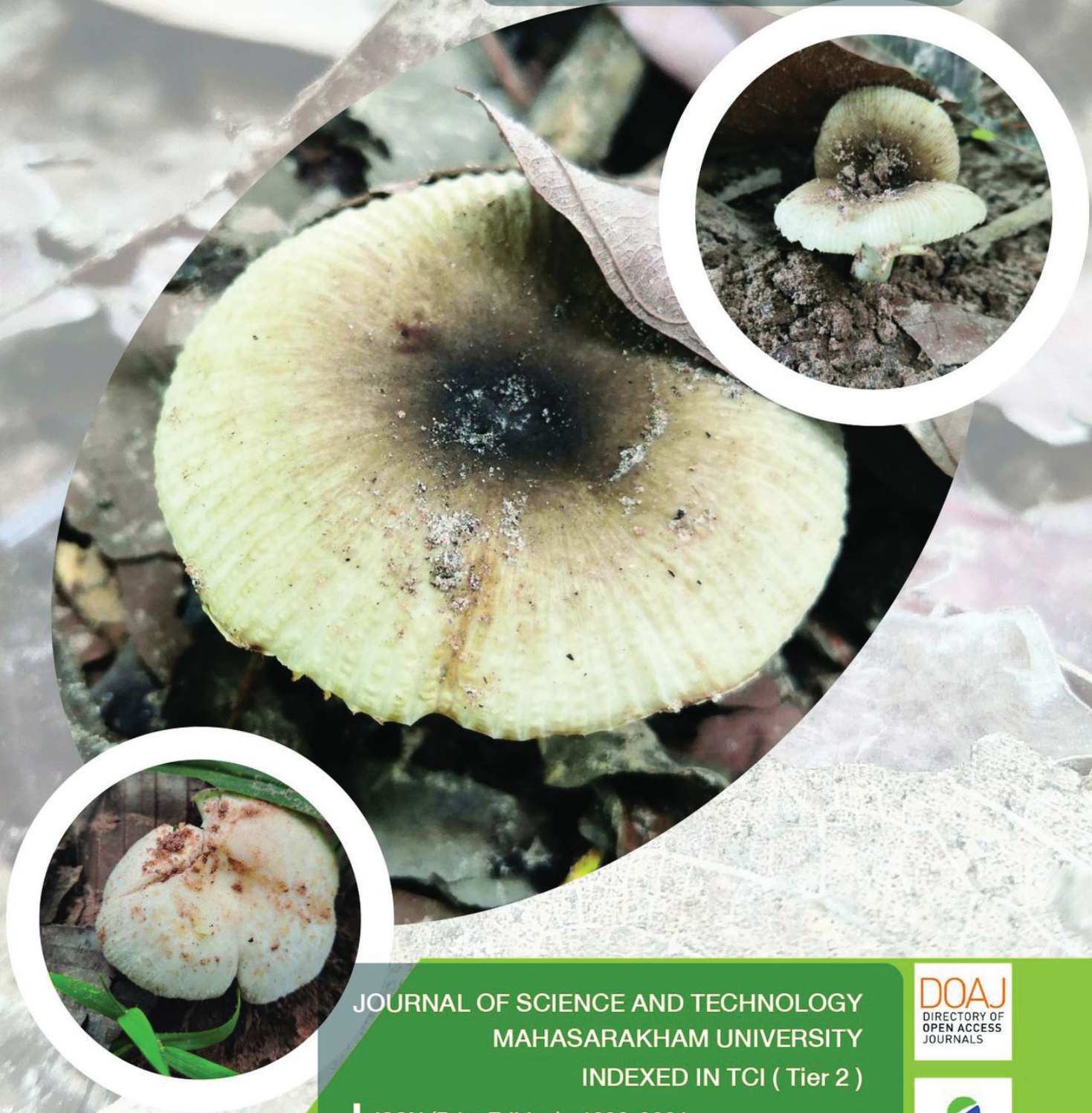


วารสาร

# วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ปีที่ 40 ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม 2564



JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
MAHASARAKHAM UNIVERSITY  
INDEXED IN TCI ( Tier 2 )

ISSN (Print Edition) : 1686-9664

ISSN (Online Edition) : 2586-9795

DOAJ  
DIRECTORY OF  
OPEN ACCESS  
JOURNALS

EBSCOhost

## วัตถุประสงค์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งเผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่มีคุณภาพของนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ โดยเผยแพร่บทความวิจัย (research article) บทความปริทัศน์ (review article) ในสาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ แพทยศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## เจ้าของ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
สำนักงานกองบรรณาธิการ  
กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ตำบลฆาตมเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150  
โทรศัพท์ภายใน 1754 โทรศัพท์/โทรสาร 0-4375-4416

## ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ ไข่มไผ่  
ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง  
ศาสตราจารย์ ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์

## บรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา

## ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.วัลยา สุทธิขำ  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ บุญเกิด  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ศาสตราจารย์ ดร.ละอองศรี เสนาะเมือง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อานเป็รื่อง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ เสนาะเมือง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ศาสตราจารย์ ดร.วงศา เล้าหศิริวงศ์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สายกระสุน  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ บุญยະลีพรพรรณ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญใจ กนกเมธากุล  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา อารมย์ดี  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญจง ขาวลิทธิวงษ์  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนอมแก้ว  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แสงประดับ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ คำเหม็ง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ยืน ภู่วรรณ  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ ดร.อรวิชัย กุมพล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ศิริเกษม ศิริลักษณ์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต บุญปก  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา เพียรชนะ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุขะเสนา  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลย์พร ทองเจริญบัวงาม  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ ละม่อม  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ณัฐพล ภูมิพันธ์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมนึก พ่วงพรพิทักษ์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
อาจารย์ เกสัชกร ดร.รักษ์จินดา วัฒนาลัย  
มหาวิทยาลัยสยาม  
Dr.Adrian R. Plant  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## เลขานุการ

ฉวีวรรณ อรรถะเศรษฐ์

## ผู้ช่วยเลขานุการ

พักรัตน์ไฉ รุ่งวิสัย  
จิรรัตน์ ภูสิ่ฤทธิ์

## กำหนดเผยแพร่

ปีละ 6 ฉบับ  
ฉบับที่ 1 มกราคม-กุมภาพันธ์  
ฉบับที่ 2 มีนาคม-เมษายน  
ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-มิถุนายน  
ฉบับที่ 4 กรกฎาคม-สิงหาคม  
ฉบับที่ 5 กันยายน-ตุลาคม  
ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน-ธันวาคม

บทความและความคิดเห็นในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นความคิดเห็นของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป