวและการรับรู้ทางสายตา ผู้วิจัยนำเสนอระบบการเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์แบบผสมผสานที่พิจารณาจากกิจกรรมสมองของผู้ทดลอง ระบบนี้แสดงถึงการผสมผสานของระบบการเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์ การผสมผสานของสัญญาณอัลฟาจาก SSVEP และสัญญาณอัลฟาจากการกระตุ้นการเคลื่อนไหว ซึ่งความแปลกใหม่ของระบบที่นำเสนอ คือสามารถใช้งานได้จริงในการช่วยเหลือผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองสำหรับการฟื้นฟูการเคลื่อนไหว

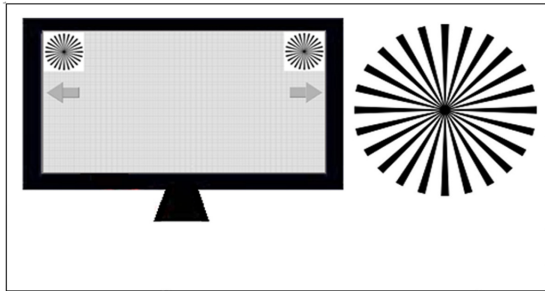
บทความนี้ได้ใช้ปรากฏการณ์ภาพลวงตาผ่านรูปแบบกึ่งหันลมเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับระบบเชื่อมต่อระหว่างสมองกับคอมพิวเตอร์บนพื้นฐานการจินตนาการการเคลื่อนไหว ซึ่งคาดหวังว่าการใช้ปรากฏการณ์ภาพลวงตาจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างคำสั่งเพื่อควบคุมอุปกรณ์ได้

การกระตุ้นทางสายตาด้วยภาพเคลื่อนไหวลวงตา

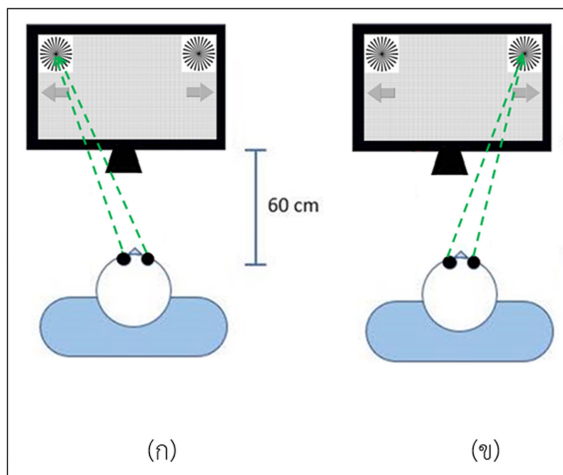
1. รูปแบบของภาพเคลื่อนไหวลวงตา

จากงานวิจัยด้านประสาทวิทยาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการศึกษารูปแบบกึ่งหันลม (Sokolik & VanRullen, 2013; Rovati, Salvatori, Bulf & Fonda, 2007) รายงานว่าความถี่ของการกะพริบของภาพลวงตา รูปแบบใบพัด กึ่งหันลมมีผลต่อช่วงความถี่ของคลื่นอัลฟาของคลื่นไฟฟ้า

สมองในขณะที่ทำการมองไปที่จุดกึ่งกลางของภาพลวงตาซึ่งสามารถใช้กับระบบเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์ด้วย VEP บทความฉบับนี้จะใช้ความถี่เรเดียล 3 ความถี่ของรูปแบบกึ่งหันลม 24 ใบพัด 48 ใบพัด และ 96 ใบพัด ตามลำดับ เพื่อค้นหาและตรวจสอบปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นของสมอง



ภาพ 1 สิ่งกระตุ้นการมองเห็นด้วยภาพลวงตาด้วยภาพกึ่งหันลม 96 ใบพัด



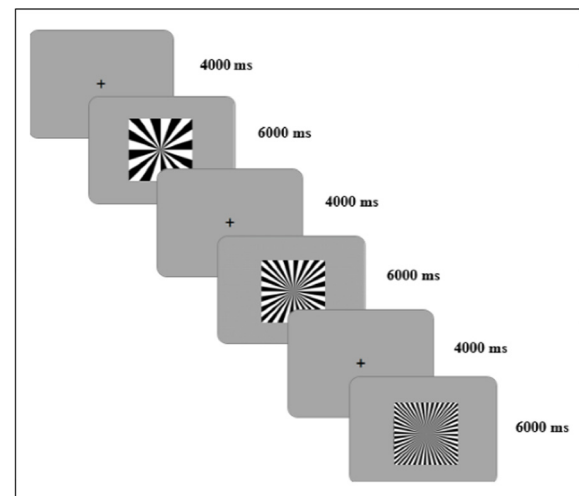
ภาพ 2 (ก) วิธีการมองภาพสำหรับกระตุ้นสายตาทางด้านซ้าย (ข) วิธีการมองภาพสำหรับกระตุ้นสายตาทางด้านขวา

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องกระตุ้นทางสายตาโดยนำภาพเคลื่อนไหวลวงตาด้วยรูปแบบกึ่งหันลม 96 ใบพัด ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร จำนวน 2 รูป วางไว้บริเวณมุมซ้ายบนและมุมขวบนของหน้าจอ LCD เพื่อใช้ในการกระตุ้นสัญญาณสมองบริเวณท้ายทอย (occipital lobe) ดังแสดงในภาพ 1 โดยจะวางรูปแบบกึ่งหันลมรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร วางไว้ที่มุมบนซ้ายและมุมบนขวาเพื่อใช้ในการ กระตุ้นการมองเห็น โดยจะปรากฏบนหน้าจอ LCD ขนาด 15.6 นิ้ว เพื่อ

ให้มองไปทางซ้ายและขวาดังภาพ 2 (ก) และ 2 (ข) ระยะห่างระหว่างผู้ทดลองกับจอภาพเท่ากับ 60 เซนติเมตร สามารถสร้างค่าสั่งได้ 2 คำสั่ง (ซ้าย/ขวา) สำหรับรูปแบบของภาพเคลื่อนไหวลวงตาที่นำมาใช้งาน ได้มีการทดลองเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมดังหัวข้อที่ 2

2. การสำรวจผลการตอบสนองของสมองต่อการกระตุ้นด้วยภาพเคลื่อนไหวลวงตา

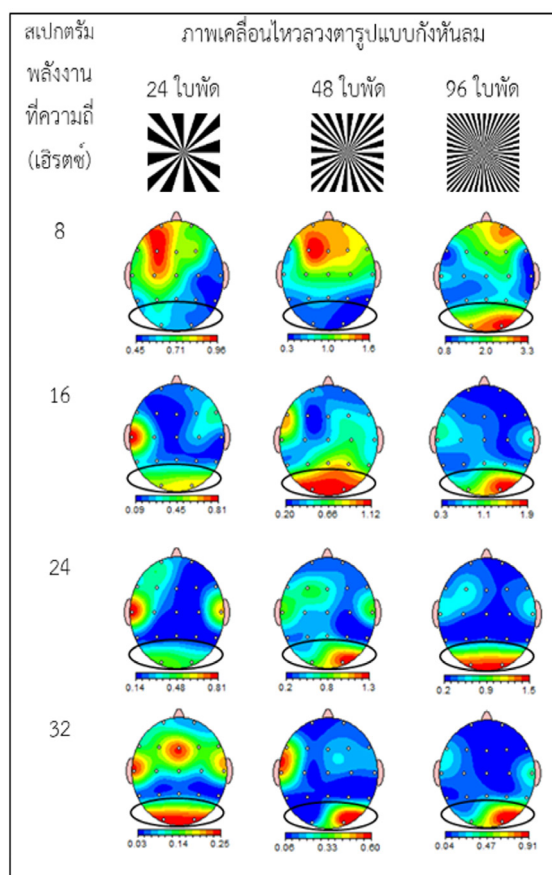
ในการทดลองก่อนหน้า (Punsawad, Siribunyaphat & Wongsawat, 2018) ได้ทำการทดลองโดยให้ผู้ทดลองสุขภาพดี 5 คนทำการกระตุ้นสมองด้วยการมองรูปแบบกึ่งหันลมดังแสดงในภาพ 3 คลื่นไฟฟ้าสมองถูกบันทึกโดยใช้ระบบ Brainmaster Discovery 24E ซึ่งขั้วไฟฟ้าจะวางตามระบบการจัดวางขั้วไฟฟ้า 10-20 โดยใช้หมวกใช้ซอฟต์แวร์ NeuroGuide สร้างแผนภาพสมองเพื่อสังเกตการตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยภาพลวงตา ผลลัพธ์ตัวอย่างแสดงในภาพ 4



ภาพ 3 ภาพกระตุ้นสายตาเพื่อสังเกตการตอบสนองของสมอง

Note. From “Self-Flickering Visual Stimulus based on Visual illusion for SSVEP-based BCI System Y. Punsawad, N. Siribunyaphat and Y. Wongsawat, 2018. 11th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON). 21-25 Nov. 2018, pp.1-4. Chiang Mai: BMEiCON

ในการทดลองแรกที่ทำกรกระตุ้นสายตาด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตาด้วยภาพใบพัดกังหันลม 24 ขึ้น 48 ขึ้น และ 96 ขึ้น เพื่อกระตุ้นสมองผ่านประสาทสัมผัสการรับรู้ทางการมองเห็น ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะได้รับการกระตุ้นเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปสร้างคำสั่งในการควบคุมมีการทดลองจำแนกคำสั่งเพื่อหาประสิทธิภาพเบื้องต้นในการกระตุ้นด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตาได้ความแม่นยำเฉลี่ยรวมทั้ง 3 รูปแบบเท่ากับ 80.5% สำหรับกระตุ้นด้วยภาพใบพัดกังหันลม 96 ขึ้น มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 84.5% ในขณะที่กระตุ้นด้วยภาพใบพัดกังหันลม 24 ขึ้นให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ 75.5% แต่การกระตุ้นด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตาอาจก่อให้เกิดความล้าทางสายตาเมื่อใช้ในระยะเวลานานแต่จะช้ากว่าวิธีการกระตุ้นคงตัวทางสายตา



ภาพ 4 ตัวอย่างผลลัพธ์จากแผนภาพสมองจากการกระตุ้นด้วยการมองเห็น

จากแผนภาพสมองในภาพ 4 ผู้วิจัยได้พิจารณาขอบเขตบริเวณท้ายทอยเพื่อจำแนกการตอบสนองของสมองต่อภาพใบพัดกังหันลม 24 ขึ้น 48 ขึ้น และ 96 ขึ้น ตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์จากภาพเคลื่อนไหวลงตาที่ได้มีความเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ที่ 8 เดซิเบล 16 เดซิเบล 24 เดซิเบล และ 32 เดซิเบล จากการใช้พลังงานสัมบูรณ์ (relative power) โดยสังเกตการตอบสนองที่ตำแหน่ง O1 และ O2 ซึ่งแสดงรายการ ดังนี้

2.1 การตอบสนองที่ตำแหน่ง O1 หรือ O2 ซึ่งการตอบสนองต่อความถี่ที่กะพริบและฮาร์โมนิกทั้งหมดจะเกิดกับรูปแบบกังหันลม 96 ใบพัด ส่วนความถี่ 24 ใบพัดจะเกิดการตอบสนองน้อยกว่า 2 ความถี่

2.2 การตอบสนองที่คล้ายกันระหว่าง O1 กับ O2 เกิดการตอบสนองที่ความถี่ 8 เดซิเบล ใกล้เคียงกันเมื่อถ้ากระตุ้นด้วยรูปแบบกังหันลม 96 ใบพัด ส่วนความถี่ 16 เดซิเบลจะเกิดตรงกันเมื่อถูกกระตุ้นด้วยรูปแบบกังหันลม 48 ใบพัด และที่ความถี่ 24 หรือ 32 เดซิเบล จะเกิดตรงกันเมื่อถูกกระตุ้นด้วย 24 ใบพัด

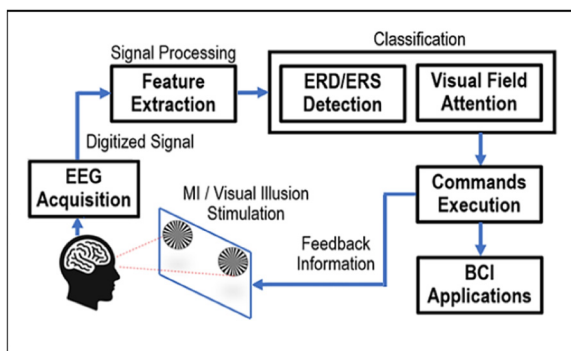
จากการสังเกตการตอบสนองที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยจะพิจารณาที่การตอบสนองที่ตำแหน่ง O1 หรือ O2 (หัวข้อที่ 1) ถึงการใช้คุณสมบัติของ SSVEP สำหรับระบบการเชื่อมต่อระหว่างสมองกับคอมพิวเตอร์ในการทดลองต่อจากนี้ สำหรับการตอบสนองที่คล้ายกันที่ตำแหน่ง O1 และ O2 (หัวข้อที่ 2) จะถูกนำเสนอในการทดลองในอนาคต

ระบบที่นำเสนอ

1. ระบบที่นำเสนอ

จากการผลการทดลองข้างต้น ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์โดยใช้การกระตุ้นด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตาร่วมกับการจินตนาการการเคลื่อนไหว การกระตุ้นด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตาจะใช้รูปแบบกังหันลมที่อยู่บริเวณมุมซ้ายและมุมขวาของจอภาพในการกระตุ้นผ่านทางสายตา สำหรับการจินตนาการการเคลื่อนไหว จะใช้การจินตนาการว่ากำลังยกแขนซ้ายหรือขวา โดยทั้ง 2 วิธีจะทำพร้อมกันในทิศทางเดียวกันเพื่อกระตุ้นสัญญาณสมอง ตัวอย่างเช่น มองรูปกังหันลมทางด้านซ้ายพร้อม

จินตนาการว่ากำลังยกแขนซ้าย หลังจากที่ได้มองได้รับการกระตุ้น นำสัญญาณที่ได้เข้ามาผ่านการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล แล้วนำสัญญาณที่แปลงแล้วเข้าไปประมวลผลด้วย Feature Extraction และทำการจำแนกกลุ่มของสัญญาณหลังจากประมวลผลด้วย ERD/ERS Detection ร่วมกับ Visual Field Attention เพื่อสร้างคำสั่งไปควบคุมแอปพลิเคชันและป้อนกลับคำสั่งที่ได้ไปยังผู้ทดลอง ดังแสดงในภาพ 5



ภาพ 5 แผนภาพระบบที่นำเสนอ

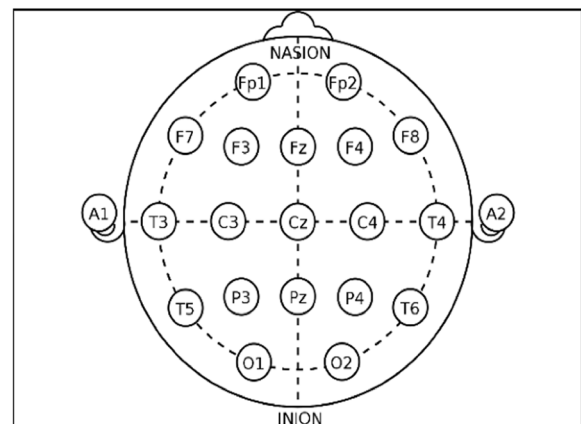
2. การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองและการประมวลผล

จากการสังเกตการตอบสนองของสมองต่อสิ่งเร้าทางสายตาที่ได้นำเสนอไป ผู้วิจัยได้เลือกคลื่นไฟฟ้าสมองบริเวณท้ายทอยสำหรับการใช้วิธีการทาง VEP ตามระบบการจัดวางขั้วไฟฟ้า 10-20 โดยเลือกใช้คลื่นไฟฟ้าสมอง 2 ขั้ว ที่ตำแหน่ง O1-C3 และ O2-C4 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการตอบสนองจากการมองภาพเคลื่อนไหวลงตาและการจินตนาการการเคลื่อนไหว ส่วนตำแหน่ง A1 และ A2 จะใช้เป็นขั้วไฟฟ้าสำหรับเปรียบเทียบ (ground electrode) สำหรับอุปกรณ์ขยายคลื่นไฟฟ้าสมองจะถูกรวมกับระบบ BIOPAC™ ซึ่งมีกำลังขยายอยู่ที่ 50,000 เท่า คลื่นไฟฟ้าสมองที่ได้มานั้นจะผ่านตัวกรองสัญญาณแอนะล็อกแบบความถี่แถบผ่าน (Analog band pass filter) โดยมีความถี่ตัดผ่านที่ 1 ถึง 35 เฮิรตซ์ และผ่านตัวกรองสัญญาณแอนะล็อกแบบความถี่แถบตัดช่วงสั้น ๆ (notch filter) ที่ 50 เฮิรตซ์ เพื่อลบสัญญาณที่มาจากสายไฟ ใช้ NI USB 6009 multi-function data acquisition card ในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลด้วยอัตราสุ่มตัวอย่าง 256 เฮิรตซ์ ซึ่งอัลกอริทึมตรวจจับการจินตนาการการเคลื่อนไหวและ

การกระตุ้นด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตาที่เสนอจะถูกนำไปใช้ใน LabVIEW™

3 อัลกอริทึม

3.1 การตั้งค่าพารามิเตอร์: P_{O1} และ P_{O2} ถูกกำหนดเป็นความหนาแน่นของสเปกตรัมกำลังโดยเฉลี่ยของคลื่นความถี่ในช่วงอัลฟา ($\alpha=10-12$ Hz) บริเวณตำแหน่ง O1 และตำแหน่ง O2 สำหรับการตรวจสอบคลื่นไฟฟ้าสมองในส่วนการมองเห็น สำหรับการตรวจสอบการจินตนาการการเคลื่อนไหว P_{C3} P_{C4} P_{P3} และ P_{P4} ถูกกำหนดเป็นความหนาแน่นของสเปกตรัมกำลังโดยเฉลี่ยของคลื่นความถี่ในช่วงอัลฟา บริเวณตำแหน่ง C3 ตำแหน่ง C4 ตำแหน่ง P3 และตำแหน่ง P4 ตามลำดับ โดยตำแหน่งจะแสดงดังภาพ 6



ภาพ 6 ตำแหน่งของสมองตามระบบ 10-20

Note. From “Electrode locations of International 10-20 system for EEG (electroencephalography) recording,” by wikipedia, retrieved from [https://en.m.wikipedia.org/wiki/10-20_system_\(EEG\)](https://en.m.wikipedia.org/wiki/10-20_system_(EEG))

3.2 การสอบเทียบ: การสอบเทียบจะใช้วิธีการที่คล้ายคลึงกับการสำรวจผลการทำงานของสัญญาณสมองจากการกระตุ้นทางสายตาด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตา โดยในการสอบเทียบทางสายตาโดยมองหน้าจอที่ว่างเปล่า 4 วินาทีทั้งหมด 3 ครั้ง สำหรับการจินตนาการการเคลื่อนไหวจะให้นั่งปล่อยตัวตามสบาย ซึ่งค่าพื้นฐานที่ทำการบันทึกจะเป็นไปดังสมการต่อไปนี้

$$BL_{O1} = \max (P_{O1(1)}, P_{O2(2)}, P_{O2(3)}) \quad (1)$$

$$BL_{O2} = \max (P_{O2(1)}, P_{O2(2)}, P_{O2(3)}) \quad (2)$$

$$BL_{C3} = \max (P_{C3(1)}, P_{C3(2)}, P_{C3(3)}) \quad (3)$$

$$BL_{C4} = \max (P_{C4(1)}, P_{C4(2)}, P_{C4(3)}) \quad (4)$$

$$BL_{P3} = \max (P_{P3(1)}, P_{P3(2)}, P_{P3(3)}) \quad (5)$$

$$BL_{P4} = \max (P_{P4(1)}, P_{P4(2)}, P_{P4(3)}) \quad (6)$$

เมื่อ BL_{O1} เป็นค่าสอบเทียบทางสายตาที่ตำแหน่ง O1, BL_{O2} เป็นค่าสอบเทียบทางสายตาที่ตำแหน่ง O2, BL_{C3} เป็นค่าสอบเทียบการจินตนาการการเคลื่อนไหวที่ตำแหน่ง C3, BL_{C4} เป็นค่าสอบเทียบการจินตนาการการเคลื่อนไหวที่ตำแหน่ง C4, BL_{P3} เป็นค่าสอบเทียบการจินตนาการการเคลื่อนไหวที่ตำแหน่ง P3 และ BL_{P4} เป็นค่าสอบเทียบการจินตนาการการเคลื่อนไหวที่ตำแหน่ง P4

3.3 การสกัดคุณลักษณะ: ความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของสเปกตรัมกำลังของช่วงความถี่อัลฟาของตำแหน่งของสมองระหว่างซีกซ้ายกับซีกขวา ถูกนำมาคำนวณเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจดังสมการที่ 7-9 โดยสมการที่ 7 เป็นการสกัดคุณลักษณะจากการกระตุ้นทางสายตา ส่วนสมการที่ 8-9 เป็นการสกัดคุณลักษณะจากการจินตนาการการเคลื่อนไหว

$$P_{Os} = P_{O1} - P_{O2} \quad (7)$$

$$P_{Cs} = P_{C3} - P_{C4} \quad (8)$$

$$P_{Ps} = P_{P3} - P_{P4} \quad (9)$$

เมื่อ P_{O1} เป็นค่าที่ได้จากการกระตุ้นด้วยสายตาด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตาที่ตำแหน่ง O1, P_{O2} เป็นค่าที่ได้จากการกระตุ้นด้วยสายตาด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตาที่ตำแหน่ง O2, P_{Os} เป็นค่าที่ได้จากผลต่างของการกระตุ้นด้วยสายตาด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตาที่ตำแหน่ง O1 และ O2, P_{Cs} เป็นค่าที่ได้จากการจินตนาการการเคลื่อนไหวที่ตำแหน่ง C3, P_{C4} เป็นค่าที่ได้จากการจินตนาการการเคลื่อนไหวที่ตำแหน่ง C4, P_{Cs} เป็นค่าที่ได้จากผลต่างของการจินตนาการการเคลื่อนไหวที่ตำแหน่ง C3 และ C4, P_{Ps} เป็นค่าที่ได้จากการจินตนาการการเคลื่อนไหวที่ตำแหน่ง P3, P_{P4} เป็นค่าที่ได้จากการจินตนาการการเคลื่อนไหว

ที่ตำแหน่ง P4 และ P_{Ps} เป็นค่าที่ได้จากผลต่างของการจินตนาการการเคลื่อนไหวที่ตำแหน่ง P3 และ P4

จากนั้นจึงนำเกณฑ์ที่ได้มากำหนดเป็นคะแนนเพื่อใช้ในการตัดสินใจในการเลือกคำสั่งในลำดับถัดไป ซึ่งสามารถกำหนดคะแนนได้ดังสมการที่ 10-12 โดยสมการที่ 10 เป็นการจำแนกกลุ่มจากการกระตุ้นทางสายตา ส่วนสมการที่ 11-12 เป็นการจำแนกกลุ่มจากการจินตนาการการเคลื่อนไหว

$$D_o = \begin{cases} 1, & P_{Os} > 0 \text{ and } P_{O1} > BL_{O1} \\ 0, & P_{Os} < 0 \text{ and } P_{O2} > BL_{O2} \end{cases} \quad (10)$$

$$D_c = \begin{cases} 1, & P_{Cs} > 0 \text{ and } P_{C3} > BL_{C3} \\ 0, & P_{Cs} < 0 \text{ and } P_{C4} > BL_{C4} \end{cases} \quad (11)$$

$$D_p = \begin{cases} 1, & P_{Ps} > 0 \text{ and } P_{P3} > BL_{P3} \\ 0, & P_{Ps} < 0 \text{ and } P_{P4} > BL_{P4} \end{cases} \quad (12)$$

เมื่อ D_o เป็นค่าคะแนนจากการกระตุ้นการเคลื่อนไหวจากตำแหน่ง O1 และ O2, D_c เป็นค่าคะแนนจากการจินตนาการการเคลื่อนไหวจากตำแหน่ง C3 และ C4 และ D_p เป็นค่าคะแนนจากการจินตนาการการเคลื่อนไหวจากตำแหน่ง P3 และ P4

3.4 การตัดสินใจ: การพิจารณาพารามิเตอร์อย่างรอบคอบนั้นจะใช้กฎการตัดสินใจอย่างง่ายในการตัดสินใจเลือกซ้ายหรือขวา สำหรับการทดสอบโดยใช้การจินตนาการการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียวจะสามารถสร้างการตัดสินใจได้ ดังนี้

ถ้า $D_c = D_p = 0$ กำหนดเป็น “ซ้าย”

ถ้า $D_c = D_p = 1$ กำหนดเป็น “ขวา”

ถ้า $D_c \neq D_p$ ไม่มีการจำแนก

สำหรับการทดสอบโดยใช้การจินตนาการการเคลื่อนไหวผสมผสานกับการกระตุ้นทางสายตาด้วยภาพลงตา จะสามารถสร้างการตัดสินใจได้ ดังนี้

ถ้า $D_c = D_p = D_o = 0$ กำหนดเป็น “ซ้าย”

ถ้า $D_c = D_p = D_o = 1$ กำหนดเป็น “ขวา”

ถ้า $D_c \neq D_p \neq D_o$ ไม่มีการจำแนก

ผลลัพธ์ที่ได้จากการตัดสินใจจะแสดงผลในรูปของแสงจากหลอด LED ที่จำลองในโปรแกรม LabVIEW เพื่อให้ผู้ทดลองรับทราบว่าผลการตัดสินใจนั้นมีความถูกต้องหรือไม่

อาสาสมัครสุขภาพดี 8 คน อายุเฉลี่ย 23 ± 1.8 ปี เป็นเพศชาย 3 คน เพศหญิง 5 คน ก่อนทำการทดลองอาสาสมัครแต่ละคนจะได้รับการฝึกฝนการใช้งานเป็นเวลา 20 นาที แบ่งออกเป็นงานจินตนาการการเคลื่อนไหว 10 นาที และการมองภาพเคลื่อนไหวลงตา 10 นาที จากนั้นจะเข้าสู่การทำการทดลองจริงเพื่อเก็บค่าความถูกต้องดังภาพ 7 และเวลาในการสร้างคำสั่งเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอ อาสาสมัครแต่ละคนต้องสร้างคำสั่งซ้ายและขวารวมกันจำนวน 10 คำสั่ง ดังตาราง 1 โดยทดลองทั้งสิ้น 4 รอบ จำนวนทั้งสิ้น 40 คำสั่ง ประกอบด้วยวิธีการจินตนาการการเคลื่อนไหวเพียงวิธีเดียวจำนวน 20 คำสั่ง และการจินตนาการการเคลื่อนไหวรวมกับการกระตุ้นด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตาจำนวน 20 คำสั่ง บันทึกค่าความถูกต้องและเวลาในการสร้างคำสั่งดังแสดงในตาราง 2

การทดลองและผลการทดลอง

ผลลัพธ์ในตาราง 2 แสดงค่าความแม่นยำเฉลี่ย

จากการตัดสินใจเลือกคำสั่งของระบบที่นำเสนอ สำหรับงานจินตนาการการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของคำสั่งซ้ายอยู่ที่ 74.3% มีความเร็วเฉลี่ยในการทำคำสั่งอยู่ที่ 4.08 วินาที และมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยของคำสั่งขวาอยู่ที่ 75.7% มีความเร็วในการทำคำสั่งเฉลี่ยอยู่ที่ 4.47 วินาที สำหรับงานจินตนาการการเคลื่อนไหวร่วมกับกระตุ้นสายตาด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตา คำสั่งซ้ายมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 79.0% มีความเร็วในการทำคำสั่งเฉลี่ยที่ 3.43 วินาที ส่วนคำสั่งขวามีค่าความถูกต้องเฉลี่ยที่ 83.3% มีความเร็วในการทำคำสั่งเฉลี่ยที่ 4.15 วินาที

เมื่อเปรียบเทียบสองวิธีการที่ได้การทดลอง พบว่า ค่าความถูกต้องเฉลี่ยของระบบที่ใช้การกระตุ้นสายตาร่วมกับการจินตนาการการเคลื่อนไหวนั้นมีความแม่นยำสูงกว่าการจินตนาการการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ในการใช้สัญญาณสมองเพื่อควบคุมอุปกรณ์ ต้องมีการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผู้ใช้งานและระบบ



ภาพ 7 การทดลองการการมองภาพเคลื่อนไหวลงตาและการจินตนาการการเคลื่อนไหว

ตาราง 1

ลำดับการสร้างคำสั่งของการทดลอง 1 รอบ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
คำสั่ง	R	L	L	R	R	L	R	L	R	L

L แทนคำสั่ง “ซ้าย” และ R แทนคำสั่ง “ขวา”

ตาราง 2

ประสิทธิภาพของวิธีการเชื่อมต่อสมองกับคอมพิวเตอร์ที่นำเสนอ

วิธีการเชื่อมต่อสมองกับ คอมพิวเตอร์	ค่าความถูกต้องเฉลี่ย (%)			
	การจินตนาการการเคลื่อนไหว		การจินตนาการการเคลื่อนไหวร่วมกับ การกระตุ้นด้วยภาพเคลื่อนไหวลงตา	
อาสาสมัครคนที่	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา
1	80.0	73.3	83.3	76.7
2	76.7	83.3	86.7	90.0
3	83.3	80.0	83.3	93.3
4	63.3	73.3	73.3	83.3
5	66.7	73.3	80.0	86.7
6	80.0	76.7	76.7	83.3
7	73.3	80.0	76.7	80.0
8	73.3	66.7	76.7	73.3
ค่าความถูกต้องเฉลี่ย	74.6 ± 6.88	75.8 ± 5.26	78.7 ± 4.52	83.3 ± 6.66
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ต่อหนึ่งคำสั่ง (วินาที)	4.08	4.47	3.43	4.11

อภิปรายผล

บทความฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาระบบเชื่อมต่อเครื่องจักรกับมนุษย์ด้วยสัญญาณชีวการแพทย์เพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพมือ โดยการประยุกต์ใช้คลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดจากการกระตุ้นทางสายตาร่วมกับการจินตนาการการเคลื่อนไหวเพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ในการฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับกลุ่มผู้พิการขั้นรุนแรง โดยการทดลองได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมองขณะมองภาพเคลื่อนไหวลงตาในรูปแบบกึ่งหันลมเพื่อหาความสัมพันธ์ในการเปลี่ยนแปลงระหว่างจำนวนไบพีดของภาพกึ่งหันลมและความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมอง จากนั้นจึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยวิธีการจินตนาการการยกแขนซ้ายและแขนขวา และนำการศึกษาทั้งสองมาใช้ร่วมกัน

จากนั้นจึงทำการทดลองด้วยการใช้การจินตนาการการเคลื่อนไหวโดยการจินตนาการการยกแขนเพื่อสร้างคำสั่ง แบ่งออกเป็น 2 คำสั่ง คือ ซ้ายและขวา ซึ่งให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 74.6% ความเร็วต่อการตอบสนองคำสั่ง

เฉลี่ยอยู่ที่ 4.08 วินาที สำหรับคำสั่งซ้าย และค่าความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 75.8% ความเร็วต่อการตอบสนองคำสั่งเฉลี่ยอยู่ที่ 4.47 วินาที สำหรับคำสั่งขวา และเมื่อนำการกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งสองวิธีมารวมกัน จะเห็นได้ว่าค่าความถูกต้องเฉลี่ยของคำสั่งซ้ายอยู่ที่ 78.7% ความเร็วต่อการตอบสนองคำสั่งเฉลี่ยอยู่ที่ 3.43 วินาที และคำสั่งขวามีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 83.3% ความเร็วต่อการตอบสนองคำสั่งเฉลี่ยเป็น 4.11 วินาที พบว่า การใช้การกระตุ้นด้วยสายตาร่วมกับการจินตนาการการเคลื่อนไหวนั้นมีค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้นและใช้เวลาในการตอบสนองเพื่อสร้างคำสั่งได้เร็วกว่าวิธีจินตนาการการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว

จากผลการทดลองพบว่า ให้ประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่น่าพอใจ สามารถควบคุมอุปกรณ์แบบเวลาจริงได้ อย่างไรก็ตามควรมีการปรับปรุงการทดลองและเพิ่มเพิ่มจำนวนคำสั่งในการควบคุมอุปกรณ์ รวมถึงมีการพัฒนาอุปกรณ์ที่ช่วยในการบำบัดมือให้สามารถใช้งานง่ายเพื่อช่วยเหลือและเพิ่มคุณภาพชีวิตให้แก่ผู้พิการ

ข้อเสนอแนะ

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปปรับปรุงการทดลองและมีการทดลองเพิ่มเติมเพื่อสร้าง

จำนวนคำสั่งในเพื่อให้ในการควบคุมที่ดีขึ้นในอนาคต รวมถึงการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อใช้งานกับผู้ป่วยจริงในอนาคต เพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้พิการให้ดียิ่งขึ้น



References

- Ahn, M., Cho, H., Ahn, S., & Jun, S. C. (2018). User's Self-Prediction of Performance in Motor Imagery Brain-Computer Interface. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 59. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00059>
- Ahn, S., Ahn, M., Cho, H., & Chan Jun, S. (2014). Achieving a hybrid brain-computer interface with tactile selective attention and motor imagery. *Journal of neural engineering*, 11(6), 1-14. <https://doi.org/10.1088/1741-2560/11/6/066004>
- Allison, B. Z., Brunner, C., Kaiser, V., Müller-Putz, G. R., Neuper, C., & Pfurtscheller, G. (2010). Toward a hybrid brain-computer interface based on imagined movement and visual attention. *Journal of Neural Engineering*, 7, 1-9. doi: 10.1088/1741-2560/7/2/026007.
- Annett, J. (1995). Motor imagery: Perception or action? *Neuropsychologia*, 33(11), 1395-1417. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(95\)00072-B](https://doi.org/10.1016/0028-3932(95)00072-B).
- Bashir, M., & Abdulhalim, K. (2014). A brief review of brain signal monitoring Technologies of BCI applications: Challenges and prospects. *Journal of Bioengineering & Biomedical Science*, 4(1), 1-10. doi: 10.4172/2155-9538.10000141.
- Bureau of Non-Communicable Diseases, The Ministry of Public Health. (2018). *Number and rate of non-communicable diseases*. Retrieved from <http://www.thaincd.com/2016/mission3>. (in Thai)
- Cecotti, H., Volosyak, I., & Graser, A. (2009). Evaluation of a SSVEP based Brain-Computer Interface on the command and application levels. *4th International Conference of Neural Engineering NER*, (pp. 474-477). Antalya: NER. doi: 10.1109/NER.2009.5109336.
- Cervera, M. A., Soekadar, S. R., Ushiba, J., Millán, J., del, R., Lui, M., Birbaumer, N., & Garipelli, G. (2018). Brain-computer interface for post-stroke motor rehabilitation: A meta-analysis. *Annals of Clinical and Translational Neurology*, 5(5), 651-663. doi: 10.1002/acn3.544.
- Daly, J. J., & Huggins, J. E. (2015). Brain-Computer Interface: Current and Emerging Rehabilitation Applications. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 96(3), S1-S7. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.01.007>.
- Department of Empowerment of Persons with Disabilities. (2019). *Situation for the disabled*. Retrieved from <http://dep.go.th/Content/View/5805/1>. (in Thai)

- Horki, P., Solis-Escalante, T., Neuper, C., & Muller-Putz, G. (2011). Combined motor imagery and SSVEP based BCI control of 2 DoF artificial upper limb. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 49, 567-577. doi: 10.1007/s11517-011-07750-2.
- Iturrate, I., Antelis, J. M., Kübler, A., & Minguez, J. (2009). A noninvasive brain-actuated wheelchair based on a P300 neurophysiological protocol and automated navigation. *IEEE Transactions on Robotics*, 25(3), 614-627. doi: 10.1109/TRO.2009.2020347
- Leow, R. S., Ibrahim, F., & Moghavvemi, M. (2007). Development of a Steady State Visual Evoked Potential (SSVEP)-based Brain Computer Interface (BCI) system. *2007 International Conference in Intelligent and Advanced Systems* (pp. 321-324). Kuala Lumpur: IEEE. doi: 10.1109/ICIAS.2007.4658399
- Lupu, R. G., Irimia, D. C., Ungureanu, F., Poboroniuc, M. S., & Moldoveanu, A. (2018). BCI and FES based therapy for stroke rehabilitation using VR facilities. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018, 1-8. doi: 10.1155/2018/4798359.
- Mebarkia, K., & Reffad, A. (2019). Multi optimized SVM classifiers for motor imagery left and right hand movement identification. *Journal of Bioengineering & Biomedical Sciences*, 42(4), 949-958. doi: 10.1007/s13246-019-00793-y.
- Nicolas-Alonso, L. F., & Gomez-Gil, J. (2012). Brain Computer Interface. *A Review Sensor*, 12(2), 1211-1279. doi: 10.3390/s120201211.
- Pfurtscheller, G., Solis-Escalante, T., Ortner, R., Linortner, P. & Muller-Putz, G. R. (2010). Self-paced operation of an SSVEP-based orthosis with and without an imagery-based & brain switch: A feasibility study towards a hybrid BCI. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 18(4), 409-414. doi: 10.1109/TNSRE.2010.2040837.
- Pires, G., Castelo-Branco, M., & Nunes, U. (2008). Visual P300-based BCI to steer a wheelchair: A Bayesian approach. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference*, 2008, 658-661. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2008.4649238>
- Punsawad, Y., & Wongsawat, Y. (2017). Multi-command SSVEP-based BCI system with training sessions for SSVEP during an eye fatigue state. *IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems*, 12(S1), S89-S94. <https://doi.org/10.1002/tee.22441>.
- Punsawad, Y., Siribunyaphat, N., & Wongsawat, Y. (2018). Self-flickering visual stimulus based on visual illusion for SSVEP-based BCI System. *2018 11th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON)*, 21-25 Nov. 2018 (pp. 1-4). Chiang Mai. IEEE. doi: 10.1109/BMEiCON.2018.8610000.
- Rhodes, D. L., & Robertson, L. C. (2002). Visual field asymmetries and allocation of attention in visual scenes. *Brain and Cognition*, 50(1), 95-115. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(02\)00014-3](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(02)00014-3).

- Rovati, L., Salvatori, G., Bulf, L., & Fonda, S. (2007). Optical and electrical recording of neural activity evoked by graded contrast visual stimulus. *Biomedical Engineering Online*, 28(6), 2-28. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-6-28>.
- Sokoliuk, R., & VanRullen, R. (2013). The flickering wheel illusion: When α rhythms make a static wheel flicker. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 33(33), 13498–13504. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5647-12.2013>
- Song, M., & Kim, J. (2017). Motor imagery enhancement paradigm using moving rubber hand illusion system. *2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (pp. 1146-1149). Seogwipo: IEEE. doi: 10.1109/EMBC.2017.8037032.
- Ma, T., Li, H., Deng, L., Yang, H., Lv, X., Li, P., Li, F., Zhang, R., Liu, T., Yao, D., & Xu, P. (2017). The hybrid BCI system for movement control by combining motor imagery and moving onset visual evoked potential. *Journal of neural engineering*, 14(2), 1-20. doi: 10.1088/1741-2552/aa5d5f.
- Tsukasa, K., & Jun'ichi, K. (2017). Regularity of approaching visual stimuli influences spatial expectations for subsequent somatosensory stimuli. *Experimental Brain Research*, 235(6), 1657-1663. doi: 10.1007/s00221-016-4863-6.
- Van Dokkum, L. E. H., Ward, T., & Laffont, I. (2015). Brain computer interfaces for neurorehabilitation – its current status as a rehabilitation strategy post-stroke. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 58(1), 3-8. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2014.09.016>.
- Verma, P. A., Heilinger, A., Reitner, P., Grünwald, J., Guger, C., & Franklin, D. (2019). Performance investigation of Brain-Computer Interface that Combine EEG and fNIRS for Motor Imagery Tasks. *2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)* (pp. 259-263). Bari, Italy: IEEE. doi: 10.1109/SMC.20198914083.
- Vialatte, F. B., Maurice, M., Dauwels, J., & Cichocki, A. (2009). Steady-state visually evoked potentials: Focus on essential paradigms and future perspectives. *Journal Progress in Neurobiology*, 90(4), 418-438. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2009.11.005>.
- Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., McFarland, D. J., Pfurtscheller, G., & Vaughan, T. M. (2002). Brain-Computer Interfaces for communication and control. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 113(6), 767–791. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(02\)00057-3](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(02)00057-3)
- Wu, Z., Lai, Y., Xia, Y., Wu, D., & Yao, D. (2008). Stimulator selection in SSVEP-based BCI. *Medical Engineering & Physic*, 30(8), 1079-1088. <http://doi.org/10.1016/j.medengphy.2008.01.004>.
- Xiaokang, S., Lin, Y., Xinjun, S., Dingguo, Z., & Xiangyang, Z. (2017). Enhanced motor imagery-based BCI performance via tactile stimulation on unilateral hand. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 585. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00585>.

- Xie, J., Xu, G., Wang, J., Zhang, F. & Zhang, Y. (2012). Steady-State Motion Visual Evoked Potentials by Oscillating Newton's Rings: Implications for Brain-Computer Interfaces. *PLoS ONE*, 7(6), 1-8. doi: 10.1371/journal.pone.0039707.
- Yin, E., Zeyl, T., Saab, R., Chau, T., Hu, D. & Zhou, Z. (2014). A hybrid Brain-Computer Interface based on the fusion of P300 and SSVEP Scores. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 23(4), 1-9. doi: 10.1109/TNSRE.2015.2403270.
- Zainuddin, B. S., Hussain, Z., & Isa, I. S. (2014), Alpha and beta EEG brainwave signal classification technique: A conceptual study. *IEEE 10 th International Colloquium on Signal Processing and its Application* (pp. 233-237). Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE. doi: 10.1109/CSPA.2014.6805755.
- Zhu, D., Bieger, J., & Garcia Molina, G., (2010). A survey of stimulation methods used in SSVEP-based BCIs. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2010, 1-12. doi: 10.1155/2010/702357.



การตรวจเมทแอมเฟตามีนจากตัวอย่างปัสสาวะ น้ำดี และอาหารในกระเพาะ
โดยไม่สกัดด้วยวิธีเพเพอร์สเปรย์แมส สเปคโตรเมตรี
Methamphetamine Analysis from Non-Extract Urine, Bile and Gastric
Contents Using Paper Spray Mass Spectrometry

วชิรวิชญ์ ตั้งธนานุวัฒน์¹

Wachirawit Tungtanuwat¹

¹บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

¹Graduate School, Silpakorn University

Received: June 29, 2020

Revised: September 11, 2020

Accepted: September 18, 2020

บทคัดย่อ

การตรวจเมทแอมเฟตามีนจากตัวอย่างชีววัตถุในห้องปฏิบัติการพิษวิทยาจะใช้กระบวนการตรวจสอบ 2 ขั้นตอน คือ การตรวจเบื้องต้น เช่น วิธีทางภูมิคุ้มกันวิทยา เมื่อตัวอย่างได้ผลบวกสารกลุ่มแอมเฟตามีนจะถูกตรวจในระดับยืนยันด้วยวิธีลิควิดโครมาโตกราฟี (LC-MS/MS) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดเนื่องจากมีความไวและความจำเพาะในการตรวจยืนยันยาและสารเสพติดได้หลายชนิด และสามารถตรวจแบบปริมาณวิเคราะห์ได้ดี แต่ใช้เวลาในการวิเคราะห์ต่อตัวอย่างนาน สำหรับเพเพอร์สเปรย์แมสสเปคโตรเมตรี ชนิดออบิแทรพ (Paper Spray Mass Spectrometry--PS-MS, orbitrap) เป็นวิธีการใหม่ในการตรวจยาและสารต่าง ๆ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจเมทแอมเฟตามีนจากตัวอย่างปัสสาวะ น้ำดีและอาหารในกระเพาะโดยไม่สกัดด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกใช้วิธีตรวจพิสูจน์ที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่า ปัสสาวะเหมาะกับการตรวจเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) เนื่องจากให้ค่า limit of detection และ limit of detection confirmed ต่ำ คือ 1 และ 250 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ส่วนการตรวจชีววัตถุประเภทน้ำดีและอาหารในกระเพาะในเชิงคุณภาพพบว่ายังไม่เหมาะสม และให้ค่าผลลบสูง โดย %true positive rate 3 พารามิเตอร์เท่ากับ 58.82 และ 52.94 ตามลำดับ ซึ่ง อาจแก้ไขได้โดยปรับเปลี่ยนสูตรสารละลายเพเพอร์สเปรย์ (paper spray solvent) ที่สามารถสกัดเมทแอมเฟตามีนออกจากตัวอย่างน้ำดีและอาหารในกระเพาะได้ดีกว่านี้

คำสำคัญ: เพเพอร์ สเปรย์ แมส สเปคโตรเมตรี ออบิแทรพ เมทแอมเฟตามีน ปัสสาวะ น้ำดี อาหารในกระเพาะ

Abstract

Forensic toxicology laboratories typically use a two-step process to detect methamphetamine in specimen, the first step is screening such as Immunoassays method. Positive identifications during the initial amphetamines screening step are confirmed by Liquid Chromatography Mass Spectrometry –LC–MS/MS method that is the most widely used method for drug confirmation and quantitation due to its excellent sensitivity and selectivity but take a lot of time to analysis per sample. Paper Spray Mass Spectrometry (orbitrap)–PS-MS (orbitrap) is a novel method for identify drugs and substances. The aim of this study was to study the possibility of detecting methamphetamines from urine, bile and gastric contents (non-extract) using PS-MS (orbitrap) method, as a guideline for the selection of the appropriate method for identification and determination of methamphetamine. The results indicated that urine specimens are suitable for qualitative and quantitative tests due to low limit of detection and limit of detection confirmed, 1 and 250 nanograms per milliliter, respectively. This qualitative methamphetamine test in bile and gastric content samples is not suitable and has a high false negative, percent true positive rate with 3 passed parameters equal to 58.82 and 52.94, respectively. This could be solved by searching for a paper spray solvent formula that can better extract methamphetamine from the sample.

Keywords: paper spray mass spectrometry, orbitrap, methamphetamine, urine, bile, gastric contents



บทนำ

การตรวจทางนิติพิษวิทยาในห้องปฏิบัติการนั้น ส่วนใหญ่สิ่งส่งตรวจหรือชีววัตถุที่นำส่งโดยปกติ คือ เลือด และปัสสาวะ ซึ่งจะต้องมีการเก็บตามปริมาณที่เพียงพอต่อการตรวจพิสูจน์ โดยเฉพาะการตรวจพิสูจน์ยาเสพติดในร่างกายมนุษย์จากปัสสาวะก็มีการกำหนดปริมาณขั้นต่ำไว้ด้วย เช่น อย่างน้อย 30 มิลลิลิตร (Cabinet and Royal Gazette Publishing Office, 2017) แต่พบว่า มีบางกรณีที่ไม่สามารถเก็บตัวอย่างเลือดหรือปัสสาวะในปริมาณและคุณภาพที่เพียงพอต่อการตรวจพิสูจน์เนื่องจากหลักฐานมีปริมาณจำกัด หรือกรณีผู้เสียชีวิตที่ถูกส่งมาชันสูตรเสียชีวิตจากการตายผิดธรรมชาติตามมาตรา 148 ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา (Office of the Council of State, 1934) อาจเก็บตัวอย่างเลือดหรือปัสสาวะไม่ได้ เช่น ผู้เสียชีวิตเสียชีวิตมานานจนไม่สามารถเก็บเลือดได้ หรือตัวอย่างเลือดเสียสภาพจากการเน่า หรือปนเปื้อนจนนำไป

ตรวจพิสูจน์ไม่ได้ หรือตัวอย่างปัสสาวะที่มีเลือดปะปนอยู่จากการฉีกขาดของหลอดเลือดในกระเพาะปัสสาวะจากการกระทบกระแทกก่อนเสียชีวิต เป็นต้น ซึ่งกรณีเหล่านี้ถือเป็นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้เนื่องจากขึ้นกับสภาพของศพผู้เสียชีวิตที่ส่งมาตรวจพิสูจน์

เมื่อไม่มีตัวอย่างเลือดหรือปัสสาวะในปริมาณและคุณภาพที่เพียงพอ การเลือกชีววัตถุอื่นมาตรวจทดแทนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ชีววัตถุหนึ่งที่สามารถนำมาตรวจทดแทนได้ คือ น้ำดี (Bévalot, Cartiser, Bottinelli, Guillon & Fanton, 2016) น้ำดีเป็นของเหลวในร่างกาย (body fluid) ที่สร้างจากตับ มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการย่อยไขมัน โดยสะสมอยู่ในถุงน้ำดีและถูกหลั่งออกที่ลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม (Duodenum) น้ำดีมีลักษณะมันหนืดข้น มีเม็ดสีเหลืองเขียว (yellow-greenish pigment) เป็นส่วนประกอบ มีค่า pH เป็นด่างเล็กน้อย (Rhoades & Tanner, 1995) เหตุผลที่น้ำดีเป็นชีววัตถุที่เหมาะสมในการนำมา

ตรวจทดแทน คือ (1) สามารถเก็บตัวอย่างได้ง่าย (ในศพผู้เสียชีวิต) โดยใช้เข็มฉีดยากระบอกใหญ่ดูดออกจากถุงน้ำดีโดยตรง น้ำดีในถุงน้ำดีมีปริมาณมากเพียงพอประมาณ 50 มิลลิลิตร ซึ่งเพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์ (2) สามารถนำมาตรวจยาและเมแทบอลไลต์ได้ ค่าความเข้มข้นของเมแทมเฟตามีน หรือยาที่ตรวจจากน้ำดีมีความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นในเลือด (Bierly & Labay, 2018; Ferner & Aronson, 2018) (3) เมแทมเฟตามีนที่สะสมอยู่ในน้ำดีมีปริมาณสูงและคงอยู่ในน้ำดีได้นาน เนื่องจากเมแทมเฟตามีนและสารเมแทบอลไลต์ เมื่อถูกดูดซึมเข้าตับจะถูกขับออกจากตับส่วนหนึ่งผสมกับน้ำดีและถูกเก็บไว้ในถุงน้ำดี จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการ enterohepatic circulation คือ เมแทมเฟตามีนและเมแทบอลไลต์ที่อยู่ในน้ำดีจะไหลเข้าสู่ลำไส้เล็ก เมื่ออยู่ในลำไส้เล็กเมแทมเฟตามีนจะถูกดูดซึมกลับผ่านทางเส้นเลือดดำเลี้ยงตับ (hepatic vein) และบางส่วนก็ไหลลงสู่ลำไส้อีกครั้ง และทำให้ความเข้มข้นของเมแทมเฟตามีนในน้ำดีเพิ่มขึ้น รวมถึงเพิ่มระยะเวลาการคงอยู่ของเมแทมเฟตามีนในน้ำดีให้นานขึ้น ทำให้ระยะเวลาที่ตรวจพบในน้ำดีเพิ่มขึ้น (Roberts, Magnusson, Burczynski & Weiss, 2002) (4) ไม่จำเป็นต้องหมักน้ำดีด้วยเอนไซม์เบตากลูคูโรนิเดส (Beta-Glucuronidase enzyme) เพื่อทำลายพันธะของสารที่จับกับกลูคูโรนในขั้นตอน phase II metabolism ในขั้นตอนการสกัดหรือเตรียมตัวอย่าง (sample preparation) เนื่องจากเมแทมเฟตามีนนั้นไม่มีการจับกับน้ำตาลกลูคูโรนในขั้นตอนการขับออกจากร่างกาย (5) นอกจากเมแทมเฟตามีนแล้ว ยาเสพติดรวมถึงยานอนหลับหลายชนิดสามารถตรวจจากน้ำดีได้ เช่น โคคาอีน เฮโรอีน เฟนทานิล จีเอชบี คีตามีน เอ็กซีตาซี เบนโซไดอะซีปีนส์ และโซลพิเดม (Zolpidem) เป็นต้น (Agarwal & Lemos, 1996; Bévalot et al., 2016; Roberts et al., 2002)

วิธีการสกัดเมแทมเฟตามีนหรือยาเสพติดจากน้ำดีมีทั้งวิธีสกัดแบบลิควิดลิควิด (Liquid-Liquid Extraction--LLE) และการสกัดแบบ Solid-Phase Extraction--SPE (Amplatz et al., 2017) การตรวจยืนยัน (confirmation) อาจทำในเชิงคุณภาพวิเคราะห์ (qualitative analysis) คือ ทดสอบว่าใช้เมแทมเฟตามีนหรือไม่ หรือในเชิงปริมาณ (quantitative analysis) นั้นขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการ

ตรวจโดยวิธีที่นิยมใช้ในการตรวจ คือ วิธีลิควิดโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตรเมตรี (Liquid Chromatography Mass Spectrometry--LC-MS) หรือกรณีที่ตัวตรวจวัดเป็นชนิดแตกมวลสองครั้งจะเรียกว่า LC-MS/MS การตรวจเมแทมเฟตามีนจากน้ำดีจะต้องเตรียมตัวอย่างโดยการสกัดและตรวจด้วยวิธีโครมาโตกราฟีซึ่งมีกระบวนการแยกสารผ่านคอลัมน์ (Column) ซึ่งเป็นส่วนแยกสาร ขั้นตอนทั้งหมดใช้เวลาประมาณ 30 นาทีต่อตัวอย่างหรือมากกว่านั้น หากมีการตรวจตัวอย่างน้ำดีเป็นจำนวนมากก็จะต้องใช้เวลานานในการตรวจและอาจเกิดปัญหาทางกลิ่นจนเครื่องมือรองรับงานไม่ทัน

อาหารในกระเพาะ (gastric contents or stomach contents) เป็นสิ่งส่งตรวจอีกชนิดหนึ่งที่นิยมตรวจหาสารพิษและยาเสพติด ผู้เสพเมแทมเฟตามีนโดยวิธีรับประทานจะตรวจพบเมแทมเฟตามีนในอาหารในกระเพาะด้วย หรือกรณีผู้ที่ลักลอบกลืนยาเสพติดหรือเมแทมเฟตามีน เพื่อนำเข้าหรือส่งออก เมื่อบรรจุภัณฑ์ที่หุ้มยาเสพติดแตก หรือรั่วจะทำให้ผู้กลืนเสียชีวิตได้เรียกว่า body packer syndrome กรณีนี้สามารถตรวจพบยาเสพติดหรือเมแทมเฟตามีนได้ง่ายกว่ากรณีการเสพโดยการกลืนปกติ เนื่องจากเมแทมเฟตามีนที่รั่วไหลออกมา มีปริมาณมากกว่าหลายเท่า (Takekawa, Ohmori, Kido & Oya, 2007)

วิธีเพอร์สเปรย์ แมสสเปคโตรเมตรี (Paper Spray Mass Spectrometry--PS-MS) เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์สารได้อย่างรวดเร็ว โดยวิเคราะห์สารในครั้งเดียวได้สูงถึง 90 ตัวอย่างและใช้เวลา 2 นาที เป็นวิธีตรวจสารจากชีววัตถุโดยไม่จำเป็นต้องเตรียมตัวอย่างก่อน หลักการ คือ หยดตัวอย่างของเหลวหรือกึ่งเหลว เช่น เลือด ปัสสาวะ ลงบนกระดาษกรองปลายแหลม (paper) ซึ่งอยู่บนภาชนะรองรับที่เรียกรวมว่า paper cartridge จากนั้นใช้สารละลายชะ/สกัดสารร่วมกับการให้ประจุไฟฟ้าหลักให้สารที่ต้องการตรวจ เช่น ยาเสพติดเมแทมเฟตามีนถูกผลักจากศักย์ไฟฟ้าไปยังปลายแหลมสุดของแผ่นกระดาษและถูกดูดจากแรงดูดสุญญากาศจากเครื่องแมสสเปคโตรมิเตอร์ (MS) ผ่านเข้าสู่ตัวแยกและวัดมวลต่อประจุ (m/z) ของสารเพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารนั้น ๆ (Chiang, Zhang & Ouyang, 2018) โดยประสิทธิภาพในการพิสูจน์เอกลักษณ์

ขึ้นกับคุณภาพของ MS ที่ใช้เป็นหน่วยตรวจวัด (detection unit) ดังนั้นเครื่อง PS-MS จึงจำเป็นต้องต่อเชื่อมกับเครื่อง MS ระดับ High Resolution Mass Spectrometry--HRMS เช่น orbitrap จึงจะสามารถลดข้อจำกัดจากการปราศจากส่วนแยกสารโครมาโตกราฟฟีลง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจเมทแอมเฟตามีนจากตัวอย่างปัสสาวะ น้ำดีและอาหารในกระเพาะโดยไม่สกัดด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) ซึ่งหากให้ผลถูกต้องสูงก็จะเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดเวลาการตรวจเมทแอมเฟตามีนจากปัสสาวะ น้ำดีและอาหารในกระเพาะ

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจเมทแอมเฟตามีนจากตัวอย่างปัสสาวะ น้ำดี และอาหารในกระเพาะโดยไม่สกัดด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกใช้วิธีตรวจพิสูจน์ที่เหมาะสม

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เพเพอร์สเปร์รี่ในลักษณะต่าง ๆ และเพเพอร์สเปร์รี่ที่เชื่อมต่อกับ MS ที่แตกต่างกันโดยตรวจจากตัวอย่างเลือดหรือปัสสาวะที่เติมสารที่ต้องการตรวจลงไป ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

Liu et al. (2010) ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาเอกลักษณ์และการประยุกต์ใช้ Paper spray Ionization โดยทดลองใช้กระดาษ Whatman 6 ชนิดที่มีขนาดรูพรุนและเนื้อกระดาษต่างกัน ทดสอบกับเฮโรอินและโคเคนที่ผสม (spiked) ในเลือดวัว (bovine whole blood) โดยใช้ยาน้ำสูตร Methanol/water (1:1, v/v) สำหรับการวิเคราะห์แบบ positive mode ใช้ voltage 4.5 kV และ -3 kV สำหรับการวิเคราะห์แบบ negative mode. ผลการศึกษาสรุปได้ว่า กระดาษแบบ glass fiber paper ไม่เหมาะสมกับการตรวจด้วย Paper spray-MS และพบว่า เทคนิค PS-MS สามารถตรวจเฮโรอินและโคเคนได้

Espy et al. (2014) ทำการศึกษาการใช้เพเพอร์สเปร์รี่แมสสเปคโตรเมตรีเป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์วัตถุเสพติด 8 ชนิดในครั้งเดียวจากตัวอย่างเลือด วัตถุเสพติด ทั้ง 8 ได้แก่ แอมเฟตามีน (Amphetamine) เมทแอมเฟตามีน (Methamphetamine) โคเคน (Cocaine) ยาเลิฟ (3,4-methylenedioxyamphetamine--MDA) เอ็กซ์ตาซี (3,4-methylenedioxy-N-methyl amphetamine--MDMA), ยาอี (3,4-methylene-dioxy-N-ethylamphetamine--MDEA), มอร์ฟีน (Morphine) และเดลตา 9-เตตระไฮโดรแคนนาบินอยด์จากกัญชา (Δ^9 -tetrahydrocannabinol--THC) โดยการทำให้ spiked blood ตามวิธีของ Espy RD คือ เตรียม working drug solutions ตามความเข้มข้นที่ต้องการแล้ว spiked ในเลือดในอัตราส่วน 1:20 (10 μ L into 190 μ L blood) และปั่น 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 วินาที ผลการศึกษาพบว่า เครื่อง Paper spray-MS สามารถตรวจสอบทั้ง 8 ชนิดนี้ได้จากตัวอย่างเลือดเพียง 10 ไมโครลิตรที่ spiked สารมาตรฐานวัตถุเสพติดทั้ง 8 ลงไป ภายในเวลาเพียง 2 นาที นักวิจัยกลุ่มนี้สรุปว่าวิธีการตรวจด้วยเพเพอร์สเปร์รี่แมสสเปคโตรเมตรีใช้เวลาอย่างมากในการวิเคราะห์ (rapid and high-throughput assays) ซึ่งมีความเป็นไปได้หากต้องการนำไปใช้ตรวจแบบ on-site multi-compound quantitative screening of illicit drugs

Manicke and Belford (2015) ทำการศึกษาเรื่องการใช้เพเพอร์สเปร์รี่แมสสเปคโตรเมตรีแบบ High-Field Asymmetric Waveform Ion Mobility Spectrometry--FAIMS ในการแยกไอโซเมอร์ของโอปิเอท 3 ชนิด คือ มอร์ฟีน (Morphine), ไฮโดรมอร์ฟีน (Hydromorphone) และนอร์โคเดอิน (Norcodeine) ผลการศึกษาสรุปได้ว่าเพเพอร์สเปร์รี่แมสสเปคโตรเมตรีสามารถใช้วิเคราะห์ได้จริง

Zhang, Ju, Huang and Wysocki (2014) ศึกษาเรื่อง Paper Spray Ionization of Noncovalent Protein Complexes ได้ข้อสรุปว่าเพเพอร์สเปร์รี่แมสสเปคโตรเมตรีสามารถใช้ตรวจฮีโมโกลบินเตตระเมอร์ (Hemoglobin Tetramer) ซึ่งเป็น noncovalent protein complexes ที่มีความยุ่งยากในการตรวจได้

Yang et al. (2012) ทำการศึกษาการใช้ Paper spray ionization devices ในงาน biomedical analysis ผลการศึกษาพบว่า การหยดตัวอย่างลงบนกระดาษควรทำให้สมดุล สมมาตร และปลายกระดาษยังแหลมยิ่งดี ทำให้เก็บประจุได้มาก

McKenna, Jett, Shanks and Manicke (2018) ทำการศึกษาการใช้ PS-MS (orbitrap) ในการทดสอบการตรวจยาและสารเสพติดจากเลือด 130 ชนิด โดยมีเกณฑ์กำหนดค่า Limit of Detection --LOD คือ ค่าความเข้มข้นของสารที่ต้องการทดสอบต่ำสุดที่เครื่อง PS-MS (orbitrap) สามารถตรวจพบ โดยพิจารณาจากค่าความเข้มข้นของสารทดสอบที่ตรวจพบ Chronogram สมบูรณ์ (Parameter I. Chronogram Mass error: NMT ± 5 ppm) ส่วนเกณฑ์กำหนดค่า Limit of Detection Confirmed--LODc ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของสารทดสอบต่ำสุดที่เครื่อง PS-MS (orbitrap) สามารถตรวจในระดับยืนยันได้ว่ามีสารนั้น ๆ อยู่จริง โดยพิจารณาจากเกณฑ์ความเข้มข้นที่ตรวจพบ Chronogram สมบูรณ์ และตรวจพบพารามิเตอร์อย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้เพิ่มอีก 1 พารามิเตอร์ ได้แก่ ตรวจพบ Fragment ions (Parameter II. fragment ions matching mass error: NMT ± 5 ppm, minimum of fragments needed: ≥ 2) หรือ ตรวจพบ Isotopic pattern (Parameter III. isotopic pattern comparison mass error: NMT ± 5 ppm, matching score: $> 80\%$)

วิธีดำเนินการวิจัย

เก็บตัวอย่างปัสสาวะ น้ำดี และอาหารในกระเพาะ ที่ตรวจพบเมทแอมเฟตามีนจากผู้เสียชีวิตในช่วงปี 2562 (ม.ค.-ธ.ค.) ที่ผ่านการตรวจพิสูจน์เชิงคุณภาพด้วยวิธี LC-MS/MS และรายงานผลคดีเรียบร้อยแล้ว อย่างน้อยชนิดละ 16 ตัวอย่าง โดยคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเชิงปริมาณด้วยสถิติ paired t test (Rosner, 1995) ได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 16 ตัวอย่าง โดยใช้เกณฑ์ α type I error=0.05 β type II error=0.50 Effect size=0.50 $s(\Delta)$ =1.010 r_{within} =0.950 โดยสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) เกณฑ์คัดออก (exclusion criteria) คือ ปริมาณตัวอย่างที่มีน้อย

กว่า 10 มิลลิกรัม จะถูกคัดออกเนื่องจากเป็นปริมาณขั้นต่ำที่ต้องเก็บไว้เป็นหลักฐานสำหรับการวิเคราะห์ในอนาคต ทำการศึกษา ณ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานพิษวิทยา สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ นำมาศึกษาเชิงคุณภาพและ/หรือเชิงปริมาณด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) โดยใช้เครื่อง PS รุ่น Prosolia Velox 360 และ MS รุ่น Orbitrap Q Exactive Focus ผลิตภัณฑ์ของ Thermo Fisher Scientific CA USA เปรียบเทียบกับวิธี LC-MS/MS โดยใช้ LC รุ่น Ultimate3000 และ MS/MS รุ่น TSQ Quantiva ผลิตภัณฑ์ของ Thermo Fisher Scientific CA USA. โดยติดตั้งคอลัมน์ชนิด Hypersil Gold PFP 1.9 μm 2.1x100 mm ตั้งอุณหภูมิทดสอบที่ 55 °C Injection volume=20 μL Runtime 11 นาที

ทำการศึกษา LOD และ LODc จากสารละลายมาตรฐานเมทแอมเฟตามีนใน blank urine รวม 14 ความเข้มข้น คือ 1 5 10 25, 50 100 250 500 750 1000 1250 1500 1750 และ 2000 นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม (นก./มล.) โดยกำหนดให้ Sample volume=10 μL กำหนดค่า Methamphetamine Precursor m/z =150.15 Targeted m/z =91.11 Confirming m/z =119.11 กำหนดค่า Full MS Resolution (FWHM)=70,000 Scan range=50 to 500 m/z ทดสอบเชิงคุณภาพและปริมาณของเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างปัสสาวะและทดสอบเชิงคุณภาพในตัวอย่างน้ำดี และอาหารในกระเพาะ

ผลการวิจัย

1. การศึกษา LOD LODc

1.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะที่สามารถตรวจพบได้ด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) หรือค่า LOD ตามวิธีของ McKenna et al., 2018 คือ ตรวจพบพารามิเตอร์ที่ 1 เท่ากับ 1 นก./มล.

1.2 ผลการศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยืนยันว่าพบเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) หรือค่า LODc ตามวิธีของ McKenna et al., 2018 คือ โดยตรวจพบพารามิเตอร์ที่ 1 และ 2 หรือ 1 และ 3 พบว่า ค่า LODc เท่ากับ 250 นก./มล.

1.3 ผลการศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยืนยัน (เข้มงวด) ว่าพบเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) ซึ่งผู้วิจัยให้ชื่อว่า LOD_{exactly confirmed}; LOD_{exact_c} โดยตรวจพบพารามิเตอร์ครบทั้ง 3 พารามิเตอร์ เท่ากับ 500 นก./มล.

2. ผลการศึกษาเชิงปริมาณความเข้มข้นเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะ ด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) เปรียบเทียบกับวิธี LC-MS/MS (ตาราง 1)

ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะทั้งสองวิธี โดยใช้สถิติ paired t test แสดงในตาราง 1 พบว่า ความเข้มข้นเมทแอมเฟตามีนเฉลี่ยเมื่อตรวจด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) มีค่าสูงกว่าที่ตรวจพบด้วยวิธี LC-MS/MS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลการศึกษาเชิงคุณภาพ ในการตรวจเมท-

แอมเฟตามีนจากปัสสาวะ น้ำดีและอาหารในกระเพาะ โดยวิธี PS-MS (orbitrap) (ตาราง 2)

ผลการศึกษาเชิงคุณภาพเมื่อทดลองตรวจเมทแอมเฟตามีนในชีววัตถุที่เป็นปัสสาวะ 21 ตัวอย่าง น้ำดี 17 ตัวอย่าง และอาหารในกระเพาะ 17 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการสกัดมา

ก่อน โดยตัวอย่างเหล่านี้ผ่านการตรวจพิสูจน์เชิงคุณภาพด้วยวิธี LC-MS/MS แล้วว่าตรวจพบเมทแอมเฟตามีนและรายงานผลคดีเรียบร้อยแล้ว พบว่าตัวอย่างชีววัตถุประเภทปัสสาวะเหมาะกับการตรวจด้วย PS-MS (orbitrap) มากที่สุด ส่วนชีววัตถุที่เป็นน้ำดีให้ผลถูกต้องในระดับยืนยัน 58.82-82.35% และอาหารในกระเพาะให้ผลทดสอบถูกต้องในระดับยืนยัน 52.94-76.47%

ตาราง 1

ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะ จำนวน 21 ตัวอย่างเมื่อทดสอบการวัดด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) เปรียบเทียบกับวิธี LC-MS/MS

วิธี	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ย (นก./มล.)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าแตกต่างรายคู่		t	P-value
				ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน		
PS-MS (orbitrap)	21	30517.60	23571.09	17685.39	16363.59	4.953	.000
LC-MS/MS	21	12832.22	7844.23				

Pearson Correlation (r^2)=0.994, p=.000

ตาราง 2

ข้อมูลผลการตรวจเชิงคุณภาพ เมทแอมเฟตามีนในชีววัตถุ

ชีววัตถุ	จำนวน (n)	ผลตรวจ ด้วยวิธี LC-MS/MS	พารามิเตอร์ที่ตรวจพบโดยวิธีตรวจ PS-MS (orbitrap)			% true positive rate	
			1	1,2 or 1,3	1, 2, 3	1,2 or 1,3 or 1,2,3	1, 2, 3
ปัสสาวะ	21	ตรวจพบ	-	-	21	-	100.00
น้ำดี	17	ตรวจพบ	3	4	10	82.35	58.82
อาหารใน กระเพาะ	17	ตรวจพบ	4	4	9	76.47	52.94

การอภิปรายผล

จากผลศึกษาตอนที่ 1 ความไวในการตรวจเมทแอมเฟตามีนจากปัสสาวะด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) พบว่า ได้ค่า LOD เท่ากับ 1 นก./มล. ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมาก แต่ยังเป็นระดับที่ยังไม่สามารถยืนยันได้ และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้ในระดับยืนยัน (LODc) ตามวิธีของ McKenna et al., 2018 เท่ากับ 250 นก./มล. ส่วนค่า LODexact_c เท่ากับ 500 นก./มล. จะเห็นได้ว่าค่า LODc และ LODexact_c ล้วนเป็นค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์ cut-off ตามวิธีการตรวจเบื้องต้นเมทแอมเฟตามีนในร่างกายมนุษย์ที่กฎหมายกำหนดไว้ที่ 1,000 นก./มล. ในปัสสาวะ (Cabinet and Royal Gazette Publishing Office, 2017) ดังนั้นวิธี PS-MS (orbitrap) มีความไวสูงในระดับที่สามารถนำมาใช้ตรวจ screening เมทแอมเฟตามีนในปัสสาวะในระดับยืนยันได้

เมื่อเปรียบเทียบเชิงปริมาณพบว่าความเข้มข้นเมทแอมเฟตามีนที่ตรวจโดยวิธี PS-MS (orbitrap) สูงกว่าวิธี LC-MS/MS อย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 1) กรณีนี้อาจอธิบายได้ว่าการตรวจด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) ซึ่งไม่มีการเตรียมและสกัดตัวอย่าง แต่ใช้ประสิทธิภาพของ paper spray solvent ในการชะสารออกจากกระดาษที่หยดปัสสาวะลงไป แสดงว่า paper spray solvent สูตรที่ใช้ในการศึกษานี้คือ สูตร Acetonitrile: water: 10 M Acetic acid อัตราส่วน 90:10:0.01 สามารถชะเมทแอมเฟตามีนออกจาก paper cartridge ได้ดี หรือน้อยกลับกัน วิธีการสกัดเมทแอมเฟตามีนก่อนการวิเคราะห์ด้วย LC-MS/MS ทำให้สูญเสีย yield ของเมทแอมเฟตามีนจากกระบวนการสกัดไปจึงทำให้ yield รวมของเมทแอมเฟตามีนลดลง

ผลการตรวจเชิงคุณภาพในตัวอย่างชีววัตถุจริงที่ผ่านการตรวจวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยวิธี LC-MS/MS มาแล้วพบว่าพบเมทแอมเฟตามีน (ตาราง 2) พบว่า ชีววัตถุที่เป็นปัสสาวะให้ค่า true positive rate เท่ากับ 100% แสดงให้เห็นว่าปัสสาวะเป็นชีววัตถุที่เหมาะสมที่จะนำมาตรวจด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) ในเชิงคุณภาพ

ส่วนผลตรวจเมทแอมเฟตามีนเชิงคุณภาพจากชีววัตถุประเภทน้ำดีและอาหารในกระเพาะพบว่า ได้ค่าให้ค่า true positive rate ตามวิธีของ McKenna et al., 2018

เท่ากับ 82.35% และ 76.47% ตามลำดับ ซึ่งพิจารณาแล้วอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง แต่ให้ประโยชน์น้อยสำหรับการตรวจเชิงคุณภาพในระดับยืนยันเพราะเมื่อคำนวณกลับจะได้ค่าผลลบลง (false negative) จากการตรวจตัวอย่างน้ำดีเท่ากับ 17.65% และผลลบลงจากการตรวจตัวอย่างอาหารในกระเพาะเท่ากับ 23.53%

และเมื่อใช้เกณฑ์เข้มงวด โดยต้องตรวจพบทั้งสามพารามิเตอร์ พบว่า ค่า true positive rate เมื่อตรวจตัวอย่างน้ำดีและอาหารในกระเพาะลดลงเท่ากับ 58.82% และ 52.94% ตามลำดับ หรือแปลผลกลับได้ว่าการตรวจเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างน้ำดีให้ผลลบลงเท่ากับ 41.18 % และการตรวจในตัวอย่างอาหารในกระเพาะให้ผลลบลงเท่ากับ 47.06% แสดงให้เห็นว่าน้ำดีแบบไม่สกัดไม่เหมาะที่จะนำมาตรวจด้วย PS-MS (orbitrap)

เหตุที่น้ำดีไม่เหมาะสมที่จะนำมาตรวจโดยไม่สกัดด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) ในการศึกษาครั้งนี้ น่าจะมีสาเหตุจากลักษณะทางกายภาพของน้ำดีที่มีเป็นของเหลวหนืดสูงและมีสัดส่วนของไขมันสูง เมื่อเคลือบติดบนกระดาษกรองของ paper cartridge แล้ว สารละลาย paper spray solvent ชะเมทแอมเฟตามีนออกจากพื้นผิวกระดาษได้ยากเมื่อเทียบกับชีววัตถุที่เป็นปัสสาวะหรือเลือด แนวทางแก้ไข คือ ควรต้องปรับเปลี่ยนสูตรน้ำยา paper spray solvent ให้เหมาะสมกับชีววัตถุประเภทน้ำดีที่มีไขมันสูง โดยปรับเพิ่มตัวทำละลายที่ไม่มีไขมันในส่วนที่สูงกว่าสูตรที่ใช้ในการศึกษานี้

สาเหตุที่อาหารในกระเพาะไม่เหมาะสมที่จะนำมาตรวจโดยไม่สกัดด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) ในการศึกษาครั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่าเกิดจากความหลากหลายของเนื้อ (matrix) อาหารในกระเพาะในแต่ละตัวอย่าง ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน ทำให้ยากที่จะหาสูตร paper spray solvent ที่เหมาะสม ดังนั้นหากต้องการตรวจตัวอย่างอาหารในกระเพาะด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) ควรต้องมีการเตรียมตัวอย่าง (specimen preparation) เช่น การสกัดหรือเตรียมให้อยู่ในรูปแบบอื่นที่ paper spray solvent สามารถชะเมทแอมเฟตามีนออกจากตัวอย่างได้ดีกว่านี้

สรุป

การตรวจเมทแอมเฟตามีนในตัวอย่างชีววัตถุด้วยวิธี PS-MS (orbitrap) พบว่า ตัวอย่างชีววัตถุประเภทปัสสาวะเหมาะกับการตรวจเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณเนื่องจากให้ค่า LOD และ LODc ต่ำ ส่วนการตรวจชีววัตถุประเภทน้ำดีและอาหารในกระเพาะในเชิงคุณภาพพบว่ายังไม่เหมาะสม และให้ค่าผลลบสูง ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการปรับเปลี่ยนสูตร paper spray solvent ให้มี polarity ลดลง หรือควรต้องมีการสกัดหรือเตรียมให้อยู่ในรูปแบบอื่นที่ paper spray solvent สามารถชะเมทแอมเฟตามีนออกจากตัวอย่างได้ดีกว่านี้

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองซึ่งต้องใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีใหม่ คือ PS-MS (orbitrap) ซึ่งมีการศึกษาน้อยมาก รวมถึงมีต้นทุนค่าใช้จ่ายและค่าบำรุงรักษาในการวิเคราะห์สูง ดังนั้นจึงต้องวางแผนการใช้ทรัพยากรการวิจัยให้ประหยัดและเหมาะสมในการศึกษาครั้งต่อไปผู้วิจัยอาจทำการวิเคราะห์สารในจำนวนที่มากขึ้นต่อการวิเคราะห์ 1 ครั้ง ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการวิจัย รวมถึงอาจทำวิจัยการตรวจสอบสารกลุ่มใหม่ ๆ เช่น New Psychoactive Substances--NPS ซึ่งกำลังเป็นที่สนใจในแวดวงนิติวิทยาศาสตร์สากลในขณะนี้ เนื่องจากมีแนวโน้มการนำมาใช้ในทางที่ผิดเพิ่มมากขึ้น และยังมีการนำเทคนิค PS-MS (orbitrap) มาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบสารกลุ่มดังกล่าวน้อยมาก ดังนั้นหากมีการทำวิจัยการตรวจสอบสารกลุ่มนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณพันตำรวจเอกหญิง ดร. อีรินทร์ สิ้นไชย หัวหน้าห้องปฏิบัติการพิษวิทยา สถาบันนิติเวชวิทยาที่สนับสนุนตัวอย่างและเครื่องมือในการวิจัยในการศึกษานี้



References

- Agarwal, A., & Lemos, N. (1996). Significance of bile analysis in drug-induced deaths. *Journal of Analytical toxicology*, 20(1), 61–63. <https://doi.org/10.1093/jat/20.1.61>
- Amplatz, B., Zöhrer, E., Haas, C., Schäffer, M., Stojakovic, T., Jahnel, J., & Fauler, G. (2017). Bile acid preparation and comprehensive analysis by high performance liquid chromatography-high-resolution mass spectrometry. *Clinica Chimica Acta; International Journal of Clinical Chemistry*, 464, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2016.11.014>
- Bévalot, F., Cartiser, N., Bottinelli, C., Guitton, J., & Fanton, L. (2016). State of the art in bile analysis in forensic toxicology. *Forensic science international*, 259, 133–154. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.10.034>
- Bierly, J., & Labay, L. M. (2018). The utility of bile in Postmortem Forensic Toxicology. *Academic forensic pathology*, 8(2), 324–327. <https://doi.org/10.1177/1925362118782073>

- Cabinet and Royal Gazette Publishing Office. (2017). *Notification of the Ministry of Justice Regarding rules, procedures, and conditions for inspection or testing of the examination or testing are there drugs in the body*, B.E. 2560. Retrieved from <http://www.oic.go.th/fileweb/cabinfocenter2/drawer051/general/data0000/00000738.pdf>. (in Thai)
- Chiang, S., Zhang, W., & Ouyang, Z. (2018). Paper spray ionization mass spectrometry: Recent advances and clinical applications. *Expert Review of Proteomics*, 15(10), 781–789. <https://doi.org/10.1080/14789450.2018.1525295>
- Espy, R. D., Teunissen, S. F., Manicke, N. E., Ren, Y., Ouyang, Z., van Asten, A., & Cooks, R. G. (2014). Paper spray and extraction spray mass spectrometry for the direct and simultaneous quantification of eight drugs of abuse in whole blood. *Analytical Chemistry*, 86(15), 7712–7718. <https://doi.org/10.1021/ac5016408>
- Ferner, R. E., & Aronson, J. K. (2018). The toxicological significance of post-mortem drug concentrations in bile. *Clinical toxicology (Philadelphia, Pa.)*, 56(1), 7–14. <https://doi.org/10.1080/15563650.2017.1339886>
- Karch, S. B. (2007). *Postmortem toxicology of abused drugs*. Boca Raton: CRC Press.
- Levine, B. (2013). *Principles of forensic toxicology* (4th ed.). Washington: AACC Press.
- Liu, J., Wang, H., Manicke, N. E., Lin, J. M., Cooks, R. G., & Ouyang, Z. (2010). Development, characterization, and application of paper spray ionization. *Analytical Chemistry*, 82(6), 2463–2471. <https://doi.org/10.1021/ac902854g>
- Manicke, N. E., & Belford, M. (2015). Separation of opiate isomers using electrospray ionization and paper spray coupled to high-field asymmetric waveform ion mobility spectrometry. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, 26(5), 701–705. <https://doi.org/10.1007/s13361-015-1096-z>
- McKenna, J., Jett, R., Shanks, K., & Manicke, N. E. (2018). Toxicological Drug Screening using Paper Spray High-Resolution Tandem Mass Spectrometry (HR-MS/MS). *Journal of analytical toxicology*, 42(5), 300–310. <https://doi.org/10.1093/jat/bky001>
- Office of the Council of State. (1934). *Act promulgating the Criminal Procedure Code* B.E. 2477. Retrieved from <http://web.krisdika.go.th/data/law/law4/%BB05/%BB05-20-9999-update.pdf>
- Rhoades, R. A., & Tanner, G. A. (1995). *Medical physiology*. Boston: Little Brown.
- Roberts, M. S., Magnusson, B. M., Burczynski, F. J., & Weiss, M. (2002). Enterohepatic circulation: Physiological, pharmacokinetic and clinical implications. *Clinical Pharmacokinetics*, 41(10), 751–790. <https://doi.org/10.2165/00003088-200241100-00005>

- Rosner, B. (1995). *Fundamentals of Biostatistics* (4th ed). Boston: Duxbury Press.
- Takekawa, K., Ohmori, T., Kido, A., & Oya, M. (2007). Methamphetamine body packer: Acute poisoning death due to massive leaking of methamphetamine. *Journal of Forensic Sciences*, 52(5), 1219–1222. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2007.00518.x>
- Yang, Q., Wang, H., Maas, J. D., Chappell, W. J., Manicke, N. E., Cooks, R. G., & Ouyang, Z. (2012). Paper spray ionization devices for direct, biomedical analysis using mass spectrometry. *International Journal of Mass Spectrometry*, 312, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2011.05.013>
- Zhang, Y., Ju, Y., Huang, C., & Wysocki, V. H. (2014). Paper spray ionization of noncovalent protein complexes. *Analytical Chemistry*, 86(3), 1342–1346. <https://doi.org/10.1021/ac403383d>



ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของ
ประชาชน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
Factors Related to Hazardous Waste Management in Meung District
Households, Phitsanulok

สุกัลยา ทองเสริม¹ และสรุณญา ถีป้อม¹

Sukanlaya Thongserm¹ and Sarunya Thiphom¹

¹สาขานามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

¹Environmental Health Program, Faculty of Public Health, Naresuan University

Received: June 30, 2020

Revised: September 11, 2020

Accepted: September 16, 2020

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวางเป็นการศึกษา ณ จุดเวลาหรือช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ทำการเก็บข้อมูลเพียงครั้งเดียว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชนหมู่บ้านแห่งหนึ่ง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก มีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 287 ครัวเรือน โดยใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีการสุ่มตัวอย่างเป็นระบบ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 20 โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา วิเคราะห์จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสถิติไคสแควร์ ผลการศึกษา พบว่า ประชาชนที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 58.20 มีอายุอยู่ระหว่าง 34-47 ปี ร้อยละ 36.90 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 31,333 บาท ร้อยละ 98.30 โดยประชาชนส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาอยู่ที่ประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 49.50 มีสถานภาพสมรสส่วนใหญ่ คือ สมรส คิดเป็นร้อยละ 66.90 การได้รับข้อมูลข่าวสาร คือ เคย คิดเป็นร้อยละ 89.90 มีสถานภาพในครอบครัว คือ สมาชิกครอบครัว คิดเป็นร้อยละ 91.30 และการมีตำแหน่งอื่นในชุมชน คือ ไม่มี คิดเป็นร้อยละ 94.80 ประชาชนส่วนใหญ่มีระดับความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 85.70, 74.60 และ 71.40 ตามลำดับ พบว่า ประชาชนที่มีระดับการศึกษาสูง เป็นหม้าย มีระดับการรับรู้ข้อมูลข่าวสารสูง อาชีพนักเรียน/นักศึกษา มีระดับความรู้สูง และทัศนคติเชิงบวก จะมีพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนที่เหมาะสม ($p<.001$ $p=.009$ $p<.001$ $p<.001$ $p<.001$ และ $p<.001$ ตามลำดับ) จากผลการศึกษาที่ได้ควรมีการศึกษารูปแบบกิจกรรมการให้ความรู้หรือเสริมทัศนคติเชิงบวกเพื่อให้ประชาชนมีการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนได้อย่างถูกวิธี หรือนำไปสู่การดูแลตนเองที่ดีและเหมาะสมกับพฤติกรรมของประชาชนอย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: ความรู้ ทักษะ พฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือน

Abstract

This was a cross-sectional study, a type of observational study that analyzes data at a specific point in time. The objectives of this research were to study factors related to hazardous waste management in households in Meung District, Phitsanulok Province. The data were collected from 287 households using questionnaires. Households were selected using systematic sampling. The data were analyzed using SPSS version 20 and the descriptive statistical analysis showed the frequency, percentage, average and standard deviation for variables. Chi-square was used to test for correlation. The results showed that the majority of people in the study were female (58.20%), aged between 34-47 years old (36.90%), earned a monthly salary of 31,333 baht or less (98.30%), and had a primary-level education (49.50%). Furthermore, most participants were married (66.90%), had received information on hazardous waste disposal (89.90%), were not the head of household (91.30%), and did not have an official position within the community (94.80%). Overall most people had high knowledge of positive attitudes towards, and good behaviors for hazardous waste management, 85.70%, 74.60% and 71.49% respectively. Finally, appropriate hazardous waste management was positively correlated with having a higher level of education, being widowed, having received hazardous waste management information, being a student, and having high knowledge of and positive attitude towards hazardous waste management ($p < .001$, $p < .009$, $p < .001$, $p < .001$, $p < .001$, and $p < .001$ respectively). The results of this study suggest that additional study is needed on interventions focusing on increasing knowledge and supporting positive attitudes towards hazardous waste management. Such interventions can ensure that people will dispose of hazardous waste appropriately and lead to good community hazardous waste disposal behaviors in the future.

Keywords: knowledge, attitude, hazardous waste management behavior



บทนำ

ของเสียอันตรายในชุมชน หมายถึง ของเสียอันตรายที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในครัวเรือนและสถานประกอบการพาณิชย์กรรมต่าง ๆ ในชุมชน เช่น อู่ซ่อมรถ สถานีบริการน้ำมัน ร้านล้างอัดขยายภาพ ร้านซักแห้ง ทำเรือ สโมสร โรงพยาบาล ห้องปฏิบัติการ พื้นที่เกษตรกรรม ฯลฯ ซึ่งของเสียอันตรายเหล่านี้ส่วนใหญ่ถูกทิ้งร่วมกับมูลฝอยทั่วไป โดยไม่ผ่านการบำบัดและกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ก่อให้เกิดการปนเปื้อนและแพร่กระจายของสารอันตรายสู่สิ่งแวดล้อมเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารและเกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ (Pollution

Control Department, 2017)

ของเสียอันตรายจากชุมชนที่เกิดขึ้นในปี 2561 มีปริมาณ 638,000 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2560 ร้อยละ 3.2 โดยร้อยละ 65 เป็นซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 414,600 ตัน และร้อยละ 35 เป็นของเสียอันตรายจากชุมชนประเภทอื่น ๆ เช่น แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย ภาชนะบรรจุสารเคมี กระป๋องสเปรย์ จำนวน 223,400 ตัน ซึ่งมีการวางระบบการจัดการของเสียอันตรายจากชุมชน โดยให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีจุดรวบรวมของเสียอันตรายจากชุมชนในหมู่บ้านหรือชุมชน และส่งมายังศูนย์รวบรวมของเสียอันตรายใน

ระดับจังหวัด ทำให้ของเสียอันตรายจากชุมชนได้รับการจัดการอย่างถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 13 หรือประมาณ 83,600 ตัน แต่ยังไม่เพียงพอ เนื่องจากยังไม่มีกฎระเบียบที่จะคัดแยกของเสียอันตรายออกจากขยะทั่วไป รวมถึงกฎหมายที่จะนำมากำกับดูแลให้ภาคเอกชนรับผิดชอบในการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Department of Environmental Quality Promotion, 2019)

ตามรายงานสถานการณ์ของเสียอันตรายจากชุมชนของกลุ่มสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคแต่ละภูมิภาค พบว่า 3 อันดับแรกที่มีการเก็บรวบรวมปริมาณของเสียอันตรายจากชุมชนมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลาง พบมีค่าเท่ากับ 105.98 ตัน 81.70 ตัน และ 54.64 ตัน ตามลำดับ และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 พบว่า การเก็บรวบรวมของเสียอันตรายจากชุมชนของพื้นที่ในเขตรับผิดชอบ ได้แก่ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดพิจิตร และจังหวัดอุตรดิตถ์อยู่ระหว่างดำเนินการในการเก็บรวบรวมของเสียอันตรายจากชุมชน ทั้งนี้จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดพิจิตร ได้มีการรวบรวมของเสียอันตรายส่งไปกำจัดแล้วปริมาณ 3.5 ตัน และ 2.5 ตัน ตามลำดับ (Pollution Control Department, 2017) โดยจังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณของเสียอันตรายในเทศบาลมากที่สุดเนื่องจากเป็นเขตเมืองซึ่งมีประชากรอยู่อย่างหนาแน่น ได้แก่ เทศบาลตำบลพลาชุมพล เทศบาลตำบลเมืองอรัญญิก และเทศบาลตำบลบึงระมน โดยมีปริมาณขยะอันตรายเท่ากับ 166.47 ตัน/ปี 135.25 ตัน/ปี และ 78.89 ตัน/ปี ตามลำดับ (Pollution Control Department, 2017)

ปัจจุบันการจัดการและการกำจัดขยะเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ทุกฝ่ายเล็งเห็นถึงความสำคัญและได้ร่วมมือกันแก้ไข เพราะปัญหานี้ยังมีความรุนแรงยิ่งขึ้นเป็นผลมาจากความเจริญทางเศรษฐกิจ การมีเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้มีวัสดุเหลือใช้และปริมาณขยะสูงมากขึ้นตามไปด้วย (Kaewprayoon, 2015) โดยพฤติกรรมการจัดการขยะของแต่ละครัวเรือนคือการนำเอาขยะใส่ภาชนะถังเดียวโดยไม่แยกประเภทของขยะ จึงทำให้ปริมาณขยะที่นำไปใส่ภาชนะหรือถังขยะมีสารตกค้างเกิดกลิ่นเหม็น ก่อความรำคาญ เป็นแหล่งเพาะพันธุ์พาหะนำโรค (Phungmuai, 2012) และส่งผล

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คือ ก่อให้เกิดการปนเปื้อน การแพร่กระจายของสารอันตรายเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในชุมชน เนื่องจากถ่านไฟฉาย มีส่วนประกอบของแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) ถ้าใช้ไปนาน ๆ ถ่านไฟฉายจะบวมและทำให้สารเคมีตัวนี้ไหลออกมาได้เป็นสารที่มีอันตราย ถ้าเข้าสู่ร่างกายจะไปทำลายระบบประสาทของร่างกาย หลอดฟลูออเรสเซนต์มีสารปรอทเป็นองค์ประกอบ เมื่อแตกไอลูบหลอดที่มีการบรรจุอยู่ภายในจะระเหยออกเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจสารพิษของปรอทจะสะสมในร่างกาย ทำให้อารมณ์ฉุนเฉียว หงุดหงิด โมโหง่าย บางรายมีอาการชาตามมือเท้า กล้ามเนื้ออ่อนแรง และถ้าได้รับในปริมาณมากจะเป็นอัมพาตได้ในเบตเตอร์รถยนต์มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ แผ่นตะกั่ว แผ่นตะกั่วออกไซด์ สารละลายกรดซัลฟิวริก สารตะกั่ว มีอันตรายเพราะไปทำลายเม็ดโลหิตแดง และระบบประสาทของร่างกายได้ (Pollution Control Department, 2017) จากการจัดการของเสียอันตรายของแต่ละครัวเรือนที่มีปัญหาดังกล่าว จึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะศึกษาศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชนหมู่บ้านแห่งหนึ่ง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งผลการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์แก่หน่วยงานท้องถิ่น หรือหน่วยงานที่รับผิดชอบ เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาด้านพฤติกรรมของการจัดการของเสียอันตรายต่อไป

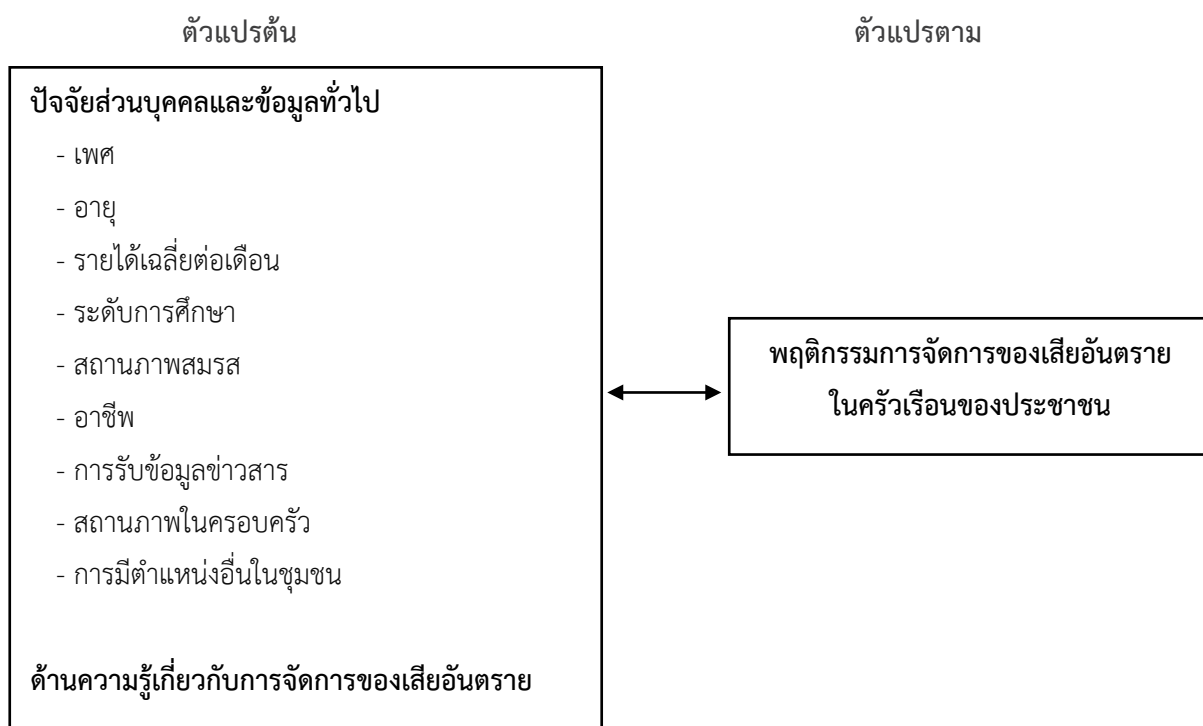
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความรู้ ทักษะและพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและข้อมูลทั่วไป ความรู้ ทักษะกับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน

สมมติฐานการวิจัย

ปัจจัยส่วนบุคคลและข้อมูลทั่วไป ความรู้ ทักษะจะส่งผลทำให้เกิดพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชนเพิ่มขึ้น

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional analytics study) เพื่อหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชนหมู่บ้านแห่งหนึ่งอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้แบบสอบถามในการเก็บและรวบรวมข้อมูลจำนวน 287 ครัวเรือน จะทำการศึกษาตั้งแต่เดือนธันวาคม 2561 ถึง เดือนตุลาคม 2562

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง โดยมีการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามสูตรของของทาโร ยามานะ (Yamane, 1973) ดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

เมื่อ n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N แทน ขนาดของประชากร

e แทน ระดับความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้

$$\text{แทนค่า } n = \frac{750}{1 + (750)(0.05)^2}$$

$$n = \frac{750}{2.875}$$

$$n = 260.86 \sim 261 \text{ ครัวเรือน}$$

เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจะบวกเพิ่มอีกร้อยละ 10 จะต้องเก็บแบบสอบถามทั้งหมด 287 ครัวเรือน โดยมีการสุ่มตัวอย่างอย่างมีระบบ (systematic sampling) ตามสูตร ดังนี้

$$I = \frac{N}{n} \quad (2)$$

เมื่อ I แทน ช่วงของการสุ่ม

N แทน จำนวนประชากรทั้งหมด

n แทน ขนาดของตัวอย่างที่ต้องการ

$$\text{แทนค่า } I = \frac{750}{287}$$

$$I = 2.61 \sim 3$$

ดังนั้นช่วงการสุ่ม เท่ากับ 3 จากนั้นทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. จับฉลากจับเลขสุ่มหาผู้ตอบแบบสอบถามรายแรก
2. สุ่มหากลุ่มตัวอย่างจนครบ 287 ครั้วเรือน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้รวบรวมเป็นแบบสอบถามที่กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ตอบเอง ประกอบด้วย 5 ส่วน ดังนี้

1. ข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลทั่วไป จำนวน 9 ข้อ
2. ความรู้เรื่องการจัดการของเสียอันตรายในครั้วเรือน ซึ่งเป็นคำถามลักษณะปลายปิด แบบเลือกตอบ ถูก/ผิด จำนวน 12 ข้อ การแปลผลจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยใช้เกณฑ์คะแนนตามกลุ่มตามความคิดของบลูม (Bloom, 1968) ดังนี้

ระดับมาก = คะแนนตั้งแต่ร้อยละขึ้นไป 80
(คะแนน ≥ 28)

ระดับปานกลาง = คะแนนระหว่างร้อยละ 60-79
(21-27 คะแนน)

ระดับน้อย = คะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60
(≤ 21 คะแนน)

3. ทักษะการจัดการจัดการของเสียอันตรายในครั้วเรือน โดยการให้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการของเสียอันตรายในครั้วเรือน โดยใช้การประมาณค่า แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย จำนวน 8 ข้อ การแปลผลจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยใช้เกณฑ์คะแนนตามกลุ่มตามความคิดของเบสท์ (Best, 1977) ดังนี้

$$\frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} \quad (3)$$

มีทัศนคติอยู่ในระดับมาก = คะแนน ≥ 18.8

มีทัศนคติอยู่ในระดับปานกลาง = คะแนนระหว่าง 13.4-18.7 คะแนน

มีทัศนคติอยู่ในระดับน้อย = คะแนน ≤ 13.3

4. เรื่องพฤติกรรมกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครั้วเรือน โดยใช้การประมาณค่า แบ่งเป็น 3 ระดับ ดังนี้ ปฏิบัติเป็นประจำ ปฏิบัติเป็นบางครั้ง ไม่เคย จำนวน 13 ข้อ การแปลผลจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยใช้เกณฑ์คะแนนตามกลุ่มตามความคิดของเบสท์ (Best, 1977) ดังนี้

$$\frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} \quad (4)$$

มีพฤติกรรมอยู่ในระดับมาก = คะแนน ≥ 30.2

มีพฤติกรรมอยู่ในระดับปานกลาง = คะแนนระหว่าง 21.7-30.1

มีพฤติกรรมอยู่ในระดับน้อย = คะแนน ≤ 21.6

แบบสอบถามฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและการใช้ภาษา (content validity) จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน โดยต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป และพบว่าในงานวิจัยนี้ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.7-1.0 (Rovinelli & Hambleton, 1977) จากนั้นนำเครื่องมือไปตรวจสอบความเชื่อมั่น (reliability) โดยนำไปทดลองใช้กับประชาชนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย แต่เป็นประชากรที่คล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างมาก จำนวนทั้งสิ้น 30 คน แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ค่าที่ยอมรับได้ เท่ากับ 0.7 และงานวิจัยนี้ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.80 (Kaiwan, 2015)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยฉบับนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยได้เลขที่รับรองจริยธรรมในมนุษย์คือ IRB No. 0493/62 และผู้ศึกษาได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการศึกษาให้กลุ่มตัวอย่างทราบ พร้อมทั้งให้ข้อมูลเกี่ยวกับสิทธิในการปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัยโดยจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อกลุ่มตัวอย่าง และกลุ่มตัวอย่างที่เห็นยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสามารถปฏิเสธการเข้าร่วมได้ทุกเวลา ข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจะเป็นความลับ ไม่ถูกเปิดเผยเป็นรายบุคคล ไม่ระบุชื่อกลุ่มตัวอย่างใน

แบบสอบถามและข้อมูลจะนำเสนอในภาพรวมและนำมาใช้เฉพาะในการศึกษาครั้งนี้เท่านั้น โดยกลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง จำนวน 1 ครั้ง โดยใช้เวลาในการตอบ 15-30 นาที

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ศึกษานำข้อมูลที่รวบรวมได้ไปตรวจสอบความถูกต้องและครบถ้วนก่อนนำไปวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรม SPSS 2019 โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนี้

1. วิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคลและข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน อาชีพ ระดับการศึกษา การรับรู้ข่าวสารของประชาชน โดยใช้สถิติพรรณนา (descriptive statistics) โดยการวิเคราะห์จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ทัศนคติการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชนหมู่ 5 บ้านบางพะยอมใต้ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Chi-square

ผลการวิจัย

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชาชนที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 58.20 มีอายุอยู่ในช่วง 34-47

ตาราง 1

จำนวน ร้อยละและค่าเฉลี่ยของความรู้เรื่องการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน (n = 287)

ความรู้การจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือน	ตอบถูก n (%)	ตอบผิด n (%)	$\bar{X}$
1. ขวดยาฆ่าแมลงสามารถนำกลับมาบรรจุสิ่งของได้	229 (79.80)	58 (20.20)	0.80
2. การเลือกใช้ถ่านไฟฉายที่สามารถนำกลับมาชาร์ตได้ เป็นการลดปริมาณของเสียอันตรายในครัวเรือนอย่างหนึ่ง	233 (81.20)	54 (18.80)	0.81
3. ขวดยาฆ่าแมลงหรือกระป๋องสเปรย์กำจัดแมลงที่ใช้หมดแล้ว สามารถนำไปกำจัดโดยฝังกลบซึ่งต้องขุดหลุมลึกอย่างน้อย 50 เซนติเมตร	226 (78.70)	61 (21.30)	0.79

ปี ร้อยละ 36.90 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 31,333.33 บาท ร้อยละ 98.30 จบการศึกษาประถมศึกษา ร้อยละ 49.50 และมีสถานภาพสมรส คือ สมรส ร้อยละ 66.90 เคยได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการของเสียอันตราย ร้อยละ 89.90 ประกอบอาชีพรับจ้างมากที่สุด ร้อยละ 28.60 ส่วนใหญ่เป็นสมาชิกในครัวเรือน ร้อยละ 91.30 และไม่มีตำแหน่งในชุมชน ร้อยละ 94.80

ความรู้เรื่องการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือน

ส่วนใหญ่ประชาชนมีความรู้เรื่องการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 85.70 โดยประชาชนส่วนใหญ่มีความรู้ที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับขวดยาฆ่าแมลงหรือกระป๋องสเปรย์กำจัดแมลงที่ใช้หมดแล้ว สามารถนำไปกำจัดโดยฝังกลบซึ่งต้องขุดหลุมลึกอย่างน้อย 50 เซนติเมตร ร้อยละ 21.30 ดังตาราง 1

เมื่อวิเคราะห์ผลเป็นรายข้อ พบว่า ประชาชนมีความรู้มากที่สุดเกี่ยวกับ “ของเสียอันตรายควรทิ้งลงถังขยะอันตรายสีแดงที่ไม่รั่วซึม หรือสถานที่ที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจัดเตรียมไว้ให้” โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 0.97 แต่ยังขาดความรู้มากที่สุดเกี่ยวกับ “ขวดยาฆ่าแมลงหรือกระป๋องสเปรย์กำจัดแมลงที่ใช้หมดแล้ว สามารถนำไปกำจัดโดยฝังกลบซึ่งต้องขุดหลุมลึกอย่างน้อย 50 เซนติเมตร” โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 0.79 (ตาราง 2)

ตาราง 1 (ต่อ)

ความรู้การจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือน	ตอบถูก n (%)	ตอบผิด n (%)	$\bar{X}$
4. การคัดแยกของเสียอันตรายในครัวเรือนก่อนนำไปทิ้งเป็นสิ่งจำเป็น	264 (92.00)	23 (8.00)	0.92
5. สารปรอทที่อยู่ในแบตเตอรี่เมื่อไหลลงสู่สิ่งแวดล้อม ส่งผลให้เกิดการสะสมในพืชและสัตว์	269 (93.70)	18 (6.30)	0.94
6. ของเสียอันตรายในครัวเรือนหากกำจัดไม่ถูกหลัก จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพได้	267 (93.00)	20 (7.00)	0.93
7. การทิ้งหลอดไฟ แบตเตอรี่ เครื่องใช้ไฟฟ้า จะมีผลต่อการตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน เช่น สารปรอท ตะกั่ว	276 (96.20)	11 (3.80)	0.96
8. การได้รับสารตะกั่วจากแบตเตอรี่ในปริมาณมาก ทำให้เกิดปัญหาสุขภาพระยะยาวได้ เช่น ระบบการทำงานของไตและความพิการแต่กำเนิด	265 (92.30)	22 (7.70)	0.92
9. กุระปองสารเคมี หลอดไฟ แบตเตอรี่ และเครื่องใช้ไฟฟ้า ควรทิ้งในถังขยะอันตรายสีแดงเท่านั้น	250 (87.1)	37 (12.90)	0.87
10. สารอันตรายในถ่านไฟฉาย ได้แก่ แมงกานีส ปรอท และโลหะหนักอื่น ๆ ซึ่งสามารถทำให้เกิดโรคมะเร็ง	266 (92.70)	21 (7.30)	0.93
11. ของเสียอันตรายในครัวเรือน สามารถทิ้งบริเวณท่อระบายน้ำ หรือแหล่งน้ำสาธารณะได้	235 (81.90)	52 (18.10)	0.82
12. ของเสียอันตรายควรทิ้งลงถังขยะอันตรายสีแดงที่ไม่รั่วซึม หรือสถานที่ที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจัดเตรียมไว้ให้	279 (97.20)	8 (2.80)	0.97

ตาราง 2

จำนวน และร้อยละของระดับความรู้เรื่องการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน (n = 287)

ระดับความรู้	จำนวน	ร้อยละ
ความรู้ระดับควรปรับปรุง	9	3.10
ความรู้ระดับปานกลาง	32	11.10
ความรู้ระดับดี	246	85.70
รวม	287	100.00

ทัศนคติเรื่องการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือน ประชาชนส่วนใหญ่มีทัศนคติเรื่องการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 74.60 ส่วนข้อที่ประชาชนส่วนใหญ่มีทัศนคติในเชิงลบมากที่สุด คือ ท่านคิดว่าการคัดแยกของเสียอันตรายในครัวเรือนเป็นเรื่องยุ่งยากและเสียเวลา ดังตาราง 3

เมื่อวิเคราะห์ผลเป็นรายข้อ พบว่า ประชาชนมีทัศนคติเชิงลบมากที่สุดเกี่ยวกับ “ท่านคิดว่าควรคัดแยกของเสียอันตรายจากแหล่งกำเนิด เช่น บ้านเรือน ที่อยู่อาศัย เป็นต้น” โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 2.72 แต่ยังมีทัศนคติเชิงลบมากที่สุดเกี่ยวกับ “ท่านคิดว่าการคัดแยกของเสียอันตรายในครัวเรือนเป็นเรื่องยุ่งยาก และเสียเวลา” โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 1.55 (ตาราง 4)

ตาราง 3

จำนวน ร้อยละและค่าเฉลี่ยของทัศนคติเรื่องการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน (n = 287)

ทัศนคติการจัดการของเสียอันตราย ในครัวเรือน	เห็นด้วย n (%)	ไม่แน่ใจ n (%)	ไม่เห็นด้วย n (%)	$\bar{X}$
1. ท่านคิดว่าการแก้ไขปัญหาของเสียอันตรายในครัวเรือน เป็นหน้าที่ของหน่วยงานราชการเท่านั้น	56 (19.50)	60 (20.90)	171 (59.60)	1.59
2. ท่านคิดว่าการคัดแยกของเสียอันตรายในครัวเรือนเป็น เรื่องยุ่งยาก และเสียเวลา	50 (17.40)	59 (20.60)	178 (62.00)	1.55
3. ท่านคิดว่าควรคัดแยกของเสียอันตรายจากแหล่งกำเนิด เช่น บ้านเรือน ที่อยู่อาศัย เป็นต้น	222 (77.40)	51 (17.80)	14 (4.90)	2.72
4. ท่านคิดว่าถ้าไฟฟ้าและน้ำประปาที่มีของเหลว ไหลออกมา สามารถใช้มือเปล่าจับได้	56 (19.50)	88 (30.70)	143 (49.80)	1.70
5. ท่านคิดว่าขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายในครัวเรือน สามารถฝังกลบด้วยวิธีการเดียวกันได้	40 (13.90)	90 (31.40)	157 (54.70)	1.59
6. ท่านคิดว่าการเผาของเสียอันตรายนอกจากจะเป็นอันตราย ต่อสุขภาพแล้ว ยังทำให้เกิดการสะสมในอากาศ ในน้ำ ในดิน ในพืชและสัตว์ได้	194 (67.60)	78 (27.20)	15 (5.20)	2.62
7. ท่านคิดว่าซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีสารโบรมีน ที่สามารถทำลายการทำงานของตับ และเป็น สารก่อมะเร็งที่ร้ายแรง	186 (64.80)	94 (32.80)	7 (2.40)	2.62
8. ท่านคิดว่าการคัดแยกของเสียอันตรายไว้ในภาชนะอุปกรณ์ ที่มีฉนวนกันความร้อน ช่วยป้องกันสารเคมีรั่วไหลได้	180 (62.70)	102 (35.50)	5 (1.70)	2.61

ตาราง 4

จำนวน และร้อยละของระดับทัศนคติเรื่องการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน (n = 287)

ระดับทัศนคติ	จำนวน	ร้อยละ
ทัศนคติระดับควรปรับปรุง	0	0.00
ทัศนคติระดับปานกลาง	73	25.40
ทัศนคติระดับดี	214	74.60
รวม	287	100.00

พฤติกรรมจัดการขยะติดเชื้อ

ประชาชนส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายอยู่ในระดับดี ร้อยละ 71.40 และสำหรับพฤติกรรมที่ประชาชนปฏิบัติไม่ถูกต้องมากที่สุด คือ ท่านสวมหน้ากากอนามัยระหว่างการสัมผัสของเสียอันตรายในครัวเรือน เช่น ครอบงายสารเคมี ดังตาราง 5

เมื่อวิเคราะห์ผลเป็นรายข้อ พบว่า ประชาชนมี

พฤติกรรมที่เหมาะสมมากที่สุดเกี่ยวกับ “หลังจากนำของเสียอันตรายในครัวเรือนไปกำจัด ท่านล้างมือให้สะอาดด้วยสบู่และน้ำสะอาด” โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 2.75 แต่ยังมีพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมมากที่สุดเกี่ยวกับ “ท่านสวมหน้ากากอนามัยระหว่างการสัมผัสของเสียอันตรายในครัวเรือน เช่น ครอบงายสารเคมี” โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 1.18 (ตาราง 6)

ตาราง 5

จำนวน ร้อยละและค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน (n = 287)

พฤติกรรมจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือน	ปฏิบัติ ประจำ	ปฏิบัติ บางครั้ง	ไม่เคย ปฏิบัติ	$\bar{X}$
	n (%)	n (%)	n (%)	
1. ท่านนำหลอดไฟฟ้าที่เสียแล้วใส่ไว้ในกล่องเดิม หรือห่อด้วยหนังสือพิมพ์ ระหว่างนำไปทิ้งในตูรับขยะอันตรายในหมู่บ้าน	133 (46.30)	139 (48.40)	15 (5.20)	2.41
2. ท่านคัดแยกขยะอันตรายประเภทหลอดไฟฟ้า ซากแบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย ขวดยาฆ่าแมลง ออกจากขยะประเภทอื่น	155 (54.00)	127 (44.30)	5 (1.70)	2.52
3. ท่านกำจัดของเสียอันตรายในครัวเรือนโดยการเผา	22 (7.70)	145 (50.50)	120 (41.80)	1.66
4. ท่านสวมถุงมือระหว่างการสัมผัสของเสียอันตรายในครัวเรือน เช่น กระป๋องสารเคมี แบตเตอรี่	100 (34.80)	129 (44.90)	58 (20.20)	2.15
5. หลังจากนำของเสียอันตรายในครัวเรือนไปกำจัด ท่านล้างมือให้สะอาดด้วยสบู่และน้ำสะอาด	223 (77.70)	57 (19.90)	7 (2.40)	2.75
6. ท่านเก็บซากของเสียอันตรายในครัวเรือนไว้ในที่ร่มอย่างมิดชิด ห่างไกลจากเด็กและสัตว์เลี้ยง	194 (67.60)	73 (25.40)	20 (7.00)	2.61
7. ท่านทำการฝังกลบของเสียอันตรายในครัวเรือนที่ใช้แล้ว โดยขุดหลุมลึกอย่างน้อย 50 เซนติเมตร	90 (31.40)	121 (42.20)	76 (26.50)	2.05
8. ท่านนำของเสียอันตรายในครัวเรือนกลับมาใช้ใหม่ เช่น การนำกระป๋องสารเคมีมาดัดแปลงเป็นภาชนะใส่ของ	19 (6.60)	52 (18.10)	216 (75.30)	1.42
9. ท่านทิ้งของเสียอันตรายในครัวเรือนลงสู่แหล่งน้ำ หรือพื้นที่สาธารณะ เมื่อใช้งานเสร็จแล้ว	17 (5.90)	54 (18.80)	216 (75.30)	1.31
10. ท่านสวมหน้ากากอนามัยระหว่างการสัมผัสของเสียอันตรายในครัวเรือน เช่น กระป๋องสารเคมี	118 (41.10)	103 (35.90)	66 (23.00)	1.18
11. ท่านเก็บของเสียอันตรายในครัวเรือนไว้รวมกับของใช้ทั่วไปภายในบ้าน	66 (23.00)	43 (15.00)	148 (51.60)	1.71
12. ท่านเลือกซื้อสินค้าที่สามารถใช้งานได้ยาวนาน เพื่อเป็นการลดปริมาณของเสียอันตรายที่จะเกิดขึ้น เช่น ถ่านไฟฉายที่สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้	147 (51.20)	129 (44.90)	11 (3.80)	2.47
13. ท่านนำของเสียอันตรายในครัวเรือนไปทิ้งลงในถังขยะอันตรายสีแดง หรือตูรับขยะอันตรายที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้จัดเตรียมไว้ให้ทันที	176 (61.30)	94 (32.80)	17 (5.90)	2.55

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลทั่วไปของประชาชนกับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน พบว่า ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส การได้รับข้อมูลข่าวสาร และอาชีพ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$ $p = .009$ $p < .001$ และ $p < .001$ ตามลำดับ) ดังตาราง 7

ตาราง 6

จำนวน และร้อยละ ของระดับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน ($n = 287$)

ระดับพฤติกรรม	จำนวน	ร้อยละ
พฤติกรรมระดับควรปรับปรุง	1	0.30
พฤติกรรมระดับปานกลาง	81	28.20
พฤติกรรมระดับดี	205	71.40
รวม	287	100.00

ตาราง 7

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลทั่วไปของประชาชนกับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน ($n = 287$)

ปัจจัย	$\bar{X}$	p-value
ระดับการศึกษา	38.308	.000**
สถานภาพสมรส	16.440	.009*
การได้รับข้อมูลข่าวสาร	22.741	.000**
อาชีพ	33.341	.000**

หมายเหตุ * = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ Fisher's Exact test

** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ Fisher's Exact test

ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน พบว่า ความรู้มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Fisher's Exact test=23.428, $p < .001$) ดังตาราง 8

ความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติกับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน พบว่า ทัศนคติมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Fisher's Exact test=32.162, $p < .001$) ดังตาราง 9

ตาราง 8

ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน (n=287)

ความรู้	พฤติกรรม			$\bar{X}$	p-value
	น้อย	ปานกลาง	มาก		
	n (%)	n (%)	n (%)		
น้อย	1 (0.30)	6 (2.10)	2 (0.70)	23.428	.000*
ปานกลาง	0 (0.00)	15 (5.20)	17 (5.90)		
มาก	0 (0.00)	60 (20.90)	186 (64.80)		

หมายเหตุ * = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ Fisher's Exact test

ตาราง 9

ความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติกับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน (n=287)

ทัศนคติ	พฤติกรรม			$\bar{X}$	p-value
	น้อย	ปานกลาง	มาก		
	n (%)	n (%)	n (%)		
น้อย	1 (0.30)	6 (2.10)	2 (0.70)	23.428	.000*
ปานกลาง	0 (0.00)	15 (5.20)	17 (5.90)		
มาก	0 (0.00)	60 (20.90)	186 (64.80)		

หมายเหตุ * = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ Fisher's Exact test

การอภิปรายผล

ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส การได้รับข้อมูลข่าวสาร และอาชีพ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$ $p = .009$ $p < .001$ และ $p < .001$ ตามลำดับ) และสอดคล้องกับผลการการศึกษาของ Bassi, Christensen and Damgaard (2018) พบว่า ระดับการศึกษาที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยในครัวเรือนในยุโรป โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และสอดคล้องกับการศึกษาของ Uparasit, Na ChiangMai and Chawapong (2015) พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของครัวเรือนในเขตเทศบาลตำบลสันโป่ง อำเภอ

แม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ คือ การรับรู้ข่าวสาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000 และสอดคล้องกับผลการการศึกษาของ Khongnork (2012) พบว่า อาชีพมีความสัมพันธ์กับการจัดการขยะชุมชน เทศบาลตำบลดอนหวายอำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ส่วนใหญ่ประชาชนมีความรู้เรื่องการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 85.70 โดยประชาชนส่วนใหญ่มีความรู้ที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับขุดยาฆ่าแมลงหรือกระป๋องสเปรย์กำจัดแมลงที่ใช้หมดแล้วสามารถนำไปกำจัดโดยฝังกลบซึ่งต้องขุดหลุมลึกอย่างน้อย 50 เซนติเมตร ร้อยละ 21.30 โดยวิธีการฝังกลบที่ถูกต้องนั้นมิดังนี้ ขุดหลุมลึกอย่างน้อย 1 เมตร รองก้นหลุมด้วยปูนขาวเพื่อลดความเป็นพิษของสารเคมี นำ

ภาชนะบรรจุฝังและโรยปูนขาวสลับเป็นชั้น ๆ ความหนาแต่ละชั้นประมาณ 10-15 เซนติเมตร ปิดกลบชั้นสุดท้ายด้วยดินหนา 50 เซนติเมตร ให้อยู่ในระดับเสมอกับพื้นดินเดิมติดป้ายข้อความ “อันตราย” และล้อมรั้ว (Pollution Control Department, 2018)

ความรู้มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากความรู้ (knowledge) เป็นขั้นแรกของพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความสามารถในการจดจำอาจจะโดยการนึกได้ มองเห็น ได้ยิน หรือได้ฟัง ซึ่งความรู้เกิดจากการจดจำได้ และระลึกได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้ความคิดที่ซับซ้อน ดังนั้นการจำได้หรือระลึกได้จึงเป็นกระบวนการที่สำคัญทางจิตวิทยาและเป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่พฤติกรรมที่ก่อให้เกิดความเข้าใจการนำไปใช้ ในการวิเคราะห์ สังเคราะห์และการประเมินผล ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ความคิดและความสามารถทางสมองมากขึ้น (Hospers, 1996) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nateewattana and Tienthavor (2017) ได้ศึกษาความรู้ ทักษะ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการลดขยะชุมชน แม้กา อำเภอมือง จังหวัดพะเยา โดยมีกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 486 คน จาก 18 หมู่บ้าน ผลการวิจัยพบว่า ระดับความรู้ของชุมชนในการลดขยะตามหลัก 5R ได้แก่ การลดการใช้ การใช้อ้าง การนำกลับมาใช้ใหม่ การซ่อมแซม การปฏิเสธการไม่ใช้ อยู่ในระดับมาก ทักษะและพฤติกรรมในการลดขยะในการซื้อสิ่งของตามความจำเป็น หลัก 5R และการจัดการขยะตามลำดับขั้นอยู่ในระดับเห็นด้วยและระดับมาก ส่วนตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการลดขยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อายุ ชนิดของขยะที่ศึกษา สื่อที่รับข่าวสาร อาชีพ สถานภาพ และความรู้ตามหลัก 5R ซึ่งการศึกษานี้พบว่าระดับการศึกษาและและยังพบว่าการได้รับข้อมูลข่าวสารนั้นมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าประชาชนที่มีระดับการศึกษาในระดับปริญญาตรีขึ้นไปจะมีพฤติกรรมที่ดีกว่าในระดับต่ำลงมาและไม่ได้รับการศึกษา โดยกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ส่วนใหญ่จบการศึกษาประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 49.50 ซึ่งเป็นครึ่งหนึ่งของกลุ่มตัวอย่าง จึงควรมีการเสริมความรู้หรือเพิ่มช่องทางการสื่อสารให้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีระดับการศึกษาต่ำ เนื่องจากพบความสัมพันธ์

ระหว่างความรู้และพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน

จากงานวิจัยนี้ พบว่า ทักษะมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนของประชาชน โดยประชาชนที่มีทักษะคิดเชิงบวกนั้นจะมีพฤติกรรมที่เหมาะสมในการจัดการของเสีย แต่ประชาชนที่มีทักษะคิดเชิงลบจะมีการจัดการที่ไม่เหมาะสม แม้ว่าประชาชนส่วนใหญ่มีทักษะคิดเรื่องการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 74.60 ในประเด็นที่ประชาชนมีทัศนคติในเชิงลบ ได้แก่ ท่านคิดว่าการคัดแยกของเสียอันตรายในครัวเรือนเป็นเรื่องยุ่งยาก และเสียเวลา อย่างไรก็ตามวิธีการคัดแยกขยะอันตรายนั้นหากมีความรู้เบื้องต้นก็ไม่ใช่วิธีที่ยุ่งยาก โดยวิธีการคัดแยก ดังต่อไปนี้ ก่อนที่จะพิจารณาขยะในมือของท่านว่าเป็นขยะที่ก่อให้เกิดอันตรายหรือมีพิษต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ โดยจะมีฉลากหรือ ภาพสัญลักษณ์ที่ติดบนภาชนะบรรจุ เช่น สัญลักษณ์สารไวไฟจะพบเห็นบนภาชนะที่บรรจุก๊าซหุงต้ม น้ำมันเชื้อเพลิง ทินเนอร์ ผงซักฟอก สัญลักษณ์สารมีพิษ จะพบเห็นบนภาชนะบรรจุประเภทน้ำยาล้างห้องน้ำ สารฆ่าแมลง สารปรอท ในหลอดฟลูออเรสเซนต์ สัญลักษณ์สารกัดกร่อนจะพบเห็นบนภาชนะบรรจุน้ำกรดในแบตเตอรี่รถยนต์ หรือภาชนะบรรจุน้ำยาทำความสะอาด และสามารถสังเกตคำเตือนที่ระบุอยู่ข้างภาชนะบรรจุ เช่น ห้ามรับประทาน ห้ามเผาอันตราย DANGER, TOXIC, CORROSIVE, และ FLAMMABLE เป็นต้น จากนั้นจัดเก็บขยะอันตรายในภาชนะบรรจุเดิมเพื่อป้องกันการแตกหัก เช่น เมื่อเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ใหม่ให้เก็บหลอดเก่าในกล่องเหมือนเดิมหรือห่อด้วยกระดาษ หนังสือพิมพ์ เป็นต้น ขยะอันตรายที่เป็นของเหลวควรแยกประเภทไม่เทรวมกัน โดยเก็บไว้ในภาชนะที่ไม่รั่วซึมอยู่ในที่ร่มและให้พ้นมือเด็ก แล้วนำไปทิ้งในภาชนะหรือสถานที่ที่กำหนด เพื่อรอการเก็บรวบรวมและนำไปกำจัดอย่างปลอดภัย และแยกทิ้งให้ถูกถังขยะพิษ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ถ่านไฟฉาย หรือแบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ ภาชนะบรรจุสารกำจัดแมลงหรือวัชพืช กระบองสีสเปรย์ กระบองสารกำจัดแมลง ภาชนะบรรจุสารเคมี ฯลฯ ในถังรองรับขยะอันตรายที่มีสีแดงเท่านั้น ไม่ทิ้งขยะอันตรายปะปนไปกับขยะทั่วไป และไม่นำไปเผา ฝังดินหรือทิ้งลงท่อระบายน้ำ เพราะจะทำให้สารพิษ มีการปนเปื้อนใน

สิ่งแวดล้อมได้ สุดท้ายติดต่อหน่วยงานที่มีหน้าที่กำจัดขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเพื่อรับขยะอันตรายเพื่อนำไปกำจัดอย่างถูกวิธี (Pollution Control Department, 2010)

ทัศนคติมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจาก Gibson (2000) ให้ความหมายของทัศนคติไว้ว่า ทัศนคติ คือ ตัวตัดสินพฤติกรรม เป็นความรู้สึกเชิงบวกหรือเชิงลบ เป็นสภาวะจิตใจในการพร้อมที่จะส่งผลกระทบต่อตอบสนองของบุคคลนั้น ๆ ต่อบุคคลอื่น ๆ ต่อวัตถุหรือต่อสถานการณ์ โดยที่ทัศนคตินี้สามารถเรียนรู้หรือจัดการได้โดยใช้ประสบการณ์ ซึ่งสอดคล้องกับ Khongpirun, Thiphom and Chanthorn (2017) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมจัดการขยะ ในหมู่บ้านโป่งปะ ตำบลแก่งโสภา อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ผลการศึกษาพบว่า ความรู้และความตระหนัก ในการจัดการขยะมูลฝอยมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมความรู้ในเรื่องการคัดแยกขยะที่ยังอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำ และจัดให้มีถังขยะสาธารณะไว้บริการในพื้นที่ เนื่องจากพื้นที่นี้เป็นพื้นที่ชนบทจึงมักจะใช้การเผาเป็นวิธีการกำจัดขยะเป็นส่วนใหญ่ ที่สำคัญที่สุดต้องสร้างจิตสำนึกให้ประชาชนคำนึงถึงความสำคัญของการแยกขยะและการกำจัดขยะที่ถูกต้อง โดยประโยชน์สำหรับงานวิจัยนี้สามารถนำไปปรับใช้เป็นแนวทางให้ชุมชนอื่นไปใช้ในการวางแผนการจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพซึ่งนำไปสู่การลดปัญหาขยะในชุมชนต่อไปในอนาคต

ถึงแม้ว่าประชาชนส่วนใหญ่มีพฤติกรรมจัดการของเสียอันตรายอยู่ในระดับดี ร้อยละ 71.40 แต่พฤติกรรมที่ประชาชนปฏิบัติไม่ถูกต้องมากที่สุด คือ ทาน

สวมหน้ากากอนามัยระหว่างการสัมผัสของเสียอันตรายในครัวเรือน ซึ่งจะทำให้ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยตามมาได้ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์มีสารปรอทเป็นองค์ประกอบ เมื่อแตกไอรอทที่มีการบรรจุอยู่ภายในจะระเหยออกเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจสารพิษของปรอทจะสะสมในร่างกาย ทำให้อารมณ์ฉุนเฉียว หงุดหงิด โมโหง่าย บางรายมีอาการชาตามมือเท้า กล้ามเนื้ออ่อนแรง และถ้าได้รับในปริมาณมากจะเป็นอัมพาตได้ (Pollution Control Department, 2017) จากความสัมพันธ์ที่พบในงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาด้านพฤติกรรมของการจัดการของเสียอันตรายต่อไป โดยจัดโปรแกรมหรือการอบรมเพื่อส่งเสริมความรู้และทัศนคติในกลุ่มตัวอย่างที่ยังพบว่ามีพฤติกรรมอยู่ในระดับต่ำ ได้แก่ ประชาชนที่ไม่ได้รับการศึกษา เป็นโสด มีระดับการรับรู้ข้อมูลข่าวสารต่ำ และอาชีพนักเรียน/นักศึกษา เพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพตามมาโดยรูปแบบของกิจกรรมนั้นอาจจะมีการสร้างความรู้ ความคิด ทัศนคติ และพฤติกรรมของการจัดการขยะมูลฝอย โดยมีวิธีการที่ประกอบด้วยเทคนิควิธีการ การบรรยาย การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การอภิปรายกลุ่มการสาธิตและฝึกปฏิบัติร่วมกับหลักการมีส่วนร่วม และการสร้างแรงจูงใจในการดำเนินกิจกรรม Hongthong and Chaichalerm (2017)

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษารูปแบบการให้ความรู้หรือกระบวนการสร้างเสริมพฤติกรรมจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนที่ปลอดภัยให้กับประชาชน เพื่อให้ประชาชนมีการจัดการของเสียอันตรายในครัวเรือนได้อย่างถูกวิธี หรือนำไปสู่การดูแลตนเองที่ดีและเหมาะสมกับพฤติกรรมของประชาชนอย่างยั่งยืนต่อไป



References

- Bassi, S. A., Christensen T. H., & Damgaard, A. (2018). Environmental performance of household waste management in Europe-An example of 7 countries. *Waste Management*, 69, 545-557. doi: 10.1016/j.wasman.2017.07.042

- Best, J. W. (1997). *Research in education*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Bloom, S. B. (1975). *Human characteristics and school learning*. New York: McGraw Hill.
- Gibson, J. (2000). *Organization, behavior, structure, processes*. New York: McGraw-Hill.
- Hospers, J. (1996). *An introduction to philosophical analysis*. Colorado, Denver: Pearson Education, University of Colorado, Denver.
- Department of Environmental Quality Promotion. (2019). *Situation for pollution in 2019*. Retrieved from http://www.pcd.go.th/file/Thailand%20Pollution%20Report%202018_Thai.pdf. (in Thai)
- Hongthong, P., & Chaichalerm, S. (2017). Effect of behavioral program for behavior modification of solid waste management in Pongprasarts Ubdistrict, Bangsapan District, Prachuap Khiri Khan Province. *Research 4.0 Innovation and Development SSRU's 80th Anniversary*, 1(8), 1864-1874. (in Thai)
- Khongpirun W., Thiphom, S., & Chanthorn, W. (2017). Factors associated with waste management behaviors among Pongpa Village, Kaeng Sopha Sub-district, Wang Thong District, Phitsanulok Province, Thailand. *Journal of Health Science*, 26(2), 310-321. (in Thai)
- Kaewprayoon, S. (2015). *Knowledge, attitude and behavior in household waste management of people in Khuanlang Municipality, Hat Yai District, Songkhla Province* (Master's thesis). Hatyai University. Songkhla. (in Thai)
- Kaiwan, Y. (2015). *The main research and statistics using SPSS program*. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)
- Khongnork, P. (2012). *A study on waste management of population in Don Wai Non Sung Municipal District, Nakhon Ratchasima* (Master's thesis). Suranaree University. Nakhon Ratchasima (in Thai)
- Nateewattana J., & Tientavor V. (2017). Knowledge and attitude to waste reduction behavior of Mae Ka Community, Muang District, Phayao Province. *Thai Science and Technology Journal*, 25(2), 316-330. (in Thai)
- Phungmuai, T. (2012). *The Problem of garbage and solid waste management model appropriate to the Wongkong prompiram District Phitsanulok Province to Sustainable development* (Master's thesis). Pibulsongkram Rajabhat University. Phitsanulok (in Thai)
- Pollution Control Department. (2010). *Manual for hazardous waste separation from community*. Retrieved from <http://www.ss-muni.go.th/ss-muni/mainfile/uploadsfiles 135.pdf>. (in Thai)
- Pollution Control Department. (2017). *Major plan for waste management in Thailand (during 2016-2021)*. Retrieved from <https://bit.ly/36nreZ1> (in Thai)
- Pollution Control Department. (2017). *Report for hazardous waste in community in 2017*. Retrieved from <https://bit.ly/31Zhtg8> (in Thai)

- Pollution Control Department. (2018). *Chemical and hazardous waste*. Retrieved from http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_chemicals_use.html (in Thai)
- Rovinelli, R.J., & Hambleton, R.K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Dutch Journal of Educational Research*, 2, 49-60. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED121845.pdf>.
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An Introductory Analysis*. New York: Harper and Row Publication.
- Uparasit, K., Na ChiangMai, N., & Chawapong, W. (2015). Household behavior on solid waste management in Sunpong Municipality, Maerim District, Chiangmai Province. *Journal of graduate research*, 6(2), 163-171. (in Thai)



การเกิดไฮดรอกซีอะพาไทต์บนฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ ที่เคลือบบนสแตนเลสสตีล

Hydroxyapatite Formation on Zirconium Dioxide Thin Film Coated on Stainless Steel

ศรีสุดา นิเทศธรรม^{1*} ชาตรี สักเนตร¹ และวรรณฤดี เปรมเจริญ¹

Srisuda Nithettham^{1*}, Chatree Saknet¹ and Wanruedee Premcharoen¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University

*Corresponding author: srisudas@eng.buu.ac.th

Received: August 25, 2020

Revised: November 25, 2020

Accepted: December 2, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเตรียมฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบบนสแตนเลสสตีล เกรด 316L ด้วยวิธีดีซี อัมบัลานซ์ แมกนีตรอน สเปตเตอริง โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนการไหลของแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:2 1:4 และ 0.5:4 และทดสอบการเกิดสารประกอบไฮดรอกซีอะพาไทต์บนฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่เตรียมจากสถานะต่าง ๆ กันด้วยการแช่ในสารละลาย Simulated Body Fluid เป็นเวลา 7 วัน แล้ววิเคราะห์คุณลักษณะของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไดออกไซด์และสารประกอบไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิคต่าง ๆ ได้แก่ การถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope--SEM) ศึกษาธาตุองค์ประกอบด้วยเทคนิคการวิเคราะห์รังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy--EDX) และวิเคราะห์ผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffraction--XRD) ผลการศึกษา พบว่า ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ได้มีการจัดเรียงโครงสร้างผลึกเป็นเฟสโมโนคลินิกและเฟสเตตระโกนอล ซึ่งการใช้แก๊สออกซิเจนในสัดส่วนที่สูงขึ้นทำให้ความเป็นผลึกของเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ลดลงและมีขนาดผลึกใหญ่ขึ้นด้วย และเมื่อทดสอบการเกิดสารประกอบไฮดรอกซีอะพาไทต์พบว่า ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่มีขนาดผลึกเล็กที่สุดซึ่งเตรียมด้วยอัตราส่วนการไหลของแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:2 สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดสารประกอบไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้ดีที่สุดเนื่องจากมีพื้นที่ผิวสูงทำให้มีตำแหน่งกัมมันต์สำหรับก่อนิวเคลียสจำนวนมาก และมีอัตราส่วนแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสใกล้เคียงค่าทางทฤษฎีมากที่สุด แสดงถึงสารประกอบไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีความสมบูรณ์มากที่สุดเมื่อเทียบกับสถานะอื่น

คำสำคัญ: ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ สเปตเตอริง ไฮดรอกซีอะพาไทต์

Abstract

In this research, zirconium dioxide thin film was coated on stainless steel by using DC unbalanced magnetron sputtering at the different Ar:O₂ flowrate ratios of 1:2, 1:4 and 0.5:4. The formation of hydroxyapatite was tested by soaking zirconium dioxide thin film in simulated body fluid for 7 days. Then, the characteristics of zirconium dioxide thin film and formed hydroxyapatite were investigated by following techniques: Scanning Electron Microscope--SEM, Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy --EDX and X-Ray Diffraction--XRD. The results show that the crystallography of zirconium dioxide thin film was monoclinic and tetragonal phase. The increase in oxygen ratio caused the low crystallinity and large crystal size of zirconium dioxide. After soaking in simulate body fluid, zirconium dioxide thin film with the smallest crystal size prepared by using 1:2 Ar:O₂ flowrate ratio was considered to be the favorable condition for hydroxyapatite formation owing to high surface area and nucleus formation site. The Ca/P ratio was closed to theoretical value which was the most complete one among the others.

Keywords: zirconium dioxide thin film, sputtering, hydroxyapatite



บทนำ

การผ่าตัดกระดูกที่เกิดการแตกหักเสียหายจากอุบัติเหตุต่าง ๆ ในอดีตนั้น โดยส่วนใหญ่วัสดุประเภทโลหะจะเป็นตัวเลือกที่นิยมนำมาทำเป็นวัสดุทดแทนกระดูกมากที่สุด เช่น สเตนเลสสตีลเกรด 316L ไทเทเนียม และโคบอลต์โครเมียม เป็นต้น สเตนเลสสตีลนั้นมีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับโลหะประเภทอื่น ๆ และสามารถเข้ากับเนื้อเยื่อได้ดี แต่จะส่งผลเสียต่อร่างกายเมื่ออยู่ในร่างกายเป็นเวลานาน ๆ โดยปลดปล่อยไอออนของโครเมียม นิกเกิล และโมลิบดีนัมเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อที่สัมผัสและเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็ง (Hanawa, 2004; Nagarajan & Rajendran, 2009) สำหรับไทเทเนียมเป็นตัวเลือกที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการนำมาพัฒนาเป็นวัสดุทดแทนกระดูกเนื่องจากไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายในระยะยาว แต่มีต้นทุนค่อนข้างสูง นอกจากนั้น วัสดุประเภทโลหะจะมีสภาพยึดหยุ่นน้อยทำให้เกิดความผิดปกติบริเวณที่มีการเคลื่อนไหว อีกทั้งโลหะที่ฝังอยู่ในร่างกายจะเป็นตัวรับน้ำหนักแทนกระดูกจริง เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ จะส่งผลให้กระดูกส่วนที่รับแรงน้อยมีแนวโน้มที่จะมีความแข็งแรงทางกลลดลง และจะทำให้เกิดการผุและเสื่อมสภาพได้หรือ

เรียกว่าปรากฏการณ์ stress-shielding (Ruksudjarit, 2008)

นอกเหนือจากวัสดุประเภทโลหะแล้ว เซรามิกชีวภาพเป็นวัสดุอีกประเภทหนึ่งที่ได้มีการนำมาศึกษาเพื่อใช้เป็นวัสดุทดแทนกระดูก เช่น อะลูมินา ซึ่งเป็นวัสดุเซรามิกชีวภาพประเภทมีความแข็งแกร่งเข้าต่อปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ (nearly inert bioceramics) มีการนำมาใช้งานครั้งแรกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 เนื่องจากเข้ากับร่างกายมนุษย์ได้ มีความแข็งแรงต่อการล้าตัว และทนต่อการกัดกร่อนได้ดี (Ruksudjarit, 2008) เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO₂) เป็น nearly inert bioceramics อีกประเภทหนึ่งที่มีการศึกษานำมาใช้งานเป็นวัสดุทดแทนกระดูกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1985 ซึ่งพบว่า นอกจาก ZrO₂ จะมีคุณสมบัติเข้ากับเนื้อเยื่อได้ดี มีความสามารถในการทนการกัดกร่อนสูง มีความเสียดทานต่ำ ไม่ละลายในน้ำไขข้อและเลือด (Bollino, Armenia & Tranquillo, 2017) ยังพบว่า ZrO₂ มีความทนทานต่อการแตกหักสูงกว่าอะลูมินาอีกด้วย

วัสดุเซรามิกชีวภาพประเภทอื่น ๆ ได้แก่ ประเภทที่มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเชิงชีวภาพเป็นอย่าง

มากและสลายตัวได้ (resorbable bioceramics) เช่น ไตรแคลเซียมฟอสเฟต (Tri-calcium Phosphate--TCP) วัสดุประเภทนี้จะค่อย ๆ สลายไป หลงเหลือเพียงโครงสร้างเพื่อให้เนื้อเยื่อกระดูกตามธรรมชาติเกิดขึ้นใหม่แทนที่ตำแหน่งเดิม อย่างไรก็ตาม ปัญหาในการใช้วัสดุประเภทนี้คือ ไม่สามารถทำนายอัตราการสลายตัวของวัสดุได้ และมีสมบัติทางกลที่ไม่ดี เช่น มีความเปราะ แตกหักง่าย ดังนั้น จึงสามารถใช้ได้เฉพาะกระดูกส่วนที่รับแรงน้อยเท่านั้น (Likitwanichkool, 1998; Ruksudjarit, 2008)

สำหรับวัสดุเซรามิกชีวภาพอีกกลุ่มหนึ่งเป็นประเภทที่มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเชิงชีวภาพและทางเคมี แต่ไม่สลายตัว (surface-active bioceramics) ได้แก่ ไบโอบลาส (Bioglass) และไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite--HAp) สามารถเข้ากับเนื้อเยื่อได้ดี โดยจะสร้างชั้นตัวกลางที่ทำหน้าที่ยึดผิววัสดุกับเนื้อเยื่อกระดูกในร่างกาย สามารถใช้ได้ในรูปแบบชิ้น ผง หรือเป็นสารเคลือบผิวบนวัสดุอื่น ๆ (Likitwanichkool, 1998)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ZrO_2 เป็นเซรามิกชีวภาพประเภทหนึ่งที่มีความน่าสนใจและยังคงมีงานวิจัยที่ศึกษาการใช้ ZrO_2 เป็นวัสดุทดแทนกระดูกอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ Uchida, Kim, Kokubo, Miyaji and Nakamura (2001) ได้ทดสอบการเกิดสารประกอบ HAp บนฟิล์ม ZrO_2 ที่เตรียมด้วยวิธีโซลเจล หรือหลายงานวิจัยได้เตรียมคอมโพสิตของ ZrO_2 /HAp เพื่อใช้เป็นวัสดุทดแทนกระดูกและฟัน (Lim, Muchtar, Mustaffa & Tan, 2014; Sabree & Mahdi, 2018) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่า ZrO_2 จะเป็นวัสดุเซรามิกชีวภาพที่มีคุณสมบัติเหมาะกับการนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนกระดูก แต่ยังคงมีต้นทุนสูง จึงมีงานวิจัยที่มีแนวคิดในการใช้วัสดุที่มีต้นทุนต่ำกว่ามาเป็นโครงสร้างหลักแทนและเคลือบฟิล์ม ZrO_2 ลงบนวัสดุนั้น เช่น Nararajan et al. (2009) ได้ศึกษาการเคลือบฟิล์ม ZrO_2 ด้วยวิธีโซลเจลโดยการจุ่มเคลือบในสารละลายโซลของเซอร์โคเนียม เป็นต้น ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา ในงานวิจัยนี้จึงได้มีความสนใจเคลือบฟิล์มบาง ZrO_2 บนสแตนเลสสตีล ซึ่งเป็นวัสดุที่มีต้นทุนต่ำกว่า โดยฟิล์มบาง ZrO_2 ที่เหมาะกับการใช้ในทางการแพทย์นั้น ควรจะมีโครงสร้างทางเคมีที่แน่นอน ไม่มีธาตุหรือสารอื่นเจือปน ยึดติดแน่นกับซับสเตรทและมีความทนทาน ฟิล์มบาง ZrO_2 ที่มีโครงสร้างเป็นเฟสเตตระโกนอลนั้นจะมี

คุณสมบัติทางกลที่เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุชีวภาพทางการแพทย์ (Cataoru et al., 2019) นอกจากนั้น Uchida et al. (2002a) พบว่า ฟิล์มบาง ZrO_2 ที่มีโครงสร้างเป็นเฟสเตตระโกนอลหรือเฟสโมโนคลินิกสามารถเหนี่ยวนำให้เกิด HAp ได้ดีกว่าโครงสร้าง ออสติออน อีกทั้งฟิล์มบาง ZrO_2 ที่มีความเป็นผลึกสูงจะแสดงความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อดีกว่าโครงสร้างที่มีความเป็นผลึกต่ำ (Thaveedeetrakul, Boonamnuyvitaya & Wititanun, 2012a) ดังนั้น วิธีการเคลือบเพื่อให้ได้คุณสมบัติของฟิล์มบางที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญยิ่ง ปัจจุบันการเคลือบฟิล์มบางนั้นมีหลายเทคนิค ได้แก่ การจุ่มเคลือบในโซลเจล (Uchida et al., 2001; Nagarajan et al., 2009; Bollino et al., 2017) ซึ่งมักจะเกิดปัญหาการแยกเฟสระหว่างฟิล์มเคลือบกับซับสเตรท (Balestra, Ribeiro, Oliveira, Cavaleiro & Oliveira, 2014) เทคนิคพลาสมาสเปรย์ (plasma spray) เป็นเทคนิคที่มีต้นทุนต่ำและมีอัตราการเคลือบติดผิวสูงแต่กระบวนการนี้ต้องใช้อุณหภูมิสูงซึ่งอาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของสารเคลือบได้ (Balestra et al., 2014) สำหรับเทคนิคแมกนีตรอนสปัตเตอริง (magnetron sputtering) ฟิล์มบางที่ได้จะมีความบางสม่ำเสมอ ความหนาแน่นสูง มีความบริสุทธิ์ ทนทาน ยึดติดแน่นกับซับสเตรท สามารถควบคุมโครงสร้างระดับจุลภาคได้ และไม่ต้องให้ความร้อนสูงกับซับสเตรท ในระหว่างกระบวนการเตรียมฟิล์มบาง ซึ่งจะป้องกันการเกิดความเสียหายทั้งฟิล์มบางและซับสเตรท (Wititanun, Kasemanankul, Chaiyakun & Limsuwan, 2009; Balestra et al., 2014) โดยเทคนิคแมกนีตรอนสปัตเตอริงจะแตกต่างจากวิธีสปัตเตอริงอื่น ๆ เช่น ไอออนบีมสปัตเตอริง (ion-beam sputtering) เนื่องจากมีการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างแก๊สรีแอคทีฟ เช่น ออกซิเจน และไนโตรเจนที่ป้อนเข้ากระบวนการกับเป้าสารเคลือบเพื่อเกิดเป็นอนุภาคสปัตเตอร์ที่มีองค์ประกอบตามต้องการก่อนจะเคลือบลงบนซับสเตรท มักจะใช้กับการเตรียมฟิล์มบางของสารประกอบออกไซด์และไนไตร เป็นต้น ส่วนวิธีสปัตเตอริงอื่น ๆ นั้น ฟิล์มบางที่เกิดขึ้นจะมีโครงสร้างเหมือนกับเป้าสารเคลือบ (Wikipedia, 2020)

วิธีแมกนีตรอนสปัตเตอริงเป็นกระบวนการที่ให้อนุภาคลังงานสูงวิ่งชนวัสดุที่ต้องการเคลือบให้หลุดออก

มาในรูปของไอ และเข้าจับขึ้นงานจนเป็นชั้นของฟิล์มบาง (Witit-anun et al., 2009) ซึ่งการเคลือบฟิล์มบาง ZrO_2 นั้นจะใช้แก๊สอาร์กอน (Ar) เป็นรีแอคทีฟแก๊สและเป็นแหล่งกำเนิดไอออนพลังงานสูงที่วิ่งชนเป้าเซอร์โคเนียมเพื่อให้อะตอมของ Zr หลุดออกมารวมตัวกับแก๊สออกซิเจน (O_2) ที่ป้อนเข้าสู่ระบบและตกลงมาเคลือบบนผิวหน้าของซับสเตรท มีงานวิจัยที่ได้ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการสปัตเตอริง เช่น Thaveedeetrakul, Witit-anun and Boonamnuyvitaya (2012b) ได้ศึกษาผลของระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับซับสเตรทต่อคุณลักษณะของฟิล์มบาง ZrO_2 ที่ได้รวมถึงการก่อตัวของสารประกอบ HAp บนฟิล์มบาง และได้รายงานไว้ว่าระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบและซับสเตรทในช่วง 8-12 cm นั้นเป็นสภาวะที่เหมาะสมกับการเตรียมฟิล์มบาง ZrO_2 ที่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการก่อตัวของสารประกอบ HAp ได้ดี และในปีถัดมา Thaveedeetrakul, Witit-anun and Boonamnuyvitaya (2013) ได้ศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าในกระบวนการสปัตเตอริงในช่วง 120-300 W ต่อคุณลักษณะของฟิล์มบาง ZrO_2 ที่ได้และการก่อตัวของสารประกอบ HAp ซึ่งพบว่า การเพิ่มกำลังไฟฟ้าทำให้ได้ฟิล์ม ZrO_2 ที่มีขนาดผลึกใหญ่ขึ้นและมีความหนาเพิ่มขึ้น โดยสารประกอบ HAp สามารถก่อตัวได้ดีเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ ๆ ในการสปัตเตอริง เนื่องจากผลึก ZrO_2 มีขนาดเล็กและมีพื้นที่ผิวสูงส่งผลให้มีตำแหน่งกัมมันต์ในการก่อนิวเคลียสสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ อีกตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อคุณลักษณะของฟิล์มบาง ZrO_2 ได้แก่อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ (Chaiyakun, Witit-anun, Sriyanaluk & Tavorntira, 1998) โดย Ma, Lapostolle, Briois and Zhang (2007) พบว่า ปริมาณแก๊ส O_2 มีผลต่อโครงสร้างของฟิล์มบาง ZrO_2 ที่ความดันย่อยของแก๊ส O_2 ต่ำกว่า 15% ฟิล์มบางที่ได้จะมีโครงสร้างอสัณฐาน เมื่อความดันย่อยของแก๊ส O_2 สูงกว่า 15% จึงจะพบผลึกของ ZrO_2 และเมื่อความดันย่อยของแก๊ส O_2 สูงกว่า 73% จะได้ฟิล์มบาง ZrO_2 เป็นผลึกที่มีโครงสร้างผสมระหว่างเฟสโมโนคลินิกและเฟสเตตระโกนอล อย่างไรก็ตามในงานวิจัยของ Ma et al. (2007) เป็นการเตรียมฟิล์มบาง ZrO_2 เพื่อประยุกต์ใช้ทางด้านอื่น ๆ ที่มีใช้ทางการแพทย์ เช่น Laser mirrors และ broadband interference filters เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการปรับเปลี่ยนค่า

อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ ที่ส่งผลถึงคุณลักษณะของฟิล์ม ZrO_2 และสารประกอบ HAp ที่เกิดขึ้น

การทดสอบความเข้ากันได้ของวัสดุทดแทนกระดูกกับเนื้อเยื่อ นิยมใช้วิธีทดสอบโดยการแช่ตัวอย่างลงในสารละลาย Simulated Body Fluid-SBF ซึ่งเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นของไอออนต่าง ๆ ใกล้เคียงกับพลาสมาในเลือดมนุษย์ที่อุณหภูมิ $37^\circ C$ (Kokubo & Takadama, 2006; Lluch, Ferrer & Pradas, 2009) เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดสารประกอบ HAp โดยสารประกอบ HAp ที่เกิดขึ้นจะสามารถเข้ากับเนื้อเยื่อในร่างกายได้ควรมีอัตราส่วนของ Ca/P ใกล้เคียงกับกระดูกและฟันของมนุษย์ คือ มีค่าประมาณ 1.67 (Komlev & Barinov, 2006) โดยกลไกการเกิด HAp บนฟิล์มบาง ZrO_2 นั้น เริ่มต้นจากการเกิดหมู่ $Zr-OH$ ซึ่งสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดนิวเคลียสของอพาไทต์ (Uchida et al., 2002b) จากนั้น Ca^{2+} และ HPO_4^{2-} ในสารละลาย SBF จะเข้ามารวมตัวบนนิวเคลียสของอพาไทต์เพิ่มมากขึ้นจะเกิดเป็นกลุ่มก้อนของ HAp บนผิวของวัสดุทดแทนกระดูก (Kokubo, 1998) สำหรับงานวิจัยนี้ได้เตรียมฟิล์มบาง ZrO_2 โดยเคลือบบนสแตนเลสสตีลเกรด 316L ซึ่งเป็นเกรดที่นิยมใช้เป็นวัสดุทดแทนกระดูก (Nagarajan et al., 2009) และเพื่อให้ได้ฟิล์มบาง ZrO_2 ที่เหมาะกับการใช้งานเป็นวัสดุทดแทนกระดูก คณะวิจัยจึงเลือกวิธีการเคลือบด้วยวิธีดีซี อัมบาลานซ์ แมกนีตรอนสปัตเตอริง และศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ ที่มีต่อคุณลักษณะของฟิล์มบาง ZrO_2 ที่ได้ เนื่องจากสัดส่วนของรีแอคทีฟแก๊สหรือแก๊ส O_2 มีผลต่อลักษณะโครงสร้างของผลึก ZrO_2 ที่เกิดขึ้นดังที่ได้กล่าวมาแล้ว หลังจากนั้นจึงศึกษาการเกิดสารประกอบ HAp บนฟิล์มบาง ZrO_2 ที่เตรียมได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาคุณลักษณะของฟิล์มบาง ZrO_2 ที่เคลือบบนสแตนเลสสตีล เกรด 316L ด้วยวิธีดีซี อัมบาลานซ์ แมกนีตรอน สปัตเตอริง โดยใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ เท่ากับ 1:2 1:4 และ 0.5:4 หรือความดันย่อยของ O_2 มีค่าระหว่าง 67%-89% ซึ่งปรับเปลี่ยนในช่วงที่ทำให้ได้ฟิล์มบาง ZrO_2 ที่มีโครงสร้างเป็นเฟสโมโนคลินิกและเตตระโกนอล

2. ศึกษาคุณลักษณะของสารประกอบ HAp ที่ก่อตัวขึ้นบนฟิล์มบาง ZrO_2 หลังจากแช่ในสารละลาย SBF เมื่อใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ ต่าง ๆ กัน

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี ขั้วสเตรทที่ใช้ในการเคลือบฟิล์มบาง ZrO_2 เป็นสแตนเลสสตีล เกรด 316L หนา 1 มิลลิเมตร ได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัท ไทยน็อคซ์สแตนเลส จำกัด (มหาชน) เป้าสารเคลือบที่ใช้ในการสเปตเตอร์ลงบนขั้วสเตรท คือ แผ่นเซอร์โคเนียมบริสทุธิ์ เกรด 702 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว และหนา 0.125 นิ้ว สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมขั้วสเตรทเพื่อทำความสะอาดก่อนการเคลือบฟิล์มบาง ได้แก่ ไตรคลอโรเอทิลีน (Trichloroethylene, Sigma-Aldrich) อะซิโตน (Acetone, RCI Labscan) และ 2-โพรพานอล (2-propanol, RCI Labscan) และน้ำปราศจากไอออน (Deionized water) สารเคมีสำหรับการเตรียมสารละลาย SBF เพื่อใช้ทดสอบการเกิดสารประกอบ HAp ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$, RCI Labscan) โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$, RCI Labscan) โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl , RCI Labscan) ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไตรไฮเดรต ($K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$, Sigma-Aldrich) แมกนีเซียมคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$, Merck Millipore) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$, RCI Labscan) และโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4 , QRcC)

เครื่องมือสำหรับการเคลือบฟิล์มบาง ZrO_2 เครื่องดีซี อันบาลานซ์ แมกนีตรอน สเปตเตอร์ (DC Unbalanced Magnetron Sputtering) ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องจากห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีสุญญากาศและฟิล์มบาง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับการเคลือบฟิล์มบาง ZrO_2 บนแผ่นสแตนเลสสตีล มีส่วนประกอบสำคัญ 6 ส่วน ได้แก่ (1) ระบบหล่อเย็น ใช้สำหรับการหล่อเย็นแคโทดและเป้าสารเคลือบไม่ให้เกิดการละลายระหว่างกระบวนการสเปตเตอร์ (2) ระบบสุญญากาศ สำหรับสร้างสถานะสุญญากาศในภาชนะที่เกิดกระบวนการสเปตเตอร์ (3) ภาชนะสุญญากาศ ทำจากเหล็กกล้าสแตนเลสมีความหนา 3 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 23 เซนติเมตร และสูง 22 เซนติเมตร มีช่องหน้าต่างเพื่อ

สังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายในภาชนะสุญญากาศ มีแผ่นรองชิ้นงานสำหรับเคลือบปรับระยะห่างจากเป้าสารเคลือบได้ในช่วง 4-15 เซนติเมตร (4) แคโทดและเป้าสารเคลือบ ควรทำจากวัสดุที่มีการเกาะจับของแก๊สต่ำสามารถไล่แก๊สบนผิววัสดุภายใต้สุญญากาศได้ง่ายและมีความดันไอต่ำ มีทางน้ำไหลผ่านเข้าออกด้านบนเพื่อใช้หล่อเย็น (5) ระบบจ่ายไฟฟ้า สำหรับในส่วนของการเคลือบ ซึ่งจะทำให้แคโทดมีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ ส่วนกราวด์และแผ่นรองชิ้นงานมีศักย์เป็นบวก (6) ระบบป้อนแก๊ส ประกอบด้วย Needle valve และ Mass flow controller สำหรับควบคุมอัตราการป้อนแก๊ส โดยแก๊สที่ใช้ในการเคลือบได้แก่ อาร์กอนและออกซิเจน

การเตรียมผิวขั้วสเตรทก่อนเคลือบฟิล์มบาง ZrO_2 ตัดสแตนเลสสตีล เกรด 316L ให้ได้ขนาด 1.5×1.5 มิลลิเมตร แล้วขัดด้วยกระดาษทรายเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและออกไซด์ต่าง ๆ ออก ล้างชิ้นงานด้วยน้ำปราศจากไอออน 2-โพรพานอล ไตรคลอโรเอทิลีน และอะซิโตนตามลำดับ โดยล้างในเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที สำหรับสารทำความสะอาดแต่ละชนิด หลังจากนั้นเปลี่ยนสารทำความสะอาดเป็นน้ำปราศจากไอออนแล้วล้างในเครื่องอัลตราโซนิกอีก 10 นาที นำชิ้นงานไปอบจนแห้งและบรรจุใส่ถุงพลาสติกซิปล็อคก่อนเก็บไว้ในภาชนะสุญญากาศ

การเคลือบฟิล์มบาง ZrO_2 การเคลือบฟิล์มบาง ZrO_2 เกิดขึ้นภายในภาชนะสุญญากาศของเครื่อง ดีซี อันบาลานซ์ แมกนีตรอน สเปตเตอร์ โดยจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับระบบเคลือบ 500 mA เป้าสารเคลือบเซอร์โคเนียมบริสทุธิ์ถูกติดตั้งกับขั้วแคโทดที่มีระบบน้ำเย็นไหลเวียนเพื่อระบายความร้อน นำชิ้นงานสแตนเลสสตีลที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ววางบนแผ่นรองรับ และกำหนดระยะห่างจากเป้าสารเคลือบ 10 cm โดย Thaveedeetrakul et al. (2012b) ได้รายงานไว้ว่า ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบและขั้วสเตรทในช่วง 8-12 cm นั้นเป็นสภาวะที่เหมาะสมกับการเตรียมฟิล์มบาง ZrO_2 ที่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดสารประกอบ HAp ได้ดี จากนั้น สร้างสถานะสุญญากาศในภาชนะสุญญากาศให้มีความดันประมาณ 1.0×10^{-5} mbar ซึ่งใช้เป็นค่าความดันฐานของระบบก่อนจะเริ่มเคลือบฟิล์มบาง กำหนดค่าอัตราการไหลของ

แก๊ส Ar:O₂ โดยมีการปรับเปลี่ยนค่าเท่ากับ 1:2 1:4 และ 0.5:4 มาตรฐานลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที (Standard Cubic Centimeter per Minute at STP--SCCM) ตามลำดับ ซึ่งปรับเปลี่ยนในช่วงที่ทำให้ได้ฟิล์มบาง ZrO₂ ที่มีโครงสร้างเป็นเฟสโมโนคลินิกและเตตระโกนอล เริ่มกระบวนการ Pre-sputtering โดยป้อนแก๊สอาร์กอนเข้าสู่ระบบเพื่อทำความสะอาดเป้าสารเคลือบซึ่งใช้เวลาประมาณ 5 นาทีโดยมีแผ่นชัตเตอร์ (Shutter) กั้นระหว่างชิ้นงานกับเป้าสารเคลือบเพื่อป้องกันการเคลือบเกิดขึ้นบนชิ้นงานระหว่างการทำความสะอาดเป้าสารเคลือบ หลังจากนั้นจึงเริ่มกระบวนการเคลือบฟิล์มบาง ZrO₂ โดยปล่อยแก๊สออกซิเจนเข้าสู่ระบบตามค่าที่กำหนดไว้แล้วเปิดแผ่นชัตเตอร์เพื่อให้เกิดการเคลือบลงบนชิ้นงาน โดยความดันขณะเคลือบกำหนดไว้เท่ากับ 5.0 x 10⁻³ mbar ใช้เวลาในการเคลือบฟิล์มบาง 120 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วปิดแหล่งจ่ายไฟ ปิดแผ่นชัตเตอร์ ปิดแก๊ส Ar และ O₂ และเปิดอากาศให้เข้าสู่ภาชนะสุญญากาศ แล้วรอประมาณ 5 นาที จึงนำชิ้นงานออกจากภาชนะสุญญากาศแล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อรอการใช้งาน

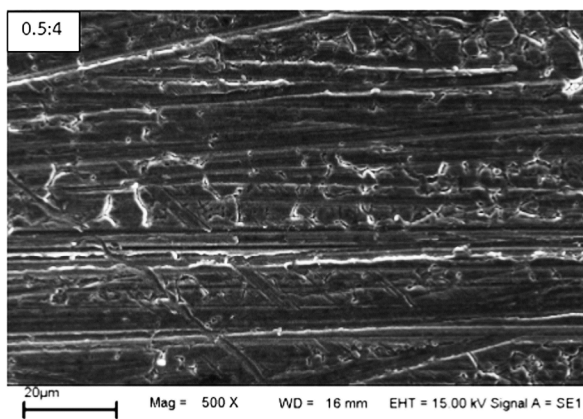
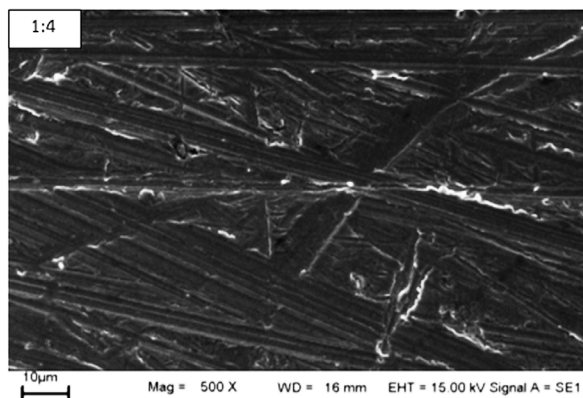
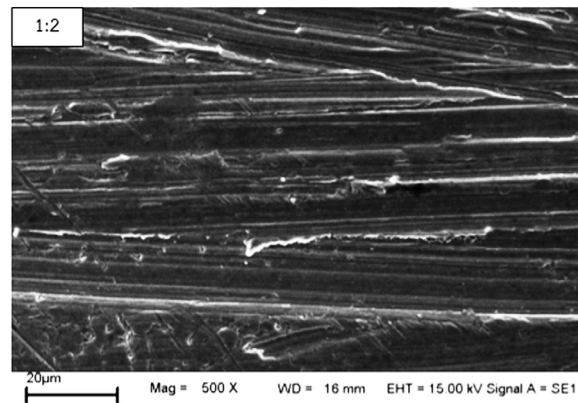
การศึกษาการเกิดสารประกอบไฮดรอกซีอะพาไทต์
ชิ้นงานที่เคลือบฟิล์มบาง ZrO₂ โดยใช้สภาวะการเคลือบที่อัตราส่วนการไหลของแก๊ส Ar:O₂ ที่ต่างกัน ถูกนำมาทดสอบการเกิดสารประกอบ HAp โดยการแช่ในสารละลาย SBF ซึ่งเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นของไอออนต่าง ๆ ใกล้เคียงกับพลาสมาในเลือดของมนุษย์ใช้สำหรับทดสอบความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อมนุษย์ของวัสดุชีวภาพ โดยอ้างอิงวิธีการเตรียมจาก Kokubo and Takadama (2006) ในการทดสอบใช้สารละลาย SBF ปริมาตร 30 mL บรรจุในภาชนะที่ทำจากพอลิสไตรีน (Polystyrene) เมื่อแช่ชิ้นงานลงในสารละลาย SBF แล้ว นำไปบ่มในตู้อบที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 7 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่อ้างอิงจากงานวิจัยของ Thaveedeetrakul et al., 2013 ที่พบว่า สามารถเกิดสารประกอบ HAp ได้สมบูรณ์ และเมื่อครบตามกำหนดแล้วนำตัวอย่างชิ้นงานออกมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนแล้วผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องและเก็บไว้ในโถดูดความชื้นรอการทดสอบ

การวิเคราะห์คุณลักษณะของฟิล์มบาง ZrO₂ และสารประกอบ HAp วิเคราะห์และศึกษาคุณลักษณะของฟิล์มบาง ZrO₂ ที่เคลือบบนสแตนเลสสตีลด้วยเทคนิคต่าง ๆ ได้แก่ การถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope--SEM; LEO 1450VP) โดยถ่ายภาพแบบ SE ด้วยพลังงาน 15 kV วิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบบนฟิล์มบาง ZrO₂ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy--EDX; LEO 1450VP) และวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของฟิล์มบาง ZrO₂ ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffraction--XRD; Rigaku TTRAX III) ใช้แหล่งกำเนิดรังสีเอ็กซ์เป็น Cu ใช้สภาวะในการวิเคราะห์ที่ 40 kV และ 40 mA โดยสแกนช่วงมุม 2 θ เท่ากับ 20–60 องศา และอัตราการสแกนเท่ากับ 0.02 องศาต่อนาที สำหรับสารประกอบ HAp ที่เกิดขึ้นบนฟิล์มบาง ZrO₂ จะถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเดียวกันกับที่กล่าวไว้ข้างต้น ดังนี้ ศึกษาลักษณะการก่อตัวของสารประกอบ HAp ด้วยการถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope--SEM; LEO 1450VP) โดยถ่ายภาพแบบ SE ด้วยพลังงาน 15 kV และวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบด้วยเทคนิคการวิเคราะห์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy--EDX; LEO 1450VP) และวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffraction--XRD; Rigaku TTRAX III) ใช้แหล่งกำเนิดรังสีเอ็กซ์เป็น Cu ใช้สภาวะในการวิเคราะห์ที่ 40 kV และ 40 mA โดยสแกนช่วงมุม 2 θ เท่ากับ 20–60 องศา และอัตราการสแกนเท่ากับ 0.02 องศาต่อนาที

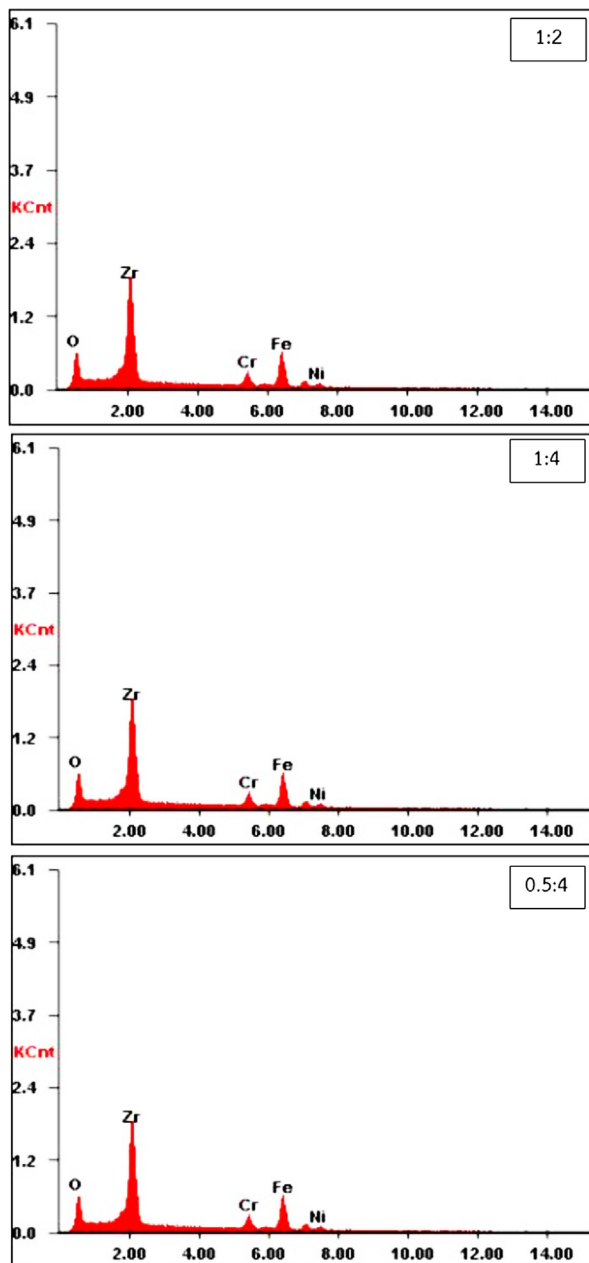
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

คุณลักษณะของฟิล์มบาง ZrO_2 ที่เคลือบบนสแตนเลสสตีล จากการถ่ายภาพพื้นผิวฟิล์มบาง ZrO_2 ด้วยเทคนิค SEM ดังภาพ 1 พบว่า ฟิล์มบาง ZrO_2 มีลักษณะใสและบางมากจนสามารถมองเห็นผิวข้อต่อที่มีการขัดด้วยกระดาษทรายได้ชัดเจน ซึ่งการใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ แตกต่างกันไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของคุณลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบาง ZrO_2 จากภาพถ่าย SEM ได้ สำหรับการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของฟิล์มบาง ZrO_2 พบว่า มีธาตุเซอร์โคเนียม (Zr) และออกซิเจน (O) เป็นองค์ประกอบหลัก ดังแสดงในภาพ 2 และเนื่องจากฟิล์มมีลักษณะบางมากในการวิเคราะห์จึงพบธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสแตนเลสสตีล 316L ที่ใช้เป็นข้อต่อด้วย ได้แก่ โครเมียม (Cr) เหล็ก (Fe) และนิกเกิล (Ni) ในทุกตัวอย่างชิ้นงาน

กราฟ XRD ของการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของฟิล์มบาง ZrO_2 ที่เคลือบโดยใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ ต่าง ๆ กัน ซึ่งความดันย่อยของ O_2 มีค่าระหว่าง 67%-89% แสดงดังภาพ 3 พบตำแหน่งพีคที่ 28.0 34.0 35.4 และ 55.2 องศา ในทุกอัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ ซึ่งแสดงถึงระนาบ $m(-111)$ $m(002)$ และ $t(200)$ ของฟิล์มบาง ZrO_2 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าฟิล์มบาง ZrO_2 มีการจัดเรียงโครงสร้างผลึกเป็นเฟสโมโนคลินิก (m) และเฟสเตตระโกนอล (t) เป็นไปในทางที่ใกล้เคียงกันกับงานวิจัยของ Ma et al. (2007) ที่พบว่า การเคลือบฟิล์มบาง ZrO_2 ที่ความดันย่อยของ O_2 สูงกว่า 73% จะได้ผลึก ZrO_2 ที่มีโครงสร้างเป็นเฟสโมโนคลินิกและเฟสเตตระโกนอลโดยโครงสร้างผลึกที่เป็นเฟสเตตระโกนอลนั้นจะมีคุณสมบัติทางกลที่เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุชีวภาพ (Cataoru et al., 2019) และโครงสร้างผลึกที่เป็นเฟสเตตระโกนอลหรือเฟสโมโนคลินิกสามารถเหนี่ยวนำให้เกิด HAp ได้ดีกว่าโครงสร้างออสติออน (Uchida et al., 2002a) และเนื่องจากฟิล์ม ZrO_2 มีลักษณะบางมากจึงสามารถวิเคราะห์พบพีคของสแตนเลสสตีล 316L ที่ใช้เป็นข้อต่อ ที่ตำแหน่ง 43.7 และ 50.8 องศา



ภาพ 1 SEM ของฟิล์มบาง ZrO_2 ที่เตรียมด้วยอัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ เท่ากับ 1:2 1:4 และ 0.5:4



ภาพ 2 EDX ของฟิล์มบาง ZrO_2 ที่เตรียมด้วยอัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ เท่ากับ 1:2 1:4 และ 0.5:4

อย่างไรก็ตามถึงแม้ทุกอัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ จะแสดงพีคโครงสร้างผลึกของ ZrO_2 ประเภทเดียวกันหมด แต่พีคของตัวอย่างที่อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ เท่ากับ 1:2 เป็นพีคแคบและมีความเข้มของพีคสูงที่สุดแสดงถึงมีความเป็นผลึกสูงที่สุด (Thaveedeetrakul et al., 2013; Ureña et al., 2018) แสดงให้เห็นว่า การใช้แก๊ส O_2 ในสัดส่วนที่สูงขึ้นอาจจะทำให้ความเป็นผลึกของ ZrO_2 ลดลง ดังพีค XRD ของตัวอย่างที่ใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ เท่ากับ 1:4 และ 0.5:4 ที่มีฐานค่อนข้างกว้าง

และมีความเข้มของพีคต่ำ โดยที่ภายใต้สภาวะที่มีสัดส่วนของแก๊ส O_2 สูงนั้น จำนวนไอออนบอมบาร์ดเมนต์ของ Ar ที่จะไปชนเป้าสารเคลือบมีปริมาณน้อยลง ดังนั้นอะตอม Zr ที่หลุดออกมากมีจำนวนน้อย เมื่อเทียบกับอนุภาคของแก๊ส O_2 ที่ป้อนเข้ามา นอกจากนั้นอะตอม Zr จะอยู่ในรูปของพลาสมาโดยอาจจะมีการสร้างโมเลกุลเป็น ZrO^{2+} ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าโครงสร้างในระดับอะตอมและมีเส้นทางอิสระเฉลี่ย (mean free path) ลดลง การเคลื่อนที่ที่ช้าลง (Ma et al., 2007) อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ฟิล์มที่ได้มีความเป็นผลึกต่ำลง ดังเช่นที่ Thaveedeetrakul et al. (2013) ได้กล่าวว่า ในการสเปกโตรสโกปีของอนุภาคที่มีพลังงานสูงและเคลื่อนที่ได้เร็วจะสามารถฟอร์มตัวเป็นผลึกที่มีความสมบูรณ์ได้ดี

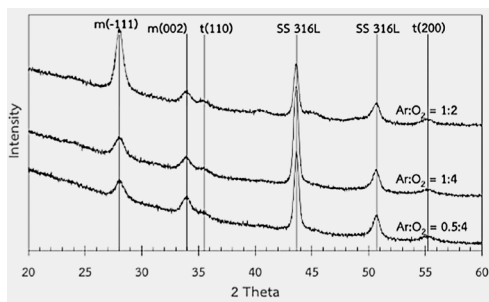
ขนาดของผลึก ZrO_2 คำนวณตามสมการของ Scherrer equation (Cullity, 1978) ดังนี้

$$t = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

เมื่อ t คือ ขนาดของผลึก K คือ แฟกเตอร์ไร้หน่วย มีค่าคงที่ประมาณ 0.9 คือ ความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์มีค่า 1.54059 อังสตรอม คือ ความกว้างของพีคที่ครึ่งหนึ่งของความสูง (Full Width Half Maximum--FWHM) มีหน่วยเป็นเรเดียน และ คือ ค่ามุมของแบรกก์ ตาราง 1 แสดงขนาดของผลึก ZrO_2 จากการสเปกโตรสโกปีที่ใช้อัตราส่วนการไหลต่าง ๆ กัน พบว่า การใช้แก๊ส O_2 ในสัดส่วนที่สูงขึ้นจะได้ผลึก ZrO_2 ที่มีขนาดใหญ่ไปด้วย ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Ma et al. (2007) โดยที่ฟิล์มบาง ZrO_2 ที่มีผลึกขนาดเล็กแสดงถึงการมีพื้นที่ผิวสูงกว่าฟิล์มบาง ZrO_2 ที่มีผลึกขนาดใหญ่ ซึ่งส่งผลถึงการเกิด HAp บนผิวฟิล์มบางได้ (Thaveedeetrakul et al., 2013)

คุณลักษณะของสารประกอบ HAp ที่ก่อตัวบนฟิล์มบาง ZrO_2 จากการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารประกอบ HAp ด้วยเทคนิค XRD ดังแสดงในภาพ 4 พบพีคสำคัญที่ตำแหน่ง 2θ มีค่าประมาณ 25.9 และ 31.8 องศา แสดงถึงโครงสร้างผลึกของสารประกอบ HAp ตามมาตรฐาน JCPDS--The Joint Committee on Powder Diffraction Standards โดยพีคของผลึก HAp มีลักษณะเป็นพีคกว้างและความเข้มของพีคต่ำแสดงให้เห็นว่า HAp ที่ก่อตัวบนฟิล์มบาง ZrO_2 นี้มีความเป็นผลึกต่ำ (Thaveedeetrakul

et al., 2013; Ureña et al., 2018) ซึ่งจากกราฟ XRD ทั้ง 3 อัตราส่วนการไหลจะพบว่าความเป็นผลึกของ HAp ต่ำลงอีกเมื่อเพิ่มสัดส่วนของแก๊ส O_2 ในการสปัตเตอร์ริง

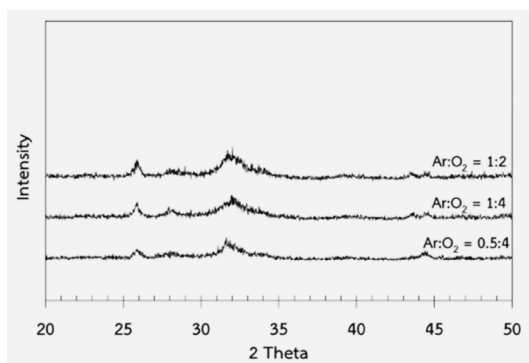


ภาพ 3 XRD pattern ของฟิล์มบาง ZrO_2 ที่เคลือบบนสแตนเลสสตีล เกรด 316L โดยใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ ค่าต่าง ๆ

ตาราง 1

ขนาดผลึกของฟิล์มบาง ZrO_2 ที่อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ ค่าต่าง ๆ

อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$	ขนาดผลึก (nm)
1:2	10.91
1:4	11.06
0.5:4	15.16



ภาพ 4 XRD pattern ของสารประกอบ HAp ที่ก่อตัวขึ้นบนฟิล์มบาง ZrO_2 ที่เคลือบบนสแตนเลสสตีล เกรด 316L โดยใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ ค่าต่าง ๆ

ขนาดผลึกของสารประกอบ HAp ที่ก่อตัวขึ้นบนผิวฟิล์มบาง ZrO_2 หลังจากแช่ในสารละลาย SBF เป็นเวลา 7 วัน ซึ่งคำนวณโดยใช้สมการ Scherrer equation แสดงในตาราง 2 พบว่า สารประกอบ HAp มีขนาดผลึกเล็กลงเมื่อเพิ่มสัดส่วนของแก๊ส O_2 ในการสปัตเตอร์ริง และเมื่อพิจารณาควบคู่กับขนาดผลึกของ ZrO_2 ในตาราง 1 จะเห็นว่า สารประกอบ HAp ที่มีผลึกขนาดใหญ่จะก่อตัวขึ้นบน

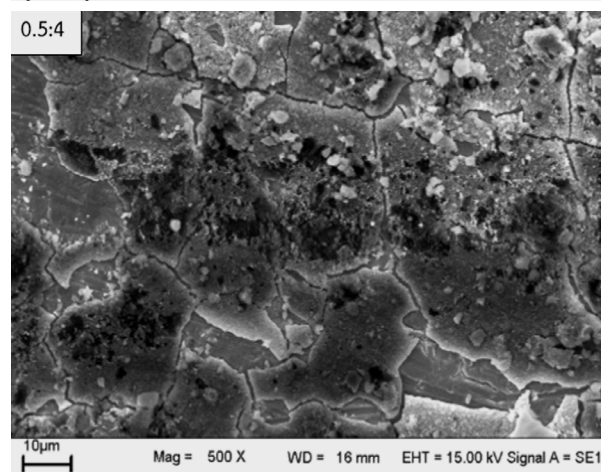
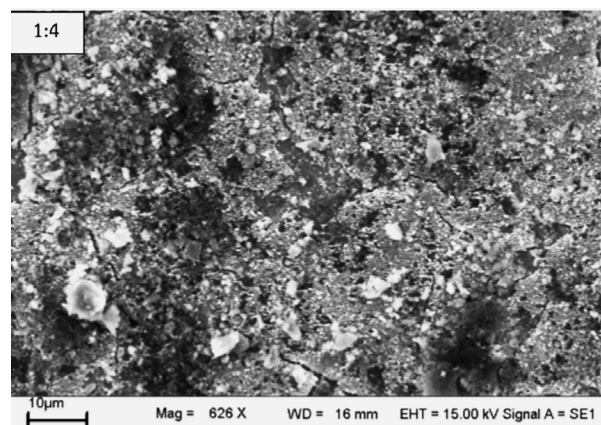
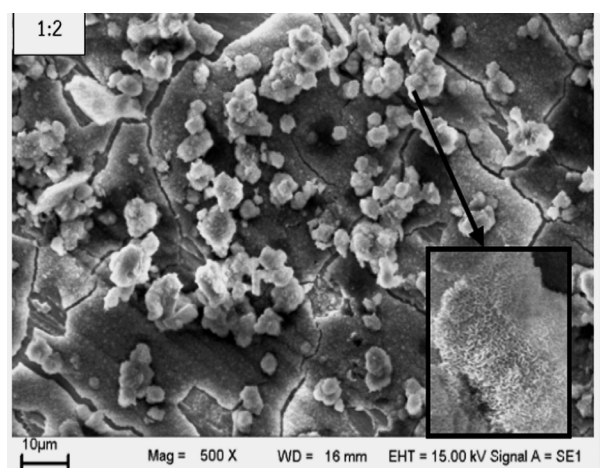
ฟิล์มบาง ZrO_2 ที่มีผลึกขนาดเล็ก หรือขนาดผลึกของ ZrO_2 เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการก่อตัวของสารประกอบ HAp นั้นเอง โดย Thaveedeetrakul et al. (2013) ได้อธิบายเหตุผลไว้ว่า ฟิล์มบาง ZrO_2 ที่มีผลึกขนาดเล็กนั้นจะมีพื้นที่ผิวสูงกว่าฟิล์มบางที่มีผลึกขนาดใหญ่และจะมีตำแหน่งกอนิวเคลียสสำหรับการเกิดสารประกอบ HAp สูงกว่าทำให้สารประกอบ HAp สามารถก่อตัวจนมีขนาดใหญ่ได้

เมื่อพิจารณาลักษณะรูปร่างของสารประกอบ HAp ที่เกิดขึ้นบนฟิล์มบาง ZrO_2 หลังจากแช่ในสารละลาย SBF เป็นเวลา 7 วัน จากการถ่ายภาพด้วยเทคนิค SEM ดังแสดงในภาพ 5 พบว่า บนฟิล์มบาง ZrO_2 ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ เท่ากับ 1:2 พบสารประกอบ HAp ก่อตัวขึ้นเป็นฟิล์มเต็มพื้นที่ในชั้นแรก และมีรอยแตกร้าว ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ XRD ที่ได้กล่าวไปแล้ว จะเห็นพิกของสารประกอบ HAp เพียงอย่างเดียวโดยไม่ปรากฏพิกของ ZrO_2 จึงเชื่อได้ว่าชั้นฟิล์มดังกล่าวนั้นเป็นการก่อตัวของสารประกอบ HAp โดยแท้จริง และมีการก่อตัวของสารประกอบ HAp อยู่บนชั้นฟิล์มเป็นลักษณะกลุ่มก้อนกลมที่มีผิวขรุขระเล็กน้อยคล้ายกับผิวของดอกกะหล่ำ โดยลักษณะที่คล้ายผิวของดอกกะหล่ำนี้เป็นไปในแนวทางเดียวกับผลการวิจัยของ Yan, Han and Lu (2008) และ Ureña et al. (2018) และสำหรับการก่อตัวของ HAp บนฟิล์มบาง ZrO_2 ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ เท่ากับ 1:4 และ 0.5:4 พบว่า สารประกอบ HAp เกิดขึ้นเต็มพื้นที่ของชิ้นงานเช่นกัน แต่มีลักษณะที่เป็นกลุ่มก้อนน้อยมากจนแทบสังเกตไม่เห็นซึ่งเป็นลักษณะของสารประกอบ HAp ที่ไม่สมบูรณ์ หรืออาจจะเป็นสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตประเภทอื่น ซึ่งพิจารณาได้จากอัตราส่วน Ca/P สำหรับสารประกอบ HAp จะมีอัตราส่วน Ca/P เท่ากับ 1.67 (Ansari et al., 2011) ดังที่ Thaveedeetrakul et al. (2013) ได้อธิบายไว้ว่า สารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตประเภท เบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต (β -TCP) จะมีองค์ประกอบและโครงสร้างใกล้เคียงกับ HAp และจากผลการวิเคราะห์ EDX ในตาราง 3 พบว่า สารประกอบ HAp ที่เกิดขึ้นบนฟิล์มบางที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ เท่ากับ 1:2 นั้นมีอัตราส่วน Ca/P ใกล้เคียง 1.67 มากที่สุด แสดงถึงมีความเป็นสารประกอบ HAp ที่สมบูรณ์ที่สุด

ตาราง 2

ขนาดผลึกของ HAp ที่อัตราส่วนการไหลค่าต่าง ๆ

อัตราส่วนการไหลของแก๊ส Ar:O ₂	ขนาดผลึก (nm)
1:2	5.82
1:4	5.30
0.5:4	4.17



ภาพ 5 SEM ของสารประกอบ HAp ซึ่งก่อตัวขึ้นบนฟิล์มบาง ZrO₂ ที่เตรียมด้วยอัตราส่วนการไหลของแก๊ส Ar:O₂ เท่ากับ 1:2 1:4 และ 0.5:4

ตาราง 3

เปอร์เซ็นต์อะตอมของแคลเซียมและฟอสฟอรัส และอัตราส่วน Ca/P ในสารประกอบ HAp ที่ก่อตัวขึ้นบนฟิล์มบาง ZrO₂ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส Ar:O₂ ต่าง ๆ

ตัวอย่าง	อัตราส่วนการไหล Ar:O ₂	Ca (%At)	P (%At)	Ca/P
HAp @ 1:2	1:2	65.32	34.68	1.88
HAp @ 1:4	1:4	57.57	42.43	1.36
HAp @ 0.5:4	0.5:4	52.37	47.36	1.11

หมายเหตุ สัญลักษณ์ของตัวอย่าง เช่น HAp @ 1:2 หมายถึง สารประกอบ HAp ที่ก่อตัวบนฟิล์มบาง ZrO₂ ที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส Ar:O₂ เท่ากับ 1:2

สรุปผลการวิจัย

การเตรียมฟิล์มบาง ZrO_2 บนผิวของสแตนเลสสตีลเกรด 316L ด้วยเครื่อง ดีซี อันบาลานซ์ แมกนีตรอนสปัตเตอริง ทำให้ได้ฟิล์ม ZrO_2 ที่มีการจัดเรียงโครงสร้างผลึกเป็นเฟสโมโนคลินิกและเฟสเตตระโกนอล โดยอัตราส่วนการไหลของ $Ar:O_2$ มีอิทธิพลต่อขนาดผลึกของ ZrO_2 และส่งผลต่อการเกิดสารประกอบ HAp เมื่อแช่ในสารละลาย SBF โดยสารประกอบ HAp เกิดขึ้นได้ดีบนฟิล์มบาง ZrO_2 ที่มีขนาดผลึกเล็กและพื้นที่ผิวสูง ซึ่งได้จากการเคลือบโดยใช้อัตราส่วนการไหลของแก๊ส $Ar:O_2$ เท่ากับ 1:2 สารประกอบ HAp ที่ได้นั้นมีอัตราส่วน Ca/P ใกล้เคียงค่าทางทฤษฎีมากที่สุด แสดงถึงสารประกอบ HAp ที่ได้มีความสมบูรณ์มากที่สุดเมื่อเทียบกับสภาวะอื่น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและพัฒนาจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สัญญาเลขที่ 20/2553 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และนางสาวอริศรา ทวีดีตระกูล ศิษย์เก่าระดับปริญญาเอก ภายใต้การให้คำปรึกษาของท่าน ในการให้ความอนุเคราะห์เทคนิคการเตรียมสารละลาย Simulated Body Fluid และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรสิงห์ ไชยคุณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ วิทิตอนันต์ ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีสุญญากาศและฟิล์มบาง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ในการให้ความอนุเคราะห์การเคลือบฟิล์มบางด้วยเครื่อง ดีซี อันบาลานซ์ แมกนีตรอน สปัตเตอริง



References

- Balestra, R. M., Ribeiro, A. A., de Oliveira, J. C., Cavaleiro, A., & Oliveira, M. V. (2014). Titanium substrate surfaces coated with hydroxyapatite by magnetron sputtering. *Materials Science Forum*, 798–799, 472–477. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.798-799.472>
- Bollino, F., Armenia, E., & Tranquillo, E. (2017). Zirconia/hydroxyapatite composites synthesized via sol-gel: Influence of hydroxyapatite content and heating on their biological properties. *Materials (Basel, Switzerland)*, 10(7), 757. <https://doi.org/10.3390/ma10070757>
- Cataoru, M., Bollino, F., Tranquillo, E., Tuffi, R., Dell’Era, A., & Vecchio Ciprioti, S. (2019). Morphological and thermal characterization of zirconia/hydroxyapatite composites prepared via Sol-gel for biomedical applications. *Ceramics International*, 45(2), 2835–2845. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.07.292>.
- Chaiyakun, S., Witit-anun, N., Sriyanaluk, S., & Tavorntira, J. (1998). *A study of the proper state for material coating by sputtering method* (Research report). Chon Buri: Burapha University. (in Thai)
- Cullity, B. D. (1978). *Elements of X-Ray diffraction*. Phillippines: Addison-Wesley Publishing.
- Hanawa, T. (2004). Metal ion release from metal implants. *Materials Science and Engineering: C*, 24(6–8), 745–752. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2004.08.018>.

- Kokubo, T. (1998). Apatite formation on surfaces of ceramics, metals, and polymers in body environment. *Acta Materialia*, 46(7), 2519-2527. [https://doi.org/10.1016/S1359-6454\(98\)80036-0](https://doi.org/10.1016/S1359-6454(98)80036-0).
- Kokubo, T., & Takadama, H. (2006). How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity. *Biomaterials*, 27(15), 2907-2915. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2006.01.017>.
- Komlev, V. S., & Barinov, S. M. (2006). Novel bioactive hydroxyapatite-base ceramic and gelatin-impregnated composites. In B. M. Caruta, (Ed.), *Ceramics and Composite Materials: New Research* (pp. 133-146). New York: Nova Science Publishers.
- Likitwanichkool, S. (1998). *Ceramics for medical profession*. Retrieved from http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_j/2541_46_148_p3-6.pdf
- Lim, K. F., Muchtar, A., Mustaffa, R., & Tan, C. Y. (2014). Synthesis and characterization of hydroxyapatite-zirconia composites for dental applications. *Asian Journal of Scientific Research*, 7(4), 609-615. doi: 10.3923/ajsr.2014.609.615
- Lluch, A. V., Ferrer, G. G., & Pradas, M. M. (2009). Surface modification of P(EMA-co-HEA)/SiO₂ nanohybrids for faster hydroxyapatite deposition in simulated body fluid?. *Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces*, 70(2), 218-225. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2008.12.027>
- Ma, C., Lapostolle, F., Briois, P., & Zhang, Q.Y. (2007). Effect of O₂ gas partial pressure on structures and dielectric characteristics of RF sputtered ZrO₂ thin films. *Applied Surface Science*, 253(21), 8718-8724. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2007.04.054>.
- Nagarajan, S., & Rajendran, N. (2009). Sol-gel derived porous zirconium dioxide coated on 316L SS for orthopedic applications. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 52, 188-196. <https://doi.org/10.1007/s10971-009-2024-0>
- Ruksudjarit, A. (2008). *Fabrication of dense hydroxyapatite nanomaterials for bone implant applications* (Doctoral dissertation). Ching Mai University. Ching Mai. (in Thai)
- Sabree, I. K., & Mahdi, O. S. (2018). Characterization of zirconia-hydroxyapatite nanocomposites for orthopedic and dental applications. *International Journal of Engineering and Technology*, 7(4.19), 926-930. doi: 10.14419/ijet.v7i4.19.28072
- Thaveedeetrakul, A., Boonamnuyvitaya, V., & Witit-anun, N. (2012a). Apatite deposition on ZrO₂ thin films by DC unbalanced magnetron sputtering. *Advances in Materials Physics and Chemistry*, 2(4), 45-48. doi: 10.4236/ampc.2012.24B013
- Thaveedeetrakul, A. Witit-anun, N., & Boonamnuyvitaya, V. (2012b). The role of target-to-substrate distance on the DC magnetron sputtered zirconia thin film's bioactivity. *Applied Surface Science*, 258(7), 2612-2619. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.10.104>.

- Thaveedeetrakul, A., Witit-anun, N., & Boonamnuyvitaya, V. (2013). Effect of sputtering power on in vitro bioactivity of zirconia thin films obtained by DC unbalanced magnetron sputtering. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 46(1), 79-86. doi: 10.1252/jcej.12we088
- Uchida, M., Kim, H.-M., Kokubo, T., Miyaji, F., & Nakamura, T. (2001), Bonelike apatite formation induced on Zirconia Gel in a simulated body fluid and Its modified solutions. *Journal of the American Ceramic Society*, 84, 2041-2044. <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.2001.tb00955.x>
- Uchida, M., Kim, H.-M., Kokubo, T., Tanaka, K., & Nakamura, T. (2002a). Structural dependence of apatite formation on Zirconia Gels in a simulated body fluid. *Journal of the Ceramic Society of Japan*, 110(1284), 710-715. <https://doi.org/10.2109/jcersj.110.710>
- Uchida, M., Kim, H. M., Miyaji, F., Kokubo, T., & Nakamura, T. (2002b). Apatite formation on zirconium metal treated with aqueous NaOH. *Biomaterials*, 23(1), 313-317. doi: 10.1016/s0142-9612(01)00110-7.
- Ureña, J., Tsiapas, S., Jiménez-Morales, A., Gordo, E., Detsch, R., Bocaaccini, A. R. (2018). In-vitro study of the bioactivity and cytotoxicity response of Ti surfaces modified by Nb and Mo diffusion treatments. *Surface and Coatings Technology*, 335, 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.12.009>.
- Wikipedia, The free encyclopedia. (2020). *Sputter deposition*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Sputter_deposition.
- Witit-anun, N., Kasemanankul, P., Chaikyakun, S., & Limsuwan, P. (2009). Structures and optical properties of TiO₂ thin films deposited on unheated substrate by DC reactive magnetron sputtering. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 43, 340-346. (in Thai)
- Yan, Y., Han, Y., & Lu, C. (2008). The effect of chemical treatment on apatite-forming ability of the macroporous zirconia films formed by micro-arc oxidation. *Applied Surface Science*, 254(15), 4833-4839. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2008.01.117>.



Key Success Factors for Learning Air Traffic Control

ปัจจัยแห่งความสำเร็จในการเรียนรู้การควบคุมจราจรทางอากาศ

Songpon Rachatakullanan¹ and Nisakorn Somsuk²

ทรงพล รชตกุลนันท์¹ และนิศกร สมสุข²

¹School of Aviation, Eastern Asia University

¹คณะการบิน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received: October 1, 2020

Revised: November 3, 2020

Accepted: November 10, 2020

Abstract

This research aimed to prioritize Key Success Factors--KSFs for learning air traffic control by using Analytic Hierarchy Process--AHP approach, using Civil Aviation Training Center--CATC as a case study. The tools in this research were an assessment form for suitability of the KSFs in the context of CATC and an AHP-based questionnaire for pairwise comparison. This study reviewed the literature on key performance indicators and KSFs for learning air traffic control. Data on suitability of each KPI or KSF were collected using an assessment form developed based on literature review, in which the respondents were 20 instructors from CATC. The obtained data were analyzed by one-sample t-test at a significance level of 0.05, and seventeen KSFs were then identified. It could be concluded that they were suitable in the context of CATC. Finally, these KSFs were prioritized by AHP approach by 14 aviation traffic controllers. Each of them had experience in fields at least eight years. The AHP results showed that the top three KSFs with the highest overall priority score were on the job training, planning for appropriate training and knowledge of air traffic control, and the learner's agreements, respectively.

Keywords: air traffic control, learning, Key Success Factors, Analytic Hierarchy Process

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ จัดลำดับความสำคัญของปัจจัยแห่งความสำเร็จในการเรียนรู้การควบคุมจราจรทางอากาศ โดยใช้วิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process--AHP) และใช้สถาบันการบินพลเรือน (สบพ.) เป็นกรณีศึกษา เครื่องมือในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบประเมินความเหมาะสมของปัจจัยแห่งความสำเร็จในบริบทของ สบพ. และแบบสอบถามสำหรับการเปรียบเทียบเชิงคู่ตามระเบียบวิธี AHP งานวิจัยนี้เริ่มจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับดัชนีชี้วัดความสำเร็จและปัจจัยแห่งความสำเร็จในการเรียนรู้ จากนั้นแบบประเมินความเหมาะสมที่พัฒนาขึ้นเพื่อประเมินความเหมาะสมของปัจจัยเบื้องต้นที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องได้นำมาใช้เก็บข้อมูลความเหมาะสมของปัจจัยในบริบทของ สบพ. โดยผู้ตอบแบบประเมินคือผู้ฝึกสอนจาก สบพ. จำนวน 20 คน โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้นำมาทดสอบความเหมาะสมโดยการวิเคราะห์สถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ผลการทดสอบสรุปได้ว่า ในมุมมองของผู้ฝึกสอน มีปัจจัยจำนวน 17 ปัจจัยที่มีความเหมาะสมที่จะเป็นปัจจัยแห่งความสำเร็จในการเรียนรู้การควบคุมจราจรทางอากาศ และเมื่อนำปัจจัยแห่งความสำเร็จเหล่านี้มาจัดลำดับความสำคัญโดยใช้วิธี AHP โดยผู้เชี่ยวชาญ ที่ทำการตอบแบบสอบถามการเปรียบเทียบเชิงคู่ คือ ผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการควบคุมจราจรทางอากาศจำนวน 14 คน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยแห่งความสำเร็จที่มีค่าคะแนนความสำคัญมากที่สุดสามอันดับแรก คือ การฝึกการปฏิบัติงานจริง การวางแผนการฝึกปฏิบัติที่เหมาะสม และองค์ความรู้เกี่ยวกับการควบคุมจราจรทางอากาศและข้อตกลงต่าง ๆ ของผู้เรียน ตามลำดับ

คำสำคัญ: การควบคุมจราจรทางอากาศ การเรียนรู้ ปัจจัยแห่งความสำเร็จ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์



Introduction

At present, the transportation business is expanding and growing continuously. From the 2019 Annual Report of Airports of Thailand Public Company Limited, it found that in the fiscal year 2019 there was a 2.41% increase in commercial aircraft fluctuations compared to the fiscal year 2018 (Annual report of Airports of Thailand Public Company Limited, 2019) which can in turn cause the number of aircraft in Thai airspace (Bangkok Flight Information Region) to become heavy traffic. Therefore, in managing the air space (Airspace Management), it is necessary to have good planning for various commercial aircraft flight. From the ground (Komnamool, 2008), by being aware and giving great importance to safety, the number of aircraft increases controlling air traffic becomes

more complex. Therefore, there must be officers' capability development by increasing learning as well, in which the International Civil Aviation Organization--ICAO has assigned the Air Traffic Controller--ATC is the person who responsible for handling and providing useful advice to aircraft. To ensure safety, orderly and smooth air traffic routes.

Currently, the production of basic air traffic controllers is carried out by the Civil Aviation Training Center--CATC, an institution that produces and trains air traffic controllers to have basic knowledge, skills and attitudes to meet the international standard. It is also an institute that has been approved by the Civil Aviation Authority of Thailand. The achievement of air traffic control learning is considered a prime goal of the institute

in the mission of producing air traffic controllers. The achievement of this learning a trainer in the Institute of Civil Aviation's Air Traffic Management course is essential to know the Key Success Factors--KSFs in air traffic control learning.

However, there are currently very few publications or research studies on the success factor in air traffic control learning. Therefore, to promote success in learning air traffic control, the researchers are interested to study the KSFs in air traffic control learning to know what factors affect the success of air traffic control. Besides, for effective learning, it is important to know the priorities of the factors in order to correctly and appropriately develop those KSFs in order of importance. This leads to suggestions as well as ways to increase efficiency in learning air traffic control.

Therefore, this study aimed to identify the list of KPIs and KSFs in the context of CACT, and KPIs and KSFs have been then prioritized by Analytic Hierarchy Process--AHP, a multi-criteria decision-making methodology which is "wildly applied in many areas because of its simplicity and robustness in obtaining weights and integrating heterogeneous data" (Gorsevski, Jankowski & Gessler, 2006, p. 128).

Literature Reviews

1. Air Traffic Control

Air traffic control is the work of safety services provided to aircraft in the sky, including ground vehicles or aircraft, and weather news. There are five objectives of air traffic management, which are (1) prevent the collision between aircraft, (2) prevent collisions between aircraft on the manoeuvring area and obstructions on that area,

(3) expedite and maintain an orderly flow of air traffic, (4) provide advice and information useful for the safe and efficient conduct of flights, and (5) notify appropriate organizations regarding aircraft in need of search and rescue aid, and assist such organizations as required (Suklertnuntakij, 2001). Air navigation is the key to safety, followed by speed, where air traffic management must develop technology, knowledge and competence in order to effectively manage air traffic. To meets the air navigation laws and regulations. How to follow the correct steps (Panprasit & Somsuk, 2015), air traffic control service can be separated by area of services into 3 types: Aerodrome Control Services; Approach Control Services; and Area Control Services.

2. Learning on air traffic control

Learning is the awareness of new things that have happened. The things that will cause learning must pass the perception of the five senses, namely hearing, sight, taste, sense, touch, which is consistent with the research from (Teesuka & Uamcharoen, 2015, p. 44). Moreover, Gagne (1992) has seperated the theory of learning is divided into 9 categories: (1) gain attention is motivating learners to become more alert to generate interest in the content they learn; (2) specify objective is to let the students know the purpose of the study so that students can study by themselves in advance Including information from elsewhere; (3) activate prior knowledge is a review of previous knowledge from yesterday or that just happened to encourage students to relate new content to the original content; (4) present new information is presentation of new lessons do not be monotonous with the original story; (5) guide learning is the guidance instead of instructions for students to develop their own

ideas and to be independent of thinking; (6) elicit learning is the stimulation by asking questions or grouping to stimulate the lesson; (7) provide feedback is the providing recommendations for further development in the next study; (8) assess performance is the organizing a test in a small exam or make Q and-A questions to assess new knowledge gained; and (9) Review and transfer is the summarizing the entire content and applying it for further benefits.

3. Key performance indicators and key success factors for learning air traffic control

Key Performance Indicators--KPIs are defined as “quantifiable and strategic measurements that reflect the critical success factors” (ISO/DIS 22400-2, 2014) in the (learning) process. KPIs are very important for understanding, benchmarking and improving the performance of a system from both the process perspective and the corporate perspective of achieving strategic goals (ISO/DIS 22400-2, 2014).

Key success factors (sometimes referred to as critical success factors) are defined as “the limit number of areas in which results, if they are satisfactory, will ensure successful competitive performance for the organization” (Rockart, 1979).

In this study, the KPIs and KSFs for learning from many studies (e.g. Gardi, Sabatini, & Ramasamy, 2016; de Reuck, Donald, & Siemers, 2014; Updegrove & Jafer, 2017; Kuany, 2012; Reeves, 2005, etc.) have been reviewed and evaluated their suitability by instructors from CATC. So, the list of KPIs and KSFs has been identified in the context of CACT, and KPIs and KSFs have then been prioritized by AHP approach.

4. Analytic Hierarchy Process

Analytic Hierarchy Process was developed by Thomas Saaty in 1971 (Saaty, 1980; Saaty &

Vargas, 1998). AHP is a multi-criteria decision-making method allowing decision makers to model a complex problem in a hierarchical structure which usually consists of the goal, objectives (criteria), sub-objectives, and alternatives and to measure the consistency and stability of their decisions (Saaty, 1980; Shahin & Mahbod, 2007; Madu & Georgantzias, 1991; Madu, Kuei, & Madu, 1991). AHP uses pairwise comparison of the decision elements (usually, alternatives and attributes) to find the comparative weights (scores) among the elements with respect to higher level element, or in other words, to prioritize the elements at each level of hierarchy. AHP method requires four major steps as follows;

1) Developing a hierarchy model: This step involves the decomposition of a complex problem into a multi-level hierarchical structure. AHP arranges the elements of decision into a hierarchy so that the relative role of each element can be more clearly observed and evaluated (Winebrake & Creswick, 2003). Developing a hierarchy model starts with identifying the meaningful and relevant elements of the problem, then grouping these elements into homogeneous sets, and finally arranging these sets in different levels of relevance.

2) Establish a pairwise comparison matrix: After the problem is arranged in a hierarchical structure, the next step is the measurement and data collection, which involves forming a team of evaluators and assigning pairwise comparisons to evaluate the degree of relative importance amongst the elements (which may be called that “eigenvectors” or “the relative weights”) in different levels of the hierarchies with respect to the higher level elements. Using the nine-point scale suggested by Saaty (Saaty, 1994), experts judge, using the pair-wise comparison approach,

the relative importance of the elements at the same level with respect to the element of their preceding level (Lam & Chin, 2005). The scale of importance is defined in Table 1 according to Saaty's nine-point scale for pairwise comparison. The nine-point scale is a scale of importance estimation ranging from equal to extreme importance: equal, moderate, strong, very strong and extreme importance. The numerical judgements corresponding to these linguistic descriptions are (1, 3, 5, 7, 9), with compromises (2, 4, 6, 8) between these judgements (Saaty & Vargas, 1998; Saaty, 1994) as shown in Table 1.

3) Checking the consistencies of the judgements: Consistency Ratio--CR is calculated to evaluate the consistencies of the judgements. Saaty (1994) suggested that if the CR is less than

0.1, then the judgement is acceptable. But if CR is equal or greater than 0.1, the judgement will need to be revised and re-evaluate until the value is less than 0.1.

4) Calculating the relative weights of the decision elements: This step involves the finding of global or overall priority weights. Local weight, the priority of an element with respect to its preceding element, is firstly calculated. The overall weight of each element with respect to the goal is then calculated by multiplying the local weight of an element by the weight of its preceding element. The judgements of each decision maker (expert) are finally synthesized using the geometric mean approach suggested by Saaty (Saaty, 1990). The flow chart of AHP methodology is shown in Fig. 1.

Table 1

AHP preference scale (Saaty, 1994)

Importance Level	Definition
1	Equal importance
3	Moderate importance
5	Strong importance
7	Very strong importance
9	Extreme importance
2,4,6,8	Intermediate values between the two adjacent judgements

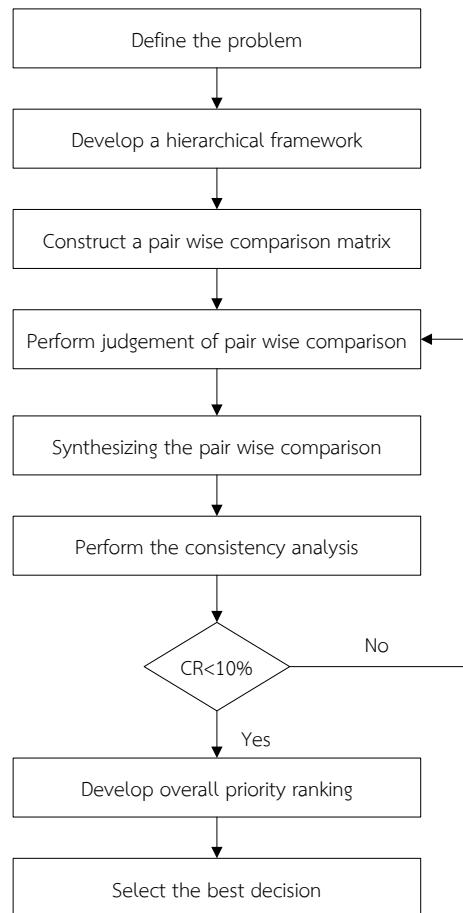


Fig. 1. Process flow chart of the AHP methodology

Note. From *Models, methods, concepts and applications of the analytical hierarchy process* (2nd ed.), by L. T Saaty and L. G. Vargas, 2012, New York:Springer Publishers.

Research Methodology

The research methodology in this study was divided into two phases as follows:

Phase 1: Determining the success factors in air traffic control learning

1. Literature review on KPIs and KSFs
2. Develop an assessment form for suitability of KPIs and KSFs in the context of CATC–the assessment form with 5-point Likert scale (1: least suitability, 5: most suitability) was developed based on the literature review result, after that the content validity of questionnaire was examined using IOC (Index of Item-Objective Congruence) by 3 experts.

3. Collect data (the suitability of KPIs or KSFs)–Data on suitability of each KPI or KSF were collected using an assessment form, in which the respondents were 20 instructors from CATC.

4. Evaluate a suitability of each KPI and KSF in the context of CATC using hypothesis testing: one-sample t-test with a significance level set at .05. The null hypothesis and alternative hypothesis are as follows,

$$H_0: \mu \leq 4 \text{ (KPI or KSF is not suitable in the context of CATC)}$$

$$H_1: \mu > 4 \text{ (KPI or KSF is suitable in the context of CATC)}$$

Note that the population mean setting of 4 (or test value=4) was consistent with many studies such as Angelova and Zekiri (2011); Aydin (2013); Bagwan and Bhola (2018); Khan, Zameer and Burney (2018); Khan, Nabi, and Hafeez (2016); Poku, Asare, and Ricky (2017); and Yadav (2018), etc.

The t value is calculated as follows:
 $t = (\bar{X} - \mu) / (S / \sqrt{n})$, where $\bar{X}$ is a sample mean, μ is a population mean, S is a sample standard deviation, and n is a number of samples.

If t is greater than this critical value ($t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 20-1} = 1.729$), reject the null hypothesis. So, it can be concluded that the KPI or the KSF is suitable in the context of CATC at a significance level of .05.

Phase 2: Prioritizing KSFs for learning air traffic control using AHP

1. Establish a hierarchical structure for prioritizing KSFs in air traffic control learning
2. Develop a pair-wise comparison questionnaires based on AHP
3. Collect data (the suitability of KPIs or KSFs)–the pairwise judgement comparison data are collected through questionnaires. An expert panel composed of 14 aviation traffic controllers who had experience in fields at least eight years was asked to assess the relative importance of the KPIs and KSFs (to score (between 1–9; 1: lowest significance, 9: highest significance)).
4. Establish a pairwise comparison matrix extracted from questionnaires filled out by experts
5. Calculate the Consistency Ratio–CR of the matrices–the consistency ratio is calculated by $CR = CI / RI$, where CI is a consistency index, and

RI is a random index. The CI is calculated by $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$, where λ_{max} is the largest eigenvalue of the n -order matrix, and n is the number of items being compared. If CR more than 0.1 or 10% the inconsistency of judgements within that matrix has occurred and the evaluation process will be reviewed, reconsidered and improved.

6. Combine the judgements from all experts by using geometric mean
7. Calculate the local priority weights of each element
8. Repeat the calculation of the local priority weights for all levels in hierarchy
9. Calculate the global priority weights of each element
10. Rank the priority of all elements based on their global priority weights

Research Results

1. Results of assessing the suitability of the KPIs and KSFs for learning air traffic control in the context of CATC

The literature review results on KPIs and KSFs for learning can be summarized in Tables 2 and 3, respectively (column 1). In this study, the KPIs and KSFs for learning are considered as the “preliminary performance indexes and preliminary success factors for learning in the context of CATC”, in which there are five preliminary performance indexes and 23 preliminary success factors. Therefore, it needs to statistically assess them, to make sure that they are suitable to be KPIs and KSFs for learning air traffic control in the context of CATC, the case study, before prioritizing them by AHP in the next step.

An assessment form for suitability of KPIs and KSFs in the context of CATC, with 5-point Likert scale (1: least suitability, 5: most suitability), was developed—after that the content validity of questionnaire was examined using IOC by 3 experts. The result of overall IOC was at 0.8 which means the assessment form could be used. Data on suitability of each KPI or KSF were collected using the assessment form, in which the respondents were 20 instructors from CATC.

A suitability of each preliminary performance index and preliminary success factor was assessed its suitability in the context of CATC using hypothesis testing: one-sample t-test with a significance level set at .05. Results of assessing the suitability of the KPIs and KSFs for learning air traffic control in the context of CATC are shown in Tables 2 and Tables 3, respectively.

Table 2

Results of assessing the suitability of the KPIs for learning air traffic control in the context of CATC

Preliminary KPIs	Mean	Standard Deviation	t value	Hypothesis test results	Interpret results
Aviation knowledge	4.60	0.50	5.339*	Rejected H_0	Suitable
Skills	4.55	0.51	4.819*	Rejected H_0	Suitable
Attitude	4.65	0.49	5.940*	Rejected H_0	Suitable
Behavior	4.05	0.39	0.567	Accepted H_0	Unsuitable
Performance	4.25	0.44	2.517*	Rejected H_0	Suitable

Note: * at a statistical significance level of .05.

Table 3

Results of assessing the suitability of the KSFs for learning air traffic control in the context of CATC

Preliminary KPIs	Mean	Standard Deviation	t value	Hypothesis test results	Interpret results
On-the-Job Training	4.85	0.37	10.376*	Rejected H_0	Suitable
Educational Experience	4.30	0.57	2.349*	Rejected H_0	Suitable
Learning method /practice-based training	4.55	0.51	4.819*	Rejected H_0	Suitable
Learner and Instructor Interaction	4.05	0.69	0.326	Accepted H_0	Unsuitable
Accommodate Different Learning Styles	4.20	0.77	1.165	Accepted H_0	Unsuitable
Selection and use of appropriate and systematic teaching materials	4.05	0.60	0.370	Accepted H_0	Unsuitable

Table 2 (continue)

Preliminary KPIs	Mean	Standard Deviation	t value	Hypothesis test results	Interpret results
Good Theoretical Knowledge of procedure and agreements	4.40	0.50	3.559*	Rejected H_0	Suitable
Problem Solving Capabilitiy	4.50	0.69	3.249*	Rejected H_0	Suitable
Learning Capability	4.50	0.51	4.359*	Rejected H_0	Suitable
The ability to use technology	3.80	0.77	-1.165	Accepted H_0	Unsuitable
Learner Motivation	4.50	0.69	3.249*	Rejected H_0	Suitable
Learners' English language proficiency	4.20	0.62	1.453	Accepted H_0	Unsuitable
Updated simulation systems	4.40	0.68	2.629*	Rejected H_0	Suitable
Air Traffic Complexity	4.35	0.59	2.666*	Rejected H_0	Suitable
Suitable teaching materials	4.10	0.72	0.623	Accepted H_0	Unsuitable
Adequate teaching materials	4.35	0.67	2.333*	Rejected H_0	Suitable
Academic advising and monitoring learners' learning outcomes regularly.	4.55	0.60	4.067*	Rejected H_0	Suitable
Instructors Knowledgable	4.45	0.69	2.932*	Rejected H_0	Suitable
Planning for appropriate training	4.60	0.50	5.339*	Rejected H_0	Suitable
Up-to-date subject content	4.50	0.61	3.684*	Rejected H_0	Suitable
Appropriate subject content	4.45	0.69	2.932*	Rejected H_0	Suitable
Up to date course information	4.55	0.60	4.067*	Rejected H_0	Suitable
A commitment to support the learners from course directors	4.45	0.60	3.327*	Rejected H_0	Suitable

Note: * at a statistical significance level of .05.

According to the results from Table 2 and Table 3, four null hypothesis ($H_0: \mu \leq 4$) from Table 2 and seventeen null hypothesis ($H_0: \mu \leq 4$) from Table 3 are rejected. Therefore, it can be concluded that all four KPIs and seventeen KSFs which are suitable in the context of CATC at a significance level of .05. In this study, seventeen KSFs were classified into five categories: teaching methods and activities, learner, teaching equipments and technology, instructor, curriculum and course administrators.

2. Results of Prioritizing KSFs for learning air traffic control using AHP

After identifying the four KPIs and seventeen KSFs in the context of CATC, therefore, a hierarchical structure for prioritizing KSFs in air traffic control learning was established based on these KPIs and KSFs. The hierarchical structure is shown in fig. 2.

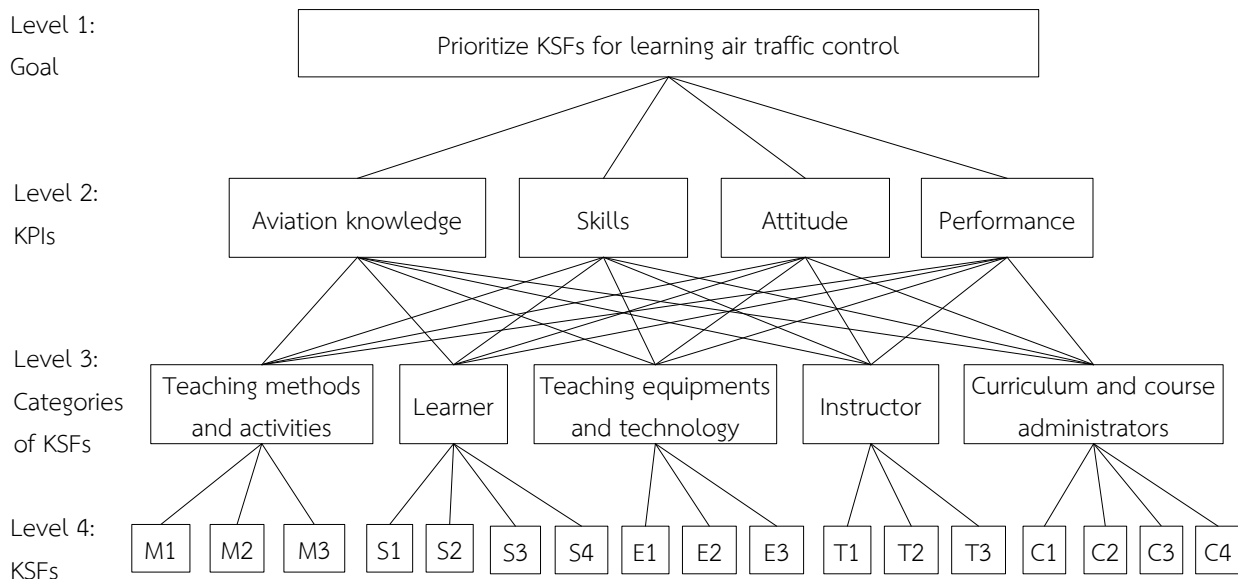


Fig. 2 The hierarchical structure for prioritizing KSFs in air traffic control learning for CATC

Figure 2 depicts a 4-level AHP model of prioritization of KSFs in air traffic control learning for CATC. The first level expresses the overall goal of this study, which is the prioritization of KSFs in air traffic control learning for CATC. The second level presents the four KPIs. The third level presents the five of categories of KSFs. The lowest level presents the 17 KSFs. These KSFs were prioritized by AHP approach by 14 aviation traffic controllers (or so called experts or decision makers). All experts had experience in fields at least eight years. The AHP results which are the priority weights and rankings of KPIs, categories of KSFs, and KSFs are shown in Table 4.

Table 4 shows the local and global weight scores of the KSFs and their categories. It also

shows the results of prioritization of the KSFs in which the priority ranking of all KSFs is based on their global weights. From Table 6, in level 2, the most important (highest-global weight) KPI is “performance”, followed by “skills”, “attitude” and “aviation knowledge” respectively. In level 3, the category of “learner” is the most importance, followed by the categories of “instructor”, “teaching methods and activities”, “curriculum and course administrators”, and “teaching equipments and technology” respectively, and in level 4, the three most important KSFs are “on-the-Job Training”, “planning for appropriate training”, and “good theoretical knowledge of procedure and agreements” respectively, while “educational experience” is the least important KSF.

Table 4

Local and global weight scores of the KSFs and their categories and their priority rankings

KSF categories	Local weights of KPIs				Global weights of KSF categories	KSFs	Local weights of KSFs	Global weights of KSFs	Priority rankings
	Aviation knowledge (0.151)	Skills (0.284)	Attitude (0.244)	Performance (0.320)					
Teaching methods and activities	0.193	0.212	0.186	0.219	0.205	On-the-job training (M1)	0.614	0.126	1
						Educational experience (M2)	0.146	0.030	17
						learning method /practice-based training (M3)	0.239	0.049	10
Learner	0.238	0.227	0.305	0.235	0.250	Good theoretical knowledge of procedure and agreements (S1)	0.294	0.074	3
						Problem solving capability (S2)	0.243	0.061	7
						Learning capability (S3)	0.283	0.071	5
						Learner motivation (S4)	0.180	0.045	12
Teaching equipments and technology	0.141	0.155	0.117	0.152	0.143	Updated simulation systems (E1)	0.318	0.045	12
						Air traffic complexity (E2)	0.416	0.059	8
						Adequate teaching materials (E3)	0.265	0.038	15
Instructor	0.228	0.215	0.240	0.222	0.226	Academic advising and monitoring learners' learning outcomes regularly (T1)	0.298	0.067	6
						Instructors knowledgeable (T2)	0.326	0.073	4
						Planning for appropriate training (T3)	0.376	0.085	2

Table 4 (continue)

KSF categories	Local weights of KPIs				Global weights of KSF categories	KSFs	Local weights of KSFs	Global weights of KSFs	Priority rankings
	Aviation knowledge (0.151)	Skills (0.284)	Attitude (0.244)	Performance (0.320)					
Curriculum and course administrators	0.201	0.190	0.152	0.171	0.176	Up-to-date subject content (C1)	0.290	0.051	9
						Appropriate subject content (C2)	0.146	0.030	17
						Up to date course information (C3)	0.256	0.045	12
						A commitment to support the learners from course directors (C4)	0.214	0.038	16

Note: Parentheses () denote the local weight of each KPI.

Conclusions, recommendations, and future research direction

1. Conclusions

To prioritize KSFs for learning air traffic control, using CATC as a case study, this study was divided into two phases: (1) determining the KPIs and KSFs in air traffic control learning in the context of CATC, and (2) prioritizing KSFs for learning air traffic control using AHP.

In determining the KPIs and KSFs, data were collected by using an assessment form for suitability of the KPIs and KSFs in the context of CATC. By using one-sample t-test at a significance level of .05, the four KPIs and the seventeen KSFs from five categories: teaching methods and activities; learner; teaching equipments and technology; instructor; and curriculum and course administrators, were then identified as the KPIs and KSFs in air traffic control learning in the context of CATC.

In prioritizing KSFs: the 4-level AHP model of prioritization of KSFs in air traffic control learning for CATC was established. By using AHP approach, the priorities of all KSFs were ranked based on their global priority weights. The three most important KSFs are “on-the-Job training”, “planning for appropriate training”, and “good theoretical knowledge of procedure and agreements” respectively, while “educational experience” is the least important KSF. Besides, the three most important KSF categories are “learner”, “instructor”, and “teaching methods and activities” respectively.

2. Recommendations

Recommendations for the CATC to be able to apply the research results effectively. As the results of the study showed “on-the-job training” is the most important KSF in learning air traffic control. For example, the course administrators should design the course to give learners the opportunity to improve themselves through effective learning

through hands-on experience in the form of “on the job training”. The job assignments relevant to the contents of the course to be practical may be considered. To provide learners with a wide variety of knowledge and experiences, including to apply the acquired knowledge and skills in future operations, a learner development plan may be developed throughout the course, which is carried out through “on the job training” etc.

If “on the job training” is likely to improve the learners’ achievement of air traffic control, the course administrators may also take the second most important KSF which is “planning for appropriate training” in order to find effective management solutions. And if the performance of

the KSF is likely to result in a better way, other factors that are of secondary importance may be further considered.

3. Future research direction

1. Sensitivity analysis by exchanging the weights of KPIs (or criteria) should be further studied to account for the uncertainty of the outcomes.

2. To apply KSFs effectively, the best practice for each KSF, particularly, the KSFs that are of high importance should be further studied, such as best practice for on the job training, best practice on planning for appropriate training, etc.



References

- Angelova, B., & Zekiri, J. (2011). Measuring customer satisfaction with service quality using American Customer Satisfaction Model (ACSI Model). *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 1(3), 232-258. doi: 10.6007/ijarbss.v1i2.35
- Aydin, O. T. (2012a). The impact of motivation and hygiene factors on research performance: An empirical study from a Turkish University. *International Review of Management and Marketing*, 2(2), 106-111. <https://www.econjournals.com/index.php/irmm/article/viewFile/180/109>
- Bagwan, A. K., & Bhola, S. S. (2018). Awareness and significance of e-banking among rural India. *Pravara Management Review*, 17(1), 46-52. <https://bit.ly/3a4fXiB>
- de Reuck, S., Donald, F., & Siemers, I. (2014). Factors associated with safety events in air traffic control. *Ergonomics SA*, 26(1), 2-18.
- Gardi, A., Sabatini, R., & Ramasamy, S. (2016). Multi-objective optimization of aircraft flight trajectories in the ATM and avionics context. *Progress in Aerospace Sciences*, 83, 1-36. doi: 10.1016/j.paerosci.2015.11.006
- Gorsevski, P. V., Jankowski, P., & Gessler, P. E. (2006). An heuristic approach for mapping landslide hazard by integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process. *Control Cybern*, 35, 121-146. <http://matwbn.icm.edu.pl/ksiazki/cc/cc35/cc3517.pdf>

- International Civil Aviation Organisation (ICAO). (2001). *Procedures for air navigation services. air traffic management, Doc 4444, International Civil Aviation Organization*. Canada: International Civil Aviation Organization.
- International Civil Aviation Organisation (ICAO). (2016). *Manual on air traffic controller competency-based training and assessment, Doc 10056, International Civil Aviation Organization*. Canada: International Civil Aviation Organization.
- International Civil Aviation Organisation (ICAO). (2018). *Air traffic services, Annex 11, International Civil Aviation Organization*. Canada: International Civil Aviation Organization
- ISO/DIS 22400-2. (2014). *Automation systems and integration-key performance indicators for manufacturing operations management-Part 2: Definitions and descriptions*. Switzerland: ISO 22400-2:2014
- Khan, I., Zameer, Q. A., & Burney, M. T. (2018). Impact of naming under 'international' tag on the brand equity of private universities. *International Journal of Techno-Management Research*, 5(4), 43-53. [http://www.ijtmr.com/docs/vol5/ma18\(7\).pdf](http://www.ijtmr.com/docs/vol5/ma18(7).pdf)
- Khan, S., Nabi, A. A., & Hafeez, A. (2016). Factors affecting tourism in northern areas of Pakistan. *Journal of Economic Info*, 3(4), 1-6. <https://doi.org/10.31580/jei.v3i4.90>
- Komnamool, N. (2008). *Aviation techonology and airport industry*. Bangkok: Project Spreading Science for National Development. (in Thai)
- Kuany, M. D. W. (2012). *Improving my professional practice and students' learning skills through action learning in economics education: a pedagogical action research conducted at dr. JG-Must, South Sudan* (Master's thesis). OsloMet – Oslo Metropolitan University. Oslo, Norway
- Kruglyak, A. (2010). *Modeling and simulation of embedded real-time software* (Master's thesis). Luleå University of Technology. Swedish.
- Madu, C. N., & Georgantzas, N. C. (1991). Strategic trust of manufacturing automation decisions: A conceptual framework. *IIE Transactions*, 23(2), 138-148. <https://doi.org/10.1080/07408179108963849>
- Madu, C. N., Kuei, C. H., & Madu, A. N. (1991). Establishing priorities for the information technology industry in Taiwan: A Delphi approach. *Long-Range Planning*, 24(5), 105-118.
- Panprasit, D., & Somsuk, N. (2016). *A study on the relationship between human factors and air traffic control's training achievement* (Master's thesis). Eastern Asia University. Pathum Thani. (in Thai)
- Poku, J., Asare, M. B., & Ricky, W. (2017). Scrutiny of customer satisfaction with service delivery of mobile telecommunication networks: A case of Navrongo. *International Journal of Statistics and Actuarial Science*, 1(3), 78-86. doi: 10.11648/j.ijzas.20170103.12
- Reeves, S. (2005). Key elements for interprofessional education. Part 1: The learner, the educator and the learning context. *Journal of Interprofessional care*, 19(sup1), 21-38. <https://doi.org/10.1080/13561820500083550>

- Rockart, J. F. (1979). Chief executives define their own data needs. *Harvard Business Review*, 57(2), 81-93. <https://hbr.org/1979/03/chief-executives-define-their-own-data-needs>.
- Saaty, T. L. (2005). *Theory and applications of the analytic network process: Decision making with benefits, opportunities, costs, and risks paperback* (3rd ed.). USA.: RWS Publications.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1998). Diagnosis with dependent symptoms: Bayes theorem and the analytic hierarchy process. *Operations Research*, 46(4), 491-502. doi: 10.1287/opre.46.4.491
- Saaty, L. T., & Vargas, L. G. (2012). *Models, methods, concepts and applications of the analytical hierarchy process* (2nd ed.). New York: Springer Publishers
- Shahin, A., & Mahbod, M. A. (2007). Prioritization of key performance indicators: an integration of analytical hierarchy process and goal setting. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 56(3), 226-240. doi: 10.1108/17410400710731437
- Srinual, N., Nongpa, A., Sinrat, S., Chamsuk, W., & Yaklai, P. (2016). Application of the analytic hierarchy process on warehouse location selection factors. *Business Review Journal*, 8(2), 75-90. (in Thai)
- Suklertnuntakij, P. (2001). *Development of air traffic controller competence in Bangkok Airport*. Bangkok: Ramkhamhaeng University (in Thai)
- Teesuka, P., & Uamcharoen, S. (2015). The development of teaching model: Curriculum development course by using reseach based learning approach for pre-service teachers academic base for curriculum development for teacher professional students. *Silpakorn Educational Research Journal*, 7(1), 135-147. (in Thai)
- Updegrove, J., & Jafer, S. (2017). Optimization of air traffic control training at the federal aviation administration academy. *Aerospace*, 4(4), 50. <https://doi.org/10.3390/aerospace4040050>
- van der Klink, M. R., & Streumer, J. N. (2002). Effectiveness of on-the-job training. *Journal of European Industrial Training*, 26(2/3/4), 196-199. <https://doi.org/10.1108/03090590210422076>.
- Winebrake, J. J., & Creswick, B. P. (2003). The future of hydrogen fueling systems for transportation: An application of perspective-based scenario aanalysis using the analystic hierarchy process. *Techological Forecasting and Social Change*, 70(4), 359-384. doi: 10.1016/S0040-1625(01)00189-5
- Yadav, G. (2018). Product characteristics that influence consumer purchasing decisions of small cars. *International Journal of Research Granthaalayah*, 6(1), pp. 463-469. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v6.i1.2018.1655>



ผลของโปรแกรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน
ตำบลบ้านนา อำเภอยะบารมี จังหวัดพิจิตร
Effects of Dengue Hemorrhagic Disease Prevention Program By the
participation of the community in Ban Na Sub-district,
Wachirabaramee District, Pichit province

ศิริวรรณ เกษะกันหา¹ อังคณา ทองโกมุท¹ และนิธิพงศ์ ศรีเบญจมาศ^{1*}
Siriwan Kokanha,¹ Angkana Thongkomut¹ and Nithipong Sribenchamas^{1*}
¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
¹Faculty of Science and Technology, Pibulsongkhram Rajabhat University
*Corresponding author: sribenchamas@hotmail.com

Received: October 20, 2020

Revised: November 11, 2020

Accepted: November 17, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองแบบสองกลุ่มวัดผลก่อนและหลังการทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนตำบลบ้านนา อำเภอยะบารมี จังหวัดพิจิตร กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้ได้แก่ประชาชนในตำบลบ้านนา อำเภอยะบารมี จังหวัดพิจิตร จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 30 คน โดยใช้วิธีการการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ โปรแกรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน แบบสอบถามพฤติกรรมกรรมการป้องกันไข้เลือดออก และแบบสำรวจงูลายซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยมีค่าความตรง เท่ากับ 0.67-1 ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 และค่าความยากง่ายของแบบทดสอบความรู้ระหว่าง 0.33-0.60 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอ้างอิง ได้แก่ Paired Sample t-test และ Independent Sample t-test ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกของกลุ่มทดลองภายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($P < .05$)

คำสำคัญ: โปรแกรม การมีส่วนร่วมของชุมชน โรคไข้เลือดออก

Abstract

The purpose of this Quasi-Experimental Research aimed to study the effectiveness of community participation program about the dengue fever prevention in Banna Sub-district, Wachirabarami District, Phichit Province. The sample were 60 people 2 village in Banna Sub-district Wachirabarami District, Phichit Province who were selected by multi-stage random sampling into experimental group and control group each 30 people. The research instruments used were the prevention dengue fever with community participation program, questionnaire regarding knowledge and dengue fever prevention behavior, and mosquitoes survey form. The content validity and the reliability were 0.67-1 and 0.87, respectively and the difficulty of knowledge test were 0.33-0.60. The data was analyzed by descriptive statistic were frequency percentage mean and standard deviation and inferential statistic, were Paired Sample t-test and Independent Sample t-test. The research results revealed that: prevention and control dengue fever behavior in the experimental group after the experiment was higher than before the experiment and higher than the control group were statistically significant at .05

Keywords : Program, Community participation, Dengue Fever



บทนำ

โรคไข้เลือดออก (Dengue hemorrhagic fever) เป็นโรคติดต่อจากคนสู่คนโดยมียุงลาย (*Aedes aegypti*) เป็นพาหะของโรค พบการระบาดของโรคนี้อย่างต่อเนื่องยาวนานเกิน 5 ทศวรรษ และได้กลายเป็นปัญหาสาธารณสุขในหลายประเทศทั่วโลก เนื่องจากโรคได้แพร่กระจายอย่างกว้างขวางและมีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะพบมากในประเทศเขตร้อนและเขตอบอุ่น ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดทั้งปี แต่โดยทั่วไปมักจะระบาดในช่วงฤดูฝนเนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นในฤดูฝนเอื้อต่อการทำให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายซึ่งเป็นพาหะของโรคไข้เลือดออกมากขึ้น ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของโรคมีความซับซ้อนและแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ (Wongsasuk, Peanchana & Akakul, 2016) ซึ่งประกอบด้วย ภูมิทัศน์ทางของประชาชน ชนิดของเชื้อไวรัสเดงกี ความหนาแน่นของประชากร สภาพภูมิอากาศ ชนิดของยุงที่เป็นพาหะ การขาดความรู้ความเข้าใจของประชาชนที่จะกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายอย่างต่อเนื่อง การแพร่ระบาดของโรคเกิดจากยุงลายบ้านและยุงลายสวน โดยเชื้อก่อโรค คือ เชื้อไวรัสเดงกี (Dengue

virus) ซึ่งประมาณร้อยละ 90 ของผู้ป่วยไข้เลือดออกจะมีสาเหตุจากการติดเชื้อไวรัสเดงกี (Department of Disease Control, 2018)

สถานการณ์โรคไข้เลือดออกในปี พ.ศ. 2561 (Department of Disease Control, Ministry of Public Health, 2019) มีรายงานผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกสะสมรวม 54,808 ราย คิดเป็นอัตราป่วย 83.26 ต่อประชากรแสนคน มีจำนวนผู้ป่วยมากกว่าปี พ.ศ. 2560 ณ ช่วงเวลาเดียวกัน ร้อยละ 52.9 (1.5 เท่า) ผู้ป่วยเสียชีวิต 69 ราย อัตราป่วยตายร้อยละ 0.13 การกระจายการเกิดโรคไข้เลือดออกตามกลุ่มอายุ ส่วนใหญ่พบในกลุ่มอายุ 10-14 ปี มีอัตราป่วยสูงสุด คือ 281.99 ต่อประชากรแสนคน รองลงมาได้แก่ กลุ่มอายุ 5-9 ปี, อายุ 15-24 ปี อายุ 0-4 ปี และอายุ 25-34 ปี คิดเป็นอัตราป่วย 271.91 153.31 94.73 และ 77.21 ต่อแสนประชากรตามลำดับ สัดส่วนอาชีพที่พบผู้ป่วยสูงสุดคือนักเรียน พบร้อยละ 48.54 รองลงมาคือ อาชีพรับจ้าง พบร้อยละ 18.67 พบผู้ป่วยเป็นเพศชายจำนวน 28,337 ราย เพศหญิงจำนวน 26,471 รายคิดเป็นอัตราส่วนเพศชายต่อเพศหญิงเท่ากับ 1:0.93 และพบว่า จังหวัดที่มีอัตราป่วยสะสมของโรคไข้เลือดออกสูงสุด 10 อันดับแรก ตั้งแต่วันที่

ที่ 1 มกราคม-11 กันยายน 2561 ได้แก่ นครปฐม พิจิตร แม่ฮ่องสอน นครสวรรค์ นครศรีธรรมราช ภูเก็ต กระบี่ ตาก ระยอง นครนายก ตามลำดับ

การรักษาและการป้องกันควบคุมโรคในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการที่จำเพาะเจาะจง สำหรับการรักษาโรคกลุ่มไข้เลือดออกใช้วิธีการรักษาตามอาการหรือการรักษาแบบประคับประคอง (supportive treatment) และยังพบว่า มีผู้ป่วยเสียชีวิตอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ปี โดยในปัจจุบันมีความพยายามในการพัฒนาวัคซีนป้องกันโรคไข้เลือดออกยังไม่สำเร็จ วิธีการป้องกันและควบคุมโรคที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันว่าได้ผลดีที่สุด คือการป้องกันและกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์และลูกน้ำยุงลาย (Shuaytong, Suphun & aruhadej, 2013; Wongsasuk, Peanchana & Akakul, 2016; Wongpandeed, Wongsaree & Srichai, 2018) ซึ่งรัฐบาลโดยกระทรวงสาธารณสุขได้พยายามใช้กลวิธีต่าง ๆ เพื่อให้ประชาชนเห็นความสำคัญและร่วมมือกันในการป้องกันลูกน้ำยุงลายและกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลาย โดยประสานความร่วมมือกันหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐบาล เอกชนและองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นแต่การดำเนินงานยังขาดความต่อเนื่อง (Rongtong & Chomson, 2019) และท้องถิ่นแต่การดำเนินงานยังขาดความต่อเนื่อง อัตราป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกในปีที่มีการระบาดไม่ลดลงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ (Office of the Permanent Secretary, Ministry of Public Health, 2018)

สถานการณ์โรคไข้เลือดออกจังหวัดพิจิตรในปี 2561 ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม-20 มิถุนายน 2561 จังหวัดพิจิตร มีผู้ป่วยแล้ว 574 รายและไม่มีผู้เสียชีวิต จากข้อมูลการป่วยตามกลุ่มอายุ พบว่า อัตราป่วยพบในทุกกลุ่มอายุ และพบสูงสุดในกลุ่มเด็ก/นักเรียน อายุ 10-14 ปี รองลงมาอายุ 15-19 ปี และอายุ 5-9 ปี สำหรับอำเภอที่มีอัตราป่วยสูง 5 ลำดับแรก ได้แก่ อำเภอสามโก้ ดงเจริญ ทับคล้อ ตะพานหิน และโพธิ์ประทับช้าง จากสถานการณ์ของโรคไข้เลือดออกในตำบลบ้านนา อำเภอชирбарมี จังหวัดพิจิตร ในปี พ.ศ. 2557 พบผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก จำนวน 1 ราย ปี พ.ศ. 2558 พบผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกจำนวน 6 ราย และในปี พ.ศ. 2560 พบผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก จำนวน 1 ราย (Phichit Provincial Public Relations Office, 2018)

ปัจจุบันสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพิจิตร และเครือข่ายบริการสุขภาพระดับอำเภอทุกอำเภอ ได้มีการเฝ้าระวัง ติดตามสถานการณ์โรคไข้เลือดออก และรณรงค์ให้ประชาชนทราบและมีส่วนร่วมในการป้องกันมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ก่อนฤดูระบาดในช่วงต้นปีนี้ และเมื่อวันที่ 30 เมษายน 2561 ที่ผ่านมานี้ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพิจิตร ได้เปิดศูนย์ปฏิบัติการภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุข (Emergency Operation Center--EOC) เพื่อควบคุมการระบาดและป้องกันการเสียชีวิตจากโรคไข้เลือดออก และเพิ่มความเข้มข้นในการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรค และบูรณาการความร่วมมือจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง แต่ยังคงพบว่า มีการระบาดของโรคไข้เลือดออกในพื้นที่อยู่ ซึ่งในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา มีการศึกษาเกี่ยวกับโรคไข้เลือดออกโดยการมีส่วนร่วม อาทิเช่น การศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมการป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออก ในชุมชน โดยกระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม พบว่า หลังดำเนินการผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความรู้ในระดับสูงและปฏิบัติตามในการป้องกันและควบคุมไข้เลือดออกสูงกว่าก่อนดำเนินการ แสดงให้เห็นว่า การดำเนินงานป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออกโดยกระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม นั้น เป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ เพื่อป้องกันและควบคุมโรคที่ต่อเนื่อง ยั่งยืน และเหมาะสมกับบริบทชุมชนอย่างแท้จริง (Suapumee, Chittayanunt, Wongrattanak & Naksrisang, 2015; Jodking & Bouphan, 2017)

ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโปรแกรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนตำบลบ้านนา อำเภอชирбарมี จังหวัดพิจิตร ได้นำแนวคิดการมีส่วนร่วมของ โคเฮนและอัฟฮอฟ (Cohen & Uphoff, 1980) มาประยุกต์เข้ากับแนวคิดการสร้างพลังอำนาจของกิบสัน (Gibson, 1993) โดยโปรแกรมเน้นการมีส่วนร่วมตั้งแต่กระบวนการค้นหา ตลอดจนการประเมินผลการดำเนินงาน สนับสนุนให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงตามกิจกรรมหรือโครงการที่ร่วมกันกำหนดขึ้นตั้งแต่การวางแผนร่วมกันและให้ได้แนวปฏิบัติที่ดีในการป้องกันโรคไข้เลือดออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกของกลุ่มทดลองก่อนกับหลังการทดลอง
2. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกภายหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

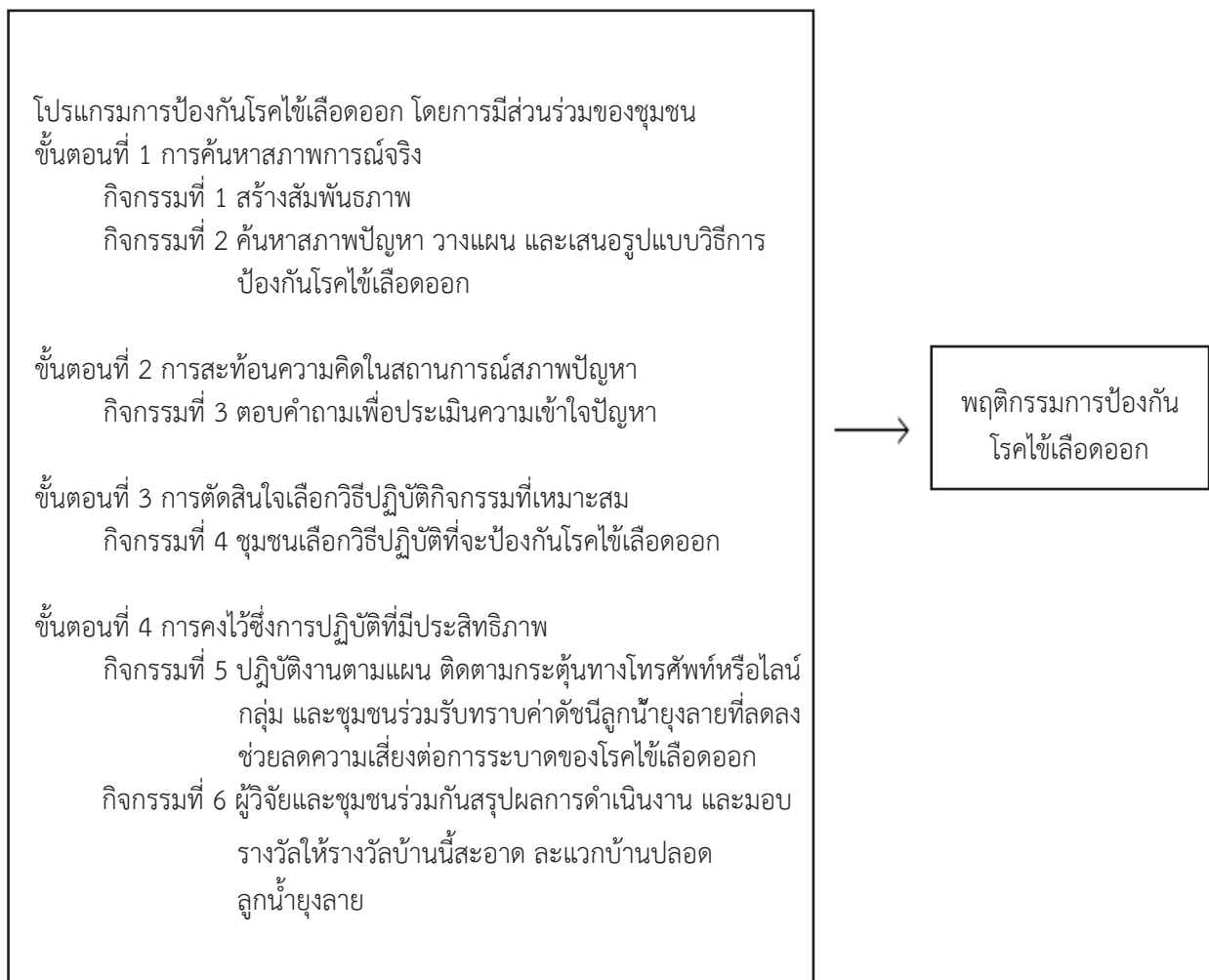
สมมติฐานการวิจัย

1. หลังการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนนพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกสูงกว่าก่อนการทดลอง
2. หลังการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนนพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกสูงกว่ากลุ่มควบคุม

กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรจัดกระทำ

ตัวแปรตาม



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนตำบลบ้านนา อำเภอลำลูกเกด จังหวัดพิจิตร

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ประชาชนที่พักอาศัยอยู่ในตำบลบ้านนา อำเภอลำลูกเกด จังหวัดพิจิตร ทั้งหมด จำนวน 10,572 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ประชาชนในหมู่ที่ 15 บ้านหนองสะเดานอก กับหมู่ที่ 4 บ้านหนองสะเดา ตำบลบ้านนา อำเภอลำลูกเกด จังหวัดพิจิตร จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 30 คน กลุ่มควบคุม 30 คน (Ritcharoon, 2006)

การสุ่มตัวอย่าง

ใช้การสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน (Fraenkel & Wallen, 2000) โดยขั้นตอนที่ 1 ใช้การสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลากหมู่บ้านได้ หมู่ที่ 15 บ้านหนองสะเดานอกเป็นกลุ่มทดลอง และได้หมู่ที่ 4 บ้านหนองสะเดาเป็นกลุ่มควบคุม ขั้นที่ 2 ใช้วิธีการสุ่มอย่างเป็นระบบ จากรายชื่อประชาชนที่สุ่มได้จากขั้นตอนที่ 1 หมู่บ้านละ 30 คน

เกณฑ์การคัดเลือก

1. เป็นประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ดำเนินการวิจัย ตำบลบ้านนา อำเภอลำลูกเกด จังหวัดพิจิตร
2. มีความรู้สึกรักตัวดี สื่อสารเข้าใจ
3. ยินดีเข้าร่วมในงานวิจัย

เกณฑ์การคัดออก

1. ต้องการยกเลิกการเข้าร่วมวิจัยระหว่างดำเนินการ
2. เกิดการเจ็บป่วยอย่างกะทันหัน

3. ย้ายออกจากพื้นที่ทำการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ โปรแกรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน และแบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออก ประกอบด้วยข้อคำถาม จำนวน 29 ข้อ

ส่วนที่ 3 แบบทดสอบความรู้ จำนวน 19 ข้อ

ส่วนที่ 4 แบบสำรวจค่า CI

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. การหาความตรงด้านเนื้อหาของ

แบบสอบถาม (content validity)

หาความตรงตามเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความตรงด้านเนื้อหา ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และพิจารณาสำนวนภาษา ได้ค่าความตรงของเนื้อหาอยู่ระหว่าง 0.67-1

2. การหาค่าความเชื่อมั่น (reliability)

โดยการทดลองใช้แบบสอบถาม (try out) กับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

- วิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ 0.87

- วิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความรู้โดยใช้สูตร KR20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) ได้ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ 0.80

3. การหาค่าความยากง่าย (difficulty)

การหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบความรู้ โดยการทดลองใช้แบบทดสอบ (try Out) กับผู้ที่มีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.33-0.60

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่างโดยชี้แจงเรื่องสิทธิของผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างละเอียดและขอความร่วมมือยินยอมเข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจ ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถถอนตัวออกจากโครงการวิจัยได้ตลอดเวลาระหว่างดำเนินการวิจัยโดยไม่มีผลกระทบใด ๆ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ โดยจะนำเสนอผลในภาพรวมและใช้ประโยชน์เพื่อการวิจัยเท่านั้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ติดต่อประสานงานกับผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพหนองสะเดาเพื่อขอความร่วมมือในการทำวิจัย
2. ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทราบอย่างละเอียดและขอความร่วมมือในการทำวิจัยแล้วจึงให้ทำแบบสอบถามทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
3. ดำเนินการวิจัยตามโปรแกรมกับกลุ่มทดลองที่ได้รับโปรแกรม และกลุ่มควบคุมไม่ได้รับโปรแกรม
4. เมื่อครบระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผู้วิจัยดำเนินการให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบสอบถามทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ความถี่ (frequency) ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
2. สถิติเชิงอ้างอิง (inferential statistics) ได้แก่ สถิติ Paired Sample t-test และ Independent Sample t-test

สรุปผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไป

พบว่า ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มทดลองส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 76.7 อายุ 30-44 และ อายุ 45-59 ร้อยละ

50 สถานภาพสมรส ร้อยละ 90 รองลงมา คือ โสดและหม้าย หย่าร้าง แยกกันอยู่ร้อยละ 6.7 และ 3.3 ตามลำดับ ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 66.7 รองลงมา คือ ระดับมัธยมศึกษา และอนุปริญญาหรือเทียบเท่า ร้อยละ 26.7 และ 6.6 ตามลำดับ ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร ร้อยละ 56.7 รองลงมา คือ ค้าขายกับรับจ้างทั่วไปเท่ากัน และแม่บ้าน ร้อยละ 20 และ 3.3 ตามลำดับ ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในชุมชน 34-58 ปี ร้อยละ 83.3 รองลงมา คือ 10-33 ปี ร้อยละ 16.7 ส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารในเรื่องการป้องกันโรคไข้เลือดออกจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุข ร้อยละ 63.4 รองลงมา คือ ผู้นำชุมชนและหอกระจายข่าวประจำหมู่บ้าน ร้อยละ 23.3 และ 13.3 ตามลำดับ

ส่วนข้อมูลทั่วไปของกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 73.3 ส่วนใหญ่อายุ 45-59 ปี ร้อยละ 53.3 รองลงมา คือ อายุ 30-44 ปี ร้อยละ 46.7 สถานภาพสมรสร้อยละ 70 รองลงมา คือ หม้าย หย่าร้าง แยกกันอยู่และโสด ร้อยละ 20 และ 10 ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 63.3 รองลงมา คือ ระดับมัธยมศึกษา และอนุปริญญา หรือเทียบเท่า ร้อยละ 20 และ 16.7 ตามลำดับ ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร ร้อยละ 63.3 รองลงมา คือ รับจ้างทั่วไป ค้าขาย และแม่บ้าน ร้อยละ 16.7, 13.3 และ 6.7 ตามลำดับ ระยะเวลาที่อาศัยมาลำดับ

ความรู้เกี่ยวกับโรคไข้เลือดออก

ความรู้เกี่ยวกับโรคไข้เลือดออกระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 12.43 ส่วนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 12.63 เมื่อนำมาเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคไข้เลือดออกก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม มีความรู้เกี่ยวกับโรคไข้เลือดออกไม่แตกต่างกัน

หลังการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 16.60 ส่วนกลุ่มควบคุม มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 12.93 เมื่อนำมาเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคไข้เลือดออกหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่า กลุ่มทดลองมีพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 1

จำนวนร้อยละของข้อมูลทั่วไปของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มทดลอง (n=30)		กลุ่มควบคุม (n=30)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เพศ				
ชาย	7	23.3	8	26.7
หญิง	23	76.7	22	73.3
อายุ				
30-44 ปี	15	50	14	46.7
45-59 ปี	15	50	16	53.3
$\bar{X}$ = 45.85 SD = 6.621 MIN = 34 Max = 58				
สถานภาพ				
โสด	2	6.7	3	10
สมรส	27	90	21	70
หม้าย, หย่าร้าง, แยกกันอยู่	1	3.3	6	20
ระดับการศึกษา				
ประถมศึกษา	20	66.7	19	63.3
มัธยมศึกษา	8	26.7	6	20
อนุปริญญาหรือเทียบเท่า	2	6.6	5	16.7
อาชีพ				
เกษตรกร	17	56.7	19	63.3
แม่บ้าน	1	3.3	2	6.7
รับจ้างทั่วไป	6	20	5	16.7
ค้าขาย	6	20	4	13.3
ระยะเวลาที่ท่านอาศัยในชุมชนนี้				
10-33 ปี	5	16.7	5	16.7
34-58 ปี	25	83.3	25	83.3
$\bar{X}$ = 41.52 SD = 11.940 MIN = 10 Max = 58				
ท่านได้รับข่าวสารในเรื่องการป้องกันโรคไข้ เลือดออกจากแหล่งใดมากที่สุด				
เจ้าหน้าที่สาธารณสุข	19	63.4	21	70
ผู้นำชุมชน	7	23.3	6	20
หอกระจายข่าวประจำหมู่บ้าน	4	13.3	3	10

ตาราง 2

การเปรียบเทียบของคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคไข้เลือดออกระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ทั้งก่อนและหลังการทดลอง

รายการ	$\bar{X}$	SD
ก่อนการทดลอง (n=30)		
กลุ่มทดลอง	12.43	4.30
กลุ่มควบคุม	12.63	4.44
หลังการทดลอง (n=30)		
กลุ่มทดลอง	16.60	1.50
กลุ่มควบคุม	12.93	4.16

ตาราง 3

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคไข้เลือดออก ระหว่างก่อนกับหลังการทดลองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

รายการ	$\bar{X}$	SD
กลุ่มทดลอง (n=30)		
ก่อนการทดลอง	12.43	4.30
หลังการทดลอง	16.60	1.50
กลุ่มควบคุม (n=30)		
ก่อนการทดลอง	12.63	4.44
หลังการทดลอง	12.93	4.16

ตาราง 4

การเปรียบเทียบค่าดัชนีลูกน้ำยุงลายค่า Container Index--CI ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

รายการ	ค่า CI ก่อนการทดลอง	ค่า CI หลังการทดลอง
กลุ่มทดลอง (n=168)	9.52	1.20
กลุ่มควบคุม (n=135)	8.15	9.62

ผลดัชนีความชุกของลูกน้ำยุงลายระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ก่อนการทดลอง ค่าดัชนีลูกน้ำยุงลายในกลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยดัชนีลูกน้ำยุงลาย (CI) เท่ากับ 9.52 ภายหลังการทดลอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยดัชนีลูกน้ำยุงลาย

(CI) เท่ากับ 1.20 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีลูกน้ำยุงลาย (CI) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีลูกน้ำยุงลาย (CI) หลังการทดลองมีค่า ต่ำกว่าก่อนการทดลอง ก่อนการทดลอง ค่าดัชนีลูกน้ำยุงลายในกลุ่มควบคุม ค่าเฉลี่ยดัชนีลูกน้ำยุงลาย (CI) เท่ากับ 8.15 ภายหลัง

การทดลอง ทำการสำรวจซ้ำ พบว่า มีค่าเฉลี่ยดัชนีลูกน้ำยุงลาย (CI) เท่ากับ 9.62 เมื่อเปรียบเทียบจากค่าเฉลี่ยดัชนีลูกน้ำยุงลาย (CI) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีลูกน้ำยุงลาย (CI) ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ไม่แตกต่างกัน

พฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออก

พฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 65.77 ส่วนกลุ่มควบคุม มีคะแนน

เฉลี่ย เท่ากับ 65.53 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออก ก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม มีพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองพบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 98.77 ส่วนกลุ่มควบคุม มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 65.13 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่า กลุ่มทดลองมีพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 5

การเปรียบเทียบของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมทั้งก่อนและหลังการทดลอง

รายการ	$\bar{X}$	SD	t	df	p-value
ก่อนการทดลอง (n = 30)					
กลุ่มทดลอง	65.77	10.42	0.09	58	.93
กลุ่มควบคุม	65.53	10.19			
หลังการทดลอง (n = 30)					
กลุ่มทดลอง	98.77	7.48	14.40	58	<.001
กลุ่มควบคุม	65.13	10.38			

ตาราง 6

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออก ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

รายการ	$\bar{X}$	SD	t	df	p-value
กลุ่มทดลอง (n=30)					
ก่อนการทดลอง	65.77	10.41	-25.92	29	<.001
หลังการทดลอง	98.77	7.28			
กลุ่มควบคุม (n=30)					
ก่อนการทดลอง	65.53	10.19	0.15	29	.88
หลังการทดลอง	65.13	10.38			

พฤติกรรมกำป้องกันโรคล้เชื้อดอออกภายใน
กลุ่มทดลอง พบว่า ก่อนการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ
65.77 ส่วนหลังการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 98.77
เมื่อนำมาเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกำป้องกันโรคล้
เชื้อดอออกภายในกลุ่มทดลองหลังการทดลองมีพฤติกรรม
กำป้องกันโรคล้เชื้อดอออกสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กลุ่มควบคุม พบว่า ก่อนการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย
เท่ากับ 65.53 ส่วนหลังการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ
65.13 เมื่อนำมาเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกำ
ป้องกันโรคล้เชื้อดอออกภายในกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง
และหลังการทดลองมีพฤติกรรมกำป้องกันโรคล้เชื้อดอออก
ไม่แตกต่างกัน

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง ผลของโปรแกรมกำป้องกัน
โรคล้เชื้อดอออกโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนตำบลบ้านนา
อำเภอดงขรบุรี จังหวัดพิจิตร ผู้ศึกษาก่อปรายผลการ
ศึกษาตามลำดับสมมุติฐาน ดังนี้

สมมุติฐานข้อที่ 1 หลังการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนน พฤติกรรมกำป้องกันโรคล้เชื้อดอออกสูงกว่าก่อนทดลอง

ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ภายหลังการทดลองใน
กลุ่มทดลองมีคะแนนพฤติกรรมกำป้องกันโรคล้เชื้อดอออก
สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
เป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 1 สามารถอธิบายได้ว่าหมู่บ้าน
ที่ได้รับโปรแกรมกำป้องกันโรคล้เชื้อดอออกโดยการมีส่วนร่วม
ของชุมชน ซึ่งได้นำกรอบแนวคิดทฤษฎีการมีส่วนร่วม
ของโคเฮนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง และ
ยังสอดคล้องกับชาติ ศรีสุข และวุฒิชัย ประภาภิตติรัตน์
(Srisuk & Praphakittirat, 2013) ที่ได้ศึกษาผลการ
ใช้กระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมของชุมชนในการ
ป้องกันและควบคุมโรคล้เชื้อดอออก บ้านวังกรด ตำบล
สำโรงชัย อำเภอดงขรบุรี จังหวัดนครสวรรค์พบว่า หลังได้
รับกระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมกลุ่มตัวอย่างมีความรู้
ทัศนคติ การปฏิบัติและการมีส่วนร่วมในการป้องกันและ

ควบคุมโรคล้เชื้อดอออกสูงกว่าก่อนได้รับกระบวนการเรียนรู้
แบบมีส่วนร่วมอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยัง
สอดคล้องกับ มัญชนดิษา แสงโพธิ์คัมภ์, กุลวดี โรจน์ไพศาลกิจ
และวรารกร เกรียงไกรศักดิ์ดา (Sangphokhum, Rojpaisarnkit
& Kriengkaisakda, 2016) ที่ได้ศึกษาผลของโปรแกรม
การเสริมพลังโดยใช้กระบวนการ จัดการแบบมีส่วนร่วม
ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายของแกนนำครอบครัว กรณี
ศึกษาตำบลเขาฉกรรจ์ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว
ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังการทดลอง แกนนำครอบครัว
กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกำควบคุมลูกน้ำยุงลาย
ดีกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและดีกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และยังสอดคล้อง
กับการศึกษาของเกศินี วงศ์สุบิน และคณะ (Wongsubin
et al. 2016) ที่ได้ศึกษา ผลของโปรแกรมการเสริมสร้าง
พลังอำนาจของอาสาสมัครสาธารณสุข ประจำหมู่บ้านใน
การป้องกันและควบคุมโรคล้เชื้อดอออก ตำบลโป่งน้ำร้อน
อำเภอดงขรบุรี จังหวัดจันทบุรี ผลการวิจัยพบว่า หลังการ
ทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกำป้องกัน
และควบคุมโรคล้เชื้อดอออกสูงกว่าก่อนการทดลองและ
กลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมุติฐานข้อที่ 2 หลังการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนน พฤติกรรมกำป้องกันโรคล้เชื้อดอออกสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ภายหลังการทดลองในกลุ่ม
ทดลองมีคะแนนพฤติกรรมกำป้องกันโรคล้เชื้อดอออกสูงกว่า
กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไป
ตามสมมุติฐานข้อที่ 2 สามารถอธิบายได้ว่าโปรแกรมกำ
ป้องกันโรคล้เชื้อดอออกโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน โดย
การและฮัฟฟอฟ มาประยุกต์ใช้ ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ
(1) การมีส่วนร่วมในการคิด เกิดจากกิจกรรมแลกเปลี่ยน
ประสบการณ์การป้องกันโรคล้เชื้อดอออก (2) การมีส่วนร่วม
ในการตัดสินใจ เกิดจากการให้ชุมชนเข้ามามีส่วน
ร่วมในการค้นหาปัญหาเกี่ยวกับโรคล้เชื้อดอออก วิเคราะห์
ปัญหา และหาแนวทางป้องกันโรคล้เชื้อดอออก (3) การ
มีส่วนร่วมในการปฏิบัติ ชุมชนร่วมดำเนินการป้องกันโรคล้
เชื้อดอออกโดยการเลือกปฏิบัติตามความเหมาะสม และ
(4) การมีส่วนร่วมในการประเมินผล ผู้วิจัยและชุมชนร่วมกัน

สรุปผลการดำเนินงาน และแนวคิดการสร้างพลังอำนาจ ของ กิบสัน ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ (1) การค้นพบสภาพการณ์จริง ให้ชุมชนค้นหาสภาพปัญหา วางแผน และเสนอรูปแบบวิธีการป้องกันโรคไข้เลือดออก (2) การสะท้อนความคิดอย่าง มีวิจารณ์ญาณ (3) การตัดสินใจเลือกวิธีปฏิบัติกิจกรรมที่ เหมาะสมกับตนเอง ชุมชนร่วมกันเลือกวิธีปฏิบัติที่จะป้องกัน โรคไข้เลือดออกอย่างเหมาะสม และ (4) การคงไว้ซึ่งการ ปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพ โดยติดตามกระตุ้นทางโทรศัพท์ และไลน์กลุ่มและมีการมอบรางวัลให้บ้านนี้สะอาดปลอด ลูกน้ำยุงลาย เป็นไปตามทฤษฎีการมีส่วนร่วมของโคเฮน และอัฟฮอฟ (Cohen & Uphoff, 1980) และเป็นไปตาม แนวคิดการสร้างพลังอำนาจของกิบสัน สอดคล้องกับการ ศึกษาของ กูมฮาร์ กูมาะ และคณะ (Kumoh et al., 2016) ที่ศึกษา การวิจัยการมีส่วนร่วมของชุมชนในการป้องกันและ ควบคุมโรคไข้เลือดออกหมู่บ้านบางหมู่ ตำบลบ้านน้ำบ่อ อำเภอบะนาระ จังหวัดปัตตานี พบว่า การป้องกันและ ควบคุมโรคไข้เลือดออกได้อย่างยั่งยืนต้องได้รับความร่วมมือ และเน้นกระบวนการมีส่วนร่วมจากชุมชนมีส่วนร่วมในการ คิด ตัดสินใจ ค้นหาปัญหา วิเคราะห์ปัญหา หาแนวทาง แก้ไขปัญหาโรคไข้เลือดออก ร่วมดำเนินการป้องกันโรค ไข้เลือดออกและการมีส่วนร่วมในการประเมินผล รวมทั้ง มีการติดตามกระตุ้นทางโทรศัพท์และไลน์กลุ่ม ผู้วิจัยและ ชุมชนร่วมกันสรุปผลการดำเนินงานและมอบรางวัลให้ สำหรับบ้านที่ปลอดลูกน้ำยุงลาย ทำให้ชุมชนในกลุ่มทดลอง มีพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกดีกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งผลวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของนิโลบล ฉ่ำแสง และ วิรัชฎากร ปารมม (Shamsaeng & Prarom, 2017) ที่ ศึกษาประสิทธิผลของโปรแกรมการมีส่วนร่วมของชุมชน ต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกในตำบลเข็กน้อย อำเภอลำปาง จังหวัดพะเยา พบว่าหลังการทดลอง พฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกของกลุ่มทดลอง มี คะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับไพโรจน์ พรหมพันธุ์ และ คณะ (Prompunjai et al., 2013) ได้ศึกษา ประสิทธิภาพ ของโปรแกรมการพัฒนาทักษะการบริหารให้แก่แกนนำ

ระดับอำเภอเพื่อป้องกันโรคไข้เลือดออกในเขตพื้นที่ เครือข่ายบริการที่ 9 ผลการศึกษาพบว่า พฤติกรรมการ บริหารงานเพื่อป้องกันโรคไข้เลือดออกในชุมชนของแกนนำ ระดับอำเภอ พบว่า ในกลุ่มทดลองมีคะแนนค่าเฉลี่ยดีกว่ากลุ่ม ควบคุมยังสอดคล้องกับการศึกษาของศิริวัฒน์ ศิริอมรพรรณ, รังสรรค์ สิงห์เลิศ และอวยชัย วัฒนา (Siriamonpan, Singhalert & Watha, 2013) ได้ศึกษา รูปแบบการพัฒนา ประสิทธิภาพการป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออก ของ ประธานอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน จังหวัด ร้อยเอ็ด ผลการศึกษาพบว่า หลังการทดลองใช้รูปแบบ พัฒนาประสิทธิภาพการป้องกันและควบคุมไข้เลือดออกของ ประธานอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านของกลุ่ม ทดลองมีคะแนนค่าเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มควบคุม

ข้อเสนอแนะการวิจัย

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ผู้บริหารหน่วยงานระดับสูงสามารถนำผลการวิจัยนี้ ไปใช้ในการกำหนดนโยบายเพื่อเป็นรูปแบบในการป้องกัน โรคไข้เลือดออกให้กับชุมชนอื่นต่อไป

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการควบคุมและป้องกัน โรคไข้เลือดออกสามารถนำโปรแกรมการป้องกันโรคไข้เลือดออก โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนไปประยุกต์ใช้เป็นรูปแบบใน การป้องกันโรคไข้เลือดออกในพื้นที่อื่น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาติดตามผลหลังการจัดโปรแกรมการ ป้องกันโรคไข้เลือดออกในชุมชนอย่างต่อเนื่องเป็นระยะยาว เพื่อติดตามความต่อเนื่องของการมีพฤติกรรมการป้องกัน โรคไข้เลือดออกในชุมชน



References

- Cohen, J., & Uphoff, N. (1980). Participation's place in rural development: Seeking clarity through specificity. *World Development*, 8(3), 213-235. doi: 10.1016/0305-750X(80)90011-X.
- Department of Disease Control, Ministry of Public Health. (2018). *Prevention surveillance evaluation report control dengue at national level, 2016-2017*. Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/1ZOqVimrUsdOKQA0doombbyfnRhuElsmO/view>. (in Thai)
- Department of Disease Control, Ministry of Public Health. (2019). *Dengue prognosis report 2019*. Retrieved from <https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor/6f4922f45568161a8cdf4ad2299f6d23/files/Dangue/Prophecy/2562.pdf>. (in Thai)
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2000). *How to design and evaluate research in education*. New York: Mcgraw-Hill Higher Education.
- Gibson, C.H. (1993). *A study of empowerment in mothers of chronically ill children* (Doctoral dissertation). Boston College. Boston.
- Huaysai, P., Sukserm, T., & Khunluek, K. (2016). The participation of the population of Huai Phuang District, Kalasin Province in the prevention and control of Dengue Hemorrhagic Fever. *Prae-wa Kalasin Journal of Kalasin University*, 3(1), 64-81. (in Thai)
- Jodking, P., & Bouphan, P. (2017). The participation in Dengue Hemorrhagic Fever prevention and control of village health volunteer at Samliam Community Khon Kaen municipality. *Journal of the Office of DPC 7 Khon Kaen*, 24(2), 29-37. (in Thai)
- Kumoh, K., Arwae, V., Chantira, R., Sarakshetrin, A., & Kansukcharearn, A. (2016). Community participation action research for preventing and controlling Dengue Hemorrhagic Fever at Bangmoo Village, Bannumboa Sub-district, Panareh District, Pattani Provinc. *The Journal of Prapokklao Hospital Clinical Medical Education Center*, 33(3), 218-229. (in Thai)
- Office of the Permanent Secretary, Ministry of Public Health. (2018). Participation of the people. Retrieved from <http://www.google.co.th/search?output=search&scient=psy>.
- Promptunjai, P., Thammakun, T., Thammakun, T., & Pensuk, P. (2013). Effectiveness of management skill development program for district leaders to prevent Dengue Hemorrhagic Fever in Health Service Network Region 9. *Disease Control Journal*, 39(3), 194-203. (in Thai)
- Phichit Provincial Public Relations Office. (2018). *Phichit province cares for people from Dengue Fever problem, Agencies in the surveillance and public relations areas are concentrated*. Retrieved from :http://pr.prd.go.th/phichit/ewt_news.php?nid=6328&filename=index. (in Thai)
- Ritcharoon, P. (2006). *Social science research methodology*. Bangkok: House of Kermyst Co.,Ltd. (in Thai)
- Rongtong, A., & Chomson, S. (2019). Factors affecting participation in Dengue Hemorrhagic Fever preventing and control among people in Nongchang District, Uthai Thani Province. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 13(1), 147-158. (in Thai)

- Sangphokhum, M., Rojpaisarnkit, K., & Kriengkaisakda, W. (2016). The effect of empowerment program through participatory management for Aedes larvae control of household leaders: A case Khao Chakan Sub-district, Khao Chakan District, Sa kaeo Province. *Kuakarun Journal of Nursing*, 23(2), 135-148. (in Thai)
- Shamsaeng, N., & Prarom, V. (2017). *The effectiveness of the program with the participation of community behavior to prevent dengue fever in Khek Noi, Khao Kho District, Phetchabun Province Special Problem* (Bachelor's thesis). Pibulsongkram Rajabhat University. Phitsanulok. (in Thai)
- Shuaytong, P., Suphun, B., & Karuhadej, P. (2013). The people participation on Dengue Hemorrhagic Fever prevention and control in Sisaket Province. *Kuakarun Journal of Nursing*, 20(2), 55-69. (in Thai)
- Siriamonpan, S., Singhalert, R., & Watha, O. (2013). A model for development of prevention and controlling effectiveness of Dengue Haemorrhagic Fever of village health volunteer leaders in Roi-et Province. *Chophayom journal*, 24(1), 83-99. (in Thai)
- Srisuk, C., & Praphakittirat, W. (2013). The effect of community participatory learning program for prevention and control of Dengue Hemorrhagic Fever in Wangkrot Village Samrongchai Sub-district, Phisali District, Nakhon Sawan province. *Journal of Graduate Studies in Northern Rajabhat Universities*, 3(5), 97-108. (in Thai)
- Suapumee, N., Chittayanunt, K., Wongrattanak, W., & Naksrisang, W. (2015). Effectiveness of the Dengue Hemorrhagic Fever Prevention and Control Program in Community using a Participatory Learning Process. *Nursing Journal of the Ministry of Public Health*, 25(1), 25-39. (in Thai)
- Wongpandeed, A., Wongsaree, C., & Srichai, A. (2018). Different similarities in nursing care for Dengue Hemorrhagic Fever patients: Childhood and adulthood. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 12(3), 124-132. (in Thai)
- Wongsasuk, N., Peanchana, A., & Akakul, T. (2016). A development of the Dengue Hemorrhagic Fever preventive model in the Communities of Tambon Kumnumsaepin Ubon Ratchathani's Warinchamrap District. *UBRU Journal for Public Health Research*, 5(1), 41-52. (in Thai)
- Wongsubin, K., Kaeodumkoeng, K., Kengganpanich, T., & Kengganpanich, M. (2016). Effect of empowerment program on prevention and control of Dengue Hemorrhagic Fever among village health volunteers in Pongnamron Sub-district, Pongnamron District, Chanthaburi Province. *The Journal of Prapokklao Hospital Clinical Medical Education Center*, 33(3), 196-209. (in Thai)



ประสิทธิผลของโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพต่อพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ
ตำบลจอมทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

The Effectiveness of Health Behaviors Modification Program
on Health Behaviors among the Elderly in Chom Thong Sub-district,
Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok Province

นิธิพงศ์ ศรีบุญจามา¹ และกิงแก้ว สำรวรรื่น¹

Nithipong Sribenchamas¹ and Kingkaew Samruayruen¹

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

¹Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

Received: November 3, 2020

Revised: February 11, 2021

Accepted: February 15, 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองนี้เป็นการศึกษา 2 กลุ่ม วัดก่อนผลก่อนและหลังทดลอง (quasi-experimental research) มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการให้โปรแกรมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพต่อพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุตำบลจอมทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 60 คน ทำการสุ่มแบบหลายขั้นตอน แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลองและ กลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 คน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ โปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ และแบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพ การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ (1) ความตรงมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.66–1 และ (2) ค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.932 วิเคราะห์ข้อมูลด้วย สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอ้างอิง (inferential statistics) ได้แก่ Paired sample t-test และ Independent sample t-test ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมสุขภาพสูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{X}=249.20$, $SD=16.545$, $\bar{X}=199.76$, $SD=21.157$, $\bar{X}=204.6$, $SD=18.707$ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p < .05$)

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ โปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ พฤติกรรมสุขภาพ ผู้สูงอายุ

Abstract

This study was a quasi-experimental research of 2 study groups, using pre-test post-test control group design. The purpose was to examine the effectiveness of health behaviors modification program on health behaviors among the elderly. The sample groups of 60 older adults selected through by multi-stage sampling method was divided into experimental group and control group, 30 persons each. Health behaviors modification program and health behaviors questionnaire were applied as a research tool, test for (1) content validity were 0.66-1 and (2) reliability with cronbach's alpha coefficient was 0.932. Data collected was then analysed by descriptive statistics including frequency, percentage, mean and standard deviation and also by inferential statistics including Paired sample t-test and Independent sample t-test. The results showed that after the research, the experimental group had a health behaviors average score significantly higher than before and those of the control group ($\bar{X}$ =249.20, SD=16.545, $\bar{X}$ =199.76, SD= 21.157, $\bar{X}$ =204.6, SD=18.707) at .05 significance level.

Keywords: effectiveness, health behaviors modification program, health behaviors, elder



บทนำ

สถานการณ์ผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องจากรายงานขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2017) จำนวนผู้สูงอายุที่อายุ 60 ปีขึ้นไป เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จาก 900 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2558 จะเป็น 2 ล้านล้านคน ในปี พ.ศ. 2593 หรือเพิ่มจากร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 22 ของประชากรทั้งหมดทั่วโลก จากการคาดการณ์ขององค์การสหประชาชาติว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2554–2643 จะมีประชากรผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป มากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรรวมทั่วโลก เป็นประชากรที่อยู่ในทวีปยุโรปมากที่สุด ขณะที่เอเชียมีมากเป็นอันดับ 4 ของโลก โดยประเทศไทยมีผู้สูงอายุสูงมากเป็นอันดับ 4 ของเอเชีย และเป็นอันดับสองของกลุ่มประเทศอาเซียน และในอีกไม่กี่ปีข้างหน้าประเทศไทยจะก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ (Chewasopit, 2019) และจากรายงานการสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2560 (National Statistical Office, Ministry of Digital Economy and Society, 2018) พบว่า มีแนวโน้มเช่นเดียวกันโดยเพิ่มจากร้อยละ 6.8 ในปี พ.ศ. 2537 เป็นร้อยละ 12.2 14.9 และ 16.7 ของประชากรทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2554 2557 และ 2560

ตามลำดับ ซึ่งประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศอาเซียนที่เข้าสู่สังคมสูงวัย (aged society คือ มีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปมากกว่าร้อยละ 10 ของจำนวนประชากรทั้งหมด) และคาดว่าจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ (complete aged society ประชากรอายุ 60 ปี ขึ้นไปมากกว่าร้อยละ 20 ของจำนวนประชากรทั้งหมด) ภายใน ปี พ.ศ. 2564 โดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรผู้สูงอายุดังกล่าวเกิดจากการมีคุณภาพชีวิตที่ดี จากปัจจัยความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ รวมทั้งด้านการแพทย์และสาธารณสุข ที่มีการขยายการเติบโตของการให้บริการที่ครอบคลุม มีการรักษาที่มีประสิทธิภาพ อัตราการเสียชีวิตจากการเจ็บป่วยลดลง ประชาชนมีอายุยืนยาวขึ้น (Artsanthia & Pomthong, 2018)

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการที่มีอายุมากขึ้น ทำให้มีภาวะต่าง ๆ ของร่างกายและการรับรู้ทำงานผิดปกติไป นำมาซึ่งความเสี่ยงและปัญหาสุขภาพและการเกิดภาวะโรคเรื้อรังที่พบบ่อยในผู้สูงอายุ โดยปัจจัยหนึ่งมาจากพันธุกรรม แต่ปัจจัยส่วนใหญ่เกิดจากสภาพทางร่างกาย สิ่งแวดล้อมทางด้านสังคม และสภาพสิ่งแวดล้อม และที่สำคัญคือพฤติกรรมด้านสุขภาพหรือวิถีชีวิตซึ่งหมายถึงความรวมถึง

การมีสุขภาพที่ไม่ดีในอดีต เจ็บป่วยสะสมตั้งแต่วัยหนุ่มสาว หรือวัยทำงาน และไม่ได้รับการรักษาหรือการเข้าถึงบริการสุขภาพ (Anuruang, 2017; WHO, 2017; Ebersole & Hess, 1998; Jaseicha & Kanokthet, 2019) จากรายงานของ องค์การอนามัยโรค (WHO, 2018) พบโรคไม่ติดต่อ 4 กลุ่มหลักที่เป็นสาเหตุของการเสียชีวิตของประชากรโลกได้แก่ โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็ง โรคทางเดินหายใจเรื้อรัง และโรคเบาหวาน หากผู้สูงอายุมีพฤติกรรมสุขภาพที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อสภาวะสุขภาพ จนอาจเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังดังกล่าวที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลเพิ่มสูงขึ้น การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพจะช่วยให้จัดการปัญหาสุขภาพด้วยตนเอง เพื่อพึ่งตนเองด้านสุขภาพได้ เพื่อการนำไปสู่สภาวะ (Health Education Division, Ministry of Public Health, 2015; Wolwat, Suwan & Chanthamolee, 2019; Nakphu & Songthap, 2019)

สอดคล้องแผนการดำเนินเกี่ยวกับผู้สูงอายุของ องค์การอนามัยโลก WHO (2020) ตามหลักการ Healthy aging ซึ่งเป็นกระบวนการพัฒนาและรักษาไว้ซึ่งความสามารถในการทำงานที่มีสภาวะที่ดีในวัยที่มากขึ้นอย่างเหมาะสม เนื่องจากอายุที่มากขึ้น อวัยวะต่าง ๆ มีความสามารถในการทำงานลดลง ดังนั้นวัยสูงอายุเป็นวัยที่ต้องการบริการสร้างเสริมสุขภาพต่างไปจากวัยอื่น ๆ การเพิ่มพฤติกรรมสุขภาพที่ดีจะเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยชะลอความเสื่อม และทำให้อวัยวะของร่างกายมีความสามารถทำงานได้อย่างเต็มความสามารถ พึ่งพาตนเองได้ รวมทั้งเพิ่มคุณภาพชีวิตในผู้สูงอายุให้ดีขึ้น (Senol, Unalan, Soyuer & Argun, 2014; Ebersole & Hess, 1998) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของชินอลและคณะ (Senol et al., 2014) พบว่า พฤติกรรมสร้างเสริมสุขภาพ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ

การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพในครั้งนี้ประยุกต์จากแนวคิด ทฤษฎีแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพ (health belief model) (Rosenstock, Strecher & Becker, 1988) ซึ่งเชื่อว่าพฤติกรรมของบุคคลมีแนวโน้มที่จะเกิดจากปัจจัยหรือมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ การรับรู้โอกาสเสี่ยง การรับรู้ความรุนแรงของโรค เพื่อให้เกิดการรับรู้ความเสี่ยงของการเกิดโรคของผู้สูงอายุ และเมื่อเกิดโรคขึ้นจะส่งผลกระทบต่อตนเอง ซึ่งเปรียบเทียบกับประโยชน์กับอุปสรรค

ของการเกิดโรคโดยเลือกการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสมที่ผู้สูงอายุคิดว่าจะส่งผลดีต่อภาวะสุขภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อรณช ชุศรี ปณวัตร สันประโคน และศรีสุตา วงศ์วิเศษกุล (Chusri, Sanprakhon & Wongwisadkul, 2018) ได้ประยุกต์ใช้ Health Belief Model-HBM ในการศึกษาผลของโปรแกรมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจ ในผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคเรื้อรังในชุมชนเมือง กรุงเทพมหานคร โดยใช้โปรแกรมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันตนเอง ผลการศึกษา พบว่า ผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคเรื้อรังที่ได้รับโปรแกรมพฤติกรรมป้องกันตนเอง จากโรคหลอดเลือดหัวใจ ดีขึ้น และการศึกษาของ ปิยธิดา คูหิรัญญรัตน์ และคณะ (Kuhirunyaratn et al., 2018) พบว่า พฤติกรรมการสร้างเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุในประเทศและต่างประเทศมีความแตกต่างกันตามปัญหาและบริบทของแต่ละพื้นที่ ดังนั้นผู้วิจัย จึงได้ ออกแบบโปรแกรมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม โดยนำ ทฤษฎีการสร้างเสริมสุขภาพ (HBM) มาใช้เป็นกรอบการศึกษา เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ 2ส ที่จะเหมาะสมกับผู้สูงอายุในพื้นที่นี้มีคุณภาพชีวิตที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ ก่อนและหลังการได้รับโปรแกรมของกลุ่มทดลอง
2. เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมหลังได้รับโปรแกรม

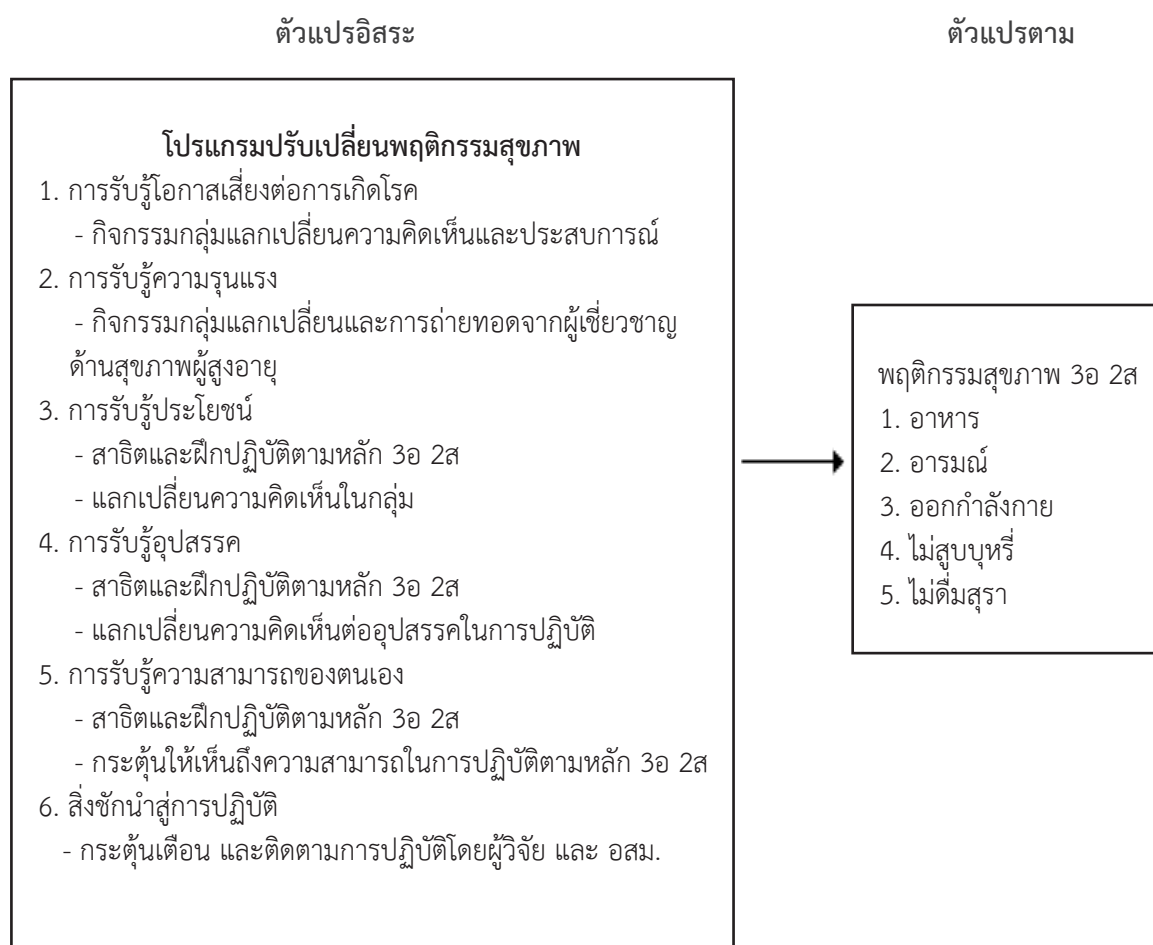
แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพ (health belief model) (Rosenstock, Strecher & Becker, 1988) ในการดำเนินกิจกรรมของ โปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ เป็นตัวแปรต้น ซึ่งมี 6 องค์ประกอบ คือ การรับรู้โอกาสเสี่ยงของการเกิดปัญหาสุขภาพและการเกิดภาวะโรค หรือภาวะแทรกซ้อน จากเรื้อรังในผู้สูงอายุ จากอายุที่มากขึ้นทำให้อวัยวะต่าง ๆ ทำงานผิดปกติไป ภูมิคุ้มกันที่ลดลงและการรับรู้ความ

รุนแรงว่าเมื่อเกิดโรคเรื้อรังขึ้นและไม่มีการควบคุมจะส่งผลอันตรายและการเกิดภาวะแทรกซ้อนรุนแรงได้ มีการรับรู้ประโยชน์กับอุปสรรคของการปฏิบัติตามหลัก 3อ 2ส โดยเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย การรับรู้ความสามารถของตนเอง กระตุ้นให้เห็นถึงความสามารถในการปฏิบัติตามหลัก 3อ 2ส กระตุ้นเตือนชักนำสู่การปฏิบัติตามพฤติกรรม

สุขภาพของผู้สูงอายุ ที่เหมาะสมที่ผู้สูงอายุคิดว่าจะส่งผลดีต่อภาวะสุขภาพโดย โดยตัวแปรตาม คือ พฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ 2ส 5 ด้าน คือ พฤติกรรมด้านอาหาร ด้านอารมณ์ ด้านออกกำลังกาย ด้านการไม่สูบบุหรี่ และด้านการไม่ดื่มสุรา

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

กลุ่มทดลองที่ได้รับโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ มีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมสุขภาพหลังการทดลอง สูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มควบคุม

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) มีการศึกษา 2 กลุ่ม ทำการวัดผลก่อนและหลังการทดลอง (two group pretest-posttest-design)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านตำบลจอมทอง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 431 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านตำบลจอมทอง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก โดยมี

เกณฑ์การคัดเลือก (inclusion criteria) ดังนี้

1. มีการรับรู้ มีสติสัมปชัญญะดี สื่อสารเข้าใจ
2. สมัยครใจ และมีความยินดีเข้าร่วมการวิจัย
3. สามารถเคลื่อนไหวร่างกายและปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ปกติ

เกณฑ์คัดออก (exclusion criteria)

1. เป็นโรครุนแรง ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูงที่ควบคุมระดับความดันโลหิตไม่ได้ โรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ หรือมีภาวะแทรกซ้อน

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 30 คน และกลุ่มควบคุม 30 คน ได้จากการคำนวณโดยใช้ power analysis (G*Power 3.1.9.2) กำหนด Effect size=0.85 ค่าความเชื่อมั่น =0.05 และ Power of test=0.94 (Cohen, 1988) การได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างและการจัดกลุ่มตัวอย่างเข้าเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) โดยการจับฉลาก เพื่อเลือกโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล 2 แห่ง ในเขตตำบลจอมทอง ได้โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านจอมทอง ซึ่งประกอบด้วย 5 หมู่บ้าน

ขั้นตอนที่ 2 โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) โดยการจับฉลากรายชื่อหมู่บ้านในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านจอมทอง เพื่อเลือกหมู่บ้านเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ได้ หมู่ที่ 10 บ้านคลองบัวลอย เป็นกลุ่มทดลอง และ หมู่ที่ 4 บ้านสระบรเพ็ด เป็นกลุ่มควบคุม

ขั้นตอนที่ 3 ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ (systematic random sampling) โดยสุ่มตัวอย่างจากรายชื่อผู้สูงอายุจากหมู่บ้านที่เลือกได้จากขั้นตอนที่ 2 หมู่บ้านละ 30 คน

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่างโดยการชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยสิทธิของผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างละเอียดและขอความร่วมมือยินยอมเข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยสามารถถอนตัวออกจากการโครงการวิจัยได้ตลอดเวลาระหว่างการวิจัยโดยไม่มีผลกระทบใด ๆ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ โดยจะนำเสนอผลในภาพรวมและใช้ประโยชน์เพื่อการวิจัยเท่านั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ โปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ และแบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพ

1. โปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ ที่ประกอบด้วยกิจกรรมที่สร้างให้เกิดการรับรู้โอกาสเสี่ยง การรับรู้ความรุนแรง การรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรค การรับรู้ความสามารถของตนเอง และสิ่งชักนำสู่การปฏิบัติ

2. แบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพ พัฒนาจากการศึกษาของ นิธินันท์ เจริญบัณฑิตย์ (Charoenbundith, 2016) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับลักษณะส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส โรคประจำตัว อาชีพ รายได้เฉลี่ย (บาท) ต่อเดือน จำนวน 10 ข้อ เป็นแบบเติมช่องว่าง และแบบเลือกตอบ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพ 30 2ส ประกอบด้วยพฤติกรรม 5 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านอาหาร จำนวน 15 ข้อ (2) ด้านอารมณ์ จำนวน 15 ข้อ (3) ด้านออกกำลังกาย จำนวน 15 ข้อ (4) ด้านการไม่สูบบุหรี่ จำนวน 15 ข้อ และ (5) ด้านการไม่ดื่มสุรา จำนวน 15 ข้อ โดยแบบสอบถามเป็นข้อคำถามที่มีความหมายเชิงบวกและลบ ลักษณะการตอบเป็นแบบมาตราประมาณค่า Rating Scale 4 ระดับ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ระดับ	ทางบวก	ทางลบ
ปฏิบัติสม่ำเสมอ	4	1
ปฏิบัติบ่อยครั้ง	3	2
ปฏิบัติบางครั้ง	2	3
ไม่เคยปฏิบัติ	1	4

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือของแบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพ

1. ความตรงของเครื่องมือ (validity) เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Item-Objective Congruence Index--IOC) โดยการนำแบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพ 30 2ส ที่ได้สร้างขึ้น เสนอให้กับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านเพื่อพิจารณาความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และภาษาที่ใช้ในงานวิจัย ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยข้อคำถามแต่ละข้อ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.66–1

2. ค่าความเชื่อมั่น (reliability) ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญและมีการปรับปรุงแล้วนำไปทดลองใช้ (try out) กับกลุ่มที่ลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ซึ่งค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพ 30 2ส มีค่าเท่ากับ 0.932

การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นเตรียมการ

1. ผู้วิจัยติดต่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข และทำหนังสือจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อขอความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยถึงโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

2. หากกลุ่มตัวอย่าง ตามกระบวนการสุ่มตัวอย่างที่กำหนด ตามเกณฑ์คัดเข้า

ขั้นดำเนินการและสรุป

กลุ่มควบคุม

1. สัปดาห์ที่ 1 ผู้วิจัยแนะนำตนเอง และชี้แจงวัตถุประสงค์ในการเข้าร่วมกิจกรรมในครั้งนี้

สิ่งที่ผู้เข้าร่วมกิจกรรมพึงปฏิบัติ ระยะเวลาในการร่วมกิจกรรม และประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมจะได้รับการพิทักษ์สิทธิผู้เข้าร่วมวิจัย เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองโดยใช้แบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ จากนั้นนัดหมายกลุ่มควบคุมในการพบกันครั้งที่ 2 อีก 12 สัปดาห์ถัดไป

2. สัปดาห์ที่ 2-11 กลุ่มควบคุมใช้ชีวิตตามปกติ

3. สัปดาห์ที่ 12 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองโดยใช้แบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุชุดเดิม หลังจากนั้นเสนอโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพแก่กลุ่มควบคุมเพื่อผู้สูงอายุสามารถนำโปรแกรมนี้ไปใช้ในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ เพื่อให้มีสุขภาพที่ดีขึ้น และแสดงความขอบคุณและยุติการเก็บข้อมูล

กลุ่มทดลอง

1. สัปดาห์ที่ 1 ผู้วิจัยแนะนำตนเอง และชี้แจงวัตถุประสงค์ในการเข้าร่วมกิจกรรมในครั้งนี้ สิ่งที่ผู้เข้าร่วมกิจกรรมพึงปฏิบัติ ระยะเวลาในการร่วมกิจกรรม และประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมจะได้รับ การพิทักษ์สิทธิผู้เข้าร่วมวิจัย เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองโดยใช้แบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ จากนั้นนัดหมายกลุ่มควบคุมในการพบกันครั้งต่อไป

2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมรวม 12 สัปดาห์ โดยดำเนินกิจกรรมตามโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรม สุขภาพ

1. การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรค
- กิจกรรมกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และประสบการณ์

2. การรับรู้ความรุนแรง
- กิจกรรมกลุ่มแลกเปลี่ยนและการถ่ายทอด จากผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพผู้สูงอายุ

3. การรับรู้ประโยชน์
- สาธิตและฝึกปฏิบัติตามหลัก 3อ 2ส
- แลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่ม

4. การรับรู้อุปสรรค
- สาธิตและฝึกปฏิบัติตามหลัก 3อ 2ส
- แลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่ออุปสรรคใน การปฏิบัติ

5. การรับรู้ความสามารถของตนเอง
- สาธิตและฝึกปฏิบัติตามหลัก 3อ 2ส
- กระตุ้นให้เห็นถึงความสามารถในการ ปฏิบัติตามหลัก 3อ 2ส

6. สิ่งชักนำสู่การปฏิบัติ
- กระตุ้นเตือน และติดตามการปฏิบัติโดย ผู้วิจัย และ อสม.

3. สรุปผล ผู้วิจัย และกลุ่มทดลองร่วมกันสรุป กิจกรรมทั้งหมด พร้อมทั้งให้กลุ่มเป้าหมายทบทวนความ รู้ และ ร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากกิจกรรม

4. ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองโดยใช้ แบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุชุดเดิม และ แสดงความขอบคุณและยุติการเก็บข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ความถี่ (frequency) ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation--SD)

2. สถิติเชิงอ้างอิง (inferential statistics) ได้แก่ Paired sample t-test ใช้ในการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมสุขภาพก่อนและหลังการได้รับโปรแกรม ของกลุ่มทดลองและ Independent sample t-test ใช้ ในการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมสุขภาพระหว่าง กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังได้รับโปรแกรม

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยดังแสดงในตาราง 1-3

จากตาราง 1 กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้างนี้มี จำนวนทั้งหมด 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 30 คน และ กลุ่มควบคุม 30 คน โดยพบว่า

กลุ่มทดลอง (n=30) ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิด เป็นร้อยละ 66.7 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 60-70 ปี คิด เป็นร้อยละ 63.3 ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับ ประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 90.0 และระดับมัธยมศึกษา ตันขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 10.0 ครึ่งหนึ่งมีสถานภาพสมรสคู่ ส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว คิดเป็นร้อยละ 63.3 การประกอบ อาชีพเกษตรกรรมมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.3 รองลงมา ประกอบอาชีพค้าขาย และไม่ได้ประกอบอาชีพ คิดเป็นร้อยละ 26.7 และ 16.7 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่า 3,000 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 66.7

กลุ่มควบคุม (n=30) ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิด เป็นร้อยละ 63.3 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 60-70 ปี คิด เป็นร้อยละ 70.0 ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับ ประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 83.3 ครึ่งหนึ่งมีสถานภาพ สมรสคู่ ส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว คิดเป็นร้อยละ 70.0 การ ประกอบอาชีพเกษตรกรรมมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 33.3 รองลงมาประกอบอาชีพค้าขาย และไม่ได้ประกอบอาชีพ คิดเป็นร้อยละ 30.0 และ 16.7 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่า 3,000 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 70.0

จากตาราง 2 พบว่า พฤติกรรมสุขภาพของผู้สูง อายุ ในกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังการทดลองแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยหลัง การทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

จากตาราง 3 พบว่า พฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ หลังได้รับโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพระหว่าง กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผู้สูงอายุ ในกลุ่มทดลองได้รับ

โปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพจึงมีพฤติกรรม สุขภาพสูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้รับโปรแกรมปรับเปลี่ยน พฤติกรรมสุขภาพ

ตาราง 1

จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มทดลอง (n=30)		กลุ่มควบคุม (n=30)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เพศ				
ชาย	10	33.3	19	63.3
หญิง	20	66.7	11	36.7
อายุ (ปี)				
60-70	19	63.3	21	70.0
70 ปี ขึ้นไป	11	36.7	9	30.0
$\bar{X}=67.47$ $SD=5.649$ $Min=60$ $Max=79$				
ระดับการศึกษา				
ประถมศึกษา	27	90.0	25	83.3
มัธยมศึกษาต้นขึ้นไป	3	10.0	5	16.7
สถานภาพสมรส				
โสด	3	10.0	3	10.0
สมรส	15	50.0	15	50.0
หม้าย	12	40.0	12	40.0
โรคประจำตัว				
ไม่มี	11	36.7	9	30.0
มี	19	63.3	21	70.0
อาชีพ				
ข้าราชการบำนาญ	1	3.3	2	6.7
รับจ้าง	3	10.0	4	13.3
ค้าขาย	8	26.7	9	30.0
เกษตรกร	13	43.3	10	33.3
ไม่ได้ประกอบอาชีพ	5	16.7	5	16.7

ตาราง 1 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มทดลอง (n=30)		กลุ่มควบคุม (n=30)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
รายได้เฉลี่ย (บาท) ต่อเดือน				
ต่ำกว่า 3,000 บาท/เดือน	20	66.7	21	70.0
ตั้งแต่ 3,001 บาท/เดือน	10	33.3	9	30.0
$\bar{X}=3346.67$ $SD=2749.387$ $Min=600$ $Max=15,000$				

ตาราง 2

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) พฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ ก่อนและหลังการได้รับโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มทดลอง (n=30)

กลุ่มทดลอง	$\bar{X}$	SD	df	t	p-value
ก่อนการทดลอง	199.76	21.157	29	-13.867	<.001**
หลังการทดลอง	249.20	16.545			

** p-value <.01

ตาราง 3

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ หลังได้รับโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (n=60)

กลุ่ม	N	$\bar{X}$	SD	df	t	p-value
กลุ่มทดลอง	30	249.20	16.545	58	9.774	<.001**
กลุ่มควบคุม	30	204.63	18.707			

** p-value <.01

การอภิปรายผล

การวิจัยแบบกึ่งทดลองนี้ เพื่อศึกษาประสิทธิผลของโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพต่อพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ ตำบลจอมทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งผู้วิจัยได้อภิปรายผล ดังนี้

1. ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมสุขภาพสูงกว่าก่อนการได้รับโปรแกรมอย่าง มีนัยสำคัญที่ .05 สามารถ

อธิบายได้ว่า กลุ่มทดลองเมื่อได้รับโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ จากการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพ (health belief model) (Rosenstock, Strecher & Becker, 1988) โดยการรับรู้โอกาสเสี่ยงของการเกิดโรค ผู้สูงอายุมีความเชื่อว่าตนเองมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรค เข้าใจสถานการณ์ที่จะเป็นสิ่งที่คุกคามตนเองต่อการเกิดโรคและภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ การรับรู้ความรุนแรงของโรค มีความเชื่อจากการประเมินความรุนแรงถ้าเกิดโรคในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านร่างกาย ทำให้มีความยาก

ลำบากในการเคลื่อนไหว อาจเกิดความพิการ หรือมีความรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิต ด้านเศรษฐกิจ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา ด้านสังคม ทำให้เปลี่ยนแปลงบทบาทการดำเนินกิจกรรมประจำวัน การรับรู้ประโยชน์ และการรับรู้อุปสรรคของการเกิดโรค ผู้สูงอายุเชื่อว่าการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลดีว่าเป็นการกระทำที่เหมาะสมเกิดประโยชน์ หรือมีผลเสีย ปัญหาอุปสรรคของการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพต่าง ๆ เช่น ความไม่สะดวกสบาย ความยุ่งยากต่าง ๆ ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีการปรับเปลี่ยนในการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุตามหลัก 3อ 2ส ทั้ง 5 ด้าน คือ พฤติกรรมด้านอาหาร ด้านอารมณ์ ด้านออกกำลังกาย ด้านการไม่สูบบุหรี่ และด้านการไม่ดื่มสุรา ที่จะลดโอกาสเสี่ยงในการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในผู้สูงอายุที่ยังไม่เป็นโรค หรือลดโอกาสเสี่ยงในการเกิดโรคหรือภาวะแทรกซ้อนจากความรุนแรงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในอนาคตได้ และสอดคล้องกับการศึกษาของ อติญาณ์ ศรีเกษตรริน และคณะ (Sarakhsetrin, Chantira, Kwanshom & Ruangdoun, 2017) ศึกษาเรื่อง ผลของโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพตามแนวทาง 3อ 2ส ของอาสาสมัครสาธารณสุข ประจำหมู่บ้าน (อสม.) ต.คลองฉนาก อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี ผลการวิจัยพบว่า ภาพรวมพฤติกรรมสุขภาพตามแนวทาง 3อ 2ส ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพตามแนวทาง 3อ 2ส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยคะแนนพฤติกรรมหลังเข้าร่วมโปรแกรมสูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรม และสอดคล้องกับการศึกษาของ พรพิมล อุติผล (Ulitaphon, 2015) เรื่อง การใช้โปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ ของผู้ป่วยเบาหวาน โดยใช้กรอบแนวคิดแบบแผนความเชื่อ ด้านสุขภาพและทฤษฎีการรับรู้ความสามารถในตนเองของผู้ป่วยเบาหวาน ชนิดที่ 2 โรงพยาบาลเขาพนม อำเภอเขาพนม จังหวัดกระบี่ ผลการวิจัย พบว่า ผู้ป่วยเบาหวานหลังได้รับโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ มีคะแนนเฉลี่ยด้านพฤติกรรมการดูแลตนเอง สูงกว่าก่อนการทดลอง

2. ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการวิจัยกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมสุขภาพสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 สามารถอธิบายได้ว่า

กลุ่มควบคุมไม่มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสุขภาพ เนื่องจากไม่ได้เข้ารับโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ ต่างจากกลุ่มทดลองที่ได้รับโปรแกรมจึงทำให้พฤติกรรมสุขภาพ มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น ส่งผลให้กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมสุขภาพสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อรุณ ชูศรี ปณวัตร สันประโคน และศรีสุดา วงศ์วิเศษกุล (Chusri et al., 2018) ที่ศึกษาผลของโปรแกรมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจ ในผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคเรื้อรังในชุมชนเมือง กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า ผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคเรื้อรังที่ได้รับโปรแกรม มีคะแนนพฤติกรรมป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจสูงกว่ากลุ่มควบคุม และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ นางลักขณ์ ต้นแก้ว พิมพ์ใจ อุ่นบ้าน และศรีธัญญาภรณ์ จันทรีดีแก้วสกุล (Toonkeaw, Aunban & Chandeekeawchakool, 2018) เรื่อง ผลของโปรแกรมปรับเปลี่ยนเกี่ยวกับ โรคเบาหวาน ตามกรอบแนวคิดแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพ พบผู้ป่วยเบาหวานมีพฤติกรรมสุขภาพสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะการวิจัย

จากผลของการใช้โปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพต่อพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ ตำบลจอมทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการเสริมสร้างสุขภาพ สามารถนำโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ ไปพัฒนาใช้ในการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุในพื้นที่อื่นที่มีบริบทใกล้เคียงกันได้ ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาผลของโปรแกรมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ โดยการมีส่วนร่วมของครอบครัว ชุมชน



References

- Anuruang, S. (2017). Multimorbidity in older persons: Situation, challenge Issues, and care management. *Journal of Nursing Science Chulalongkorn University*, 29(2), 1-14. (in Thai)
- Artsanthia, J., & Pomthong, R. (2018). The trend of elderly care in 21st Century: Challenging in nursing care. *Journal of The Royal Thai Army Nurses*, 19(1), 39-46. (in Thai)
- Charoenbundith, N. (2016). *Factors related to health promoting behaviors among village health volunteers* (Master's thesis). Burapha University. Chon Buri. (in Thai)
- Chewasopit, W. (2019). Aging society: The changed marketing factor. *Journal of MCU Nakhondhat*, 6(1), 38-54. (in Thai)
- Chusri, O., Sanprakhon, P., & Wongwisadkul, S. (2018). The effects of self-protective behavior modification program for older adults with chronic disease in urbanized community, Bangkok. *Journal of Boromarajonani College of Nursing, Bangkok*, 34(3).77-88. (in Thai)
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2rd ed.). New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Ebersole, P. A., & Hess, P. (1998). *Toward healthy aging: Human and needs and nursing response* (5th ed.). St. Louis: Mosby.
- Health Education Division, Ministry of Public Health. (2015). *Promotion of health literacy guidelines and developing health behaviors in Tambon (Sub-district) Health Management*. Nonthaburi: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand. Limited. (in Thai)
- Jaseicha, R., & Kanokthet, T. (2019). The multi-level causal factors affecting of self-care behaviors among the elderly with type 2 diabetes and Fasting Blood Sugar (FBS) with uncontrolled condition: A case study of Phichit Province. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 13(2), 145-158. (in Thai)
- Kuhirunyaratn, P., Ratanasiri, A., Jindawong, B., Natiboot, P., Watchanapan, L., Junthakhun, C., & Supapinij, C. (2018). Health promotion behaviors of elderly living in an urban community of Khon Kaen Province. *Srinagarind Med Journal*, 33(2), 153-160. (in Thai)
- Nakphu, T., & Songthap, A. (2019). Self-care behaviors of the elderly. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 13(1), 48-54. (in Thai)
- National Statistical Office, Ministry of Digital Economy and Society. (2018). *Report on the 2017 survey of the older persons in Thailand*. Retrieved from <http://www.nso.go.th/sites/2014/.pdf>. (in Thai)
- Rosenstock, I. M., Strecher, V. J., & Becker, M. H. (1988). Social learning theory and the health belief model. *Health Education Quarterly*, 15(2), 175-183. doi:10.1177/109019818801500203

- Sarakshetrin, A., Chantira, R., Kwanshom, R., & Ruangdoun, L. (2017). The effects of using health behavior changing program (food, exercise, emotion, smoking, and Alcohol cessation) among Village Health Volunteers at Klongchanak, Muang District, Suratthani Province. *The Southern College Network Journal of Nursing and Public Health*, 4(1), 253-264. (in Thai)
- Toonkeaw, N., Aunban, P., & Chandeekeawchakool, S. (2018). Effects of health behavior changing program (food, exercise, emotion, smoking and Alcohol cessation, medicine taking) and Vichai's 7 Color Balls Model on knowledge of health behavior and blood sugar levels of diabetic patients. *Journal of Nurses Association of Thailand Northern Office*, 24(2), 83-95. (in Thai)
- Senol, V., Unalan, D., Soyuer, F., & Argun, M. (2014). The relationship between health promoting behaviors and quality of life in nursing home residents in Kayseri. *Journal of Geriatrics*, 2014(1), 1-8. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/839685>
- Ulittaphon, P. (2015). Using health behavior modification program for patients on framework of the health belief model and the theory self-efficacy with type 2 diabetes patients at Phanom Hospital, Phanom District, Krabi Province. *Community Health Development Quarterly Khon Kaen University*, 3(3), 441-452. (in Thai)
- Wolwat, K., Suwan, P., & Chanthamolee, S. (2019). Development of the elderly care model for hypertension by community, Wangwiset District, Trang. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 13(1), 210-221. (in Thai)
- World Health Organization (WHO). (2017). *10 facts on ageing and health*. Retrieved from <https://www.who.int/features/factfiles/ageing/en/>
- World Health Organization (WHO). (2018). *Noncommunicable disease country profile 2018*. Retrieved from file:///C:/Users/asus/Downloads/9789241514620-eng.pdf
- World Health Organization (WHO). (2020). *Ageing and life-course: 10 priorities for a decade of action on healthy ageing*. Retrieved from <https://www.who.int/ageing/10-priorities/en/>



การเพิ่มประสิทธิภาพของฉลากช่วยรูปภาพด้วยสัญลักษณ์อินโฟกราฟิกและผลของความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย

The Enhancement of The Pictorial Help Labels with Infographic Symbols and The Effects of Understanding about Side Effects and Medication Methods for Patients

ณัฐกัลยา เพียรการค้า¹ และวิภูษิต เพียรการค้า^{2*}

Nuttakunlaya Piankarnka¹ and Vipusit Piankarnka^{2*}

¹คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹Faculty of pharmacy, Eastern Asia University

²คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

*Corresponding author: vipusit_p@rmutt.ac.th

Received: November 30, 2020

Revised: January 25, 2021

Accepted: February 1, 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ฉลากช่วยด้วยสัญลักษณ์อินโฟกราฟิกและประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะโงก โดยเป็นการเก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 250 คน ในเดือนกรกฎาคม จำนวน 250 คน และเดือนกันยายน จำนวน 250 คน โดยเปรียบเทียบก่อน-หลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น วิธีการศึกษามี 2 ขั้นตอน ดังนี้ (1) การออกแบบฉลากช่วยรูปภาพ ทั้งหมดจำนวน 13 รายการยา (2) นำฉลากช่วยรูปภาพที่จัดทำขึ้นไปใช้ประกอบการแนะนำการใช้ยาให้แก่ผู้ป่วย เก็บข้อมูลความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาโดยใช้แบบสัมภาษณ์เปรียบเทียบก่อน-หลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่จัดทำขึ้น ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยของความรู้เกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาก่อนและหลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น เท่ากับ 6.08 ± 1.83 , 7.66 ± 2.18 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .001$ โดยฉลากช่วยรูปภาพที่สามารถเพิ่มความรู้เกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ได้มีประสิทธิภาพ มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ฉลากช่วยรูปภาพของยา diclofenac, amoxicillin, ferrous fumarate, amlodipine, hydrochlorothiazide, glipizide, dicloxacillin และ atenolol

คำสำคัญ: ฉลากช่วยรูปภาพ อินโฟกราฟิก อาการข้างเคียง วิธีการใช้ยา

Abstract

This research was an experimental study. The purpose was to enhance the efficiency of pictorial help labels with infographic symbols and to assess the understanding of side effects and medication methods for patients at the Chawai Subdistrict Health Promoting Hospital. The data was collected in a sample group of 250 people, 250 people in July and 250 people in September. Using pre-test post-test design study the use of the pictorial help labels the developed image. The study method had 2 steps as follows 1. Design pictorial help labels for all 13 drug lists. 2. Providing pictorial help labels when dispensing the medication to the patient and collecting the information on patient understanding in side effects and drug by the interview method. The results showed that the mean scores of knowledge of side effects and medication methods before and after the pictorial help labels developed were 6.08 ± 1.83 , 7.66 ± 2.18 , respectively, with statistically significant differences ($p < .001$). The pictorial help labels can significantly increase knowledge, in terms of some pictorial labels of diclofenac, amoxicillin, ferrous fumarate, amlodipine, hydrochlorothiazide, glipizide, dicloxacillin, and atenolol.

Keywords: pictorial help labels, infographic symbols, side effects, medication methods



บทนำ

ยาเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ของมนุษย์ที่ใช้ในการบำบัดรักษาโรค แต่ทั้งนี้ยาไม่ได้มีคุณสมบัติเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีผลข้างเคียงจากการใช้ยาอีกด้วย โดยเรียกว่าอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยา (adverse drug reaction) ซึ่งหมายถึง อาการที่อาจเกิดขึ้นได้หลังใช้ยาในขนาดปกติ โดยอาจเกิดขึ้นในผู้ป่วยบางรายอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาอาจเกิดขึ้นได้ตั้งแต่การใช้ยาครั้งแรกหรืออาจเกิดขึ้นหลังจากการใช้ยาต่อเนื่องหลายครั้ง อาการไม่พึงประสงค์บางชนิดอาจสัมพันธ์กับกลไกการออกฤทธิ์ของยา เรียกว่าอาการข้างเคียงจากยา (side effects) ซึ่งบางครั้งอาการข้างเคียงนี้อาจสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยปรับเปลี่ยนวิธีใช้ยาหรือขนาดยา เช่น ยาแก้ปวดบางชนิดที่มีผลระคายเคืองกระเพาะอาหาร หากรับประทานหลังอาหารทันทีจะช่วยลดการเกิดอาการข้างเคียงได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องมี “ฉลากช่วย” เพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลการใช้ยาที่จำเป็นให้แก่ผู้ป่วย ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยา อันตรกิริยาระหว่างยา หรือข้อมูลการปฏิบัติตัวต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ป่วยมีการใช้ยาอย่างเหมาะสม

มากยิ่งขึ้นและลดอันตรายที่จะเกิดขึ้นแก่ผู้ป่วยได้ Terry Davis พบว่า การรู้หนังสือที่ลดลงและจำนวนของยาที่สั่งโดยแพทย์นั้นสัมพันธ์กับความเข้าใจผิดของคำแนะนำบนฉลากยาที่สั่งโดยแพทย์ (Davis et al., 2006)

ปัจจุบันหลายโรงพยาบาลได้จัดทำฉลากช่วยในรูปแบบกระดาษเล็ก ๆ เพื่อเขียนข้อความสำคัญที่ต้องการสื่อสารถึงผู้ป่วยกรณีหากรับประทานยาดังกล่าวแล้วจำเป็นต้องมีการติดตาม เฝ้าระวัง หรือการปฏิบัติตัวอย่างไร และในสถานปฏิบัติการเภสัชกรรมชุมชนบางแห่งได้จัดทำฉลากช่วยที่ระบุข้อความสำคัญในรูปแบบสติ๊กเกอร์สีต่าง ๆ แปะบนหน้าของยาเพื่อสื่อสารกับผู้ป่วยเช่นกัน โดยสีที่ต่างกันสื่อความหมายว่าเป็นยาคนละรายการ และยังสามารถดึงดูดความสนใจของผู้ป่วย ตัวอย่างข้อความบนฉลากช่วย เช่น ยาแก้แพ้ Chlorpheniramine: เมื่อรับประทานยานี้อาจทำให้มีอาการง่วงซึม ไม่ควรขับรถ หรือทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร, ยาแก้ปวด ลดไข้ Paracetamol: ไม่ควรรับประทานยานี้ติดต่อกันนานเกิน 5 วัน เนื่องจากยานี้อาจมีผลต่อดับ ยาฆ่าเชื้อแก้อักเสบ Norfloxacin: ไม่ควรรับประทานยานี้ร่วมกับนมหรือยาลดกรด หากจำเป็นต้องรับประทาน

ร่วมกันให้ทานทางกันอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ยาแก้ปวดลดการอักเสบ Diclofenac: รับประทานหลังอาหารทันที ยาปฏิชีวนะ Amoxicillin: ควรรับประทานยานี้ติดต่อกันจนหมด เป็นต้น การศึกษาของกิตติยา ปิยะศิลป์ และคณะ พบว่า ผู้ป่วยเคยอ่านฉลากช่วยบนซองยา (ร้อยละ 81.82) และมีความคิดเห็นว่าข้อความบนซองยามองเห็นชัดเจน (ร้อยละ 83.84) (Piyasilp, Maungkaw, Burat, Prasertsang & Lertsinudom, 2014)

ในปัจจุบันได้มีการใช้อินโฟกราฟิกในการสื่อสารมากขึ้น โดยอินโฟกราฟิก คือ การใช้รูปภาพเพื่อนำเสนอข้อมูล อินโฟกราฟิกมีต้นกำเนิดมาจากการใช้รูปภาพเพื่อการสื่อสารในอดีต มีวิวัฒนาการและเปลี่ยนค่านิยามจนเป็นคำว่า “อินโฟกราฟิก” ที่หมายถึงรูปแบบการเรียนรู้จากการมอง ช่วยเพิ่มความสนใจของผู้รับสาร และลดระยะเวลาในการทำความเข้าใจเนื้อหา หลักการจัดทำอินโฟกราฟิกประกอบด้วยทักษะ 3 ประการ คือ วิเคราะห์เรียบเรียงและออกแบบการจัดทำจะเริ่มจากการแปลงใจความสำคัญของเนื้อหาเป็นรูปภาพ โดยรูปภาพนั้นต้องอธิบายเนื้อหาได้ครบถ้วน เข้าใจง่าย มีสถิติและเอกสารอ้างอิงประกอบเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและน่าเชื่อถือ ทั้งนี้ข้อมูลในอินโฟกราฟิกจะต้องแม่นยำ น่าเชื่อถือ และถูกต้อง (Jongpornchai, Tanyasaensuk & Shrattaphut 2016)

ในงานสุขภาพและเภสัชกรรมก็มีการใช้อินโฟกราฟิกอย่างกว้างขวาง และแพร่กระจายไปอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะทางเครือข่ายสังคมบนอินเทอร์เน็ต การใช้อินโฟกราฟิกมีบทบาทในด้านนี้มากขึ้น เนื่องจากความต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสาร ความง่ายในการเผยแพร่ผลงานได้หลายช่องทาง และความสามารถของวิธีสื่อสารที่ช่วยเพิ่มความตั้งใจ เปลี่ยนแปลงทัศนคติหรือพฤติกรรมของผู้รับสาร ซึ่งเป็นประโยชน์ที่สำคัญและจำเป็น (Jongpornchai et al., 2016)

การให้ความรู้ผ่านทางคำแนะนำชนิดรูปภาพ (pictograms) เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความสะดวก เนื่องจากมีรูปภาพช่วยสื่อให้ผู้ป่วยหรือผู้ปกครองเข้าใจและจำได้เมื่อต้องกลับไปใช้ยาเองที่บ้าน การใช้สื่อประเภทนี้ ซึ่งปรับให้เข้ากับวัฒนธรรมท้องถิ่นนั้น ๆ แล้ว จะมีประโยชน์อย่างมากในกลุ่มผู้ป่วยที่อ่านหนังสือไม่ได้หรืออ่านได้น้อย รวม

ถึงในผู้ป่วยสูงอายุหรือในผู้ป่วยเด็ก (Davis et al., 2006; Knapp, Raynor, Jebbar & Price, 2006) สายพิน สายดา และคณะ ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินผลของคำแนะนำชนิดรูปภาพต่อความเข้าใจของผู้ปกครองในเรื่องการใช้ยาปฏิชีวนะชนิดผงแห้งพบว่า แนะนำชนิดรูปภาพทำให้ผู้ปกครองเข้าใจในเรื่องเทคนิคการผสมยามากขึ้นกว่าการให้คำแนะนำด้วยวาจาเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกันกับกาญจนา นิลวาศ และคณะ ได้ทำการศึกษาในผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลนครพิงค์และโรงพยาบาลประสาทเชียงใหม่ที่มีอายุระหว่าง 15-60 ปี เข้าใจและสามารถพูดภาษาไทยได้ พบว่า การใช้ฉลากช่วยรูปภาพทำให้ผู้ป่วยในกลุ่มทดลองระบุคำแนะนำบนฉลากได้อย่างถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุม (ร้อยละ 54 และร้อยละ 25 ตามลำดับ) (Nilavat, Samerka, Kanman & Deetea, 2005)

ผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะพัฒนาและออกแบบฉลากช่วยจากเดิมที่เป็นเพียงตัวอักษรบนแผ่นกระดาษ โดยออกแบบให้เป็นฉลากช่วยรูปภาพ เพื่อให้ผู้ป่วยที่ได้รับซองยาที่บรรจุฉลากช่วยรูปภาพมีความตระหนักและสนใจที่จะปฏิบัติตามคำแนะนำของฉลากช่วย ส่งผลทำให้เกิดความปลอดภัยในการใช้ยาเพิ่มมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งยาปฏิชีวนะหากผู้ป่วยรับประทานยาติดต่อกันจนหมดก็สามารถลดปัญหาเชื้อดื้อยาได้ ซึ่งปัญหาเชื้อดื้อยากำลังเป็นปัญหาที่สำคัญในสังคมไทย

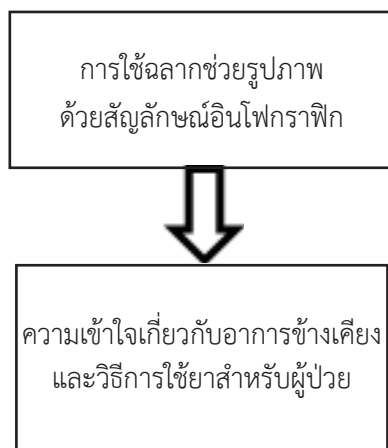
ปัจจุบันโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะโงกมีฉลากช่วยเป็นข้อความสั้น ๆ ซึ่งอาจส่งผลทำให้ผู้ป่วยยังไม่ตระหนักถึงข้อมูลที่ทางบุคลากรทางการแพทย์ต้องการสื่อถึง เช่นอาการข้างเคียงจากการใช้ยาแก้ปวด การรับประทานยาปฏิชีวนะต่อเนื่องกันจนหมด รวมถึงวิธีการใช้ยาแบบอื่น ๆ เช่น ยาน้ำเด็กชนิดผงแห้ง เป็นต้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้จัดทำงานวิจัยเรื่อง “การเพิ่มประสิทธิภาพของฉลากช่วยรูปภาพด้วยสัญลักษณ์อินโฟกราฟิกและผลของความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย” โดยมีวัตถุประสงค์งานวิจัยเพื่อออกแบบฉลากช่วยรูปภาพสำหรับผู้ป่วยที่มาใช้บริการ ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะโงก และประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะโงก เปรียบเทียบก่อน-หลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ฉลากช่วยด้วยสัญลักษณ์อินโฟกราฟิกในผู้ป่วยที่มารับบริการ ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะโง
2. เพื่อประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะโง เปรียบเทียบก่อน-หลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

การใช้ฉลากช่วยรูปภาพด้วยสัญลักษณ์อินโฟกราฟิก มีผลต่อความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มุ่งศึกษาพัฒนาออกแบบฉลากยาช่วยรูปภาพสำหรับผู้ป่วย ณ โรงพยาบาลส่งเสริมตำบลชะโง และประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย หลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพ โดยเป็นการเก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 250 คน ในเดือนกรกฎาคม จำนวน 250 คน และเดือนกันยายน จำนวน 250 คน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ผู้ป่วยที่มารับการรักษา ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะโง ในเดือนกรกฎาคมและเดือนกันยายน พ.ศ.2563 โดยมีผู้ป่วยมารับบริการ ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะโง เดือนละประมาณ 650 คน

กลุ่มตัวอย่าง

ผู้ป่วยที่มารับการรักษา ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะโง ในเดือนกรกฎาคม จำนวน 250 คน และเดือนกันยายน จำนวน 250 คน โดยผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออก ดังนี้

เกณฑ์การคัดเข้า

ผู้ป่วยที่มารับการรักษา ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะโง ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน 2563 ที่มีอายุ 20-60 ปี

เกณฑ์การคัดออก

1. ผู้ป่วยที่มารับบริการด้านการทำหัตถการ เช่น การล้างแผล เป็นต้น
2. ผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการสื่อสาร
3. ผู้ป่วยที่ไม่ยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

การคำนวณกลุ่มตัวอย่าง

คำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของเครซีและมอร์แกนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ ตัวอย่างจำนวน 242 คน และคาดว่าจะการศึกษานี้อาจมีผู้ยุติการเข้าร่วมการศึกษา (drop out) ร้อยละ 5 ดังนั้น จึงเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างประมาณ 250 คน

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. ฉลากช่วยรูปภาพที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น
2. แบบสัมภาษณ์เพื่อประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วยที่มารับบริการ ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะวอ ประกอบด้วย ข้อมูล 2 ส่วน ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไป: เพศ อายุ โรคประจำตัวระดับการศึกษา

2) ความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะวอ เปรียบเทียบก่อน-หลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น มีข้อคำถาม จำนวน 12 ข้อ

ผู้วิจัยได้ประเมินความเที่ยง (validity test) ของเครื่องมือโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบ เป็นเกณฑ์ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญทางด้านยา จากนั้นคำนวณค่า Index of Consistency-IOC พบว่าค่า $IOC > .5$ ทุกข้อคำถาม และประเมินความเชื่อมั่น (reliability test) ของเครื่องมือโดยนำแบบสัมภาษณ์เพื่อประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วยที่มารับบริการ ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะวอ ไปสัมภาษณ์คนจำนวนทั้งหมด 30 คน ซึ่งเป็นผู้ป่วยคนละกลุ่มกับที่คิดใช้ในการทดลอง และคำนวณหาค่า Kuder-Richardson 20 มีค่าเท่ากับ 0.88

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษาแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบฉลากช่วยรูปภาพตลอดจนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ขอพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอ่างทอง โดยงานวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาโครงการจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จังหวัดอ่างทองรหัสโครงการเลขที่ ATGEC 09/2563 โดยรับรองตั้งแต่วันที่ 30 เมษายน 2563 ถึง 29 เมษายน 2564

3. ออกแบบและพัฒนาฉลากช่วยรูปภาพสำหรับผู้ป่วยที่มารับบริการ ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะวอ

4. ปรับปรุงฉลากช่วยรูปภาพที่จัดทำขึ้น

5. วัดความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย ก่อนใช้ฉลากช่วยรูปภาพ โดยสอบถามกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 250 คน เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบมีแบบสอบถาม

6. ใช้ฉลากช่วยรูปภาพประกอบการจ่ายยา ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะวอ เป็นระยะเวลานาน 1 เดือน

7. วัดความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย โดยสอบถามกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 250 คน เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบมีแบบสอบถาม

8. วิเคราะห์ผล สรุปผล และอภิปรายผล

โดยผู้สัมภาษณ์ คือ ผู้วิจัย และพยาบาลวิชาชีพประจำ รพ.สต. ซึ่งมีการอบรมก่อนเก็บข้อมูลงานวิจัยเพื่อให้มีเข้าใจของแต่ละข้อคำถามตรงกัน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ใช้สถิติเชิงพรรณนา บรรยายลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ค่าความถี่ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2. ใช้สถิติเชิงอนุมาน (inferential statistics) ได้แก่ Chi-square test และ Wicoxon rank-sum (Mann-Whitney) test สำหรับวิเคราะห์ความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย ก่อน-หลังใช้ฉลากช่วยรูปภาพ

ผลการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ฉลากช่วยโดยใช้สัญลักษณ์อินโฟกราฟิก

ผู้วิจัยได้คัดเลือกรายการยาที่ควรมีฉลากช่วยโดยผู้วิจัยร่วมกับพยาบาลวิชาชีพประจำโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพะว่ ทั้งหมดจำนวน 13 รายการ และข้อความที่จำเป็นในฉลากช่วยของแต่ละรายการยา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา จากนั้นจึงออกแบบฉลากช่วยด้วยสัญลักษณ์อินโฟกราฟิก

ข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วย

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มผู้ป่วยก่อนการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น ทั้งหมดจำนวน 250 คน เป็นเพศหญิงจำนวน 172 คน (ร้อยละ 68.80) อายุเฉลี่ย 46.42 ± 7.75 ปี มีโรคประจำตัวเป็นโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และไขมันในเลือดสูงเท่ากับ 119 คน (ร้อยละ 47.60), 120 คน (ร้อยละ 48.00) และ 47 (ร้อยละ 18.80) ตามลำดับ จบการศึกษาระดับประถมศึกษาจำนวน 231 คน (ร้อยละ 92.40) มีสิทธิประกันสุขภาพถ้วนหน้า 250 คน (ร้อยละ 100.00)

กลุ่มผู้ป่วยหลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น ทั้งหมดจำนวน 250 คน เป็นเพศหญิงจำนวน 173 คน (ร้อยละ 69.20) อายุเฉลี่ย 45.67 ± 7.43 ปี มีโรคประจำตัวเป็นโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และไขมันในเลือดสูงเท่ากับ 120 คน (ร้อยละ 48.00) 118 คน (ร้อยละ 47.20) และ 48 (ร้อยละ 19.20) ตามลำดับ จบการศึกษาระดับประถมศึกษาจำนวน 239 คน (ร้อยละ 95.60) มีสิทธิประกันสุขภาพถ้วนหน้า 250 คน (ร้อยละ 100.00)

เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างกลุ่มของข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยพบว่า ทั้งก่อนและหลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังตาราง 1

ความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพะว่ เปรียบเทียบก่อน-หลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น

ผลการศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยของความรู้เกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาก่อนและหลังการใช้ฉลาก

ช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น เท่ากับ 6.08 ± 1.83 7.66 ± 2.18 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .001$ (ตาราง 2)

ก่อนการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้นพบว่า ข้อคำถามเกี่ยวกับการรับประทานยา Ferrous fumarate อาจทำให้ถ่ายดำ คลื่นไส้ อาเจียนได้ นั้นมีผู้ป่วยตอบถูกน้อยที่สุด เท่ากับจำนวน 26 คน (ร้อยละ 10.40) และข้อคำถามผู้ป่วยตอบถูกมากที่สุด คือ ยาแก้แพ้ได้แก่ Chlorpheniramine สามารถทำให้เกิดง่วงนอน ไม่ควรขับรถหรือทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร หลีกเลี่ยงการดื่มแอลกอฮอล์ ตอบถูกเท่ากับจำนวน 193 คน (ร้อยละ 77.20) รองลงมาคือ ยาแก้แพ้ได้แก่ Chlorpheniramine สามารถทำให้เกิดง่วงนอน ไม่ควรขับรถหรือทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร หลีกเลี่ยงการดื่มแอลกอฮอล์ จำนวน 193 คน (ร้อยละ 77.20)

หลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้นพบว่า ข้อคำถามเกี่ยวกับยาลดความดันโลหิต atenolol หากรับประทานแล้วมีความดันโลหิต $< 90/60$ มิลลิเมตรปรอท ควรรีบกลับมาแพทย์ นั้นมีผู้ป่วยตอบถูกน้อยที่สุด เท่ากับจำนวน 81 คน (ร้อยละ 32.40) และข้อคำถามผู้ป่วยตอบถูกมากที่สุด คือ ยาปฏิชีวนะ Dicloxacillin ควรรับประทานตอนท้องว่าง และรับประทานยาติดต่อกันจนหมด ตอบถูกเท่ากับจำนวน 207 คน (ร้อยละ 82.80) รองลงมา คือ ข้อคำถาม ยาแก้ปวดได้แก่ Diclofenac สามารถรับประทานก่อนอาหารหรือหลังอาหารก็ได้ เพียงแค่รับประทานเมื่อมีอาการปวด ตอบถูกจำนวน 206 คน (ร้อยละ 82.40) ฉลากช่วยรูปภาพที่สามารถเพิ่มความรู้เกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติได้แก่ ฉลากช่วยรูปภาพของยา Diclofenac, Amoxicillin, Ferrous fumarate, Amlodipine, Hydrochlorothiazide, Glipizide, Dicloxacillin, atenolol (ตาราง 3)

Diclofenac

(ไดโคลฟีแนค)



ยาแก้ปวดในกลุ่มยาต้าน
การอักเสบ ชนิดไม่ใช่สเตียรอยด์

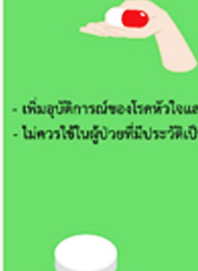


Ibuprofen

(ไอบูโพรเฟน)



ยาแก้ปวดลดการอักเสบ ลดไข้



- เพิ่มอุบัติการณ์ของโรคหัวใจและหลอดเลือด
- ไม่ควรใช้ในผู้ป่วยที่มีประวัติเป็นโรคหอบหืด

รับประทานยาหลังอาหารทันที และดื่มน้ำตามมากๆ

Amoxicillin

อะม็อกซิซิลลิน

ใช้สำหรับรักษาการติดเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด โดยจัดเป็นยาปฏิชีวนะในกลุ่ม penicillin
 ยานี้จะออกฤทธิ์โดยไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

ผลข้างเคียงจากการใช้ยา



ยานี้อาจทำให้อาเจียน



ยานี้อาจทำให้ง่วงนอน



ยานี้อาจทำให้ปวดท้อง

วิธีการใช้ยา



ควรดื่มน้ำเยอะๆ ระหว่างการใช้ยา



ควรรับประทานยาให้ตรงเวลา
และเว้นช่วงห่างให้เท่าๆกัน



ควรรับประทานยาติดต่อกันทุกวันจนหมด

ข้อควรระวัง: ห้ามใช้ยานี้ในผู้ป่วยที่มีประวัติแพ้ยาในกลุ่ม penicillin หรือมีอาการแพ้ยาอย่างรุนแรง เช่น ผื่นขึ้น หายใจลำบาก หรือมีอาการแพ้ยาอย่างรุนแรง

ผลข้างเคียงของการใช้ยา Chlorpheniramine

เป็น

อาการแพ้หรืออาการอื่น ๆ เช่น

ไข้หวัด อาการแพ้ผิวหนัง เช่น

คันจมูก คันคอ คันตา ลมพิษ

รวมทั้งบรรเทาอาการหวัด เช่น คัดน้ำมูก จาม



มีอาการจามหรือคันจมูก



มีอาการเจ็บคอหรือกลืนลำบาก



ปากแห้ง



ตาพร่า



ง่วงนอน



ผื่นคัน



อาการแพ้รุนแรง เช่น

บวมที่หน้าหรือลำคอ

หายใจลำบาก

Amlodipine!

ยาลดความดันโลหิต

หากเกิดอาการดังต่อไปนี้ให้หยุดยาและแจ้งแพทย์



หัวใจสั่นและเต้นเร็ว

เป็นอาการที่รู้สึกหัวใจเต้นไม่เป็นปกติ การเต้นของหัวใจอาจหายไป



เจ็บแน่นหน้าอกเพิ่มมากขึ้น

อาการเจ็บหน้าอกแบบปวดบีบ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อหัวใจได้รับเลือดไม่เพียงพอ



มีอาการหน้ามืด

ร่างกายไม่ได้ได้รับการไหลเวียนที่เพียงพอ ทำให้เกิดอาการหน้ามืด เป็นลม และหมดสติอย่างกะทันหันได้



มืออาการหน้ามืด

อาการบวมที่บ่งชี้ถึงภาวะหัวใจล้มเหลวทำปฏิกิริยาขัดแย้ง อาการนี้บ่งชี้ให้เห็นถึงภาวะหัวใจล้มเหลว



(e)



(f)



(g)



(h)

ภาพ 2 ภาพแสดงตัวอย่างผลงานการออกแบบฉลากช่วยรูปภาพด้วยสัญลักษณ์อินโฟกราฟิก

ตาราง 1

แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วย

ข้อมูล	ก่อนการใช้ฉลากช่วยรูปภาพ ที่พัฒนาขึ้น (n=250)	หลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพ ที่พัฒนาขึ้น (n=250)	p-value
เพศ			
ชาย	78 (31.20)	77 (30.80)	p = .923 ^a
หญิง	172 (68.80)	173 (69.20)	
อายุ (ปี)	46.4±7.75	45.6±7.43	p = 1.312 ^b
โรคประจำตัว			
โรคเบาหวาน	119 (47.60)	120 (48.00)	p = .929 ^a
โรคความดันโลหิตสูง	120 (48.00)	118 (47.20)	p = .858 ^a
โรคไขมันในเลือดสูง	47 (18.80)	48 (19.20)	p = .909 ^a
ระดับการศึกษา			
ระดับประถมศึกษา	231 (92.40)	239 (95.60)	p = .132 ^b
ระดับมัธยมศึกษา	19 (7.60)	11 (4.40)	
ระดับปริญญาตรี	0 (0.00)	0 (0.00)	

^a = Chi-square test, ^b = Wicoxan rank-sum (Mann-Whitney) test

ตาราง 2

แสดงผลของความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะวอ เปรียบเทียบก่อน-หลังการใช้ฉลากช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น

ข้อคำถาม	ก่อนการใช้ฉลากช่วย รูปภาพที่พัฒนาขึ้น		หลังการใช้ฉลากช่วย รูปภาพที่พัฒนาขึ้น		p-value
	ถูก	ผิด	ถูก	ผิด	
1. ยาแก้แพ้ ได้แก่ Chlorpheniramine สามารถทำให้เกิดง่วงนอน ไม่ควรขับรถหรือทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร หลีกเลี่ยงการดื่มแอลกอฮอล์	193 (77.20)	57 (22.80)	196 (78.40)	54 (21.60)	p=.747
2. ยาแก้ปวด ได้แก่ Diclofenac สามารถรับประทาน ก่อนอาหารหรือหลังอาหารก็ได้ เพียงแค่รับประทาน เมื่อมีอาการปวด	146 (58.40)	104 (41.60)	206 (82.40)	44 (17.60)	p<.001*
3. เมื่อรับประทานยาปฏิชีวนะ Amoxicillin ควร รับประทานยานี้ติดต่อกันจนหมด	153 (61.20)	97 (38.80)	187 (74.80)	63 (25.20)	p=.001*
4. การรับประทานยา Ferrous fumarate อาจทำให้ ถ่ายดำ คลื่นไส้ อาเจียนได้	26 (10.40)	224 (89.60)	87 (34.80)	163 (65.20)	p<.001*

ตาราง 2 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ก่อนการใช้น้ำยาช่วย รูปภาพที่พัฒนาขึ้น		หลังการใช้น้ำยาช่วย รูปภาพที่พัฒนาขึ้น		p-value
	ถูก	ผิด	ถูก	ผิด	
5. ยาปฏิชีวนะสำหรับเด็ก Amoxycillin dry syrup หลังผสมน้ำแล้วเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ 1 เดือน	181 (72.40)	69 (27.60)	188 (75.20)	62 (24.80)	p=.477
6. ยาแก้ปวด ลดไข้ Paracetamol ไม่ควรรับประทาน ยานี้ติดต่อกันนานเกิน 5 วัน เนื่องจากยามีผลต่อดับ	188 (75.20)	62 (24.80)	195 (78.00)	55 (22.00)	p=.460
7. ยาลดความดันโลหิต Amlodipine หากรับประทาน แล้วมีอาการเท้าบวมควรกลับมาพบแพทย์	165 (66.00)	85 (34.00)	197 (78.80)	53 (21.20)	p=.001*
8. ยาลดความดันโลหิต HCTZ อาจทำให้ระดับ โพแทสเซียมในเลือดต่ำ ควรรับประทานผลไม้ เช่นกล้วย ส้ม เพิ่มมากขึ้น	38 (15.20)	212 (84.80)	87 (34.80)	163 (65.20)	p<.001*
9. ยาลดระดับน้ำตาลในเลือด Glipizide ควร รับประทานก่อนอาหารและยาสามารถทำให้เกิดอาการ ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำได้	36 (14.40)	214 (85.60)	83 (33.20)	167 (66.80)	p<.001*
10. ยาปฏิชีวนะสำหรับเด็ก Amoxycillin dry syrup สามารถใช้น้ำร้อนผสมได้	187 (74.80)	63 (25.20)	200 (80.00)	50 (20.00)	p=.165
11. ยาปฏิชีวนะ Dicloxacillin ควรรับประทานตอนท้องว่าง และรับประทานยาติดต่อกันจนหมด	174 (69.60)	76 (30.40)	207 (82.80)	43 (17.20)	p=.001*
12. ยาลดความดันโลหิต atenolol หากรับประทาน แล้วมีความดันโลหิต < 90/60 มิลลิเมตรปรอท ควร รับประทานยาแพทย์	33 (13.20)	217 (86.80)	81 (32.40)	169 (67.60)	p<.001*

^a = Chi-square test * p-value < .05

ตาราง 3

แสดงคะแนนเฉลี่ยของผลความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วย ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะโงก เปรียบเทียบก่อน-หลังการใช้น้ำยาช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น

กลุ่ม	คะแนนเฉลี่ย (mean±SD)	p-value
ก่อนการใช้น้ำยาช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น	6.08±1.83	p<.001*
หลังการใช้น้ำยาช่วยรูปภาพที่พัฒนาขึ้น	7.66±2.18	

*Wicoxan rank-sum (Mann-Whitney) test เนื่องจากข้อมูล non-normal distribution

การอภิปรายผล

จากผลการศึกษาพบว่า การใช้ฉลากช่วยด้วยสัญลักษณ์อินโฟกราฟิก สามารถเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วยได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของกัญจนญาดานิลาวัศ และคณะ ได้ทำการศึกษาในผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลนครพิงค์และโรงพยาบาลประสาทเชียงใหม่ ที่มีอายุระหว่าง 15-60 ปี เข้าใจและสามารถพูดภาษาไทยได้ พบว่า การใช้ฉลากช่วยรูปภาพทำให้ผู้ป่วยในกลุ่มทดลองระบุคำแนะนำบนฉลากได้อย่างถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุม (ร้อยละ 54 และร้อยละ 25 ตามลำดับ) (Nilavat et al, 2005) และการศึกษาของสายพิน สายดา และคณะ ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินผลของคำแนะนำชนิดรูปภาพต่อความเข้าใจของผู้ปกครองในเรื่องการใช้ยาปฏิชีวนะชนิดผงแห้งพบว่าคำแนะนำชนิดรูปภาพทำให้ผู้ปกครองเข้าใจในเรื่องเทคนิคการผสมยามากขึ้นกว่าการให้คำแนะนำด้วยวาจาเพียงอย่างเดียว (Saida & Prathipavanich, 2010) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Mansoor และคณะ ได้ทำการศึกษาในผู้ป่วยโรคภูมิคุ้มกันบกพร่องซึ่งได้รับยา Co-Trimoxazole เพื่อป้องกันการติดเชื้อ Pneumocystis Carinii Pneumonia--PCP พบว่า กลุ่มที่ได้รับคำแนะนำการใช้ยาชนิดรูปภาพมีความรู้เฉลี่ยในการใช้ยาเท่ากับ 76 คะแนน (เมื่อเทียบให้คะแนนเต็ม 100) ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับคำแนะนำที่มีแต่ข้อความมีความรู้เพียง 51 คะแนน และในกลุ่มควบคุมได้คะแนนเท่ากับ 43 แสดงให้เห็นว่า การใช้ฉลากช่วยชนิดรูปภาพในการให้คำแนะนำกับผู้ป่วยนั้นได้ผลดีมากกว่าการใช้ฉลากช่วยชนิดข้อความ (Mansoor & Dowse, 2007) อีกทั้งการศึกษาของ Dowse และคณะ พบว่า คำแนะนำชนิดรูปภาพสามารถเสริมความเข้าใจและความร่วมมือในการใช้ยาของผู้ป่วยได้ (Dowse, 2005) เช่นเดียวกับ Houts และคณะ พบว่า คำแนะนำชนิดรูปภาพเป็นตัวเสริมทำให้ผู้ป่วยบอกรายละเอียดของการใช้ยาได้ และช่วยเพิ่มความเข้าใจในผู้ป่วยที่อ่านหนังสือไม่ออกหรืออ่านได้น้อย (Houts, Witmer, Egeth, Loscalzo & Zabora, 2001)

ทั้งนี้ คะแนนความรู้ที่เพิ่มขึ้นน้อยอาจเกิดจากการที่ให้ฉลากช่วยรูปภาพแก่ผู้ป่วยแล้วผู้ป่วยไม่อ่านศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ยา จากการศึกษาของ กิตติยาปิยะศิลป์ และคณะ ได้ศึกษาความเข้าใจต่อฉลากช่วยบนซองยาของผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลขอนแก่นพบว่า ผลการประเมินความเข้าใจที่มีต่อฉลากช่วยบนซองยา 8 รูปแบบจากทั้งหมด 20 รูปแบบในผู้ตอบแบบสัมภาษณ์จำนวน 99 คน พบว่า ในด้านประสบการณ์ผู้ป่วยเคยอ่านฉลากช่วยบนซองยา (ร้อยละ 81.82) และมีความคิดเห็นว่าข้อความบนซองยามองเห็นชัดเจน (ร้อยละ 83.84) แสดงให้เห็นว่าผู้ป่วยอ่านฉลากช่วยประมาณร้อยละ 80 และมีผู้ป่วยที่ไม่อ่านประมาณร้อยละ 20 (Piyasilp, Maungkaw, Burat, Prasertsang, & Lertsinudom, 2014)

จากการศึกษาของ จงกลณี จงพรชัย และคณะ พบว่า สรุปแล้วหลักการสร้างงานอินโฟกราฟิกที่ดีนั้น คือ การที่ผู้สร้างต้องมีทักษะที่จำเป็นทั้ง 3 รูปแบบ คือ การวิเคราะห์ข้อมูล การเรียบเรียงข้อมูล และการออกแบบ นอกจากนั้นควรศึกษาผู้รับสารด้วยว่าเนื้อหาที่เราต้องการจะสื่อตรงกับความต้องการของผู้รับสารหรือไม่ และที่จำเป็นคือการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับผลงาน จากการใช้ข้อมูลทางสถิติและการใส่เอกสารอ้างอิง ซึ่งหากใช้ทั้งสามทักษะนี้และเพิ่มเติมองค์ประกอบข้างต้นที่เกี่ยวข้อง ก็จะทำให้ได้ผลงานอินโฟกราฟิกที่ดี เพื่อใช้ในงานสุขภาพและเภสัชกรรม สามารถเพิ่มความสนใจ เพิ่มความเข้าใจ หรือจูงใจให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกับผู้รับสาร ดังนั้นอาจมีการสอบถามความคิดเห็นของผู้รับสารว่าอยากได้รับข้อมูลเกี่ยวกับยาตัวใดก่อนเริ่มการทำฉลากช่วยด้วยก็ได้ (Jongpornchai, Tanyasaensuk, & Shrattaphut, 2016) นอกจากนี้การศึกษาของ Knapp และคณะพบว่าขนาดของฉลากช่วยรูปภาพที่มีขนาดใหญ่ และการได้รับฉลากช่วยรูปภาพในครั้งที่สองจะช่วยเพิ่มความเข้าใจได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Knapp, Raynor, Jebar & Price, 2005)

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนน ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยา สำหรับผู้ป่วย ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลชะโงก พบว่า คะแนนไม่สูงมาก เมื่อพิจารณาข้อคำถามจะพบว่า มีความยากพอสมควร หากผู้ป่วยไม่เคยใช้นั้น ๆ มาก่อน เช่น ยา Glipizide Metformin Atenolol Amlodipine Ferrous fumarate เป็นต้น และจะเห็นว่าข้อคำถาม ที่เกี่ยวกับยาสามัญประจำบ้านที่สามารถพบได้บ่อย และ ใช้น้อยในชีวิตประจำวัน ได้แก่ ยา Chlorpheniramine Paracetamol พบว่าผู้ป่วยส่วนมากตอบคำถามได้ถูกต้อง

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ คือ การออกแบบการศึกษาในผู้ป่วย 2 กลุ่ม และเป็นการวัดความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับอาการข้างเคียงและวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วยทุกรายในทุกข้อคำถาม หากผู้ป่วยที่ทำการทดลองครั้งนี้ไม่ใช่ ผู้ที่ใช้หรือใช้ยานั้นจริง ๆ อาจไม่ให้ความสนใจ มีผล ทำให้คะแนนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอาการข้างเคียง และวิธีการใช้ยาสำหรับผู้ป่วยคลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้ ควรมีการวัดระดับความพึงพอใจต่อผลช่วยรูปภาพร่วม ด้วยเพื่อให้เห็นผลการศึกษาที่มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น



References

- Davis, T. C., Wolf, M. S., Bass, P. F., Thompson, J. A., Tilson, H. H., Neuberger, M., & Parker, R. M. (2006). Literacy and misunderstanding prescription drug labels. *Annals of Internal Medicine*, 145(12), 887–894. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-145-12-200612190-00144>
- Dowse, R., & Ehlers, M. (2005). Medicine labels incorporating pictograms: Do they influence understanding and adherence?. *Patient Education and Counseling*, 58(1), 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2004.06.012>
- Houts, P. S., Witmer, J. T., Egeth, H. E., Loscalzo, M. J., & Zabora, J. R. (2001). Using pictographs to enhance recall of spoken medical instructions II. *Patient Education and Counseling*, 43(3), 231–242. [https://doi.org/10.1016/s0738-3991\(00\)00171-3](https://doi.org/10.1016/s0738-3991(00)00171-3)
- Jongpornchai, J., Tanyasaensuk, K., & Shrattaphut, L. (2016). Infographics and job applications health and pharmaceutical. *Thai Bulletin of Pharmaceutical Sciences*, 11(2), 98-120. (in Thai)
- Knapp, P., Raynor, D. K., Jebar, A. H., & Price, S. J. (2005). Interpretation of medication pictograms by adults in the UK. *The Annals of Pharmacotherapy*, 39(7-8), 1227–1233. <https://doi.org/10.1345/aph.1E483>
- Mansoor, L. E., & Dowse, R. (2003). Effect of pictograms on readability of patient information materials. *The Annals of Pharmacotherapy*, 37(7-8), 1003–1009. <https://doi.org/10.1345/aph.1C449>
- Nilavat, G., Samerka, K., Kanman, K., & Deetea, W. (2005). The effect of the label continues the image remembering drug use information. *Srinakharinwirot Journal of Pharmaceutical Sciences*, 10, 162-167. (in Thai)
- Peter, S. (2001). *Image site of the learning process of Aldus Leonard Huxley's Symbols. referred to in Lester, 2000 Graphic Design*. Bangkok: Odeer Store Publishing House. (in Thai)

- Piyasilp, K., Maungkaw, P., Burat, N., Prasertsang, P., & Lertsinudom, S. (2014). Understanding help labels on medicine packs for outpatients of Khon Kaen Hospital. *Isan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 9(suppl.), 88-92. (in Thai)
- Saida, S., & Prathipavanich, N. (2010). Effect of picture-type guidance on parents' understanding of the use of Dry powder antibiotics. *Thai Journal of Pharmacy Practice*, 1, 99-108. (in Thai)
- Tatsana, J. (2020). *Infographic (description of form)*. Retrieved from http://www.krujongrak.com/infographics_information. (in Thai)



ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน The Hybrid Solar Dryer Cabinet

ธีรพงศ์ บริรักษ์¹ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ¹ วรลักษณ์ เสถียรรังษฤษฎ์² และณรงค์ ภู่อ้อย³

Theerapong Borirak,¹ Pongsawat Kotchapoom¹, Woralak Sathienrungsarit¹ and Narong Pooyoo²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Engineering, Eastern Asia University

²นักวิชาการอิสระ

²Independent Scholar

³กองพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

³Division of Energy Human Resource Development,

Department of Alternative Energy Development and Efficiency

Received: January 25, 2021

Revised: February 24, 2021

Accepted: March 3, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถนอมอาหารด้วยวิธีการตากแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีข้อจำกัดในการผลิตจากการอาศัยการแผ่รังสีความร้อนแต่เพียงอย่างเดียว ทำให้บางฤดูกาลการตากแห้งผลิตภัณฑ์ไม่สามารถทำได้เช่น ฤดูฝน หรือในวันที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทำให้แสงอาทิตย์ส่องไม่ถึง จากการศึกษากระบวนการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบตั้งอยู่กับที่โดยใช้ตู้กระจกขนาด กว้าง 45 cm ความยาว 108 cm และ ความสูง 38.5 cm กระจกเอียงทำมุม 45° ใช้กล้วยน้ำว้า เป็นผลิตภัณฑ์ในการทดสอบทำการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกตู้อบแห้ง ทำการทดสอบในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ใช้ระยะเวลาในการตากแห้ง 8 ชั่วโมงต่อวันทำการทดสอบตั้งแต่เวลา 9.00–17.00 น.จากการทดสอบใช้ระยะเวลารวม 24 ชั่วโมง ต่อการอบ 1 ครั้ง สามารถอบได้ครั้งละ 144 ลูก น้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฉลี่ย 46.93 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 23.41 g ความชื้นมาตรฐานเปียกสุดท้ายในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 29.6% wb อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบมีค่าเท่ากับ 48.47 °C จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นได้นำมาออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน ด้วยวิธีการใช้ลมร้อนจากฮีตเตอร์แบบครีป ขนาดกำลังไฟฟ้า 1800 วัตต์ ร่วมกับการใช้ตู้ตากแห้งแบบตั้งอยู่กับที่ ซึ่งทำงานโดยใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิ จากการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน ในวันที่ฝนตกและมีเมฆปกคลุม ใช้เวลารวม 24 ชั่วโมงน้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฉลี่ยที่ 49.64 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 22.89 g ความชื้นมาตรฐานเปียกสุดท้ายในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 28.0% wb อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบมีค่าเท่ากับ 51.86°C เมื่อเปรียบเทียบกับจากสีและน้ำหนักสุดท้ายของผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงกัน

และในการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เกิดความสูญเสียระหว่างการผลิต ขนาดของตู้อบเหมาะสำหรับการใช้ในการแปรรูป
ผลิตผลทางการเกษตรในครัวเรือนหรือการแปรรูปผลิตภัณฑ์สำหรับชุมชน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งด้วยตู้อบแห้ง
พลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานนี้มีคุณภาพและความสะอาดถูกสุขลักษณะ

คำสำคัญ: ตู้อบแห้งแบบผสมผสาน ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นมาตรฐานเปียก

Abstract

The objectives of this research are to increase the efficiency of food preservation from solar energy. The solar dryer for food has limited in the production process from heat radiation some seasons product drying is not possible, such as the rainy season or when the sky is covered with clouds, causing the sunlight to not reach. This paper concern with the study of thermal efficiency of the bananas dryer by the solar drying cabinet size 45 cm x 108 cm x 38.5 cm. and 45° of the mirror angle installation thermometer and humidity meter inside and outside of solar dryer cabinet. Fermented 144 pieces of bananas were a product for drying. It was found from the experiment that, in the duration of 9.00 a.m.–5.00 p.m. on a clear sky day, and all-day average temperature inside the chamber was 46.93°C. The experiment was started from a sample product with an average of 46.93 g, an average final weight of 23.41 g and initial moisture content of bananas were dried a final moisture content equaled 29.6% wet basis. For these data to design the hybrid solar dryer cabinet by using solar energy and hot air from a fin heater electric power 1800 watts with PID controller system. On a rainy and cloudy day the experiment was started from sample product an average of 49.64 g, an average final weight of 22.89 g, and the initial moisture content of bananas was dried a final moisture content equaled 28.0 %wet basis all – day the average temperature inside the chamber was 51.86°C. When comparing the color and final weight of the product are similar, and in the test the product has no loss during production. The size of the hybrid solar dryer cabinet is suitable for use in household agricultural products processing or community product processing. The products obtained by drying with this integrated solar dryer are of high quality and hygienic hygiene.

Keyword: hybrid dryer cabinet, relative humidity, wet basis



บทนำ

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงในระหว่างการใช้งานไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ต้องทำการตากแห้งภายในพื้นที่ปิดจะช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง การ

รบกวนจากแมลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น และ
ยังช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้งได้อีกด้วย นอกจากนี้
นี้ยังมีส่วนช่วยในการประหยัดสำหรับการอบแห้งที่ใช้
พลังงานไฟฟ้า น้ำมันหรือแก๊สธรรมชาติได้ จากการทบทวน
วรรณกรรมพบว่า Kurmharn and Saen Rang (2014)
ได้ทำการออกแบบและสร้าง เครื่องอบแห้งพลังงานแสง
อาทิตย์แบบอุโมงค์ลม เพื่อใช้อบแห้งพริก เครื่องอบแห้ง

นี้ ประกอบส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์และส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ ขนาด 1.8 m x 2.4 m x 1 m สำหรับระบบระบายอากาศจะใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 38 W 1 ตัว เพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศในเครื่องอบ ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนทั้งจากรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบโดยตรงและจากแผงรับรังสีมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งเร็วขึ้นจากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง ใช้ฟริก จำนวน 30 kg จากผลการทดลองพบว่า เครื่องอบแห้งดังกล่าวสามารถอบแห้งฟริกที่ความชื้น 72.95%_{wb} และความชื้นสุดท้ายที่ 8.4 %_{wb} ภายใน 43 ชั่วโมง หรือประมาณ 3 วันครึ่ง โดยอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแปรค่าระหว่าง 29.50-72.09 °C ซึ่งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ และฟริกที่ได้มี คุณภาพดี ซึ่งการตากแห้งโดยอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวจะพบข้อจำกัดในการผลิตเมื่อถึงฤดูกาลที่มีความชื้นของแสงอาทิตย์และระยะเวลาในการตากแห้งน้อย เช่น ฤดูฝนและฤดูหนาว หรือในช่วงท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม ดังตัวอย่างงานวิจัยโดย Yotwinyuwong (2017) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมินิกรีนเฮาส์เพื่อชุมชน คุณสมบัติทางกายภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถป้องกันแมลงและฝุ่นละอองได้ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกเนื่องจากมีล้อและในกรณีฝนตกสามารถป้องกันน้ำได้เมื่อเทียบกับการตากกลางแจ้ง จากการหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งสูงสุดเฉลี่ย 61.5°C ในขณะที่อุณหภูมิแวดล้อมสูงสุดเฉลี่ยที่ 45.5°C และแตกต่างจากอุณหภูมิภายนอกอย่างเห็นได้ชัด อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 61.5°C ทั้งนี้ ค่าความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงวันเวลาที่เก็บข้อมูลมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ ตั้งแต่เริ่มเก็บข้อมูลค่าความร้อนค่อย ๆ สูงขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากนั้นท้องฟ้ามีเมฆและหมอกเข้ามา บดบังทำให้ค่าพลังงานที่ได้รับลดลง ประกอบอากาศ ณ บริเวณนั้นมีลมแรง

การพัฒนากรรมวิธีการตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีหลากหลายวิธีการ เช่น Borirak (2018) ได้ทำการออกแบบวิธีการอบแห้งโดยให้ตู้อบแห้งเคลื่อนตามแสงอาทิตย์ ด้วยวิธีการให้แผงรับความร้อนสามารถเคลื่อนที่เคลื่อนตามดวงอาทิตย์ด้วยกลไกการหมุนส่งกำลังจากแม่แรงสะพานซึ่งขับเคลื่อนจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแส

ตรง การเคลื่อนที่ของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะปรับให้เคลื่อนตามดวงอาทิตย์ ครึ่งละ 7.5° ต่อชั่วโมง จากการทดลองตู้อบแห้งแบบเคลื่อนตามแสงอาทิตย์ใช้เวลา รวม 20.5 ชั่วโมงน้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฉลี่ยที่ 43.15 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 21.2 g ความชื้นมาตรฐานเปียกในผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือ 24.8% อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบเท่ากับ 52°C สามารถร่นระยะเวลาในการอบกล้วยน้ำว้าได้ 3.5 ชั่วโมง ต่อการอบแห้ง 1 ครั้ง แต่การพัฒนาเครื่องตากแห้งดังกล่าวพบว่าเมื่อท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมหรือในวันที่ฝนตกเครื่องตากแห้งไม่สามารถสร้างอุณหภูมิภายในตู้อบได้ตามต้องการ

การตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีการพัฒนาโดยใช้พลังงานร่วมกับพลังงานอื่น ๆ เช่น Yaibok, Phethuayluk, WeawSak, Mani and Buaphet (2010) ได้ศึกษาการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้า เพื่อต้องการพัฒนาระบบการผลิตปลาแห้งอนามัยภายใต้สภาพภูมิอากาศทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยออกแบบเครื่องอบแห้ง ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์พลังงานหลักและพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเสริม ประกอบด้วยตู้อบชนิดโปรแกรส แผงรับรังสีอาทิตย์มีขนาด 4.08 m² ขดลวดไฟฟ้าสำหรับทำความร้อนขนาด 800 W จำนวน 2 ชุด มีความจุของปลาที่ใส่อบ ได้ 50 kg จากการทดลองอบแห้งปลา 2 ชนิด คือ ปลาช่อนและปลาดุกโดยให้อุณหภูมิในห้องอบแห้ง 40°C, 50°C และ 60 °C พบว่า การอบแห้งปลาช่อนแบบใช้พลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 60 °C มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งน้อยสุดเท่ากับ 42.57 MJ/kgH₂O_{evap} และมีประสิทธิภาพในการอบแห้ง 5.54% ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 6 ชั่วโมง ส่วนการอบแห้งปลาดุกด้วยพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 50 °C มีการ สิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งน้อยที่สุดคือเท่ากับ 80.02 MJ/kgH₂O_{evap} และมีประสิทธิภาพในการอบแห้ง 2.98% และใช้ระยะเวลาการอบแห้ง 8 ชั่วโมง

Chuewungkham and Phothikanit (2016) ได้สร้างตู้อบแห้งด้วยความร้อนร่วมแสงอาทิตย์และแก๊สชีวภาพ โดยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ความจุขนาด 12 m² มีท่อลมร้อนจากพลังงานแก๊สชีวภาพเข้าสู่ตู้อบแห้ง โดยพาความร้อนด้วยพัดลมระบายอากาศ

กระแสดังกล่าว และอีกส่วนคือบ่อหมักแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ ความจุประมาณ 8 m³ ซึ่งใช้เป็นพลังงานทดแทนในการอบแห้งต่อเนื่องจากสิ้นแสงอาทิตย์ โดยออกแบบให้สามารถอบกล้วยน้ำว้าสุกได้ครั้งละ 12 kg ให้มีความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25%_{wb} ผลการวิจัย พบว่า อบกล้วยน้ำว้าสุกน้ำหนัก 12.12 kg ค่าความชื้น 62.5%_{wb} ด้วยตู้อบแห้งใช้ ความร้อนจากแสงอาทิตย์ตั้งแต่วันที่ 08:00 น. ถึง 16:00 น. ในช่วงวันที่สภาพอากาศปลอดโปร่งทั้งวัน สามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในได้ 25-35 °C โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 64 °C และใช้ลมร้อนจากแก๊สชีวภาพตั้งแต่วันที่ 16:01 น. ถึง 20:00 น. ซึ่งใช้ปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ย 1,085 kg เป็นเวลา 3 วัน กล้วยที่ผ่านการอบแห้งมีน้ำหนักคงเหลือเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 kg มีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 24.72%_{wb} อัตราการระเหยของน้ำเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.203 kg/m²/day ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของตู้อบแห้งด้วยความร้อนร่วมแสงอาทิตย์และแก๊สชีวภาพ โดยเปรียบเทียบจากรายจ่ายต่อปีกับการดำเนินการผลิต 4.79 kg ต่อครั้ง สามารถผลิตได้ 80 ครั้งต่อปี ราคากล้วยอบแห้งที่ขายตามท้องตลาด 100 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาในการคืนทุนของตู้อบแห้งด้วยความร้อนร่วมแสงอาทิตย์และแก๊สชีวภาพเท่ากับ 2.52 ปี

นอกจากนี้มีการศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล โดย Narrat Jansri (2017) มีส่วนประกอบได้แก่ ตู้อบแห้ง แผงรับรังสี ดวงอาทิตย์และชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจากเตาชีวมวลในระดับครัวเรือน สามารถรักษาอุณหภูมิของลมร้อนที่ผลิตได้จากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยที่ความเร็วลม 7.63 m/s สามารถทำให้อุณหภูมิของตู้อบแห้งสูงกว่า 50°C ภายใน 2 ชั่วโมงเมื่อใช้ความร้อนที่ได้ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจากเตาชีวมวลในระดับครัวเรือน เมื่อทดสอบอบพริกจำนวน 2 kg เป็นเวลา 15 ชั่วโมง พบว่า พริกที่ผ่านการอบแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งมีความชื้นต่ำกว่ามาตรฐานพริกแห้งประมาณร้อยละ 57.90

Klabprasitti, Supawantanakul, Sittisaung and Sangsirimongkolying (2020) ทำการออกแบบและทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในการจัดการเทคโนโลยีการผลิตปลาช่อนแดดเดียวมีหลักการทำงาน

โดยใช้อากาศจากภายนอกไหลผ่านท่ออุ่นอากาศเพื่อเพิ่มอุณหภูมิก่อนผ่านเข้าไปภายในห้องสะสมความร้อน และถูกดูดผ่านออกมาทางท่ออากาศร้อนและไหลผ่านไปยังห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ ทางช่องจ่ายอากาศ โดยมีชุดบังคับอากาศร้อนที่อาศัยแรงลมจากพัดลมพาความร้อนไปยังชั้นวางผลิตภัณฑ์โดยใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อควบคุมอัตราการไหลของอากาศร้อน ภายในตู้อบอัตราการหมุนของพัดลมไฟฟ้าขึ้นกับความเข้มรังสีอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิเกิดสภาวะการอบแห้งแบบต่อเนื่องนั้นคือ อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเสมอถึงแม้ว่า แสงอาทิตย์จะถูกบดบัง ซึ่งสามารถจ่ายลมร้อนสู่ห้องอบแห้งปลาช่อนสดในช่วงอุณหภูมิ 40-55 °C ทำให้ปลาช่อนหลังการอบแห้งเป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นลดลงเฉลี่ยร้อยละ 27 (wb)

นอกจากนี้การผลิตอาหารตากแห้งยังมีการผลิตด้วยกรรมวิธีการใช้ตู้อบแห้งเป็นอุปกรณ์ในการให้ความร้อนอีกด้วยตัวอย่างเช่น Tasara, Tirawanichakul and Tirawanichakul (2014) ได้ศึกษาแนวทางการอบแห้งปลาข้าวสารแทนการทอดด้วยน้ำมันเพื่อใช้เป็นอาหารสุขภาพโดย ใช้ตู้อบแห้งแบบภาดที่ใช้ลมร้อนและรังสีอินฟราเรดเป็นแหล่งพลังงานความร้อน และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเอมพิริคัล ทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งปลาข้าวสาร คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นประสิทธิผล และพลังงานกระตุ้นในการอบแห้ง ในการทดลองนี้ และได้ทำการศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิต่อการอบแห้งระหว่าง 50-70°C และความเข้มของรังสีอินฟราเรดที่ 500-1,000 W ที่มีต่อการลดความชื้นของปลาข้าวสาร โดยความเร็วของลมร้อนที่เลือกใช้มีค่าเฉลี่ย 1.0±0.2 m/s ความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายของปลาข้าวสารแห้งอยู่ในช่วงร้อยละ 150-155 มาตรฐานแห้ง และร้อยละ 15.0±2.0 มาตรฐานแห้ง ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า อัตราการอบแห้งจะแปรผันกับอุณหภูมิอบแห้งและกำลังของรังสีอินฟราเรด

Na Pathanibul and Arpornwicheanop (2014) ได้ทำการศึกษาการอบแห้งปลาเกล็ดด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานไฟฟ้า เพื่อต้องการทำกระบวนการผลิต ปลาเกล็ดแห้งอนามัย การออกแบบเครื่องอบแห้งประกอบด้วยตู้อบชนิดทึบ ใช้หลอดอินฟราเรดสำหรับให้ความร้อนขนาด

500 W จำนวน 4 หลอด ทำการทดลองอบแห้งโดยควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี ในตู้อบที่ 50 °C, 60 °C และ 70 °C พบว่า การอบแห้งปลาเกล็ดแบบควบคุมอุณหภูมิที่ 70 °C มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบน้อยที่สุดเท่ากับ 300 MJ/kgH₂O_{evap} โดยที่ยังคงได้ค่าความชื้นมาตรฐานแห้งทั่วไปประมาณ 20–30%_{db} และมีประสิทธิภาพในการอบแห้ง 1.2% โดยใช้ระยะเวลา ในการอบแห้ง 4 ชั่วโมง ทั้งนี้ยังคงได้คุณภาพปลาเกล็ดอบแห้งที่เนื้อและสีของปลาใกล้เคียงกับที่มีวางจำหน่ายตามท้องตลาด

จากปัญหาในการถนอมอาหารด้วยกรรมวิธีการตากแห้งด้วยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ตามธรรมชาติ Kurmharn and Saen Rang (2014); Yotwinyuwong (2017); Borirak (2018) และจากผลของการศึกษาการอบแห้งด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าจากฮีตเตอร์โดยการควบคุมอุณหภูมิ Tasara, Tirawanichakul and Tirawanichakul (2014); Na Pibul (2015) จึงมีแนวคิดในการที่จะพัฒนาตู้อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน โดยใช้กับแผงรับความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมการเป่าลมร้อนจากห้องสร้างอุณหภูมิเป็นแหล่งความร้อนเสริมในกรณีที่พลังงานแสงอาทิตย์สร้างอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งได้ไม่เพียงพอทำให้ได้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีความสม่ำเสมอ รวมทั้งติดตั้งพัดลมระบายอากาศโดยงานวิจัยนี้มีข้อแตกต่างในส่วนของการให้พัดลมระบายอากาศทำงานต่อเนื่อง และใช้การควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ตากแห้งเพื่อช่วยให้สภาวะในการอบแห้งเป็นไปได้ดี Klabprasitti, Supawantanakul, Sittisaung and Sangsirimong kolying (2020) ซึ่งจะสามารถแก้ไขปัญหาการตากแห้งผลิตภัณฑ์ในกรณีที่ท้องฟ้ามีเมฆบดบัง หรือการผลิตในช่วงฤดูฝนลดปัญหาการสูญเสียและผลิตภัณฑ์มีความชื้นไม่ได้มาตรฐานได้เป็นอย่างดี

เทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

วิธีการถนอมอาหารอบแห้งด้วยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในปัจจุบันสามารถแบ่งได้ ดังนี้

1. การตากแห้งโดยตรงโดยใช้แสงอาทิตย์

การตากแห้งโดยตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีการถนอมอาหารแบบพื้นฐานที่มีการใช้นาน โดย

การนำอาหารมาทำการตากแห้งโดยตรงซึ่งมีการสูญเสียผลผลิตเกิดการรบกวนจากสัตว์และแมลง เช่น หนู นก แมลงวัน และจุลินทรีย์ นอกจากนี้ปัจจัยจากธรรมชาติอาจทำให้ผลผลิตไม่ได้คุณภาพ เช่น พายุฝนหรือหมอก ทำให้เกิดความชื้น การอบแห้งด้วยวิธีการนี้มีการปนเปื้อนด้วยสิ่งแปลกปลอม เช่น ฝุ่นละออง สิ่งสกปรก แมลง และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นเป็นตัวแปรที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพสากล



ภาพ 1 การตากแห้งโดยตรงโดยใช้แสงอาทิตย์

Note. From “Drying Technology”, by A. Pathanibul and A. Arpornwichanop, 2014, *Technology Promotion*, 41(234), p. 65. Copyright 2002 by Technology Promotion Association (Thailand-Japan)

2. การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีอาทิตย์โดยตรงและโดยอ้อม

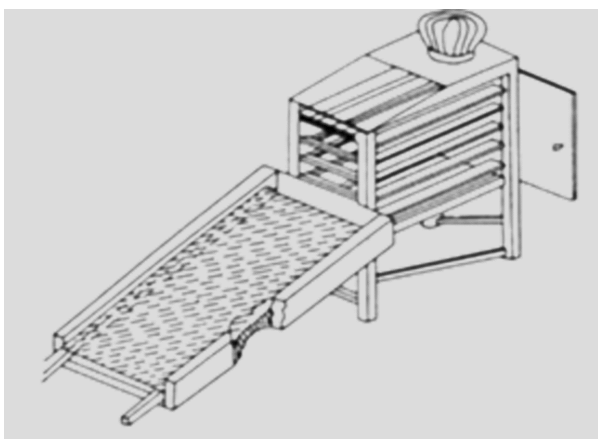
วัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มความร้อนและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งให้แห้งเร็วขึ้นและสะอาดปลอดภัยจาก หนู นก และแมลงวัน ส่วนประกอบหลักที่สำคัญมี 2 ส่วน ได้แก่ ตัวตู้อบ และตัวรับรังสีอาทิตย์ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งเป็น 2 ชนิดหลัก ได้แก่ แบบรับรังสีอาทิตย์โดยตรง และแบบรับรังสีโดยอ้อม

2.1 แบบรับรังสีโดยตรง มีหลักการทำงาน คือ รังสีอาทิตย์จะส่งผ่านวัสดุโปร่งแสงซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อน อาจออกแบบโดยใช้หลักการพาความร้อนตามธรรมชาติหรือออกแบบโดยใช้การพาความร้อนแบบบังคับซึ่งใช้การติดตั้งพัดลมเพื่อช่วยดูดอากาศร้อนให้ไหลผ่านผลิตภัณฑ์เพื่อให้แห้งเร็วขึ้น



ภาพ 2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีอาทิตย์โดยตรง

2.2 เครื่องอบแห้งแบบรับรังสีอาทิตย์โดยอ้อม ออกแบบให้มีชุดแผงรับรังสีอาทิตย์เพื่อเพิ่มความเข้มรังสีอาทิตย์ ทำให้อากาศที่อยู่ระหว่างผลิตภัณฑ์และตัวรับรังสีร้อนขึ้นจึงสามารถลดความชื้นออกได้เร็วขึ้น ผลิตภัณฑ์จะไม่ถูกแสงอาทิตย์โดยตรง อาจออกแบบโดยใช้หลักการพาความร้อนตามธรรมชาติหรือออกแบบโดยใช้หลักการพาความร้อนแบบบังคับซึ่งติดตั้งพัดลมเพื่อช่วยดูดอากาศร้อนให้ไหลผ่านผลิตภัณฑ์เพื่อให้แห้งเร็วขึ้น



ภาพ 3 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีอาทิตย์อ้อม

Note. From “Natural Convection and Forced Convection Solar Dryers,” by A. Taikhao and S. Teekasap, 2013, *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 7(1), p.27. Copyright 2013 by Eastern Asia University

3. หลักการวัดความชื้นในผลิตภัณฑ์

การวัดความชื้นในผลิตภัณฑ์แสดงได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

3.1 ความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis) คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ขึ้น โดยมีสมการ ดังนี้

$$M_w = \left[\frac{w-d}{w} \right] \times 100 \quad (1)$$

3.2 ความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis) คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในผลิตภัณฑ์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง โดยมีสมการ ดังนี้

$$M_d = \left[\frac{w-d}{d} \right] \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%_{wb})

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%_{db})

w คือ น้ำหนักเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ (kg)

d คือ น้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง (kg)

โดยทั่วไปการอบแห้งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้ง ซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าสูงกว่าความชื้นวิกฤตที่ผิวของวัสดุมีน้ำอยู่มาก เมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุการถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุในช่วงนี้อุณหภูมิผิวของวัสดุอบแห้งและอัตราการอบแห้งจะมีค่าคงที่ และช่วงอัตราการอบแห้งลดลงซึ่งปริมาณความชื้นภายในวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤตเมื่อความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังวัสดุ น้ำจะเคลื่อนที่จากภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวของวัสดุในลักษณะของเหลวหรือไอน้ำและน้ำที่ผิวของวัสดุในลักษณะของเหลวหรือไอน้ำและน้ำที่ผิวจึงจะระเหยไปกับอากาศ

ดังนั้นวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งจึงต้องเพิ่มช่วงระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังมวลของวัสดุซึ่งจะทำให้สามารถเกิดการคายน้ำออกมาจากผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น

4. ความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat capacity)

คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้สารมวล 1 หน่วย มีอุณหภูมิสูงขึ้น 10C

$$C = \frac{Q}{m \Delta t} \quad (3)$$

$$Q = mc \Delta t \quad (4)$$

เมื่อ m คือ มวลของสารมีหน่วยเป็น กรัม (g) หรือ กิโลกรัม (kg)

Q คือ ปริมาณความร้อนที่สารได้รับหรือคายออกไป มีหน่วยเป็นแคลอรี (cal) หรือจูล (J)

Δt คือ อุณหภูมิ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) หรือ เคลวิน (K)

5. ความร้อนแฝง (latent heat)

คือ ความร้อนที่ได้รับหรือคายออกในการเปลี่ยนสถานะเท่านั้น

$$L = \frac{Q}{m} \quad (5)$$

$$Q = mL \quad (6)$$

เมื่อ m คือ มวลของสารมีหน่วยเป็น กรัม (g) หรือ กิโลกรัม (kg)

Q คือ ปริมาณความร้อนที่สารได้รับหรือคายออกไป มีหน่วยเป็นแคลอรี (cal) หรือจูล (J)

L คือ ความร้อนแฝงจำเพาะ มีหน่วยเป็น แคลอรีต่อกรัม (cal/g) หรือจูลต่อกิโลกรัม (J/kg)

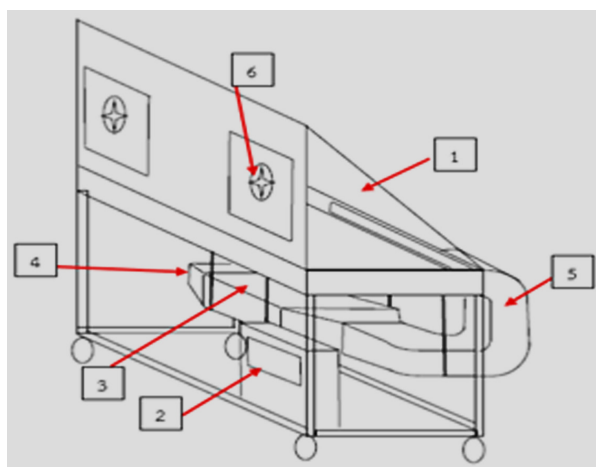
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

จากภาพ 4 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานภายในตู้อบแห้ง (1) ติดตั้งตัววัดอุณหภูมิให้ชุดควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง

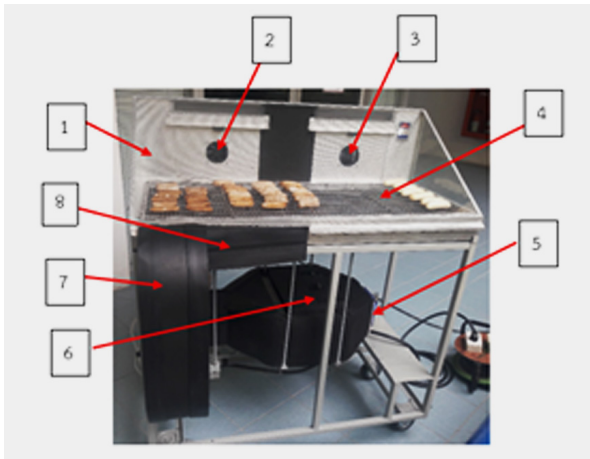
โดยการปรับตั้งอุณหภูมิจากชุดควบคุมอุณหภูมิแบบ PID (2) ซึ่งจะสั่งให้ชุดฮีตเตอร์ในห้องสร้างลมร้อน (3) ตามอุณหภูมิที่ควบคุมหากอุณหภูมิในตู้อบแห้งสูงกว่าที่ปรับตั้งระบบจะตัดการทำงาน โดยลมร้อนภายในห้องสร้างลมร้อนจะเคลื่อนที่โดยพัดลมเป่าลมร้อน (4) เพื่อจ่ายลมร้อนไปตามท่อส่งลม (5) เพื่อส่งลมร้อนเข้าไปในตู้อบแห้ง และภายในตู้อบแห้งจะมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ (6) เพื่อดึงความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ต่อไป



ภาพ 4 แสดงหลักการทำงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

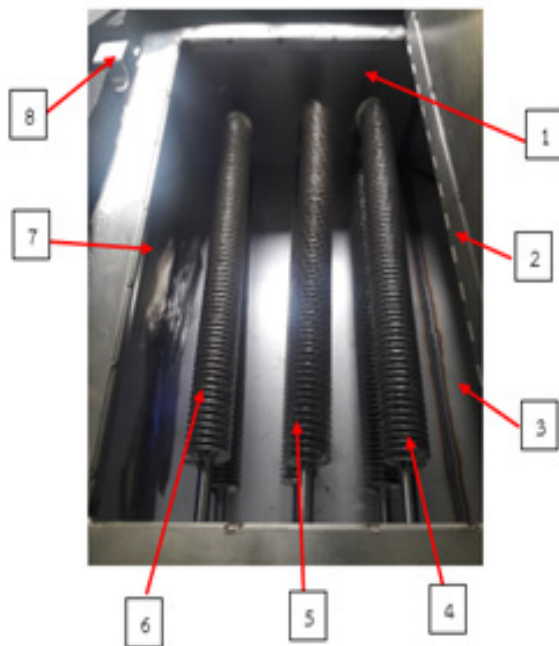
ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน ทำจากอะลูมิเนียมและกระจกใส มีขนาด กว้าง 45 cm ความยาว 108 cm และ ความสูง 38.5cm และมีกระจกใสรับแสงอาทิตย์ หนา 4 mm. เอียงทำมุม 45 จากภาพ 5 แสดงส่วนประกอบของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานมีส่วนประกอบภายนอกที่สำคัญ ได้แก่

- 1) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
- 2) พัดลมระบายความร้อนตัวที่ 1
- 3) พัดลมระบายความร้อนตัวที่ 2
- 4) ตะแกรงตากแห้ง
- 5) พัดลมเป่าลมร้อน
- 6) ห้องสร้างความร้อน
- 7) ท่อส่งลมร้อน
- 8) หัวจ่ายลมร้อน



ภาพ 5 ส่วนประกอบของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

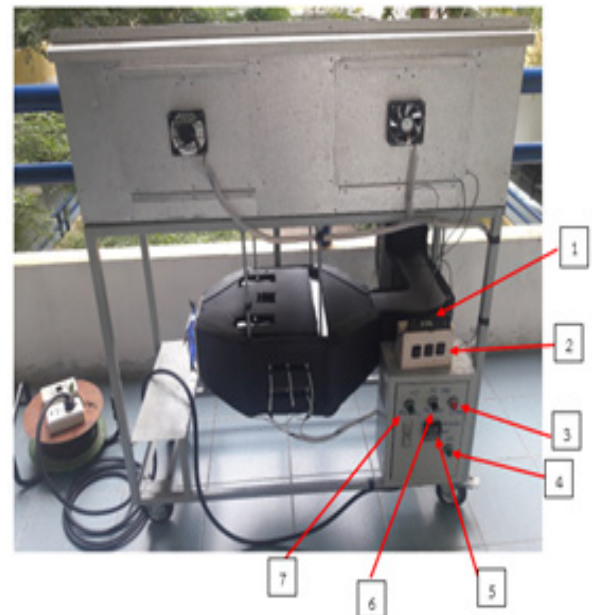
ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานใช้พลังงานความร้อนร่วมระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์จากตุ้กระจกใสในส่วนตากแห้งด้านบนและพลังงานจากเครื่องให้ความร้อนซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ฮีตเตอร์แบบครีปจำนวน 3 ชุด ขนาดกำลังไฟารวม 1800 W ติดตั้งในห้องสร้างลมร้อนทำจากสแตนเลสชนิด 304 บุด้วยฉนวนโฟมหนา 1 นิ้ว ดังแสดงรูปแบบการติดตั้งตุ้ตากแห้งทำจากกระใสต์ ภาพ 5 และการสร้างห้องสร้างลมร้อนในภาพ 6



ภาพ 6 ส่วนประกอบภายในของห้องสร้างลมร้อน

จากภาพ 6 แสดงส่วนประกอบภายในของห้องสร้างลมร้อนรายละเอียดของส่วนประกอบมี ดังนี้

- 1) ผนังห้องสร้างลมร้อน
- 2) บานพับ
- 3) ช่องลมจ่าย
- 4) ฮีตเตอร์ตัวที่ 1
- 5) ฮีตเตอร์ตัวที่ 2
- 6) ฮีตเตอร์ตัวที่ 3
- 7) ช่องลมเป่า
- 8) ตัวล็อกฝาห้องสร้างลมร้อน



ภาพ 7 แสดงชุดระบบควบคุมของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

จากภาพ 7 แสดงชุดระบบควบคุมของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ชุดควบคุมอุณหภูมิและชุดควบคุมระบบพัดลมส่วนประกอบที่สำคัญมี ดังนี้

- 1) จอแสดงอุณหภูมิในตัว
- 2) ชุดสวิทช์ควบคุมพัดลม
- 3) ไฟแสดงการทำงานของตู้
- 4) ไฟแสดงการทำงานของฮีตเตอร์
- 5) ชุดปรับตั้งอุณหภูมิ

6) สวิทช์ชุดควบคุมฮีตเตอร์

7) สวิทช์ควบคุมตู้ควบคุม

2. ชุดเครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บผลการทดสอบในการเก็บบันทึกผลการทดสอบใช้เครื่องมือวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1. ตาชั่งดิจิตอลยี่ห้อ Zepper รุ่น EPS-302 ค่าความละเอียด 0.01 g สำหรับเก็บผลค่าน้ำหนักของกล้วยน้ำว้าก่อนและหลังจากการตากแห้ง ดังภาพ 8



ภาพ 8 ตาชั่งดิจิตอลยี่ห้อ Zepper รุ่น EPS-302

2.2 การวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งคล้อยตามแสงอาทิตย์ใช้ ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ Fluke 325 ช่วงการวัด -10.0 °C to 400.0 °C ความละเอียด 0.1 °C ค่าความผิดพลาด 1 %±8 digits ดังภาพ 9



ภาพ 9 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ fluke 325

2.3 เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ Lutron SPM1116 SD solar power meter วัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ช่วงการวัด 0.0 ถึง 2000.0 W/m² ดังภาพ 10



ภาพ 10 เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ Lutron SPM1116 SD solar power meter

2.4 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใช้ลวดนำความร้อน Digicon DA 47 ย่านการวัดความเร็วลม 0.2-20.0 m/s และวัดอุณหภูมิ 0.0-50 °C ดังภาพ 11



ภาพ 11 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใช้ลวดนำความร้อน Digicon DA 47



ภาพ 12 จุดติดตั้งเครื่องมือวัดทำการเก็บผลการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

จากภาพ 12 จุดที่ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดดังนี้

1) ด้านนอกตู้อบแห้งติดตั้งเครื่องมือวัดค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์

2) ภายในตู้อบแห้งติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

3) ตู้ควบคุมอุณหภูมิติดตั้งเครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้า

4) ด้านหน้าห้องสร้างลมร้อนติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วลมและอุณหภูมิ

5) ก่อนทำการอบแห้งและหลังทำการอบแห้งเครื่องมือวัดค่าน้ำหนักผลิตภัณฑ์

3. ตัวแปรที่ทำการศึกษาและเก็บผลการทดสอบได้แก่

ตัวแปรต้น ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้ ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน ค่าน้ำหนักและความชื้นในผลิตภัณฑ์ก่อนอบแห้ง

ตัวแปรตาม ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ ค่าน้ำหนักและความชื้นในผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ตำแหน่งการวางตู้ และความเร็วลมระบายความร้อนออกของตู้อบแห้ง

4. วิธีการทำการทดลอง

ในการทำการทดสอบได้ทำการทดสอบโดยใช้กล้วยน้ำว้าเป็นผลิตภัณฑ์ทดสอบและทำการทดสอบใน 3 กรณี ได้แก่ การตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ การตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส และการตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่มีฝนตกและมีเมฆปกคลุม โดยมีวิธีการทำการทดลอง ดังนี้

1. นำกล้วยที่เตรียมมาปอกเปลือก และสับแช่แช่แช่ 10 ลูก ก่อนเข้าตู้อบแห้ง ซึ่งจะได้น้ำหนักเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์

2. นำกล้วยเรียงใส่ตู้อบแห้ง โดยทำการบรรจุทั้งหมดจำนวน 144 ลูกต่อครั้ง

3. วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายใน

และภายนอกตู้ในช่วงเวลาต่าง ๆ ตลอดทั้งวัน ตั้งแต่เวลา 9.00-17.00 น. บันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุก 30 นาที

4. ทำการพลิกกลับกล้วยจำนวน 2 ครั้งต่อวัน และชั่งน้ำหนักหลังทำการตากในแต่ละวัน

5. การหาค่าน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้งเพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียกในผลิตภัณฑ์จะใช้เตาอบลมร้อน (hot air oven) ที่สามารถปรับและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ ในการทดสอบนี้ตั้งค่าอุณหภูมิของเตาอบลมร้อนไว้ที่ 65 ± 5 °C ทำการอบแห้งเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นจะได้ค่าน้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง

6. ปรับตั้งอุณหภูมิของชุดควบคุมอุณหภูมิของตู้อบแห้งไว้ที่ 50 °C โดยให้ฮีตเตอร์ตัดการทำงานที่อุณหภูมิภายในตู้เกิน 55 °C และต่อการทำงานเมื่ออุณหภูมิภายในตู้ต่ำกว่า 48 °C สำหรับการทดสอบการตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส และการตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่มีฝนตกและมีเมฆปกคลุม

7. ทำการเปิดชุดพัดลมระบายอากาศและชุดพัดลมเป่าสำหรับการทดสอบการตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส และการตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่มีฝนตกและมีเมฆปกคลุม

8. ทำการบันทึกค่าน้ำหนักภายหลังจากการอบแห้งในแต่ละวัน



ภาพ 13 เตาอบลมร้อน (hot air oven)

ช่วงเดือนที่ใช้ในการเก็บผลการทดสอบเป็นช่วงเดือน กันยายน-ธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝนต้นฤดูหนาวระยะเวลาของแสงแดดตามธรรมชาติจะมีช่วงเวลาให้แสงแดดน้อยกว่าฤดูร้อน และในแต่ละวันการทดสอบจะใช้ผลการทดสอบต่อรอบที่มีช่วงระยะเวลาที่ท้องฟ้าแจ่มใสนำมาเปรียบเทียบกับสำหรับการทดสอบที่เปรียบเทียบกันระหว่างการตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งแบบอยู่กับที่กับการตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน สำหรับการทดสอบการตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่มีฝนตกและมีเมฆปกคลุมจะทำการทดสอบในช่วงระยะเวลาตากแห้งเช่นเดียวกัน

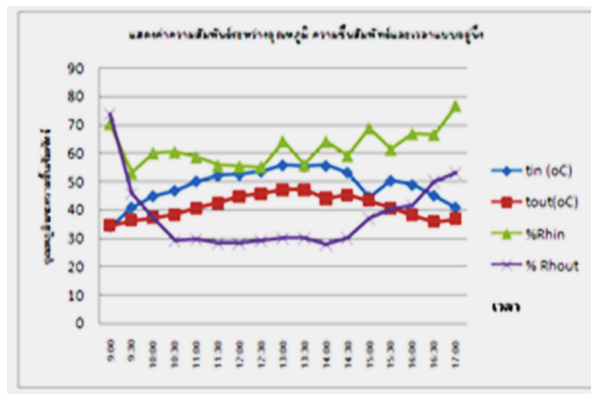
ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. การตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ ผลการทดลอง ดังนี้



ภาพ 14 ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการตรวจวัดสำหรับการทดสอบตู้อบแห้งแบบติดตั้งอยู่กับที่

จากภาพ 14 แสดงค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการตรวจวัดสำหรับการทดสอบตู้อบแห้งแบบติดตั้งอยู่กับที่ ทำการทดสอบ 8 ชั่วโมงต่อวัน ช่วงเวลา 9.00–17.00 น. ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1200 W/m^2 ที่เวลา 13.00 น. มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งวันเท่ากับ 724.7 W/m^2



ภาพ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นและเวลาสำหรับการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส



ภาพ 16 การทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่

จากภาพ 15 และภาพ 16 แสดงผลการทดสอบตู้อบแห้งแบบติดตั้งอยู่กับที่ สภาพท้องฟ้าแจ่มใสในวันที่ทดสอบ อุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศภายนอกตู้อบแห้งมีค่าเท่ากับ 34°C ค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเริ่มต้นที่ 34.4°C เมื่อเวลาผ่านไปค่าอุณหภูมิภายนอกเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดที่ 42°C ที่เวลา 13.00 น. อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งสูงสุดที่ 55.8°C อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.96°C อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 48.47°C สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งมีค่าสูงสุดที่ 68.8% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 61.83% และความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 37.56% น้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฉลี่ยที่ 46.93 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 23.41 g โดยค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเพิ่มขึ้นตามค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับ

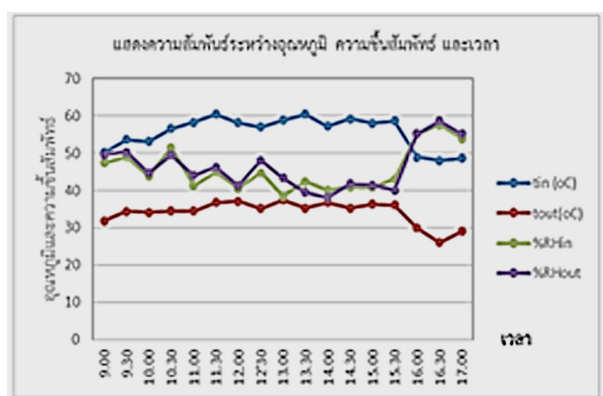
ผลงานวิจัยของ Hudakorn (2009) พบว่า อุณหภูมิของตัวเก็บรังสีอาทิตย์จะมีค่าสูงสุดในช่วงที่มีค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดและเมื่อความเข้มของรังสีลดลงอุณหภูมิของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ก็จะลดลงตามด้วย

2. การตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ผลการทดลองดังนี้



ภาพ 17 ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการตรวจวัดสำหรับการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส

จากภาพ 17 แสดงผลการทดสอบการวัดค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ทำการทดสอบ 8 ชั่วโมงต่อวัน ช่วงเวลาตั้งแต่เวลา 09.00-17.00 น. ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 972.2 W/m^2 ที่เวลา 14.00 น. มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งวันเท่ากับ 784.6 W/m^2



ภาพ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นและเวลาสำหรับการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส



ภาพ 19 การทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส

จากภาพ 18 แสดงผลการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส อุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศภายนอกตู้อบแห้งมีค่าเท่ากับ 30°C ค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเริ่มต้นที่ 29.2°C เมื่อเวลาผ่านไปค่าอุณหภูมิภายนอกเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดที่ 37.4°C ที่เวลา 13.00 น. อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งสูงสุดที่ 60.5°C อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.14°C อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 50.6°C สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งมีค่าสูงสุดที่ 57.6% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.64% และความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 46.27% น้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฉลี่ยที่ 49.24 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 23.03 g ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1.69 kW/day คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 6.76 บาท/วัน หรือ 20.28 บาท/รอบการผลิต

จากการเปรียบเทียบการใช้งานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานกับการใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ในสภาพอากาศและท้องฟ้าแจ่มใสใกล้เคียงกัน พบว่า ค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งสูงขึ้นเมื่อเทียบในช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์ยังทำมุมกับแผงรับความร้อนไม่ถึง 90°C ทำให้การตากแห้งผลิตภัณฑ์สามารถระเหยน้ำได้ดีกว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งในช่วงวันเริ่มต้นจะมีค่าสูงกว่า การอบในวันหลัง ๆ เนื่องจากปริมาณน้ำภายในผลิตภัณฑ์ยังมีปริมาณมาก ปริมาณค่า

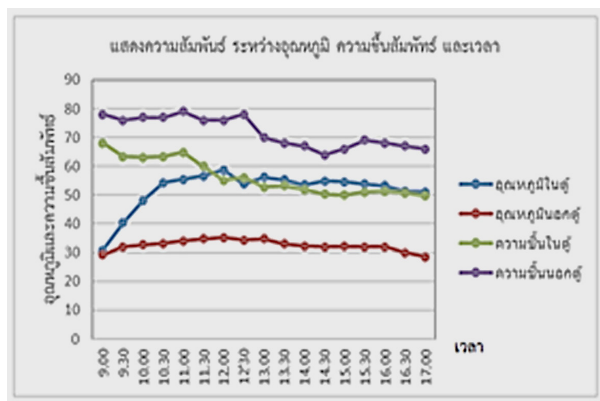
ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้มีผลกับการระเหยน้ำภายในตู้อบแห้งที่ใช้การตากแบบอยู่กับที่ กล่าวคือ หากปริมาณความชื้นภายนอกตู้มีค่าสูงการระเหยน้ำภายในตู้จะไม่สามารถระบายออกมาได้ดีเท่ากับการใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานเพราะสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งได้สม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jareanjit (2012) ปัจจัยหลักในการเพิ่มสมรรถนะการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ คือ อุณหภูมิ ความเร็ว และความชื้นของอากาศในระบบ รวมถึงการพัฒนาระบบให้มีความสม่ำเสมอ และเพิ่มระยะเวลาการอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากรังสีอาทิตย์

3. การตากผลิตภัณฑ์ในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ฝนตกและมีเมฆปกคลุมผลการทดลอง ดังนี้



ภาพ 20 ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการตรวจวัดสำหรับการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ฝนตกและมีเมฆปกคลุม

จากภาพ 20 แสดงผลการทดสอบการวัดค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการตู้อบแห้งแบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน ในวันที่ฝนตกและมีเมฆปกคลุมทำการทดสอบ 8 ชั่วโมงต่อวันช่วงเวลา 9.00–17.00 น. ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 690 W/m^2 ที่เวลา 12.30 น. มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งวันเท่ากับ 439.4 W/m^2



ภาพ 21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นและเวลาสำหรับการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ฝนตกและมีเมฆปกคลุม



ภาพ 22 การทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ฝนตกและมีเมฆปกคลุม (ทำการตากภายในอาคาร)

จากภาพ 21 แสดงผลการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ฝนตกและมีเมฆปกคลุม อุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศภายนอกตู้อบแห้งมีค่าเท่ากับ 29.2°C ค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งมีค่าเริ่มต้นที่ 30.2°C เมื่อเวลาผ่านไปค่าอุณหภูมิภายนอกเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดที่ 35.2°C ที่เวลา 12.00 น. อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งสูงสุดที่ 58.7°C อุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.4°C อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 51.86°C สำหรับ

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบแห้งมีค่าสูงสุดที่ 68% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.16% และความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกตู้อบแห้งมีค่าเท่ากับ 71.8% น้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฉลี่ยที่ 49.64 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 28.29 g ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 2.09 kW/day คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 8.38 บาท/วัน หรือ 25.14 บาท/รอบการผลิต

ตาราง 1

สรุปผลการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

ลำดับที่	รูปแบบการตากแห้ง	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ						
		ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ (W/m ²)	อุณหภูมิภายนอก (°C)	อุณหภูมิภายใน (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก (%Rh)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายใน (%Rh)	น้ำหนักเริ่มต้น (kg)	น้ำหนักสุดท้าย (kg)
1	แบบอยู่กับที่	724.7	40.96	48.47	37.56	61.83	46.93	23.41
2	แบบผสมผสานในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส	784.6	34.14	50.6	46.27	45.64	49.24	23.03
3	แบบผสมผสานในวันที่ฝนตกและมีเมฆปกคลุม	439.4	32.4	51.86	56.16	71.8	49.64	28.29

เมื่อพิจารณาจากค่าน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในแต่ละกรณีพบว่า ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่ที่น้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฉลี่ย 46.93 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 23.41 g ความชื้นมาตรฐานเปียกสุดท้ายในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 29.6%_{wb} ตัวอย่างผลผลิตที่ได้ดังแสดงในภาพ 23 ในการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส น้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฉลี่ยที่ 49.24 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 23.03 g ความชื้นมาตรฐานเปียกสุดท้ายในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 28.40%_{wb} ตัวอย่างผลผลิตที่ได้ดังแสดงในภาพ 24 สำหรับการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน ในวันที่ฝนตกและมีเมฆปกคลุม ได้ทำการตากภายในอาคาร น้ำหนักเริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเฉลี่ยที่ 49.64 g น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 22.89 g ความชื้นมาตรฐานเปียกสุดท้ายในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 28.0%_{wb} ตัวอย่างผลผลิตที่ได้ดังแสดงในภาพ 25 เมื่อเปรียบเทียบกับสีและน้ำหนักสุดท้ายของผลิตภัณฑ์มีค่า

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสมรรถนะของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน โดยใช้กล้วยน้ำว้าในการอบแห้ง ช่วงเดือนที่ทำการทดสอบ คือ กันยายน-ธันวาคม ได้ข้อมูลโดยสรุปผลการทดสอบดังตาราง 1

ใกล้เคียงกันและในการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เกิดความสูญเสียระหว่างการผลิต ขนาดของตู้อบเหมาะสำหรับใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในครัวเรือนหรือการแปรรูปผลิตภัณฑ์สำหรับชุมชน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานนี้มีคุณภาพและความสะอาดถูกสุขลักษณะ



ภาพ 23 แสดงผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่



ภาพ 24 แสดงผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้งโดยใช้ตู้อบ
แห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานทดสอบในวันที่
ท้องฟ้าแจ่มใส



ภาพ 25 แสดงผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้งโดยใช้ตู้อบ
แห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานทดสอบในวันที่
ฝนตกและมีเมฆปกคลุม

จากภาพ 26 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบ
ผสมผสานนี้ได้นำไปทดลองใช้ที่สวนฟุ้งจร วิสาหกิจชุมชน
เกษตรอินทรีย์ ตำบลบึงกาสาม อำเภอหนองเสือ จังหวัด
ปทุมธานี ในช่วงฤดูฝน ใช้เวลาในการผลิตกล้วยน้ำว้าอบ
แห้งได้ครั้งละ 3 วัน วันละ 8 ชั่วโมง ได้ผลผลิตเฉลี่ย 3 kg
ต่อรอบการผลิต



ภาพ 26 การนำตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม
ผสานไปทดลองใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียที่ให้การ
สนับสนุนงานวิจัยซึ่งทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี



References

- Borirak, T. (2018). Thermal efficiency enhancement of solar dryer using sun tracking system. *SWU Engineering Journal*, 14(1), 23-32. (in Thai)
- Chuewungkham, S., & Phothikanit, U. (2016). *Tunnel drier by a combination of solar and biogas* (Research report). Sakon Nakhon: Sakon Nakhon Rajabhat University. (in Thai)

- Hudakorn, T. (2009). A study on performance of a v-groove flat plate solar collector for a solar dryer. *The 23th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand* (pp. 1-8). Chiang Mai: Thai Society of Mechanical Engineers. (in Thai)
- Jareanjit, J. (2012). A solar dryer technology and Its development. *KKU Research Journal*, 17(1), 110-124. (in Thai)
- Klabprasitti, A., Supawantanakul, D., Sittisaung, P., & Sangsirimongkolying, R. (2020). Construction of solar cabinet dryer for technology management of processed snakehead fish production. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 12(2), 82-96. (in Thai)
- Kurmharn, W., & Saen Rang, D. (2014). *Study and development of a solar tunnel dryer for chili in Nangam Sub-district, Renunakhon District, Nakhon Phanom Province* (Research report). Sakon Nakhon: Sakon Nakhon Rajabhat University. (in Thai)
- Na Pibul, S. (2015). The Gulao Fish drying process using an electrical energy dryer with PID temperature control. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 7(2), 1-10. (in Thai)
- Narrat Jansri, S. (2017). A study on performance of a solar biomass hybrid dryer for agricultural product. *SWU Engineering Journal*, 12(1), 1-10. (in Thai)
- Pathanibul, A., & Arpornwichanop, A. (2014). Drying technology. *Technology Promotion*, 41(234), 64-67. (in Thai)
- Yaibok, T., Phethuayluk, S., WeawSak, J., Mani, M., & Buaphet, P. (2010). Development the fish drying process with a solar-electrical combined energy dryer under the Southern of Thailand Climate. *Thaksin University Journal*, 12(3), 109-118. (in Thai)
- Yotwinyuwong, S. (2017). Mini greenhouse solar dryer for the community. *The 4th Kamphaeng Phet Rajabhat University National Conference: Innovative and Technology to drive Thailand 4.0* (pp. 1176-1184). Kamphaeng Phet: Kamphaeng Phet Rajabhat University. (in Thai)
- Taikhao, A., & Teekasap, S. (2013). Natural convection and forced convection solar dryers. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 7(1), 23-31. (in Thai)
- Tasara, J., Tirawanichakul, S., & Tirawanichakul, Y. (2014). Strategic development of Crisp Tiny Anchovy using hot air and infrared drying. *Burapha Science Journal*, 19(1), 1-10. (in Thai)



คำแนะนำการคำนวณระวางบรรทุกของเครื่องบินพาณิชย์ แบบ Boeing 737-800 ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล

Loading Instruction of Commercial Aircraft Boeing 737-800 with Microsoft Excel

กิตติเชษฐ์ นนทะสุด¹, ประวิทย์ วงศ์วิวัฒน์¹, สุกัญญา สมมณีดวง¹ และ ทวนชัย ต้นสุริยวงศ์²
Kittichet Nontasud¹, Pravith Vongviwat¹, Sukanya Sommaneeuang¹ and Thuanchai Tansuriyawong²

¹คณะการบิน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Aviation, Eastern Asia University

²บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน)

²Airports of Thailand Public Co.,Ltd.

Received: December 25, 2020

Revised: February 24, 2021

Accepted: March 3, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับสร้างเครื่องมือช่วยแนะนำน้ำหนักบรรทุกและการระวางบรรทุกของเครื่องบินพาณิชย์ รุ่น Boeing 737-800 โดยการใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล สำหรับใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถคำนวณน้ำหนักและควบคุมการระวางบรรทุกน้ำหนักของเครื่องบินพาณิชย์ได้อย่างถูกต้อง โดยงานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบค่าที่ใช้สำหรับการแนะนำน้ำหนักบรรทุกและการระวางบรรทุกน้ำหนักจำนวน 3 ค่า คือ ค่าดัชนี DLI ค่าดัชนี LIZFW และ ค่าดัชนี LITOW ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Manual ซึ่งใช้ในการเรียนการสอนปัจจุบัน กับค่าคำนวณที่ได้จากคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยการกำหนดตัวอย่างเพื่อทดสอบจำนวน 10 ตัวอย่าง จากผลการทดสอบพบว่า ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าดัชนีที่ใช้ในการแนะนำน้ำหนักบรรทุกและการระวางบรรทุกน้ำหนักที่ได้จากคอมพิวเตอร์กับวิธี Manual ได้ผลดังนี้ ร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าดัชนี DLI เท่ากับ 1.55 ร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าดัชนี LIZFW เท่ากับ 1.93 ร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าดัชนี LITOW เท่ากับ 1.57 จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าเครื่องมือช่วยแนะนำน้ำหนักบรรทุกและการระวางบรรทุกของเครื่องบินพาณิชย์ รุ่น Boeing 737-800 ด้วยคอมพิวเตอร์ ให้ค่าคำนวณของค่าดัชนีที่มีความใกล้เคียงกับการคำนวณด้วยวิธี Manual ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนการสอนเพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจให้แก่ผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การแนะนำน้ำหนักบรรทุกและการระวางบรรทุก เครื่องบินพาณิชย์ ไมโครซอฟท์เอ็กเซล

Abstract

This research presents a computer application for loading instruction of commercial aircraft Boeing 737-800 with Microsoft excel for use as a teaching aid. To provide students with knowledge and understanding and can calculate the weight and control a load of commercial aircraft accurately. This research will compare three values used for loading instruction: DLI index, LIZFW index and LITOW index calculated by the manual method with the computer by specifying 10 samples for testing. From the results, we found that the percentage of error of the index used to loading instruction from the computer with the manual method is the following, percentage of error of the DLI index is 1.55%, LIZFW index is 1.93%, and the LITOW index is 1.57%. From the results, it can be concluded that the loading instruction of the Boeing 737-800 commercial aircraft by computer. Provides the calculation of index values that are close to the manual calculation, which can be used as a teaching aid for understanding to learners.

Keywords: Loading instruction, Commercial aircraft, Microsoft excel



บทนำ

ในปัจจุบันการขนส่งทางอากาศไม่ว่าจะเป็นการขนส่งผู้โดยสารหรือการขนส่งสินค้ากำลังมีบทบาทเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วโดยปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเติบโต ได้แก่ แนวโน้มทางเศรษฐกิจ การเมืองและสังคม

การควบคุมน้ำหนักและการระวางบรรทุกเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดสำหรับการขนส่งทางอากาศเชิงพาณิชย์ที่จะต้องดำเนินการโดยตระหนักถึงความปลอดภัยในการทำการบินตั้งแต่จุดเริ่มต้นของสนามบินต้นทางถึงสนามบินปลายทาง และหรือไปยังสนามบินสำรอง ดังนั้นเพื่อเป็นการรับรองความปลอดภัยในการทำการบินสิ่งที่ต้องพิจารณาอย่างถูกต้อง คือ ก่อนการทำการบินทุกครั้งจะต้องมีการคำนวณน้ำหนักการบรรทุกและการระวางบรรทุกให้มีความสอดคล้องกับสมรรถนะของเครื่องบินลำนั้น ๆ หากมีการคำนวณผิดพลาดจะส่งผลต่อความปลอดภัยของการทำการบินได้ ดังนั้นก่อนการทำการบินพนักงานอำนวยการบินและนักบินจำต้องคำนวณน้ำหนักและควบคุมการระวางบรรทุก เช่น ผู้โดยสาร สัมภาระของผู้โดยสารและสินค้าที่จะต้องบรรทุกไปกับเครื่องบินให้เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยให้อยู่ในเกณฑ์สมรรถนะของเครื่องบิน

การคำนวณน้ำหนักบรรทุกและการควบคุมการระวางบรรทุกน้ำหนักของเครื่องบินก่อนทำการบิน ผู้ที่ทำหน้าที่ดังกล่าวจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจอย่างถ่องแท้ จึงจะทำให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะความปลอดภัยในการปฏิบัติการบินมีความสำคัญยิ่ง เพราะหากผู้ที่ทำหน้าที่นี้ขาดความรู้ความชำนาญอาจนำมาซึ่งความสูญเสีย หรืออุบัติเหตุอันใหญ่หลวง คณะการบิน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย เป็นคณะที่ดำเนินการสอนรายวิชาเกี่ยวกับการคำนวณน้ำหนักบรรทุกและการควบคุมการระวางบรรทุกน้ำหนักของเครื่องบินก่อนทำการบิน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างเครื่องมือช่วยในการเรียนการสอนโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซลสำหรับช่วยคำนวณการบรรทุกน้ำหนักของเครื่องบินพาณิชย์ รุ่น Boeing 737-800 เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจในการเรียนเกี่ยวกับการคำนวณน้ำหนักและการควบคุมการระวางบรรทุกน้ำหนักของเครื่องบินสำหรับการเตรียมพร้อมเพื่อก้าวไปเป็นผู้ปฏิบัติหน้าที่คำนวณน้ำหนักและการควบคุมการระวางบรรทุกน้ำหนักของเครื่องบินในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างเครื่องมือช่วยในการเรียนการสอนเกี่ยวกับการคำนวณน้ำหนักและการควบคุมการระวางบรรทุกน้ำหนักของเครื่องบินพาณิชย์ รุ่น Boeing 737-800
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณน้ำหนักและการควบคุมการระวางบรรทุกน้ำหนักของเครื่องบินพาณิชย์ รุ่น Boeing 737-800

แนวคิดทฤษฎี

เครื่องมือช่วยแนะนำการบรรทุกน้ำหนักและการระวางบรรทุกน้ำหนักของเครื่องบินพาณิชย์ เป็นการประยุกต์ใช้ฟังก์ชันการคำนวณและการสร้างกราฟจากไมโครซอฟท์เอ็กเซล โดยค่าที่ได้จากการคำนวณจะต้องมีความถูกต้องตรงกับเอกสารตารางสมดุลของบริษัทผู้ผลิตที่ใช้สำหรับการควบคุมการบรรทุกน้ำหนักและการระวางการบรรทุกน้ำหนักของเครื่องบิน Boeing 737-800

การควบคุมน้ำหนักและการระวางบรรทุก (weight and balance control)

Boeing Co.,Ltd. (2001) การควบคุมน้ำหนักและการระวางบรรทุก คือ การกำหนดพื้นฐานในเรื่องการควบคุมน้ำหนักและการควบคุมความสมดุลสำหรับอากาศยานที่ทำการขนส่งทางอากาศเชิงพาณิชย์ซึ่งจะต้องดำเนินการเป็นไปด้วยความปลอดภัยตั้งแต่สนามบินต้นทางถึงสนามบินปลายทางและหรือสนามบินสำรองของสนามบินปลายทาง ซึ่งการกำหนดด้านความปลอดภัยจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนด เช่น การกำหนดด้านเชื้อเพลิง การกำหนดด้านน้ำหนักบรรทุก และการกำหนดด้านความสมดุลของอากาศยาน โดยปกติจะต้องถูกนำมาพิจารณาและดำเนินการอย่างถูกต้อง ความสำคัญการควบคุมการบรรทุกน้ำหนัก มีดังนี้

- เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการใช้งานเกินการปฏิบัติและขีดจำกัดของอากาศยาน
- เพื่อให้แน่ใจได้ว่าตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงอยู่ภายในที่ยอมรับได้ด้วยคำแนะนำที่เกี่ยวข้อง

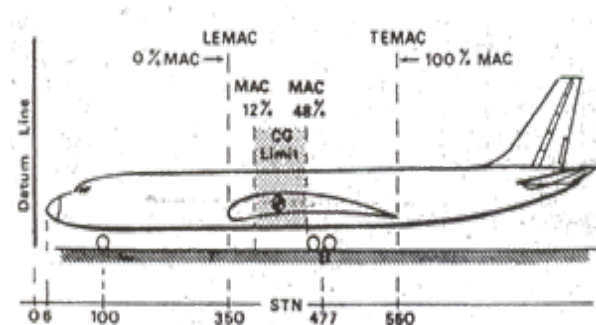
- เพื่อยืนยันได้ว่าการบรรทุกบนอากาศยานจะถูกกระจายไปตามคำแนะนำของผู้เกี่ยวข้องอย่างปลอดภัย

- เพื่อยืนยันได้ว่ามีจำนวนบุคคลบนอากาศยานนั้นไม่เกินปริมาณสูงสุดที่อนุญาตได้สำหรับอากาศยานเกี่ยวข้อง

- เพื่อยืนยันได้ว่าทุกสิ่งทุกอย่างที่มีการบรรทุกบนอากาศยานได้ทำการบันทึกเอกสารอย่างถูกต้องข้อผิดพลาดที่สำคัญในการควบคุมบรรทุกซึ่งอาจมีส่งผลต่อการปฏิบัติการบิน ดังนี้

- การใช้ความยาวของทางวิ่งขึ้นหรือลงระยะยาวขึ้น
- การใช้ความเร็วในการวิ่งขึ้นหรือลงสูง
- การเกิดความเร็วลวงหล่นสูง
- อัตราของการไต่ระดับและมุมการไต่ระดับต่ำ
- ความสูงที่ทำการบินต่ำกว่าความสูงสูงสุดที่เหมาะสม
- ความสามารถในการขับเคลื่อนต่ำ
- ระยะทางในการบินสั้นลง
- ความปลอดภัยของโครงสร้างของเครื่องบินต่ำ

ในการคำนวณน้ำหนักและการควบคุมการระวางบรรทุกนั้น เป็นการปฏิบัติเพื่อให้เครื่องบินมีความสมดุลในขณะที่ทำการบิน โดยจุดสมดุลของเครื่องบินจะถูกออกแบบโดยบริษัทผู้ผลิตเครื่องบินซึ่งจะกำหนดไว้ในคู่มือประจำเครื่องบินแต่ละรุ่น ซึ่งจุดสมดุลของเครื่องบิน รุ่น Boeing 737-800 แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 จุดสมดุล (Center of gravity--CG) ของเครื่องบิน

Note. From "Weight and Balance manualm," by Boeing Co.,Ltd., 2001, retrieved from <https://www.boeing.com>

จากภาพ 1 แสดงจุดสมดุล (Center of Gravity--CG) ของเครื่องบิน รุ่น Boeing 373-800 คือ ขอบเขตที่ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อควบคุมให้ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงขณะบรรทุกน้ำหนักจะต้องอยู่ภายในขอบเขตนี้เท่านั้นไม่ว่าสภาพของอากาศยานจะจอดอยู่บนพื้นดิน หรือทำการวิ่งขึ้น หรือทำการลง หรือทำการบินอยู่ในระดับบินบนอากาศ

ค่าน้ำหนักบรรทุกที่คำนวณได้จะอยู่ในรูปของค่าดัชนี (index) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$I = \frac{W(S - Ref.S)}{C} \quad (1)$$

เมื่อ

I = ค่าดัชนีของน้ำหนัก (index)

W = ค่าน้ำหนัก (weight of item (Kg.))

S = ตำแหน่งของน้ำหนัก (Station (in.))

$Ref.S$ = ตำแหน่งของน้ำหนักอ้างอิง (Reference Station (in.)), in this case use 658.3 in. (from manual.))

C = ค่าคงที่โมเมนต์ (Moment Constant, in this case use 35000 Kg.-in. (from manual.))

หลังจากที่ได้ค่าดัชนีมาแล้วจะต้องนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับตารางสมดุลของเครื่องบินแต่ละรุ่น

โดยค่าดัชนีของน้ำหนักบรรทุกมีอยู่ด้วยกันหลายค่าได้แก่

Basic Index--BI คือ การแสดงค่าดัชนีของตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานที่ขณะนั้นมีน้ำหนักเท่ากับ น้ำหนัก Basic weight

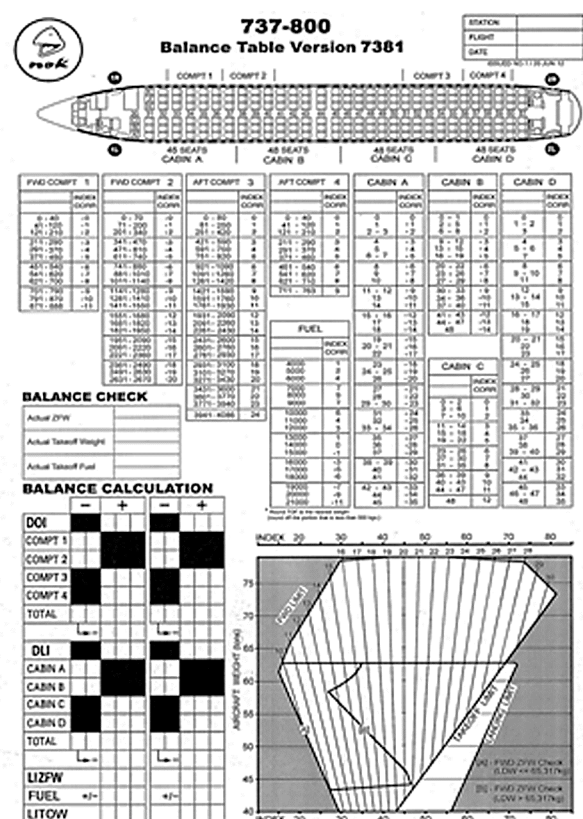
Dry Operating Index--DOI คือ การแสดงค่าดัชนีของตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานที่ขณะนั้นมีน้ำหนักเท่ากับ น้ำหนัก Dry Operating weight หรือค่าดัชนีน้ำหนักตัวของเครื่องบินรวมกับค่าดัชนีน้ำหนักของลูกเรือ

Dead Load Index--DLI คือ การแสดงค่าดัชนีของตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานที่มีน้ำหนักเท่ากับ น้ำหนัก Dry Operating weight รวมกับค่าดัชนีน้ำหนักของสัมภาระและสินค้าที่ได้บรรทุกอยู่ภายในห้องเก็บสัมภาระของอากาศยาน

Load Index Zero Fuel Weight--LIZFW คือ การแสดงค่าดัชนีของตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานภายหลังที่ได้ทำการบรรทุกสัมภาระและผู้โดยสาร (ยกเว้นเชื้อเพลิง)

Load Index Take Off Weight--LITOW คือ การแสดงค่าดัชนีของตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานภายหลังที่ได้ทำการบรรทุกสัมภาระ ผู้โดยสารและเชื้อเพลิง

ค่าดัชนีทั้งหมดดังกล่าวข้างต้น จะถูกนำมากรอกลงในตารางสมดุลดังภาพ 2 เพื่อตรวจสอบความสมดุลของเครื่องบินจากกราฟ



ภาพ 2 ตารางสมดุลของเครื่องบินพานิชย์ รุ่น Boeing 737-800

Note. From "Flight dispatch manual and Ground operation manual," by Nok Airlines Public Company Limited, 2019, retrieved from <https://www.nokair.com>

ไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel)

ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล (อังกฤษ: Microsoft Excel) เป็นโปรแกรมประเภทตารางการคำนวณ พัฒนาโดยบริษัท ไมโครซอฟท์ และเป็นโปรแกรมหนึ่งในชุดไมโครซอฟท์ออฟฟิศ สำหรับจัดการและคำนวณข้อมูลในรูปแบบตาราง อีกทั้งสามารถจัดทำกราฟ แผนภูมิเพื่อแสดงผลข้อมูลได้ ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล เป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมในด้านการคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยใช้ฟังก์ชันพื้นฐาน บวก ลบ คูณ หาร ยกกำลัง รวมถึงฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ระดับสูง เช่น การหาเอเคซ (Modulo) ตรีโกณมิติ (Sin Cos Tan) ฟังก์ชันทางสถิติ เช่น ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ฟังก์ชันทางการเงิน เช่น การคิดค่าเสื่อมราคา การคำนวณค่าปัจจุบัน ฟังก์ชันในการตัดต่อค่า เช่น ฟังก์ชันในการเชื่อมสตริงข้อความเข้าด้วยกัน (concatenate) ฟังก์ชันในการค้นหาข้อมูล เช่น Lookup vlookup และ hlookup สำหรับส่วนที่ถือว่าเป็นสิ่งที่เยี่ยมยอดของ ไมโครซอฟท์เอ็กเซล คือ การใช้งานในรูปแบบของฐานข้อมูล ซึ่งสามารถจัดการฐานข้อมูลที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก คือ มีประมาณไม่เกิน 65,000 ตาราง ไม่ว่าจะเป็น ตัวกรอง การเรียงลำดับข้อมูล (sort) คำนวณยอดรวม (subtotal) และตารางไพลอต (Pivot Table) เป็นคำสั่งสำหรับสรุปข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ดูได้ง่าย สามารถหมุนเปลี่ยนตามต้องการ นอกจากนี้ยังสามารถทำกราฟในแบบต่าง ๆ เช่น เส้นตรง วงกลม กราฟรูปแท่ง กราฟแท่งเทียนที่ใช้กับการวิเคราะห์หุ้นก็ได้ กราฟพื้นที่สามารถทำกราฟต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติได้ด้วย รวมถึงทำกราฟ 2 ชนิดในรูปแบบเดียวกันได้ด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล มาเป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณน้ำหนักบรรทุกและการระวางบรรทุกของเครื่องบินพาณิชย์ Boeing 737-800 เพื่อใช้สำหรับเป็นเครื่องมือประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาอำนวยการบิน เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคำนวณน้ำหนักและการระวางบรรทุกให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ดังกล่าวไปใช้ในสายอาชีพผู้ปฏิบัติการอำนวยการบินในสายการบินต่าง ๆ ได้ ที่ผ่านมามีนักวิจัยที่ประยุกต์ใช้ไมโครซอฟท์เอ็กเซล ในงานวิจัยต่าง ๆ เช่น

Srila-or, Rangruang and Athikulrat, (2017, p. 633) นำเสนอการประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับบริหารจัดการสารสนเทศ เพื่อการจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา: กิจการสุรพารม เพื่อลดความสูญเสียจากการมีเปิดที่ค้างสต็อก เนื่องจากไม่มีระบบสารสนเทศ เพื่อจัดการสินค้าคงคลังที่ถูกต้องและแม่นยำ โดยใช้โปรแกรม ไมโครซอฟท์เอ็กเซล สำหรับบริหารจัดการสารสนเทศเพื่อการจัดการสินค้าคงคลัง ผลการปรับปรุงทำให้สามารถลดความสูญเสียจากการมีเปิดค้างสต็อกจากเดิมเฉลี่ย 30,000 บาทต่อเดือน ภายหลังการปรับปรุง สามารถลดความสูญเสียจากการมีเปิดค้างสต็อกเหลือเพียงเฉลี่ย 12,000 บาทต่อเดือน ซึ่งความสูญเสียจากการ มีเปิดค้างสต็อกลดลงเฉลี่ย 18,000 บาทต่อเดือน คิดเป็น 60%

Aaomkatonk, Ponwattana and Sawangruang (2015) นำเสนอการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Office Excel เพื่ออำนวยความสะดวกในการบันทึกบัญชี และการจัดทำงบการเงิน ซึ่งผลของการศึกษาการบันทึกบัญชีโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Office Excel สามารถนำไปใช้ในการทำงานได้จริงในอนาคต สามารถนำไปใช้ในการศึกษาของนักศึกษา สาขาการบัญชีและพนักงานบัญชี ซึ่งช่วยให้เกิดความเข้าใจในการปฏิบัติงานและช่วยลดข้อผิดพลาดในการปฏิบัติงาน

นอกจากนี้ยังเคยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณน้ำหนักบรรทุกของเครื่องบิน ดังนี้

Gertsuk, Chatuthai, Boonsuwan, Chuensomboon and Kumnuak (2000, p. 49) นำเสนอการศึกษาเพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยคำนวณการถ่วงน้ำหนักและสมดุลของเครื่องบินพาณิชย์ โดยใช้กรณีของบริษัทการบินไทย (มหาชน) จำกัด โดยการนำข้อมูลและวิธีการคำนวณ อ้างอิงจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องบิน และคู่มือของบริษัทการบินไทย มาสร้างเป็นรูปแบบของโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้หาค่าโมเมนต์ต่อน้ำหนัก (index) ในแนวแกน Lateral กล่าวคือ แนวที่เครื่องบินเชิดหัวขึ้นหรือกดหัวลง เพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบความปลอดภัยในการนำเครื่องบินขึ้น (take off) ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมนี้จะนำไปสร้าง ตารางสมดุลสำหรับช่วยในการปรับแต่งมุมปะทะของแผนหางระดับ (horizontal

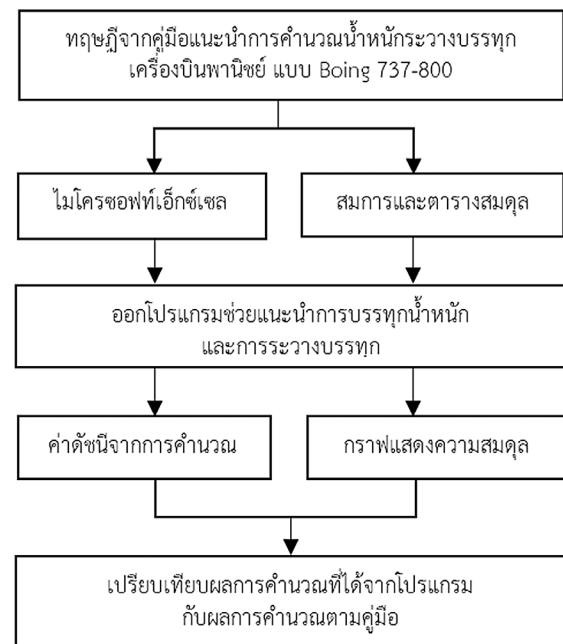
stabilizer) ของเครื่องบินให้สามารถสร้างโมเมนต์เพียงพอต่อการนำเครื่องบินขึ้นอย่างปลอดภัย และจากการเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรมกับค่าที่ได้จากบริษัทการบินไทย ปรากฏว่ามีค่าตรงตามที่บริษัทใช้งานอยู่ แต่ยังจำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขรูปแบบของโปรแกรมให้มีความสะดวกในการใช้งานและรองรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เนื่องจากการสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเกี่ยวกับการแนะนำการคำนวณน้ำหนักและการระวางบรรทุก ของเครื่องบินพาณิชย์ Boeing 737-800 โดยการใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล สำหรับสร้างสมการเพื่อคำนวณหาค่าดัชนีของน้ำหนักบรรทุกและกราฟแสดงความสมดุลในการระวางบรรทุกของเครื่องบินพาณิชย์ Boeing 737-800 แล้วทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรมฯ กับผลที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Manual ตามคู่มือแนะนำ ซึ่งค่าที่จะทำการเปรียบเทียบผล ได้แก่ ค่าดัชนี DLI ค่าดัชนี LIZFW และค่าดัชนี LITOW หลังจากได้ค่าดังกล่าวแล้ว จะนำค่าเหล่านี้ไปเขียนกราฟเพื่อดูความสมดุลของการระวางบรรทุก

ผลการวิจัย

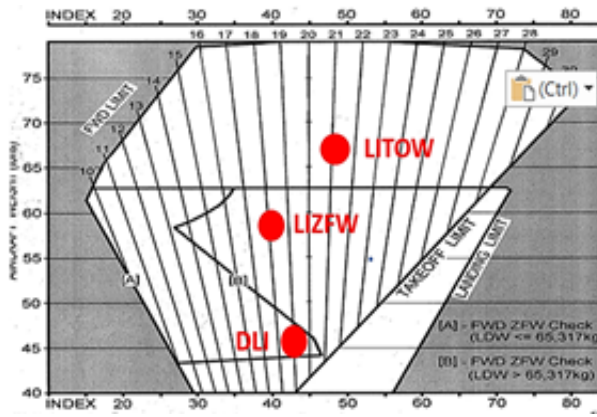
หลังจากทำการออกแบบตารางการแนะนำการบรรทุกน้ำหนัก และการระวางบรรทุก ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล และสร้างสมการการคำนวณตามคู่มือคำแนะนำการระวางบรรทุกในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล งานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซลกับผลที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Manual โดยการสมมุติตัวอย่างข้อมูลจำนวน 10 ตัวอย่างที่แตกต่างกันแต่สอดคล้องกับความเป็นจริงจากประสบการณ์ของผู้วิจัยที่เคยเป็นผู้ปฏิบัติงานมาก่อน เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการคำนวณของโปรแกรมที่สร้างขึ้น ซึ่งค่าที่ทำการเปรียบเทียบได้แก่ ค่าดัชนี DLI ค่าดัชนี LIZFW และค่าดัชนี LITOW



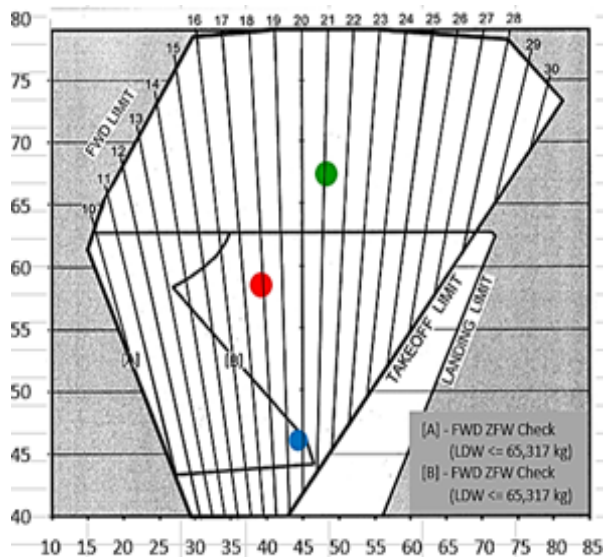
ภาพ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ภาพ 4 แสดงตารางการแนะนำการบรรทุกน้ำหนัก และการระวางบรรทุกด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล ซึ่งมีรูปแบบตามคู่มือแนะนำ ซึ่งวิธีใช้งานโปรแกรมฯ ผู้ใช้งานสามารถกรอกค่าน้ำหนักตัวของเครื่องบิน (Basic weight) ค่าน้ำหนักของลูกเรือ (Operating item) ค่าน้ำหนักของสัมภาระ (Dead load planning) ค่าจำนวนผู้โดยสาร (Passenger planning) และค่าน้ำหนักของน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel weight) จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณค่าดัชนีน้ำหนักบรรทุก และสร้างจุดแสดงตำแหน่งในกราฟขึ้นมาให้อัตโนมัติ โดยใช้ฟังก์ชันการพล็อตกราฟแบบกระจายในไมโครซอฟท์เอ็กเซลโดยการซ้อนทับกับกราฟแสดงความสมดุลของเครื่องบินที่ให้มีในคู่มือ เพื่อใช้ตรวจสอบความสมดุลในการระวางบรรทุกต่อไป

ในการทดสอบผลการคำนวณ มีการกำหนดตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่าง โดยการสมมุติค่าจำนวนน้ำหนักสัมภาระ จำนวนผู้โดยสาร และน้ำหนักเชื้อเพลิง ขึ้นมา เพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Manual กับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม โดยค่าที่ทำการเปรียบเทียบได้แก่ ค่าดัชนี DLI ค่าดัชนี LIZFW และ ค่าดัชนี LITOW ซึ่งผลการคำนวณแสดงดังตาราง



(ก) กราฟที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Manual ตัวอย่างที่ 1



(ข) กราฟที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

ภาพ 5 กราฟเปรียบเทียบที่ได้จากวิธี Manual กับโปรแกรม

ค่าที่ได้จากการคำนวณดังตาราง 1 เมื่อนำมาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งความสมดุลการระวางบรรทุกของเครื่องบิน ซึ่งจะทำให้ผู้คำนวณสามารถทราบได้ว่าการคำนวณน้ำหนักและการระวางบรรทุกน้ำหนักอยู่ในขอบเขตความสมดุลของเครื่องบินหรือไม่ ตัวอย่างกราฟแสดงดังภาพ 5

การอภิปรายผล

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าการคำนวณค่าดัชนี DLI, LIZFW และ LITOW ด้วยวิธี Manual กับการคำนวณด้วยโปรแกรม เมื่อพิจารณาทั้ง 10 ตัวอย่าง จะมีค่าที่

แตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการคำนวณทั้งสองวิธีเท่ากับ 1.55, 1.93 และ 1.57 ตามลำดับ โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากการคำนวณด้วยวิธี Manual ค่าดัชนีที่ใช้นำมาจากรายการสมดุลของเครื่องบินพาณิชย์ ซึ่งค่าดัชนีดังกล่าวจะถูกปิดเศษทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็มก่อนที่จะนำมาคำนวณหาตำแหน่งสมดุลของเครื่องบิน แต่ค่าดัชนีที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซลจะอยู่ในรูปของค่าทศนิยมซึ่งได้จากการสมการ จึงทำให้ค่าดัชนีที่ได้จากทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันเล็กน้อย

จากภาพ 5 เมื่อนำค่าดัชนี DLI, LIZFW และ LITOW ที่คำนวณด้วยวิธี Manual กับคำนวณด้วยโปรแกรม มาเขียนกราฟสมดุลการระวางบรรทุก จะเห็นว่าตำแหน่งของค่าดัชนีและลักษณะกราฟมีความใกล้เคียงกันมาก

จากผลการทดสอบจึงสามารถสรุปได้ว่าการคำนวณค่าดัชนีการบรรทุกน้ำหนัก และการเขียนกราฟแสดงสมดุลการระวางบรรทุกด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล ใกล้เคียงกับวิธี Manual ซึ่งสามารถนำไปเป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนการสอนเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการแนะนำน้ำหนักบรรทุก และการระวางบรรทุกของเครื่องบินพาณิชย์ รุ่น Boeing 737-800 ได้ซึ่งสามารถคำนวณและแสดงค่าได้รวดเร็วกว่าวิธี Manual

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากผลการวิจัยนี้เป็นเพียงการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเครื่องมือช่วยในการเรียนการสอนเกี่ยวกับการแนะนำการบรรทุกน้ำหนักและการระวางบรรทุกของเครื่องบินพาณิชย์ รุ่น Boeing 737-800 เพื่อให้ทราบว่า การใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล สามารถช่วยแนะนำการบรรทุกน้ำหนักและการระวางบรรทุกของเครื่องบินพาณิชย์ได้เช่นเดียวกันกับวิธี Manual เท่านั้น และในขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยจะนำโปรแกรมที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายเพื่อให้ผลการวิจัยที่ได้มีความสมบูรณ์และน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

และงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการ
แนะนำการบรรทุกน้ำหนักและการระวางบรรทุกของเครื่องบิน

พาณิชย์รุ่นอื่น ๆ ได้ด้วยการสร้างสมการคำนวณและค่าตัว
แปรต่าง ๆ ตามคู่มือแนะนำประจำเครื่องบินแต่ละรุ่น



References

- Boeing Co.,Ltd. (2001). *Weight and balance manual*. Retrieved from <https://www.boeing.com>
- Nok Airlines Public Company Limited. (2019). *Flight dispatch manual and ground operation manual*. Retrieved from <https://www.nokair.com>
- Srila-or, M., Rangruang, U., & Athikulrat, K. (2017). Applying Microsoft Excel program for controlling and managing information to manage inventory, case study: Surod farm. *Proceedings of the 14th KU-KPS Conference* (pp.633-641). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Aaomkatonk, P., Ponwattana, P., & Sawangruang, N. (2015). *The software packages accounting Microsoft Office Excel* (Master's thesis). Siam University. Bangkok (in Thai)
- Gertsuk, T., Chatuthai, C., Boonsuwan, K., Chuensomboon, E., & Kumnuek, P. (2000). Software programming for commercial airplane weight and balance calculation. *Proceedings of the 38th Kasetsart University Annual Conference: Engineering, Agro-Industry* (pp. 49-58). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)



การสัมผัสควันบุหรี่มือสอง การติดยาโคติน และการสนับสนุนให้เป็นมหาวิทยาลัย
ปลอดบุหรี่ของนักศึกษาและบุคลากรในสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งหนึ่ง
Second-hand Smoking Exposure, Nicotine Dependence, and Support
for Smoke-free University of Students and
Academic Staff in Private University

พริยา สุธีรางกูร¹ และกัลยา ศารทูลทัต¹

Peeraya Suteerangkul¹ and Galaya Saradhulthat¹

¹คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Nursing, Eastern Asia University

Received: November 27, 2020

Revised: February 24, 2021

Accepted: March 3, 2021

บทคัดย่อ

การได้รับควันบุหรี่มือสอง มีผลกระทบต่อสุขภาพ วัตถุประสงค์ของการวิจัยแบบภาคตัดขวางนี้ เพื่อสำรวจการได้รับควันบุหรี่มือสอง ระดับการติดยาโคตินและการสนับสนุนมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ของนักศึกษาและบุคลากรในสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งหนึ่ง กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาและบุคลากรในปีการศึกษา 2561 สุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) (กลุ่มตัวอย่าง 295 คน) แบบสอบถาม ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมการสูบบุหรี่ แบบวัดระดับการติดยาโคตินของฟาร์เกอร์สตรอม ฉบับแปลเป็นภาษาไทย การรับรู้ความรุนแรงของควันบุหรี่มือสองและการสนับสนุนให้เป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 72.50 สังกัดคณะในกลุ่มสังคมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์สุขภาพ กลุ่มตัวอย่างมีการสูบบุหรี่ร้อยละ 6.77 โดยสูบบุหรี่ที่ผลิตจากโรงงาน ผู้สูบบุหรี่ส่วนใหญ่สูบบุหรี่ในมหาวิทยาลัยร้อยละ 55.00 การสัมผัสควันบุหรี่มือสองพบได้ในบริเวณอาคารเรียน (ร้อยละ 60.87) และห้องน้ำ/ห้องส้วม (ร้อยละ 17.39) ในภาพรวม ผู้สูบบุหรี่ติดยาโคตินระดับต่ำ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รับรู้ความรุนแรงของควันบุหรี่มือสองอยู่ในระดับสูงและสนับสนุนให้เป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ ร้อยละ 93.60 ผลการวิจัยครั้งนี้ เสนอแนะว่าควรจัดโปรแกรมที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้ที่สูบบุหรี่เลิกสูบ และสนับสนุนให้มหาวิทยาลัยเป็นสถานที่ปลอดบุหรี่

คำสำคัญ: ควันบุหรี่มือสอง การติดยาโคติน มหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่

Abstract

Exposure to secondhand smoke affects to health. The purpose of this cross-sectional study was to examine the secondhand smoke exposure, nicotine dependence, and supported smoke-free university of staff and students in a private university. The samples were students, and faculty members in the academic year 2018, selected by stratified random sampling (n=295). The questionnaires composed of 4 parts; general information, smoking behaviour, Fagerstrom's Test for nicotine dependence (Thai version), perceived severity of second-hand smoke, and support smoke free university. Data were analysed using descriptive statistics. The results found that samples were female 72.50%. Most of these were in a faculty of Social and Health Science. The sample smoked 6.77% and used factory-made cigarette. Most of the smoker had smoking inside the university 55.00%. Non-smokers indicated that cigarette smelled was inside the buildings (60.87%) and in the toilet (17.39%). In overall, smoking behaviour was in the low level. Most of samples perceived the severity of second-hand smoke at highest level, and supported smoke free university 93.60%. This study suggests that appropriated smoking cessation program for current smokers, and supported smoke-free university.

Keywords: second-hand smoke, nicotine dependence, smoke-free university



บทนำ

ควันบุหรี่มือสองเป็นปัญหาทางสาธารณสุข (Kaleta, Polanska & Usidame, 2015; WHO, 2019) และพบว่า การได้รับควันบุหรี่มือสอง (second-hand smoke) ทำให้เกิดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจเกือบ 300 ล้าน ดอลลาร์ต่อปี (National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 2014) การสูบบุหรี่เป็นปัจจัยเสี่ยงหนึ่งที่ทำให้มีประชาชนเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรัง โรคมะเร็ง โรคปอด และโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยในแต่ละปีมีผู้ที่เสียชีวิตจากบุหรี่สูงถึงเกือบ 6 ล้านคน ประชาชนทั่วโลก มากกว่า 6 แสนคน เสียชีวิตเพราะสาเหตุมาจากการสัมผัสควันบุหรี่มือสอง (WHO, 2020) เด็กและผู้ใหญ่ที่ไม่สูบบุหรี่ร้อยละ 40, ร้อยละ 33-35 ได้รับควันบุหรี่มือสองตามลำดับ (Klassen, Lee & Pankiewicz, 2017)

ควันบุหรี่มือสอง คือ การสูดควันเข้าไปโดยตรงจากผู้สูบบุหรี่ (mainstream) ที่พ้นควันออกมา เป็นการ

สูดควันจากผลิตภัณฑ์บุหรี่หรือยาสูบใด ๆ ที่อยู่ปะปนในสิ่งแวดล้อม (side-stream) (WHO, 2016) มีรายงานวิจัยพบว่า ร้อยละ 57.10 ของนักเรียนชั้นมัธยมปลายมีสมาชิกในบ้านสูบบุหรี่ (Addin Al-Emad & Isa, 2017) ควันบุหรี่และควันบุหรี่มือสองประกอบด้วยสารเคมีกว่าพันชนิดซึ่งประกอบไปด้วยสารก่อมะเร็ง และสารเคมีที่เป็นพิษต่อเซลล์ ทำให้เกิดปฏิกิริยาการอักเสบติดเชื้อรวมถึงการทำลายล้างเซลล์ (Lewis et al., 2017) ไม่เฉพาะผลกระทบของควันบุหรี่มือสองต่อร่างกายเท่านั้น ควันบุหรี่มือสองยังส่งผลต่อด้านจิตใจ โดยการได้รับควันบุหรี่มือสองนี้มีผลต่อกลุ่มอาการวิตกกังวล ซึมเศร้าในวัยรุ่น (Kim, Park, Choi, Lee & Kim, 2016; Watson, DeMarree & Cohen, 2018) สำหรับในประเทศไทย มีผู้ที่เสียชีวิตจากควันบุหรี่มือสองจำนวน 6,500 คน ต่อปี (Thai Health Promotion Foundation, 2018) บุหรี่จึงจัดเป็นภัยเงียบที่ทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตของประชาชน และนับเป็นปัญหาสำคัญที่ควรได้รับการแก้ไข

ผู้สูบบุหรี่มักเริ่มต้นในวัยรุ่นและผู้ใหญ่ตอนต้น (Sharapova et al., 2020) ซึ่งนำไปสู่การติดนิโคติน (Nicotine Dependence) ผู้ที่ติดนิโคตินในระดับสูงจะมีความอยากสูบบุหรี่ (craving) ทันทีที่ตื่นนอนในตอนเช้า อีกทั้งมักจะเป็นผู้ที่ล้มเหลวเมื่อต้องการเลิกสูบบุหรี่ (Branstetter, Muscat & Mercincavage, 2020) นักศึกษาซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในวัยรุ่นตอนปลายหรือวัยผู้ใหญ่ตอนต้น สูบบุหรี่เมื่อปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน ได้แก่ หลังรับประทานอาหาร ขณะขับถ่ายในห้องส้วม หรือเผชิญความเครียดในระหว่างเรียน โดยมีรายงานวิจัยสนับสนุนว่า มีกลิ่นบุหรี่ภายในมหาวิทยาลัย (Sureda et al., 2015; Nursing Students Alumni for Promote Smoke-free Zone, 2018)

ในประเทศไทยมีความตื่นตัวและเห็นความสำคัญในการปกป้องสิทธิให้ผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ได้รับรู้ถึงอันตรายของบุหรี่มือสองนี้ จึงมีการออกกฎหมายและพระราชบัญญัติคุ้มครองผู้ไม่สูบบุหรี่ขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 ซึ่งทำให้สถานที่สาธารณะต่าง ๆ ได้แก่ บริเวณป้ายรถเมล์ โรงภาพยนตร์ โรงเรียน วัด ฯลฯ มีผู้สูบบุหรี่ในที่ต่าง ๆ เหล่านี้ลดน้อยลง แต่เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง ความชุกของการสูบบุหรี่ในเด็กวัยรุ่นของโรงเรียนมัธยม เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 23.5 เป็นร้อยละ 40 (Afanador et al., 2014) ผู้สูบบุหรี่ส่วนใหญ่มักเริ่มสูบบุหรี่ในวัยรุ่นและช่วงตอนต้นของอายุ 20 ปี จากการสำรวจพบว่าถึงแม้วัยรุ่นอายุ 15-24 ปี จะมีแนวโน้มสูบบุหรี่ลดน้อยลงในปี ค.ศ. 2000, 2015 และ 2020 (22.6%, 17.0%, 14.2% ตามลำดับ) แต่เมื่ออายุเพิ่มขึ้นแนวโน้มการสูบบุหรี่กลับเพิ่มขึ้น (WHO, 2019) อีกทั้งยังมีข้อเสนอแนะให้กำหนดนโยบายการควบคุมบุหรี่และยาสูบในโรงเรียนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Cremers et al., 2015) ขึ้นไป การมีนโยบายที่ช่วยควบคุมการสูบบุหรี่ภายในมหาวิทยาลัยทำให้สัดส่วนของผู้สูบบุหรี่ในมหาวิทยาลัยลดลงจากร้อยละ 16.5 เหลือร้อยละ 12.8 (Lupton & Townsend, 2015)

แต่จากรายงานสถิติของสำนักงานสถิติแห่งชาติในการสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่ของเขตสุขภาพที่ 4 จังหวัดปทุมธานี ปี พ.ศ.2560 พบอัตราการได้รับควันบุหรี่มือสองเท่ากับ 16.41 (National Statistical Office, 2017) ยุทธวิธีที่ 3 ตามยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการทำสิ่งแวดล้อมให้ปลอดบุหรี่ของแผนยุทธศาสตร์การควบคุมยาสูบแห่งชาติ

ฉบับที่สอง พ.ศ. 2559-2562 ของประเทศไทย ให้มีการปรับเปลี่ยนทัศนคติ พฤติกรรมและค่านิยมของการเสพยาสูบเพื่อให้สถานที่ทำงานและสถานที่สาธารณะเป็นสถานที่ปลอดบุหรี่และสร้างให้เป็นบรรทัดฐานของสังคม (Tobacco Control Office, 2016) เป้าหมายของความชุกการเสพยาสูบของประชากรไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป เมื่อสิ้นปี พ.ศ. 2562 ไม่เกินร้อยละ 16.7 และความชุกของการได้รับควันบุหรี่ของประชาชนลดลงร้อยละ 25 จาก ปี พ.ศ. 2557 ภายใน ปี พ.ศ. 2562 (Tobacco Control Office, 2016) ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาสถานการณ์การได้รับควันบุหรี่มือสอง และการติดนิโคติน เพื่อเป็นการศึกษานำร่องและส่งเสริมสุขภาพของผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ อีกทั้งเป็นแนวทางสนับสนุนให้เป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อสำรวจการได้รับควันบุหรี่มือสอง ระดับการติดนิโคตินและการสนับสนุนให้เป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ของนักศึกษาและบุคลากร ในสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งหนึ่ง

แนวคิด ทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรม

นิโคตินเป็นสารเสพติด โดยมีกลไกขั้นต้นที่เกิดขึ้นกับสมอง นั่นคือ มีการกระตุ้นตัวรับนิโคติน โคลิเนอร์จิก (nicotine cholinergic receptor) ทำให้มีการสร้างและหลั่งสารโดปามีน เมื่อผู้เสพยาสูบ ได้รับนิโคตินจากทางกระแสโลหิตบริเวณถุงลมปอดแล้วผ่านเข้าสู่สมอง โดยเฉพาะระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) ซึ่งเป็นบริเวณที่รับรู้เกี่ยวกับอารมณ์ ความรู้สึก สุขใจ หรือเรียก “วงจรการได้รับรางวัล (Brain rewarding pathway)” นิโคตินจับกับตัวรับ (Nicotine receptor) ที่อยู่บนปลายประสาทเวนทริเคิล เทกเมนทอล (Ventricle tegmental area) และส่งสัญญาณประสาทไปที่นิวเคลียสแอคคิวเบนส์ (Nucleus accumbens) ในรูปของสารโดปามีน (Dopamine) ออกฤทธิ์ต่อผู้เสพ ให้รู้สึกสุขใจ พึงใจ คลายเครียด (Potjanamart et al., 2020)

สมมติฐานการวิจัย

นักศึกษาและบุคลากร ในสถาบันอุดมศึกษามีการสัมผัสควันบุหรี่มือสองและผู้สูบบุหรี่มีระดับการติดนิโคตินในระดับต่ำ

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย เป็นการศึกษาวิจัยแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional study)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษา คณาจารย์ ผู้บริหารและบุคลากรที่ศึกษาและปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่ง ปีการศึกษา 2561 แบ่งเป็นกลุ่มที่ 1 ผู้บริหาร คณาจารย์ และบุคลากร จำนวน 200 คน กลุ่มที่ 2 นักศึกษาที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2561 จำนวน 2,936 คน รวมประชากรทั้งสิ้น 3,136 คน คำนวณกลุ่มตัวอย่างจากสูตรของ Krajcie and Morgan (1970) (จากตารางในการกำหนดขนาดตัวอย่าง แทนค่า $N=3,000$ คน, $P=0.50$, $e=0.05$ ได้ $n=341$ คน) ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 341 คน สุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) คือ แบ่งจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาตามจำนวนประชากรในระดับคณะ และระดับชั้นปี กลุ่มตัวอย่างที่เป็นบุคลากร คณาจารย์แบ่งตามจำนวนประชากรในระดับคณะเช่นเดียวกัน เมื่อสิ้นสุดการวิจัยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยและตอบคำถามครบถ้วนทุกข้อ รวม 295 คน คิดเป็นร้อยละ 86.51 ซึ่งตอบกลับในค่าที่ยอมรับได้

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (inclusion criteria):

1. บุคลากรและคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียที่ปฏิบัติงานตั้งแต่ 4 เดือนขึ้นไป
2. นักศึกษาภาคปกติที่ลงทะเบียนเรียนในปีการศึกษา 2561

เกณฑ์การคัดออกกลุ่มตัวอย่าง (exclusion criteria):

1. กลุ่มตัวอย่างเจ็บป่วยต้องพักรักษาตัวในโรงพยาบาลหรือประสบอุบัติเหตุ ไม่สามารถกลับมาในช่วงที่ทำวิจัยได้
2. นักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างลาออก หรือพักการศึกษา
3. คณาจารย์หรือบุคลากรสายสนับสนุน ลาออกจากมหาวิทยาลัยฯ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถาม จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล เป็นคำถามปลายเปิด (open end questionnaires) ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา หน่วยงานที่สังกัด ระดับชั้นปีของนักศึกษา และพฤติกรรมการสูบบุหรี่ ผู้ที่ตอบว่าสูบบุหรี่ ตอบส่วนที่ 2-3 และผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ ข้ามไปตอบส่วนที่ 5

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการสูบบุหรี่ (จำนวน 10 ข้อ) ประกอบด้วย พฤติกรรมการสูบบุหรี่มวนแรกในแต่ละวัน การสูบบุหรี่ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ หลังรับประทานอาหาร เมื่อเข้าห้องน้ำหรือขับถ่ายปัสสาวะ-อุจจาระ การสูบบุหรี่เมื่อมีความเครียด หรือเมื่อดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ พฤติกรรมการทดลองเลิกสูบบุหรี่ เป็นต้น

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามการติดนิโคติน (เฉพาะผู้ที่มีการสูบบุหรี่) ของฟาร์เกอร์สตรอม (Fagerstrom Test for Nicotine Dependence--FTND) ที่พัฒนามาจากแบบวัดของฟาร์เกอร์สตรอม (FTND) (Fagerstrom & Schneider, 1989) ฉบับแปลเป็นภาษาไทย (จำนวน 6 ข้อ) ระดับคะแนน 0-3 หมายถึง ติดนิโคตินในระดับต่ำ ระดับคะแนน 4-5 หมายถึง ติดนิโคตินในระดับปานกลาง ระดับคะแนน 6-7 หมายถึง ติดนิโคตินในระดับสูง และระดับคะแนน 8-10 หมายถึงติดนิโคตินในระดับระดับสูงมาก

ส่วนที่ 4 การรับรู้ความรุนแรงของคว้นบุหรีมือสอง (จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 40 คะแนน) เป็นข้อคำถามแบบมีคำตอบให้เลือกตอบเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale: เห็นด้วยอย่างยิ่ง = 4 เห็นด้วย = 3 ไม่เห็นด้วย = 2 และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง = 1) ทดสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ได้เท่ากับ 0.69 และนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (try out) จำนวน 30 ชุด ในวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่ง หาค่าความเชื่อมั่น (reliability) ของแบบสอบถามได้ 0.822 มีการปรับข้อคำถามด้านพฤติกรรมการสูบบุหรี่ และการรับรู้ความรุนแรงของคว้นบุหรีมือสอง และตรวจสอบเนื้อหาความในแบบสอบถามอีกครั้งก่อนนำไปใช้จริง

การสนับสนุนให้เป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ ตามคำถาม 1 ข้อ ว่าท่านจะให้การสนับสนุนให้มหาวิทยาลัยแห่งนี้เป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่หรือไม่

การดำเนินการวิจัย ระหว่างเดือนตุลาคม 2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของสำนักวิจัย มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย (SN2560/10) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยตอบแบบสัมภาษณ์ ดำเนินการด้วยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย ทั้งนี้ผู้ช่วยวิจัยได้รับการชี้แจงและอบรมเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือจากผู้วิจัย เก็บรวบรวมข้อมูล 1 ครั้ง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโปรแกรมสำเร็จรูป กำหนดระดับนัยสำคัญในการทดสอบสมมติฐานที่ระดับ .05 การใช้สถิติสถิติบรรยาย ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 72.50 สังกัดคณะในกลุ่มสังคมศาสตร์ร้อยละ 64.75 และกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ ร้อยละ 35.25 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่ร้อยละ 93.23 และมีเพียงร้อยละ 6.77 เท่านั้นที่สูบบุหรี่ (ตาราง 1)

ตาราง 1

จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง (n=295)

คุณลักษณะส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	214	72.50
ชาย	81	27.50
สังกัด		
สังคมศาสตร์/ศิลปศาสตร์	191	64.75
วิทยาศาสตร์/วิทยาศาสตร์สุขภาพ	104	35.25
พฤติกรรม		
ไม่สูบบุหรี่	275	93.23
สูบบุหรี่	20	6.77
ผู้สูบบุหรี่ (n=20)		
ชาย	14	70.0
หญิง	6	30.0

จำนวนผู้สูบบุหรี่ 20 คน เป็นเพศชาย 14 คน (ร้อยละ 70) และเพศหญิง 6 คน (ร้อยละ 30) มักจะสูบบุหรี่ที่ผลิตจากโรงงาน ร้อยละ 45.00 ใช้บุหรี่มีควันชนิดอื่น ร้อยละ 25.00 และมีกลุ่มตัวอย่างที่สูบบุหรี่ทั้งสองประเภท คือ สูบบุหรี่จากโรงงานและบุหรี่มีควันชนิดอื่น ร้อยละ 30.00 ผู้สูบบุหรี่ให้เหตุผลในการสูบบุหรี่ว่า เกิดจากความเครียด ร้อยละ 50.00 รองลงมาเป็น การทดลองสูบบุหรี่และเพื่อนชวน ร้อยละ 25.00 และคิดว่าการสูบบุหรี่เท่ รวมถึงสูบบุหรี่พร้อมกับดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ร้อยละ 12.50 และ 12.50 ตามลำดับ ผู้สูบบุหรี่ ส่วนใหญ่สูบบุหรี่เป็นจำนวนน้อยกว่า 11 มวนต่อวัน ร้อยละ 70.00 รองลงมาสูบบุหรี่ 11-20 มวนต่อวัน ร้อยละ 20.00 ผู้สูบบุหรี่ตอบว่าส่วนใหญ่สูบบุหรี่ในมหาวิทยาลัย ร้อยละ 55.00 มีเพียงร้อยละ 20.00 เท่านั้นที่ตอบว่าสูบบุหรี่ภายนอกมหาวิทยาลัย ผู้สูบบุหรี่ในมหาวิทยาลัย ระบุว่า สูบบุหรี่ในบริเวณที่จัดให้ร้อยละ 20.83 พฤติกรรมของผู้สูบบุหรี่ ส่วนใหญ่ติดนิโคตินในระดับต่ำ ร้อยละ 55.00 มีเพียงร้อยละ 10.00 เท่านั้น ที่มีการติดนิโคตินในระดับสูง (ตาราง 2)

การสัมผัสคว้นบุหรีมือสองภายในมหาวิทยาลัย กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่กล่าวว่า ไม่ได้กลิ่นบุหรี ร้อยละ 69.80

มีร้อยละ 30.20 กล่าวว่าได้กลืนบุหรี่ภายในมหาวิทยาลัย โดยกลืนบุหรี่ที่ได้รับนั้น ส่วนใหญ่ได้กลืนบริเวณอาคารเรียน ร้อยละ 60.87 รองลงมาเป็น ห้องน้ำ ห้องส้วม ร้อยละ 17.39 (ตาราง 3) กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการรับรู้ในความรุนแรงของควันบุหรี่มือสองในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 53.56 และการรับรู้ในความรุนแรงของควันบุหรี่มือสองในระดับมาก ร้อยละ 31.86

การอภิปรายผล

วัยรุ่นในเอเชียมีแนวโน้มการสูบบุหรี่เพิ่มขึ้น (Virginia et al., 2000) โดยเฉพาะในเพศชาย การศึกษาครั้งนี้พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ที่สูบบุหรี่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 70) สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผู้ที่อายุ 15 ปีขึ้นไปและผู้สูบบุหรี่ส่วนใหญ่เป็นชาย โดยพบว่าในประเทศไทยและประเทศเวียดนาม มีอัตราการสูบบุหรี่ของเพศชายร้อยละ 46 (Guillaumier et al., 2017; Jalilian et al., 2015; Theerapuncharoen & Theerapuncharoen, 2016) และจากผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้สูบบุหรี่ให้เหตุผลที่สูบบุหรี่ว่าเป็นผลมาจากความเครียด (ร้อยละ 50) และคิดว่าการสูบบุหรี่ทำให้ตนเองดูสมารถขึ้นเมื่อเข้าสังคม (ร้อยละ 25) อีกทั้งมีพฤติกรรมการสูบบุหรี่ร่วมกับการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 12.50) ด้วย สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ระบุว่าผู้สูบบุหรี่ใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการสูบบุหรี่เมื่อตนเองตกอยู่ในสภาวะที่มีความวิตกกังวล หรือกำลังเผชิญอยู่กับความเครียดและสภาพทางสังคมที่มีความกดดันสูง (Klangrahad et al., 2020; Watson et al., 2018) ซึ่งแสดงว่าผู้สูบบุหรี่ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการจัดการกับความเครียดที่ไม่เหมาะสม ผู้สูบบุหรี่ส่วนใหญ่มักเริ่มสูบบุหรี่ในวัยรุ่นและช่วงตอนต้นของอายุ 20 ปี ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ระบุว่า ความชุกของผู้สูบบุหรี่ที่เป็นเด็ก วัยรุ่นและเยาวชนเพิ่มขึ้น จาก 23.5% เป็น 41.0% (Afanador et al., 2014)

การสูบบุหรี่ในวัยรุ่นและเยาวชนที่เพิ่มขึ้นนี้ส่งผลให้อัตราการสูบบุหรี่ในมหาวิทยาลัย (78.30%) อยู่ในระดับสูง ซึ่งไม่สอดคล้องกับ ผลการวิจัยในสหรัฐอเมริกา ที่สำรวจพบว่า วิทยาเขตต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยจำนวน 2,490 แห่ง ประมาณครึ่งหนึ่งของจำนวนนี้มีการยับยั้งไม่ให้สูบบุหรี่ในมหาวิทยาลัยรวมถึงการยับยั้งไม่ให้มีการใช้ บุหรี่ไฟฟ้า บาร์ลาโก้ และกัญชา (American Nonsmokers' Right Foundation, 2020) เนื่องจากพบว่ามีการใช้ยาสูบจำนวนมาก จึงมีข้อเสนอแนะว่าควรจัดทำนโยบายการควบคุมการสูบบุหรี่ตั้งแต่โรงเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายขึ้นไป (Cremers et al., 2015; Wang et al., 2018) เพราะการมีนโยบายที่ช่วยควบคุมการสูบบุหรี่ภายในมหาวิทยาลัยทำให้สัดส่วนของผู้สูบบุหรี่ในมหาวิทยาลัยลดลง (Lupton & Townsend, 2015)

พฤติกรรมสูบบุหรี่ และการติดนิโคตินของผู้สูบบุหรี่ ส่วนใหญ่ สูบบุหรี่เป็นจำนวนน้อยกว่า 10 มวนต่อวัน (70.0%) ผู้สูบบุหรี่ สูบบุหรี่เฉลี่ย 3.75 มวนต่อวัน (สูบบุหรี่มากที่สุด 25 มวนต่อวัน และน้อยที่สุด 1 มวนต่อวัน) ผู้สูบบุหรี่ส่วนใหญ่มีช่วงเวลาพักระหว่างการเรียนไม่มากนัก ซึ่งบางคนอาจสูบบุหรี่เพียงหนึ่งมวนเพื่อผ่อนคลายความเครียด หรือสูบบุหรี่เมื่อขับถ่ายปัสสาวะ-อุจจาระเท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นในภาพรวมว่า ส่วนใหญ่มีการติดนิโคตินเพียงระดับน้อย (ร้อยละ 55.0) ซึ่งผู้ที่ติดนิโคตินในระดับน้อยนี้มีโอกาสเลิกสูบบุหรี่ได้สำเร็จ แตกต่างจากผู้ที่มีการติดนิโคตินในระดับสูงขึ้นไป โดยจะต้องมีการพบแพทย์เพื่อวางแผนการเลิกสูบบุหรี่ สอดคล้องกับผลการศึกษาที่กล่าวว่า นักศึกษาสูบบุหรี่เพียง 1-3 มวนต่อสัปดาห์ ถึง 1 ซองต่อวัน ซึ่งในจำนวนนี้มีทั้งนักศึกษาที่ติดนิโคตินและไม่ติดนิโคติน (Klangrahad et al., 2020) สำหรับผู้ที่ติดนิโคตินในระดับสูงจะอยากสูบบุหรี่ (craving) ทันทีที่ตื่นนอนในตอนเช้าภายในสามสิบนาที

ตาราง 2

จำนวนและร้อยละของพฤติกรรมการสูบบุหรี่ของผู้สูบบุหรี่ (n=20)

พฤติกรรมการสูบบุหรี่	จำนวน	ร้อยละ
ชนิดของยาสูบ		
- บุหรี่จากโรงงาน	9	45.00
- บุหรี่มีควันชนิดอื่น	5	25.00
- ทั้งสองชนิด	6	30.00
เหตุผลที่สูบบุหรี่ (ตอบได้หลายข้อ)		
เครียด	12	50.00
อยากทดลอง/เพื่อนชวน	6	25.00
เท่	3	12.50
สูบบุหรี่พร้อมดื่มแอลกอฮอล์	3	12.50
บริเวณที่สูบบุหรี่		
ภายในมหาวิทยาลัย	11	55.00
ภายนอกมหาวิทยาลัย	4	20.00
ภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย	5	25.00
บริเวณที่สูบบุหรี่ในมหาวิทยาลัย (ตอบหลายข้อ)		
ห้องน้ำ/ห้องส้วมในอาคารเรียน	8	33.34
หน้าอาคารเรียน/ที่จอดรถ/และสนามหญ้า	6	25.00
ภายในอาคารเรียน	5	20.83
บริเวณที่จัดให้สูบบุหรี่	5	20.83
จำนวนบุหรี่ที่สูบ (มวน)		
น้อยกว่า 11	14	70.00
11-20	4	20.00
มากกว่า 20	2	10.00
ต่ำสุด (min) = 1 สูงสุด (max) = 25 ค่าเฉลี่ย (mean) = 3.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 7.30		
ระดับการติดนิโคติน		
ติดนิโคตินระดับน้อย	11	55.00
ติดนิโคตินระดับปานกลาง	7	35.00
ติดนิโคตินมาก	2	10.00

ตาราง 3

จำนวนและร้อยละของการได้รับควันบุหรี่มือสอง การรับรู้ความรุนแรงของควันบุหรี่มือสองและการสนับสนุนให้เป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ (n=295)

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
การรับรู้ความรุนแรงของควันบุหรี่มือสอง		
มากที่สุด (32-40 คะแนน)	158	53.56
มาก (28-31 คะแนน)	94	31.86
น้อย (20-27 คะแนน)	42	14.24
น้อยที่สุด (0-19 คะแนน)	1	0.34
คะแนนต่ำสุด (min) = 18, คะแนนสูงสุด (max) = 40, ค่าเฉลี่ย (mean) = 31.91, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 3.99		
การสัมผัสควันบุหรี่มือสอง		
ไม่สัมผัส	206	69.80
สัมผัส	89	30.20
บริเวณที่ได้รับควันบุหรี่มือสอง (ตอบได้หลายข้อ)		
บริเวณอาคารเรียน	56	60.87
ห้องน้ำ ห้องส้วม	16	17.39
สวน/สนามหญ้า/หน้าอาคารเรียน/ภายนอกอาคารเรียน/ที่จอดรถ	15	16.30
บริเวณที่จัดให้สูบบุหรี่	5	5.43
การสนับสนุนมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่		
เห็นด้วย	276	93.60
ไม่เห็นด้วย	19	6.40

อีกทั้งเมื่อต้องการเลิกสูบบุหรี่มักจะประสบความล้มเหลว (Branstetter et al., 2020) ดังนั้นกลุ่มนักศึกษาที่ติดนิโคตินเพียงระดับต่ำ มีโอกาสที่เลิกสูบบุหรี่ได้สำเร็จมากกว่า ทางมหาวิทยาลัยจึงควรมีการจัดทำแผนหรือการช่วยเหลือผู้ติดนิโคตินในระดับนี้ให้เลิกสูบบุหรี่ นักศึกษาที่สูบบุหรี่มีพฤติกรรมการสูบบุหรี่ระหว่างเวลาว่าง แก้อาการเหงา ระหว่างรอเข้าชั้นเรียนในช่วงโมงต่อไป บางครั้งอาจไม่ได้เกิดจากความต้องการของร่างกายจริง บางคนสูบบุหรี่ในห้องน้ำเมื่ออยากช่วยในการขับถ่าย อีกทั้งนักศึกษาบางคนก็ไม่อยากให้ครอบครัวทราบว่าตนสูบบุหรี่ จึงไปยังสถานที่รอดพ้นจากสายตาคนในครอบครัว สูบบริเวณห้องพักตนเอง หรือภายในหอพักมหาวิทยาลัย เป็นต้น (Klangrahad, Bhoon-Nak & Ruengvilaivate, 2020)

บางคนไม่ต้องการเสียภาพพจน์ คือ ไม่อยากให้บุคคลอื่นเห็น จึงเข้าไปหลบตามมุมต่าง ๆ ภายในสถานศึกษา ผู้สูบบุหรี่ในมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่แอบเข้าไปสูบบุหรี่ในห้องน้ำ/ห้องส้วม (44.47%) ภายในอาคาร (27.70%) และตามมุมของอาคาร ริมกำแพง/รั้วในสถานศึกษา (Nonthakhot & Phetphum, 2020) นักศึกษายังคงมีความเชื่อว่าการสูบบุหรี่หลังรับประทานอาหารเพื่อดับกลิ่นคาวของอาหารและลดอาการท้องอืด และการสูบบุหรี่เชื่อว่าท้องไม่ผูก ขับถ่ายได้สะดวก (Klangrahad et al., 2020) อีกทั้งแสดงให้เห็นว่าผู้สูบบุหรี่อาจไม่ทราบมาตรการกำหนดให้สถานศึกษาระดับอุดมศึกษาโดยเฉพาะส่วนที่เป็นอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างเป็นสถานที่สาธารณะที่ให้มีการคุ้มครองสุขภาพของผู้ไม่สูบบุหรี่ หรือเป็นเขตปลอดบุหรี่ทั้งหมด (Health Professions

Network for Non-Smoking, 2017) ดังนั้นมหาวิทยาลัยควรให้ความสำคัญ ทั้งนี้ควรกำหนดนโยบาย ผู้รับผิดชอบ และแนวปฏิบัติในการสนับสนุนให้เป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ การหาทวิวิธีที่ช่วยให้นักศึกษาและบุคลากรเลิกสูบบุหรี่ พร้อมกับให้ความรู้ รมรงค์หรือแนะนำให้ทุกคนปฏิบัติตามพระราชบัญญัติคุ้มครองผู้ไม่สูบบุหรี่อย่างจริงจัง ได้แก่ การไม่สูบบุหรี่ภายในอาคารเรียนและที่สาธารณะ เป็นต้น

ประเด็นการสัมผัสควันบุหรี่มือสอง ถึงแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการรับรู้ความรุนแรงของควันบุหรี่มือสองในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 61.00) แต่ยังพบว่า มีผู้ที่ได้รับควันบุหรี่มือสองในอาคารเรียน (ร้อยละ 60.87) และห้องน้ำ/ห้องส้วม (ร้อยละ 17.39) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาระยะว่าผู้ใหญ่และเด็กที่ไม่สูบบุหรี่มักได้รับควันบุหรี่มือสอง (Klassen et al., 2017; Petersen, Thompson, Dadi, Tolcha & Catado, 2016) อีกทั้งนักศึกษาให้ข้อมูลว่า กว่าร้อยละ 90 ได้รับควันบุหรี่มือสองในบริเวณมหาวิทยาลัย (Sureda et al., 2015; Nursing Students Alumni for Promote Smoke-free Zone, 2018)

ในการศึกษานี้ ส่วนใหญ่สนับสนุนให้เป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ (ร้อยละ 93.60) นักศึกษากลุ่มที่ไม่ได้ใช้ยาสูบ คือ บุคคลสำคัญที่ช่วยสนับสนุนมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ คือจะต้องมีการศึกษาหาสาเหตุของการสูบบุหรี่ ในสถานศึกษาอย่างแท้จริง การกำหนดให้มีนโยบายปลอดบุหรี่มีเข้มงวดมากขึ้น (Braverman et al., 2017) ผู้บริหารสถาบันไม่ควรสนับสนุนโฆษณายาสูบ การส่งเสริมการขาย และการขายทุกรูปแบบ ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมยาสูบ (Jones, 2020; Muzammil et al., 2015; Canadian Cancer Society, 2018) นอกจากนี้ควรสร้างความรู้ความเข้าใจถึงความรุนแรงและอันตรายจากการสูบบุหรี่ ซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ เพื่อควบคุมปริมาณการบริโภคยาสูบ (Muzammil et al., 2015) ตรงตามแผนยุทธศาสตร์ การควบคุมยาสูบแห่งชาติ ฉบับที่สอง พ.ศ. 2559–2562 ของประเทศไทย โดยให้มีการปรับเปลี่ยนทัศนคติ พฤติกรรม และค่านิยมของการเสพยาสูบเพื่อให้สถานที่ทำงานและ

สถานที่สาธารณะเป็นสถานที่ปลอดบุหรี่และสร้างให้เป็นบรรทัดฐานของสังคม ทั้งนี้ โดยเฉพาะส่วนที่เป็นอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างเป็นสถานที่สาธารณะที่ให้มีการคุ้มครองสุขภาพของผู้ไม่สูบบุหรี่ หรือเป็นเขตปลอดบุหรี่ทั้งหมด (Tobacco Control Office, 2016; Health Professions Network for Non-Smoking, 2017)

สรุป

การศึกษานี้ นักศึกษา บุคลากรในมหาวิทยาลัยได้รับควันบุหรี่มือสองจากผู้ที่มีพฤติกรรมการสูบบุหรี่ภายในสถาบัน ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ที่สูบบุหรี่ติดนิโคตินเพียงระดับต่ำซึ่งมีโอกาสเลิกสูบบุหรี่ได้สำเร็จ และส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการสนับสนุนให้เป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ ดังนี้ (1) ผู้บริหารของมหาวิทยาลัยควรมีส่วนช่วยในการวางแผนกลยุทธ์ที่ทำให้เกิดนโยบายสาธารณะของมหาวิทยาลัย โดยการประกาศเป็นมหาวิทยาลัยปลอดบุหรี่ ทุกพื้นที่ในมหาวิทยาลัยต้องไม่อนุญาตให้มีการสูบบุหรี่ (2) นักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์และคณะเภสัชศาสตร์ ควรได้รับการเพิ่มพูนทักษะการให้คำปรึกษาแก่นักศึกษาคณะต่าง ๆ เพื่อสร้างแรงจูงใจสำหรับผู้ที่ต้องการเลิกสูบบุหรี่ หรือมีการส่งต่อไปยังสถานบริการที่เหมาะสม ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรออกแบบเป็นโปรแกรมการมีส่วนร่วมของบุคลากร นักศึกษา เพื่อให้เกิดผลสำเร็จเป็นรูปธรรม

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักวิจัย มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย



Reference

- Addin Al-Emad, F. A. N., & Isa, Z. M. (2017). Exposure to second-hand smoke among adolescent in secondary school students in Sana'a, Yemen. *International Journal of Public Health Research*, 7(1), 783-790. <http://journalarticle.ukm.my/11571/>
- Afanador Cadena L., Sebastián Salazar Radi, D., Vásquez Pinto, L. E., Pérez Pinzón, C. E., & Castro Carreño, M. F. (2014). Sociocultural determinants of tobacco smoking initiation among university students in Bucaramanga, Colombia, 2012. *International Journal of Preventive Medicine*, 5(9), 1106-1112. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4192771/>
- American Nonsmokers' Right Foundation. (2020). *Smokefree and tobacco-free U.S. and Tribal Colleges and Universities*. California: American Nonsmokers' Rights (ANR) Foundation <https://no-smoke.org/wp-content/uploads/pdf/smokefreecollegesuniversities.pdf>.
- Branstetter, S. A., Muscat, J. E., & Mercincavage, M. (2020). Time to first cigarette: A potential clinical screening tool for Nicotine Dependence. *Journal of Addiction Medicine*, 14(5), 409-414. <https://doi.org/10.1097/ADM.0000000000000610>
- Braverman, M. T., Hoogesteger, L. A., Johnson, J. A., & Aarø, L. E. (2017). Supportive of a smoke-free campus but opposed to a 100% tobacco-free campus: Identification of predictors among university students, faculty, and staff. *Preventive Medicine*, 94, 20-26. doi: 10.1016/j.ypmed.2016.10.021
- Canadian Cancer Society. (2018). *University and college 100% smoke-free campuses in Canada*. Retrieved from <https://bit.ly/3nG6yTw>
- Cremers, H.-P., Mercken, L., de Vries, H., & Oenema, A. (2015). A longitudinal study on determinants of the intention to start smoking among non-smoking boys and girls of high and low socioeconomic status. *BMC Public Health*, 15(1), 1-8. doi: 10.1186/s12889-015-1917-9
- Ernster, V., Kaufman, N., Nichter, M., Samet, J., & Yoon, S. (2000). Women and tobacco: Moving from policy to action. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(7), 891-901. [https://www.who.int/bulletin/archives/78\(7\)891.pdf](https://www.who.int/bulletin/archives/78(7)891.pdf)
- Fagerstrom, K. O., & Schneider, N. G. (1989). Measuring Nicotine dependence: A review of the Fagerstrom Tolerance Questionnaire. *Journal of behavioral medicine*, 12(2), 159-182. <https://doi.org/10.1007/BF00846549>
- Guillaumier, A., Bonevski, B., Paul, C., Wiggers, J., Germov, J., Mitchell, D., & Bunch, D. (2017). Australian University smoke-free policy implementation: A staff and student survey. *Health Promotion Journal of Australia*, 28(2), 165-169. doi: <https://doi.org/10.1071/HE16063>
- Health Professions Network for Non-Smoking. (2017). *Standard criteria manual for non-smoking university development*. Nontaburi: Thai Health Promotion Foundation. (in Thai)

- Jalilian, F., Karami Matin, B., Ahmadpanah, M., Ataee, M., Ahmadi Jouybari, T., Eslami, A. A., & Mirzaei Alavijeh, M. (2015). Socio-demographic characteristics associated with cigarettes smoking, drug abuse and alcohol drinking among male medical university studens in Iran. *Journal of Reseach in Health Sciences (JRHS)*, 15(1), 42-46.
- Jones, A. (2020). *Tobacco-free educational campuses a tobacco-free futures action guide: International Union Against Tuberculosis and Lung Disease*. Retrieved from <https://www.theunion.org/what-we-do/publications/technical/tobacco-free-educational-campus-a-tobacco-free-futures-action-guide-anne-jones-2009>
- Kaleta, D., Polanska, K., & Usidame, B. (2015). Smoke-free workplaces are associated with protection from second-hand smoke at homes in Nigeria: Evidence for population-level decisions. *BioMed Research International*, 2015, 1-8. doi: 10.1155/2015/618640
- Klangrahad, C., Bhoon-Nak, C., and Ruengvilaivate, L. (2020). *Smoking behaviour of female students*. Retrieved from <https://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/KC4513007.pdf> (in Thai)
- Klassen, A. C., Lee, N. L., & Pankiewicz, A. (2017). Secondhand smoke exposure and smoke-free policy in Philadelphia Public Housing. *Tobacco Regulatory Science*, 3(2), 192-203. doi: 10.18001/TRS.3.2.7
- Kim, N. H., Park, J. H., Choi, D. P., Lee, J. Y., & Kim, H. C. (2016). Secondhand smoke exposure and depressive symptoms among Korean Adolescents: JS High School Study. *PLoS ONE*, 11(12), e0168754. doi: 10.1371/journal.pone.0168754
- Krejcie, R.V., & Morgan, D.W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30, 607-610. <https://doi.org/10.1177/001316447003000308>
- Lewis, J. B., Hirschi, K. M., Arroyo, J. A., Bikman, B. T., Kooyman, D. L., & Reynolds, P. R. (2017). Plausible roles for RAGE in conditions exacerbated by direct and indirect (secondhand) smoke exposure. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(3), 1-20. doi: 10.3390/ijms18030652
- Lupton, J. R., & Townsend, J. L. (2015). A systematic review and meta-analysis of the acceptability and effectiveness of university smoke-free policies. *Journal of American College Health*, 63(4), 238-247. doi: 10.1080/07448481.2015.1015029
- Muzammil, K., Singh, S., Singh, J. V., Davey, S., Raghav, S., & Khalil, S. (2015). A cross-sectional study of tobacco addiction among college students of Muzaffarnagar City. *Indian Journal of Community Health*, 27(1), 125-129. https://www.researchgate.net/publication/283842886_A_cross-sectional_study_of_tobacco_addiction_among_college_students_of_Muzaffarnagar_city.
- National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. (2014). *Best practices for comprehensive tobacco control programs*. Retrieved from https://www.cdc.gov/tobacco/stateandcommunity/best_practices/index.htm

- National Statistical Office. (2017). *Report of situations of second-hand smoking at 4th health area in Prathum Thani Province*. Retrieved from <https://www.hiso.or.th/healthpromotion/tobacco.php?sc=15&y=2560&ct=3&cthtz=4>. (in Thai)
- Nonthakhot, T., & Phetphum, C. (2020). Smoke the effect of the application of the transtheoretical model to modify the smoking behavior among male high school students Dan Sai District, Loei. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(2), 210-221. (in Thai)
- Nursing Students Alumni for Promote Smoke-free Zone. (2018). *Project of promoting smoke-free zone of Nursing Students Eastern Asia University, School of Nursing, Eastern Asia University, Academic Year 2018*. Prathum Thani: Eastern Asia University. (in Thai)
- Panpakdee, O. (2013). *Nursing practice for quit smoking, nursing network for tobacco control, Thailand*. Bangkok: Up to You Create News Company, The Nurses' Association of Thailand. (in Thai)
- Petersen, A. B., Thompson, L. M., Dadi, G. B., Tolcha, A., & Cataldo, J. K. (2016). Factors associated with secondhand tobacco smoke in the home: An exploratory cross-sectional study among women in Aleta Wondo, Ethiopia. *BMC Public Health*, 16(1), 1-12. doi: 10.1186/s12889-016-3588-6
- Potjanamart, C., Intapueng, S., Rattanasuwan, P., Viriyarattanukul, B., Yaruang, N., Pitcharat, K., & Matrakon, M. (2020). *Teaching and Learning Method to control tobacco consumption: Health Promotion Subject* (2nd ed.). Nonthaburi: Sue Tawan., Ltd. (In Thai).
- Sharapova, S., Reyes-Guzman, C., Singh, T., Phillips, E., Marynak, K. L., & Agaku, I. (2020). Age of tobacco use initiation and association with current use and Nicotine dependence among US middle and high school students, 2014–2016. *Tobacco Control*, 29(1), 49-54. doi: 10.1136/tobaccocontrol-2018-054593
- Sureda, X., Fernández, E., Martínez-Sánchez, J. M., Fu, M., López, M. J., Martínez, C., & Saltó, E. (2015). Secondhand smoke in outdoor settings: Smokers' consumption, non-smokers' perceptions, and attitudes towards smoke-free legislation in Spain. *BMJ Open*, 5(4), e007554. doi: 10.1136/bmjopen-2014-007554
- Thai Health Promotion Foundation. (2018). *Thai people got second-hand smoke at home*. Retrieved from <https://www.thaihealth.or.th/Content/42544...html>. (in Thai)
- Theerapuncharoen, N., & Theerapuncharoen, W. (2016). Health risk for ASEAN People. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 10(2). 50-60. (in Thai)
- Tobacco Control Office. (2016). *National Control Strategies Edition 2 B.E. 2559-2562. Department of Disease Control. Ministry of Public Health*. Nontaburi: Nice Earth Design Company. (in Thai)
- Wang, T., Tynan, M., Hallett, C., Walpert, L., Hopkins, M., Konter, D., & King, B. (2018). Smoke-Free and Tobacco-Free Policies in Colleges and Universities-United States and Territories, 2017. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 67, 686-689. doi: 10.15585/mmwr.mm6724a4

- Watson, N. L., DeMarree, K. G., & Cohen, L. M. (2018). Cigarette craving and stressful social interactions: The roles of state and trait social anxiety and smoking to cope. *Drug and Alcohol Dependence*, 185, 75-81. doi: <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2017.11.037>
- WHO. (2016). *Tobacco and stroke*. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250278/WHO-NMH-PND-CIC-TKS-16.1-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- WHO. (2019). *Global report in trends in prevalence of Tobacco use 2000-2025* (3rd ed.). Geneva: World Health Organization.
- WHO. (2020). *Tobacco*. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tobacco>



Application of AHP Method to Cargo Airline Selection for Air Freight Forwarder

การประยุกต์ใช้วิธีการ AHP ในการเลือกสายการบินขนส่งสินค้า สำหรับผู้ขนส่งสินค้าทางอากาศ

Nisakorn Somsuk¹, Vatcharaporn Pookboonmee², Sutit Huangsuwan³,

Koranut Sakulkrit³, Sirirat Nakha⁴, Sasirat Saikhoone⁵

นิศากร สมสุข¹, วัชรพร พุกบุญมี², สุจิต ห่วงสุวรรณ³,

กรณัญญ์ สกุลกฤติ³, สิริรัตน์ นาคา⁴, ศศิรัช สายขุน⁵

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²Office of Academic, Eastern Asia University

²สำนักวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

³School of Aviation, Eastern Asia University

³คณะการบิน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

⁴Office of Educational Service, Eastern Asia University

⁴สำนักบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

⁵School of Business Administration, Eastern Asia University

⁵หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิตมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

Received: December 30, 2020

Revised: February 28, 2021

Accepted: March 5, 2021

Abstract

Air freight forwarders play a key role in the air cargo industry. To air freight forwarders, making a reasonable decision to select the ‘best’ airline can be considered as a strategic tool to gain a competitive advantage. In previous study, the appropriate criteria and sub-criteria for selecting the air freight airlines were determined by Thai experts in logistics, and the Analytic Hierarchy Process--AHP model for selecting the best airline was developed. The aim of this paper was to extend our previous study by applying the AHP model to the Bollore Logistics (Thailand) Co., Ltd., a freight forwarder in order to select the ‘best’ airline through the view of the “managers”, and conducting sensitivity analysis via changing criteria weight values and changing the weight values of experts in order to investigate the robustness of the ranking results. From the freight manager’s point of view, the best airline was the

X Airline, in which the management gave the utmost importance to the price and reliability criteria respectively. According to the sensitivity analysis results, it can be concluded that there was the robustness of the decision results.

Keywords: Airline selection, Analytic Hierarchy Process, sensitivity analysis, air freight forwarder

บทคัดย่อ

ผู้ขนส่งสินค้าทางอากาศมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมการขนส่งสินค้าทางอากาศ สำหรับผู้ขนส่งสินค้าทางอากาศ การตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผลเพื่อเลือกสายการบินที่ ‘ดีที่สุด’ ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์เพื่อให้ได้เปรียบในการแข่งขัน ในการศึกษาก่อนหน้านี้ของคณะผู้วิจัย ได้ศึกษาเกณฑ์การเลือกสายการบินขนส่งสินค้าทางอากาศโดยผู้เชี่ยวชาญไทยในด้านโลจิสติกส์ และได้พัฒนาตัวแบบกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process) สำหรับการเลือกสายการบินที่เหมาะสม สำหรับบทความวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อขยายการศึกษาก่อนหน้านี้โดยประยุกต์ใช้ตัวแบบ AHP ไปใช้กับบริษัท โบโลโล่ โลจิสติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทขนส่งสินค้า เพื่อเลือกสายการบินที่ ‘ดีที่สุด’ ผ่านมุมมองของผู้จัดการ โดยเกณฑ์การเลือกสายการบินขนส่งสินค้าทางอากาศที่มีความสำคัญสูงสุดเรียงตามลำดับคือ ราคา และความน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ยังได้ทำวิเคราะห์ความไวเพื่อตรวจสอบความแข็งแกร่งของผลการจัดอันดับด้วยการเปลี่ยนน้ำหนักเกณฑ์ และเปลี่ยนน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญ ผลการศึกษาพบว่า สายการบินที่ดีที่สุดในการมองของผู้จัดการ คือสายการบิน X และจากผลการวิเคราะห์ความไวสามารถสรุปได้ว่ามีความแข็งแกร่งของผลการตัดสินใจ

คำสำคัญ: การเลือกสายการบิน กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ การวิเคราะห์ความไว ผู้ขนส่งสินค้าทางอากาศ



Introduction

Air freight forwarder, as the servers to the shippers and the customers to the airlines, is a company involved in the service of shipping goods or cargo by air. Air freight forwarders play an important role in air cargo industry and in air cargo transport activity, in which “operations of air freight forwarders involve being entrusted with the shippers’ cargo and at the same time, freight forwarders negotiate with airlines to transport their cargo to the required destination” (Chao, Lirn & Shang, 2013, p. 1672).

Today, there are many airlines and each airline has an incentive and offers for air freight forwarders to choose to use their own freight

services. Air freight companies are often faced with the problem of choosing the best freight carrier (de Lima & Belderrain, 2016). One of key decisions in logistic management or freight management is the selection of the carrier or airline to move the firm’s inbound and outbound freight (Meixell & Norbis, 2008). To freight forwarders, making a reasonable decision to select the ‘best’ airline can be considered as a strategic tool to gain the competitive advantages (Bhatnagar & Teo, 2009) including low operating costs, cost-effective operation, efficiency and operational agility, having the potential for quality performance, having low transportation costs, and reduce hidden costs or unnecessary expenses, etc.

Therefore, in making this decision, it should be based on a number of qualitative and quantitative factors. Managers typically consider multiple attributes (such as cargo safety, the speed of tracking the shipment, the availability of cargo space to support the transportation and the number of cargo flights that are sufficient to meet the needs), when making this decision, often focusing on cost and transit time as the primary criteria. However, as the cargo airline selection process often involves multiple criteria. Additionally, the importance of individual criteria often differs from company to company, and even within a company from one facility to the next (Meixell & Norbis, 2008).

Currently, many researchers have studied and developed a number of Multi-Criteria Decision Making--MCDM methods e.g. Weighted Sum Method--WSM, Weighted Product Method--WPM, Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation--PROMETHEE, The Elimination and Choice Translating Reality--ELECTRE, Analytic Network Process--ANP, and Analytic Hierarchy Process--AHP, etc. (Pohekar & Ramachandran, 2004). One of the effective MCDM methods, the most famous and widely used is the AHP method, because the AHP method has a hierarchical structure that mimics human thought processes, and AHP is ideal for making individual and group decisions. Besides, it is important to note that the views of or decision makers (managers) need to be taken into account while selecting the best airline to avoid bias.

Many studies apply AHP for several purposes, and some of them apply it in a specific context such as aviation industry context (see Mitsumoto & Somsuk, 2016; Polsuwan & Somsuk, 2016; Jeamjamroon & Somsuk, 2016; Jaroenphamin & Somsuk, 2018).

For the air freight forwarding business, an application of the AHP method in cargo airline selection, managers at different levels are required to make the decisions. However, high level managers tend to have a substantial amount of experience. Therefore, in case of equal importance of the managers, conducting sensitivity analysis via changing the weights of managers is needed in order to investigate the robustness of the AHP results.

In our previous works (Pookboonmee & Somsuk, 2020a; 2020b) have studied the appropriate criteria and their sub-criteria for the selection of air freight airlines from the view of a group of Thai experts in logistics, and the AHP model for selecting the best airline has been developed. In this study, we extend our prior work to cargo airline selection for the Bollore Logistics (Thailand) Co., Ltd., an air freight forwarder, in order to select the best airline based on the view of the company managers. Finally, this study conducts sensitivity analysis via changing criteria weights and changing the weights of experts in order to investigate the robustness of the ranking results as well.

Literature Review

Air cargo service and key players

The global air cargo industry has grown rapidly in recent decades and is now critical for the global economy. The global air cargo is an operation-intensive industry involving many participants and different specific operations. The participants include shippers, air freight forwarders, customs brokers, cargo terminals, ground handling services, and airlines (Chao, Lirn & Shang, 2013).

Airlines (or carriers) provide freight forwarders and shippers with services, including consultation, capacity booking, pickup, receiving, packaging, sorting, loading, transportation, dispatching, and cargo tracking and tracing. Table 1 summarizes the activities or operations of the key players in air cargo service (Feng, Li, & Shen, 2015). Air cargo transport is more complex than passenger transport because the former involves more players,

more sophisticated processes, a combination of weight and volume, varied priority services, integration and consolidation strategies, and multiple itineraries of a network than the latter. The key differences between cargo and passenger operations have been highlighted in the literature (e.g., Bartodziej et al., 2009; Leung et al., 2009; Li et al., 2009; Wang & Kao, 2008). A summary is presented in the following.

Table 1

Activity/operation of key players in air cargo service.

Player	Activity/operation
Shipper	Make booking, Negotiate best rates, Select priority, Preparation of documents-customs, insurance, Track shipments, Accept billings and make payments, Place claims and repair changes
Forwarder	Make booking, Negotiate best rates, Select priority, Preparation of documents-customs, insurance, Track shipments, Accept billings and make payments, Place claims and repair changes, Booking acceptance, Bid for space-allotments, Distribution, Warehousing, Invoice shipper, Interact with multi-modal carriers, Massaging and transaction ability, Consolidation of shipments
Airline	Schedule cargo flight, Plan cargo routs Initialize and open flights for booking, Negotiate rates, Publish prices/rates, Provide distribution channels, Forecast cargo capacity, Segment and forecast cargo demand, Plan for no-show, cancellations and overbook, Set-up bid prices, Accept/reject shipments orders, Maximize revenue, Improve load factors, Track shipments, Accept bids from customers, Allocate cargo space-allotments, Resource management of terminal staff, Accept shipments tendered, Dangerous goods control, Package validation
Airports	Warehousing-storage, Customs, Security clearance, Dangerous goods control, Package validation, Notify captain, Facilitate smooth cargo operations
Consignee	Track shipments, Accept billings and make payments, Place claims and repair charges

Note. From Air cargo operations: Literature review and comparison with practices, by B. Feng, Y. Li and Z.-J. M. Shen, 2015, *Transportation Research Part C*, 56, p. 266. Copyright 2015 by Elsevier Ltd.

Criteria for selecting cargo airline

According to our previous work (Pookboonmee & Somsuk, 2020a), the appropriate criteria and their sub-criteria for the selection of air freight airlines from the view of a group of Thai experts in logistics has been studied as following: the preliminary six criteria and preliminary 32 sub-criteria were collected by reviewing relevant literature (e.g. Gardi, Sabatini & Ramasamy, 2016; de Reuck, Donald & Siemers, 2014; Updegrove & Jafer, 2017, etc.). All preliminary ones were then employed to assess their suitability for selecting

best cargo airline, using data collected from an assessment form with 5-point Likert scale (1: least suitability, 5: most suitability), and asking for the opinions of a group of 30 experts, each having at least 8 years of experience in logistics, from 4 companies. The data were then analyzed with t-test at the significance level of 0.05. The results indicated that there were 6 suitable criteria (namely price, agility, reliability, ease of use, sociality, and process) and 22 suitable sub-criteria as shown in Table 2.

Table 2

Criteria and sub-criteria for selecting cargo airline in the view of Thai experts

Criteria	Sub-criteria (Code)
Price	Low price (P1), Variety rate (P2), Volume incentive (P3), Rate increase with lead time (P4)
Agility	Fast transportation time (A1), On time operation (A2), Global network (A3), Fast loading time at transit points (A4)
Reliability	Safety products (R1), Space during peak (R2), Cargo flights that enough or need (R3), Quick and proper action if any irregularity (R4), Accuracy of documents (R5)
Ease to use	Fast transportation time (E1), On time operation (E2), Global network (E3)
Sociality	Fast loading time at transit points (S1), Safety products (S2), Space during peak (S3)
Process	Service that meets customer needs (PC1), Service procedure standard and compliance (PC2), 24-hour information service center and problemsolving for customers (PC3)

Note. From The study of selection criteria for cargo airline. *In proceedings of Green ASIA and Sustainability Forum: BCG in Action; the New Sustainable Growth Engine (Bio-Circular-Green Economy)*, 12 June 2020 (pp. 250-264), by V. Pookboonmee & N. Somsuk, 2020a. Pathum Thani: Eastern Asia University

Analytic Hierarchy Process

The AHP is a decision making procedure originally developed by Saaty (1977, 1980, 1986). Its primary use is to offer solutions to decision and estimation problems in multivariate environments. “The AHP establishes priority weights for alternatives by organizing objectives, criteria, and subcriteria in a hierarchic structure” (Bernasconi, Choirat & Seri, 2010, p. 699). AHP is a method used to solve complex multi-criteria decision making problems by giving systematic priority ranking (Wang, Sheng, Xi, & Ma, 2018). AHP is used to derive ratio scales from both discrete and continuous paired comparisons. These comparisons may be taken from actual measurements or from a fundamental scale which reflects the relative strength of preferences (Saaty, 1987, p. 161)

To make a decision in an organised way to generate priorities we need to decompose the decision into the following steps (Saaty, 2008).

1) Define the problem and determine the kind of knowledge sought.

2) Structure the decision hierarchy from the top with the goal of the decision, then the objectives from a broad perspective, through the intermediate levels (criteria on which subsequent elements depend) to the lowest level (which usually is a set of the alternatives).

3) Construct a set of pairwise comparison matrices. Each element in an upper level is used to compare the elements in the level immediately below with respect to it.

The scale of importance is defined in Table 1 according to Saaty’s nine-point scale for pairwise comparison. The nine-point scale is a scale of importance estimation ranging from equal to extreme importance: equal, moderate, strong, very strong and extreme importance. The numerical judgements corresponding to these linguistic descriptions are (1, 3, 5, 7, 9), with compromises (2, 4, 6, 8) between these judgements (Saaty & Vargas, 1998; Saaty, 1994) as shown in Table 3.

Table 3

AHP’s fundamental scale according to Saaty (Saaty & Vargas, 1998; Saaty, 1994)

Intensity of importance on an absolute scale	Definition
1	Equal importance
3	Moderate importance of on over another
5	Essential or strong importance
7	Very strong importance
9	Extreme importance
2, 4, 6, 8	Intermediate values between the two adjacent judgements
Reciprocals	If activity i has one of the above numbers assigned to it when compare with activity j, then j has the reciprocal value when compared with i

4) Use the priorities obtained from the comparisons to weigh the priorities in the level immediately below. Do this for every element. Then for each element in the level below add its weighed values and obtain its overall or global priority. The overall weight of each element with respect to the goal is then calculated by multiplying the local weight of an element by the weight of its preceding element. The judgements of each

decision maker (expert) are finally synthesized using the geometric mean approach suggested by Saaty (Saaty, 1990).

Continue this process of weighing and adding until the final priorities of the alternatives in the bottom most level are obtained.

The generalized algorithm of the AHP is represented in Fig. 1.

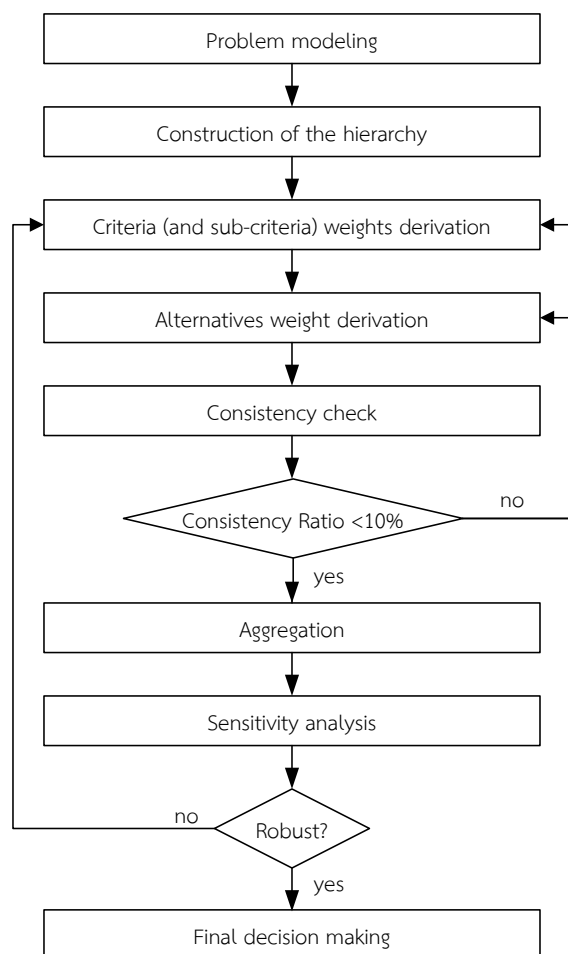


Fig. 1 Algorithm of the AHP

Note. Adapted from A research of procedures used in the analytic hierarchy process and visualization in sensitivity analysis, by V. V. Kotova, 2016, *Scientific Visualization*, 8(2), p. 59-84. Copyright 2016 by National Research Nuclear University “MEPhI”

Sensitivity analysis

In model building using the AHP, sensitivity analysis is a crucial step in determining if the solution is implementable and robust (Saaty & Vargas, 2013). A sensitivity analysis involves changing the weight values and calculating the new solution. In this study, sensitivity analysis via changing criteria weight values and changing the weight values of experts has been conducted in order to investigate the robustness of the ranking results.

Aggregation Methods in Group Decision Making based on AHP

For an effective the alternative selection, by applying AHP to a multi criteria decision making (MCDM) model, the alternatives in group decision making will be assessed. To combine the preferences into a consensus rating based on AHP, there are two ways: aggregation of individual judgments (AIJ) and aggregation of individual priorities (AIP) (Dong, Zhang, Hong & Xu, 2010).

Consider an AHP group decision making problem. Let $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ be the set of decision makers, and $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$ be the weight vector of decision makers, where

$$\lambda_k > 0, k = 1, 2, \dots, m, \quad \sum_{k=1}^m \lambda_k = 1 \quad (1)$$

$$\text{Let } A^{(k)} = (a_{ij}^{(k)})_{n \times n}$$

be the judgment matrix provided by the decision maker d_k ($k = 1, 2, \dots, m$)

As mentioned above, two of the methods that have been found to be the most useful in AHP group decision making are AIJ and AIP. In AIJ and AIP, the weighted geometric mean method is generally used as the aggregation procedure.

(1) The Aggregation of Individual Judgments–AIJ

For AIJ, the decision makers use the weighted geometric mean method to aggregate

Research Methodology

The study was based on the data collected from a previous study in 2019 in the Bollore Logistics (Thailand) Co., Ltd. In this study, we extend our prior works on determining the criteria for selecting the optimal cargo airline from the perspective of Thai experts individual judgement matrices to obtain a collective judgement matrix,

$$A^{(c)} = (a_{ij}^{(c)})_{n \times n}, \text{ where}$$

$$a_{ij}^{(c)} = \prod_{k=1}^m (a_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}$$

Then, we use certain prioritization method to derive a collective priority vector

$w^{(c)} = (w_1^{(c)}, w_2^{(c)}, \dots, w_n^{(c)})^T$ from $A^{(c)}$ to order the alternatives.

(2) The Aggregation of Individual Priorities --AIP

Let $w^{(k)} = (w_1^{(k)}, w_2^{(k)}, \dots, w_n^{(k)})^T$ be the individual priority vector derived from individual judgment matrix $A^{(k)}$ using certain prioritization method. Then, the collective priority vector obtained using AIP is using certain prioritization method. Then, the collective priority vector obtained using AIP is $w^{(c)} = (w_1^{(c)}, w_2^{(c)}, \dots, w_n^{(c)})^T$, where,

$$w^{(c)} = \frac{\prod_{k=1}^m (w_i^{(k)})^{\lambda_k}}{\sum_{i=1}^m \prod_{k=1}^m (w_i^{(k)})^{\lambda_k}}$$

(Pookboonmee & Somsuk, 2020a) and selecting the best cargo airline with regard to multiple criteria decision alternatives through three groups of decision makers including managers, head officers, and operators (Pookboonmee & Somsuk, 2020b). However, this current study, we focus on the view of managers who are key decision makers in selecting the carrier or airline. We have applied our

AHP model for selecting the best airline (in Fig. 2) (Pookboonmee & Somsuk, 2020b) to the Bollore Logistics (Thailand) Co., Ltd., a freight forwarder in order to select the ‘best’ airline through the view of the managers, and conducting sensitivity analysis via changing criteria weights and changing the weights of experts in order to investigate the robustness of the ranking results. The Bollore Logistics (Thailand) Co., Ltd. has three alternative airlines: X, Y, and Z airlines. All of these airlines provide export and import services on carriers and routes, to and from Thailand.

In this study, a spreadsheet program, Excel, was used to perform the calculations.

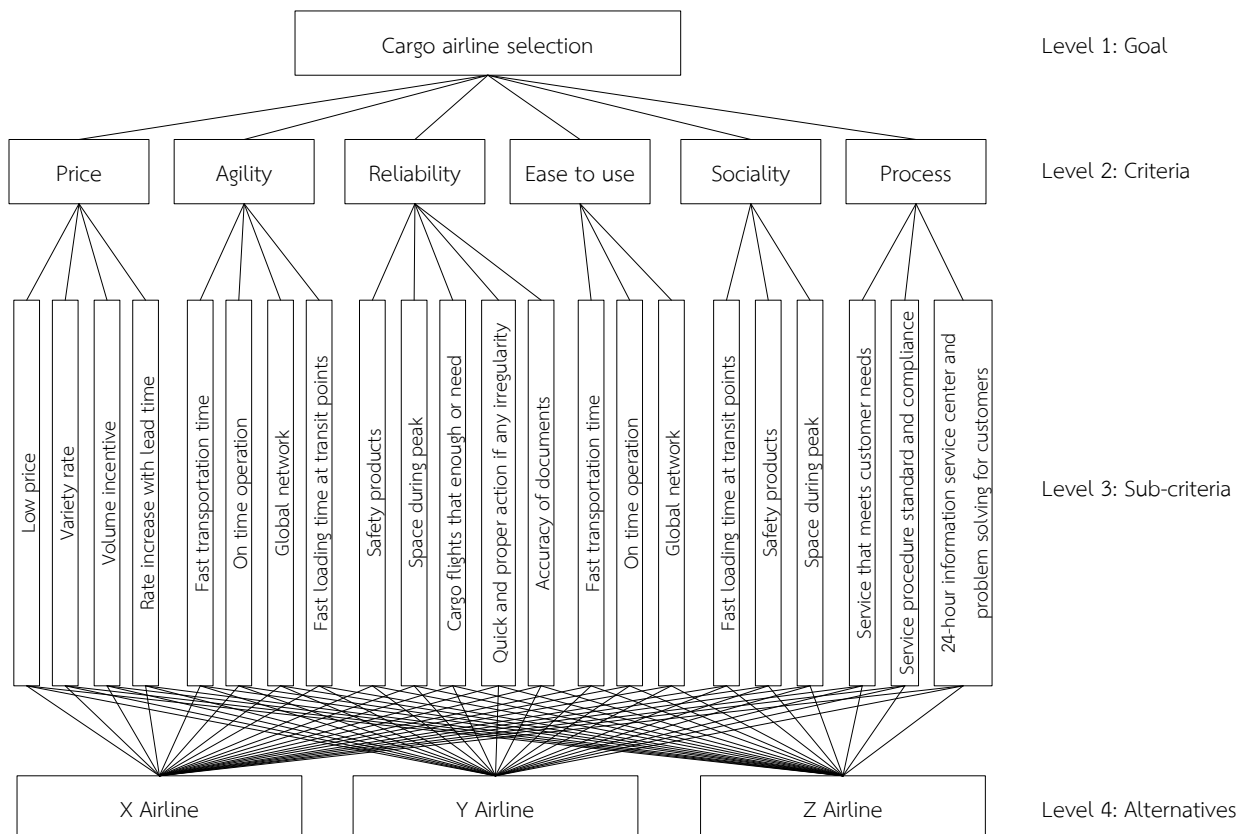


Fig. 2 The hierarchical structure for selecting the best cargo airline

In the current study, the research methodology was divided into three phases as follows:

The first phase, a key decision maker identification phase, this phase involved an identification of key stakeholders who would be directly or indirectly affected by the Bollore Logistics (Thailand) Co., Ltd.

The second phase, an application of the developed model (in Fig. 2) is conducted by applying it to the Bollore Logistics (Thailand) Co., Ltd. A group-based computation phase where a certain priority of each factor was computed based on the data collected from a previous study (Pookboonmee & Somsuk, 2020b) and their judgments were aggregated into a consensus rating was conducted through the geometric mean of judgments. In this phase, an AHP was applied to the Bollore Logistics (Thailand) Co., Ltd. to determine the airline weights and then select the best one from the manager point of view.

The last phase, a sensitivity analysis phase: changing criteria weights and changing the weights of experts in order to investigate the robustness of the ranking results are conducted.

Results and Discussions

A result of key decision maker identification

In this phase, four managers of the company were selected, in which their average professional experience in the freight forwarding business was 20.00 years with standard deviation of 5.29.

Results of applying AHP

The criteria, sub-criteria and airlines rankings by using AHP in the view of managers in the Bollore Logistics (Thailand) Co., Ltd. are shown in Table 4.

Table 4

Criteria, sub-criteria and airlines rankings by using AHP in the view of managers in the Bollore Logistics (Thailand) Co., Ltd.

Criteria	Weig	Ranking	Sub-criteria	Local Weight	Overall Weight	Ranking	Overall Weights		
							X	Y	Z
Price	0.424	1	Low price	0.260	0.110	2	0.542	0.152	0.305
			Variety rate	0.382	0.162	1	0.279	0.322	0.399
			Volume incentive	0.192	0.081	4	0.315	0.411	0.274
			Rate increase with lead time	0.166	0.070	5	0.710	0.158	0.132
Agility	0.096	4	Fast transportation time	0.277	0.027	15	0.647	0.187	0.165
			On time operation	0.357	0.034	9	0.618	0.147	0.235
			Global network	0.211	0.020	20	0.392	0.358	0.249
			Fast loading time at transit points	0.156	0.015	21	0.345	0.262	0.394

Table 4 (continue)

Criteria	Weig	Ranking	Sub-criteria	Local Weight	Overall Weight	Ranking	Overall Weights		
							X	Y	Z
Reliability	0.167	2	Safety products	0.371	0.062	6	0.625	0.154	0.222
			Space during peak	0.133	0.022	17	0.476	0.193	0.331
			Cargo flights that enough for need	0.169	0.028	13	0.408	0.236	0.356
			Quick and proper action if any irregulation	0.200	0.033	10	0.478	0.229	0.293
			Accuracy of documents	0.127	0.021	19	0.471	0.201	0.328
Ease of use	0.085	5	Easy tracing	0.319	0.027	14	0.425	0.249	0.326
			Easy booking	0.299	0.025	16	0.389	0.253	0.358
			Partnership	0.382	0.032	11	0.669	0.203	0.129
Social	0.072	6	Image	0.301	0.022	18	0.674	0.203	0.123
			Various promotion	0.124	0.009	22	0.275	0.330	0.396
			Government certification	0.575	0.041	7	0.400	0.256	0.344
Process	0.157	3	Service that meets customer needs	0.240	0.038	8	0.515	0.268	0.218
			Service procedure standard and compliance	0.558	0.088	3	0.375	0.180	0.445
			24-hour information service center and problem solving for customers	0.202	0.032	12	0.531	0.201	0.267
			Overall Priority Weight				0.464	0.237	0.299
			Ranking				1	3	2

Results of a sensitivity analysis

1 A sensitivity analysis via changing criteria weights

A sensitivity analysis was carried out by exchanging the weights of two criteria among themselves, while the weights of other criteria remain unchanged (Gumus, 2009; Hussain, Mandal & Mondal, 2018; Önüt, Kara & Isik, 2009) to analyze how changing the criteria weights influence on the ranking results. In this study, since there were five criteria, therefore, fifteen combinations were analyzed for the sensitivity analysis, in which each

combination stated as a Scenario (S). Different names were given for each calculation. For example, the 'C1-2' meant that the weights of the 1st and 2nd criteria were switched (while the weights of the 3rd, 4th, 5th, and 6th criteria remained the same), and this new scenario was named 'S1'. The weights of alternatives were re-calculated, and then, the alternatives were re-ranked for each scenario, and finally graphically presenting how the overall ranking of airline alternatives changes. The results of sensitivity analysis are shown in Table 5 and Fig. 3.

Table 5

A sensitivity analysis results by exchanging the weights of two criteria

Scenarios		Alternatives		
		X Airline	Y Airline	Z Airline
S0 (Basic Scenario)	No-Change Scenario	0.464	0.237	0.299
S1	C1-2	0.500	0.221	0.279
S2	C1-3	0.488	0.218	0.294
S3	C1-4	0.492	0.225	0.283
S4	C1-5	0.479	0.230	0.291
S5	C1-6	0.468	0.220	0.312
S6	C2-3	0.465	0.239	0.296
S7	C2-4	0.464	0.237	0.299
S8	C2-5	0.462	0.237	0.300
S9	C2-6	0.470	0.238	0.292
S10	C3-4	0.463	0.240	0.297
S11	C3-5	0.459	0.242	0.299
S12	C3-6	0.463	0.237	0.300
S13	C4-5	0.464	0.237	0.299
S14	C4-6	0.469	0.239	0.292
S15	C5-6	0.466	0.240	0.293

Overall Priority Weight

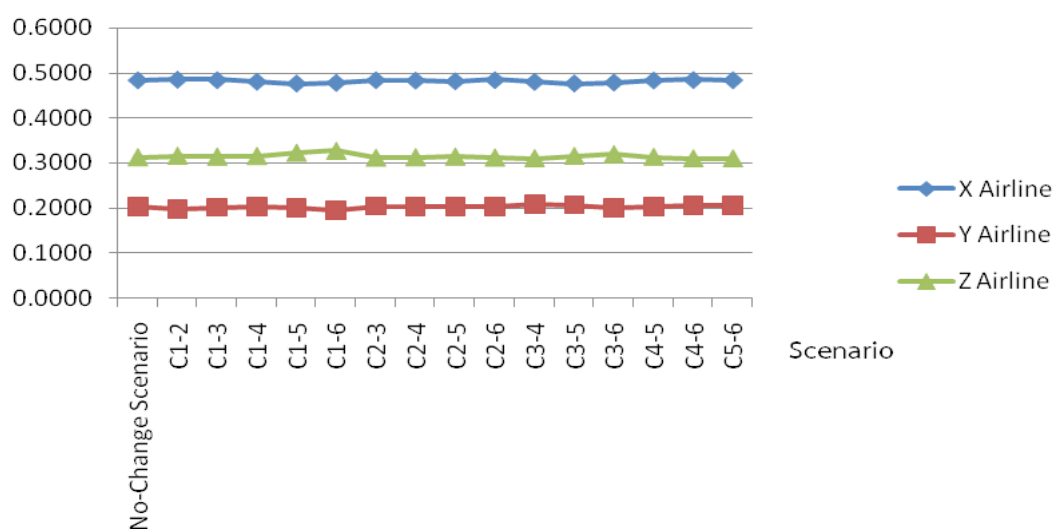


Fig. 3 Sensitivity analysis of ranking results when the weights of two criteria were exchanged

2. A sensitivity analysis via changing the weights of experts

Besides, a sensitivity analysis of the group weights was also applied to study the effects of differences on the importance of the expert groups. To achieve this, a sensitivity analysis was performed with different scenarios. In this study, fourteen different scenarios (different weights) as following; 1st manager: 2nd manager: 3rd manager: 4th manager weight ratios = 2:1:1:1, 1:2:1:1, 1:1:2:1, 1:1:1:2, 2:2:1:1, 2:1:2:2, ... and 1:2:2:2, were assumed. Each weight (importance) ratio of four experts stated as a scenario (S). For example, the '2:1:1:1' meant that the weight of 1st manager is two times important than the other managers,

while 2nd manager, 3rd manager, and 4th manager are equally important. This new scenario was named 'S1'. After combining the preferences into the consensus rating for an overall analysis by using the Aggregation of Individual Judgments--AIJ and the Aggregation of Individual Priorities--AIP (Dong, Zhang, Hong, & Xu, 2010), the weight of four experts taken into account was then changed. After that, the weights of airline alternatives were re-calculated by using AHP approach, and then, the alternatives were re-ranked for each scenario, and graphically presenting how the overall ranking of airline alternatives changes. The results of sensitivity analysis are shown in Table 6 and Fig. 4.

Table 6

A sensitivity analysis results by exchanging the weights of two criteria

Scenarios		Overall Priority Weight					
		AIJ			AIP		
		X Airline	Y Airline	Z Airline	X Airline	Y Airline	Z Airline
S0 (Basic Scenario)	1:1:1:1	0.464	0.237	0.299	0.470	0.232	0.298
S1	2:1:1:1	0.436	0.245	0.319	0.444	0.238	0.318
S2	1:2:1:1	0.455	0.239	0.306	0.461	0.235	0.305
S3	1:1:2:1	0.473	0.229	0.298	0.477	0.227	0.297
S4	1:1:1:2	0.493	0.233	0.274	0.496	0.229	0.274
S5	2:2:1:1	0.434	0.246	0.320	0.442	0.240	0.318
S6	2:1:2:1	0.448	0.237	0.316	0.453	0.232	0.314
S7	2:1:1:2	0.465	0.241	0.294	0.471	0.235	0.294
S8	1:2:2:1	0.463	0.233	0.304	0.467	0.230	0.303
S9	1:2:1:2	0.480	0.235	0.285	0.484	0.232	0.284
S10	1:1:2:2	0.496	0.227	0.277	0.498	0.225	0.277
S11	2:2:2:1	0.443	0.239	0.317	0.450	0.235	0.316
S12	2:2:1:2	0.458	0.243	0.299	0.465	0.236	0.298
S13	2:1:2:2	0.471	0.235	0.294	0.476	0.230	0.294
S14	1:2:2:2	0.484	0.230	0.286	0.487	0.228	0.285

Overall Priority Weight

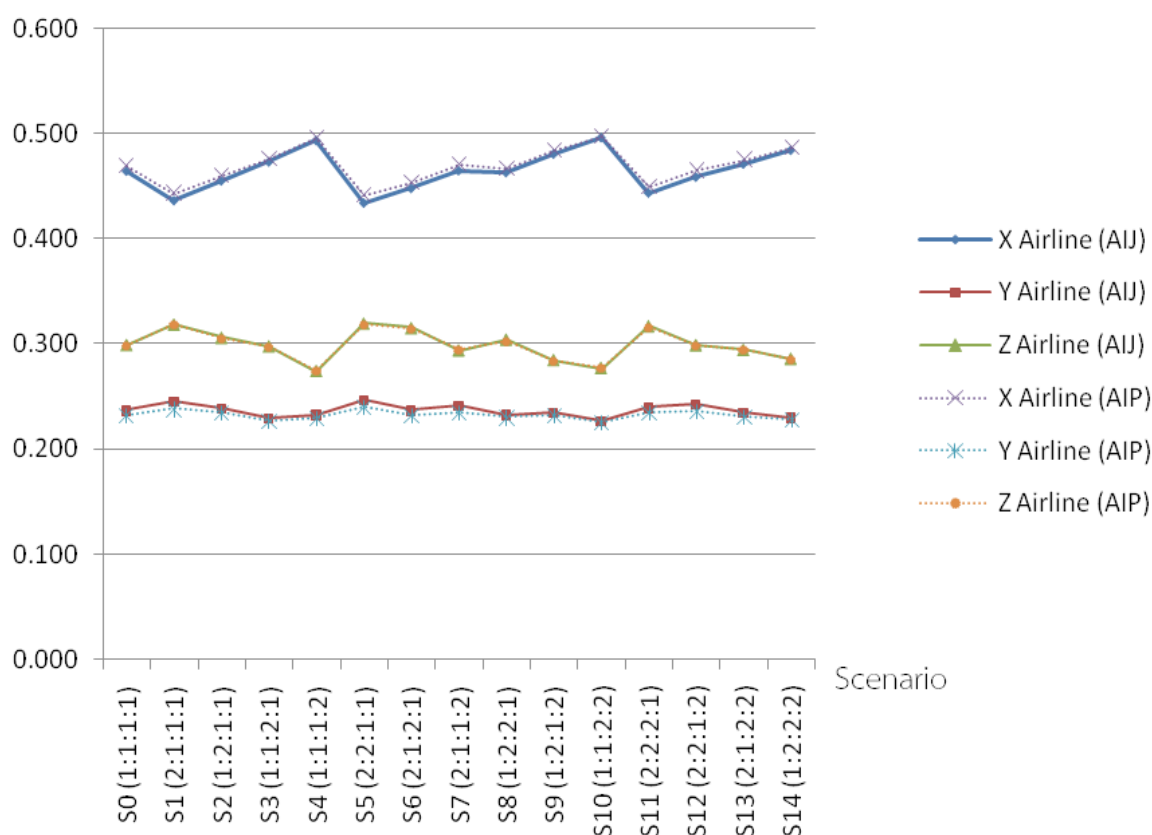


Fig. 4 A sensitivity analysis of ranking results when the weights of (importance) ratio of four experts were changed

Based on Fig. 3, the graphical results of a sensitivity analysis by changing the weight values of criteria showed that the overall rankings of airline alternatives are the same across all scenarios, as same as the graphical results of a sensitivity analysis by changing the weight values of experts in Fig. 4, the overall rankings of airline alternatives of all scenarios have similar patterns in the two aggregation methods: AIJ and AIP.

Conclusions

Based on the AHP results (Table 4), from the freight manager's point of view, the most important criterion is "price" followed by "reliability"

with the overall weights of 0.424 and 0.167, respectively. The most important sub-criterion is "variety rate" followed by "low price" with the overall weights of 0.162 and 0.110, respectively, while the best airline is the X Airline with the overall weight of 0.464.

For the price criterion, not only the low price, but also the variety rate and volume incentive are considered as the most important sub criteria respectively. For the reliability criterion: shipping goods safely is very important, followed by shipping goods with quick and proper action if any irregularation.

For the price criterion, not only the low price, but also the variety rate and volume incentive

are considered as the most important sub criteria respectively. For the reliability criterion: shipping goods safely is very important, followed by shipping goods with quick and proper action if any irregularity.

According to Table 5, the sensitivity analysis results by exchanging the weights of two criteria, the rankings of all scenarios have quite similar patterns as same as shown in Fig. 3, and the results by changing the weights of importance of four experts (Table 6), the rankings of all scenarios also have quite similar patterns (both AIJ and AIP) as shown in Fig. 4. It can be concluded that there is the robustness of the ranking results.

Therefore, the AHP model is suitable to apply to the Bollore Logistics (Thailand) Co., Ltd. for the selection of freight airlines.

The results obtained from this research are practical in the current situation since the application of AHP to select the best cargo airline was based on literature reviews and inquiring of company experts, or even conducting sensitivity analysis. In case there are more alternative airlines or the selection criteria have been changed, the company can adapt the AHP model (Fig. 2) to calculate the new solution in order to comply with the changing situation/environment.



References

- Anggorowati, A. (2017). The evaluation of freight forwarding business existences. *Advances in Engineering Research (AER)*, 147, 714-726. <https://doi.org/10.2991/grost-17.2018.62>
- Bernasconi, M., Choirat, C., & Seri, R. (2010). The Analytic Hierarchy Process and the theory of measurement. *Management Science*, 56(4), 699-711. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1090.1123>
- Chao, C.-C., Lirn T.-C., & Shang, K.-C. (2013). Market segmentation of airline cargo transport. *The Service Industries Journal*, 33(15-16), 1672-1685. doi: 10.1080/02642069.2011.638920.
- de Lima, M. G., & Belderrain, M. C. N. (2016). Structuring multicriteria model for airports selection for cargo airlines exclusively. *Ingeniare. Revistachilena de ingeniería*, 24(3), 465-479. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052016000300011>.
- de Reuck, S., Donald, F., & Siemers, I. (2014). Factors associated with safety events in air traffic control. *Ergonomics SA: Journal of the Ergonomics Society of South Africa*, 26(1), 2-18.
- Dong, Y., Zhang, G., Hong, W.-C., & Xu, Y. (2010). Consensus models for AHP group decision making under row geometric mean prioritization method. *Decision Support Systems*, 49(3), 281-289. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.03.003>
- Feng, B., Li, Y., & Shen, Z.-J. M. (2015). Air cargo operations: Literature review and comparison with practices. *Transportation Research Part C*, 56, 263-280. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.03.028>.

- Gardi, A., Sabatini, R., & Ramasamy, S. (2016). Multi-objective optimisation of aircraft flight trajectories in the ATM and avionics context. *Progress in Aerospace Sciences*, 83, 1-36.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.paerosci.2015.11.006>.
- Jaroenphamin, P., & Somsuk, N. (2018). A selection of baggage handling error reduction projects using root cause analysis integrated with Analytic Hierarchy Process method. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 12(1), 110-120. (in Thai)
- Jeamjamroon, S., & Somsuk, N. (2016). Key success factors for flight operations of Nok Airlines. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 10(2), 160-174. (in Thai)
- Kotova, V. V. (2016). A research of procedures used in the analytic hierarchy process and visualization in sensitivity analysis. *Scientific Visualization*, 8(2), 59-84. <http://sv-journal.org/2016-2/06/en/index.php?lang=en>
- Meixell, M. J., & Norbis, M. (2008). A review of the transportation mode choice and carrier selection literature. *The International Journal of Logistics Management*, 19(2), 183-211.
doi: 10.1108/09574090810895951.
- Mitsumoto, N., & Somsuk, N. (2016). Prioritizing the critical success factors for the cabin crew's training. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 10(1), 205-222. (in Thai)
- Pohekar, S., & Ramachandran, M. (2004). Application of Multi-Criteria Decision Making to Sustainable Energy Planning-A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8(4), 365-381.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2003.12.007>.
- Polsuwan, L., & Somsuk, N. (2016). Service quality development for low cost airline. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 10(3), 147-163. (in Thai)
- Pookboonmee, V., & Somsuk, N. (2020a). The study of selection criteria for cargo airline. *In proceedings of Green ASIA and Sustainability Forum: BCG in Action; the New Sustainable Growth Engine (Bio-Circular-Green Economy)*, 12 June 2020 (pp. 250-264). Pathum Thani: Eastern Asia University (in Thai)
- Pookboonmee, V., & Somsuk, N. (2020b). Multi-criteria decision making to select optimal cargo airline for air freight forwarder. *In proceedings of Green ASIA and Sustainability Forum: BCG in Action; the New Sustainable Growth Engine (Bio-Circular-Green Economy)*, 12 June 2020 (pp. 265-279). Pathum Thani: Eastern Asia University. (in Thai)
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, priority setting, resource allocation*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2013). *Decision making with the analytic network process. International Series in Operations Research & Management Science* (2nd ed.). New York: Springer US.
doi: 10.1007/978-1-4614-7279-7

- Saaty, T.L. (2008). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Updegrove, J. A., & Jafer, S. (2017). Optimization of air traffic control training at the federal aviation administration academy. *Aerospace*, 4(4), 50. <https://doi.org/10.3390/aerospace4040050>
- Wang, S., Sheng, Z., Xi, Y., & Ma, X. (2018). The application of the Analytic Hierarchy Process and a new correlation algorithm to urban construction and supervision using multi-source government data in Tianjin. *International Journal of Geo-Information*, 7(2), 1-14. doi: 10.3390/ijgi7020050
- Wu, S. (2003). *The study of consolidation decision problems for air cargo forwarders* (Doctoral dissertation). Institute of Transportation Technology and Management, National Chiao Tung University. Chiao Tung.



แนะนำหนังสือ

Book Review

โดย นิกร โภคอุดม

By Nikorn Pokudom

สำนักวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

Academic office, Eastern Asia University



ชื่อเรื่อง: Blockchain for Government Services

การใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับภาครัฐ

ผู้แต่ง: ดร.มนทา ชยากรวิกรม นายเกียรติศักดิ์ วงศ์ประเสริฐ

นายสมมนัส เกตุผ่อง นายชฎิล อินทรชนก

และนายสถาพน พัฒนะคูหา

สำนักพิมพ์: สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน)

ปีที่พิมพ์: 2021

จำนวนหน้า: 192 pages

คำนำ

หนังสือการใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับภาครัฐจัดทำโดยสำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน) สพร. หรือ DGA ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่สำคัญในการขับเคลื่อนรัฐบาลดิจิทัล โดยเทคโนโลยีบล็อกเชน (Blockchain) จะเข้ามามีส่วนในการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมโลกในยุคดิจิทัล โดยสกุลเงินดิจิทัล (cryptocurrency) เช่น Bitcoin เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่มีการนำเทคโนโลยีบล็อกเชนมาใช้ในระบบการทำธุรกรรมของสกุลเงินดิจิทัลเพื่อทำให้มีความปลอดภัยไม่สามารถปลอมแปลงหรือจ่ายซ้ำได้ นอกจากนี้จะเข้ามาปฏิวัติโลกธุรกิจและแวดวงการเงินการธนาคารแล้วเทคโนโลยีบล็อกเชนยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลภาครัฐและยกระดับการบริหารงานภาครัฐเพื่อเข้าสู่การเป็นรัฐบาลดิจิทัล (Digital Government) รวมถึงการเปลี่ยนวิถีชีวิตของประชาชนไปสู่ความสะดวกสบายได้มากขึ้น เนื่องจากมีคุณลักษณะที่มีความถูกต้องเที่ยงตรงของข้อมูล ความโปร่งใสในการเข้าถึงข้อมูลและมีความสามารถในการทำงานได้อย่างต่อเนื่องของระบบ

จุดประสงค์

หนังสือเล่มนี้เผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีบล็อกเชน รวมถึงบทวิเคราะห์การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนแก่นักวางแผน นักกลยุทธ์ ตลอดจนผู้กำหนดนโยบายภาครัฐ และตระหนักถึงอิทธิพลและผลกระทบของเทคโนโลยีบล็อกเชนที่จะเกิดขึ้นใน

อนาคตอันใกล้นี้ เพื่อเตรียมความพร้อมต่อโอกาสและความท้าทายในอนาคตที่จะทำให้ประเทศไทยมีความได้เปรียบเมื่อเทคโนโลยีบล็อกเชนถูกนำมาใช้งานอย่างเต็มรูปแบบ

สาระสำคัญ

เนื้อหาในหนังสือแบ่งออกเป็น 3 บท ได้แก่ บทที่ 1 การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหลักการทำงานของเทคโนโลยีบล็อกเชน บทที่ 2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่องานบริการภาครัฐ กรณีศึกษาต่างประเทศ และบทที่ 3 แนวคิดและหลักการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับภาครัฐภายใต้บริบทของประเทศไทย

สะท้อนคุณค่า

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหลักการทำงานของเทคโนโลยีบล็อกเชน องค์ประกอบของเทคโนโลยีบล็อกเชน ประเภทของบล็อกเชน คุณลักษณะพื้นฐานที่สำคัญของเทคโนโลยีบล็อกเชน ได้แก่ ความถูกต้องเที่ยงตรงของข้อมูล (data Integrity) ความโปร่งใสในการเข้าถึงข้อมูล (data Transparency) และความสามารถในการทำงานได้อย่างต่อเนื่องของระบบ (availability) เกณฑ์การพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน สำหรับองค์กร ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน เช่น เงินดิจิทัล (cryptocurrency) บริการพิสูจน์ทราบ (proof of services) สัญญาอัจฉริยะ (smart contract) และระบบ/บริการอัตโนมัติ (Decentralized Autonomous Systems/Services)

บทที่ 2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่องานบริการภาครัฐ กรณีศึกษาต่างประเทศ บทนี้กล่าวถึงตัวอย่างของต่างประเทศที่มีการนำเทคโนโลยีบล็อกเชนมาใช้งานในบริการภาครัฐ ข้อจำกัดของการนำเทคโนโลยีบล็อกเชนมาใช้เพื่องานบริการภาครัฐ รูปแบบการประยุกต์

ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่องานบริการภาครัฐ ได้แก่ การพิสูจน์ตัวตน (identity management) การบริหารจัดการการจัดเก็บข้อมูล (data record management) และการติดตามธุรกรรม (transaction traceability) ปัจจัยความสำเร็จในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่องานบริการภาครัฐ ได้แก่ การจัดตั้งคณะทำงานแห่งชาติ (The National Blockchain Council) การสร้างระบบนิเวศของเทคโนโลยีบล็อกเชน (Blockchain Ecosystem) การสร้างการกำกับดูแลการใช้งานเทคโนโลยีบล็อกเชน (Blockchain Governance) การกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยี Blockchain และการพัฒนาบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถด้านเทคโนโลยีบล็อกเชน

บทที่ 3 แนวคิดและหลักการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับภาครัฐ ภายใต้บริบทของประเทศไทย บทนี้กล่าวถึงหลักการและเหตุผลการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับภาครัฐไทย การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่อการบูรณาการบริการและแลกเปลี่ยนข้อมูลภาครัฐ และได้ยกตัวอย่างกรณีศึกษาการจัดทำระบบต้นแบบระบบการแลกเปลี่ยน และส่งต่อผู้ป่วยระหว่างสถานบริการ (e-Referral) โดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถไปรับบริการจากสถานบริการใดก็ได้โดยที่สามารถส่งต่อข้อมูลผู้ป่วยได้อย่างรวดเร็วและครบถ้วน

สรุป

เทคโนโลยีบล็อกเชนเป็นก้าวกระโดดที่สำคัญของวงการเทคโนโลยีซึ่งจะเข้ามามีบทบาทต่อการใช้ชีวิตมนุษย์ในยุคดิจิทัล หนังสือเล่มนี้เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการทำความเข้าใจการทำงานของเทคโนโลยีบล็อกเชนและการนำเทคโนโลยีบล็อกเชนไปประยุกต์ใช้กับงานบริการด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะงานบริการของภาครัฐ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อประชาชนที่เข้ามาใช้บริการงานกับภาครัฐ



Chayakornvikrom, M., Wongprasert, K., Ketpong, S., Intharanok, C., & Patanakuha, S. (2021). *Blockchain for Government Services*. Bangkok: Digital Government Development Agency (Public Organization) (DGA)



ใบสมัครสมาชิก
วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

☐ สมัครสมาชิกใหม่ ☐ ต่ออายุ

1. ข้อมูลผู้สมัครสมาชิก

1.1 ชื่อ _____ นามสกุล _____

สถานภาพ ☐ นักศึกษา กำลังศึกษาระดับ ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก
☐ อาจารย์ หรือ ☐ อื่นๆ
ระดับการศึกษาสูงสุด ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

1.2 สังกัด/หน่วยงาน

☐ บุคลากรภายใน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย สังกัดคณะ/สำนัก _____
☐ บุคลากรภายนอก ระบุสังกัด _____

1.3 ตำแหน่งทางวิชาการ ☐ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ☐ รองศาสตราจารย์ ☐ ศาสตราจารย์

ความถนัด/ความเชี่ยวชาญ _____

2. ที่อยู่ในการจัดส่งวารสาร

เลขที่ _____ หมู่ที่ _____ ตรอก/ซอย _____ ถนน _____ แขวง/ตำบล _____

เขต/อำเภอ _____ จังหวัด _____ รหัสไปรษณีย์ _____

โทรศัพท์ _____ โทรศัพท์มือถือ _____ อีเมล _____

3. อัตราค่าสมัครสมาชิกวารสารฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

☐ 1 ปี 3 ฉบับ เป็นเงิน 800 บาท ☐ 2 ปี 6 ฉบับ เป็นเงิน 1,500 บาท ☐ 5 ปี 15 ฉบับ เป็นเงิน 3,500 บาท

หมายเหตุ ค่าสมาชิกรวมค่าจัดส่งแล้ว

ข้าพเจ้าได้ชำระค่าสมาชิก จำนวน _____ บาท (_____)

☐ เงินสด

☐ ธนาคา (ธนาคา ๒๖ ธ.ก.ส. ในนาม มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย)

☐ โอนเงินเข้าบัญชี ☐ ธนาคารกรุงเทพ สาขาบิ๊กซี ธัญบุรี บัญชีกระแสรายวัน เลขที่บัญชี 222-3-01198-8

☐ ธนาคารกรุงไทย สาขารังสิต-นครนายก คลอง 4 บัญชีกระแสรายวัน เลขที่บัญชี 148-6-00715-5

☐ ธนาคารกสิกรไทย สาขาคลอง 6 ธัญบุรี บัญชีออมทรัพย์ เลขที่บัญชี 416-2-22712-8

เมื่อโอนแล้ว กรุณาส่งหลักฐานการโอนเงินกลับทาง E-Mail: eau_heritage@eau.ac.th

4. การออกใบเสร็จ ☐ ไม่ต้องการ

☐ ต้องการออกใบเสร็จในนาม _____

ลงชื่อผู้สมัคร _____

(_____)

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ชั้น 4 อาคารชวน ขวัญชัย (ห้อง C423) มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
200 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
(วงเล็บมุมซองด้านขวา “สมาชิกวารสาร EAU”)

สำหรับเจ้าหน้าที่: หมายเลขสมาชิก _____ หมายเลขใบเสร็จ _____ ตั้งแต่วันที่ _____ ลงชื่อผู้สมัคร _____



โทรศัพท์ : 0-2577-1028 ต่อ 377, 378 โทรสาร : 0-2577-1053

<http://eauheritage.eau.ac.th/>

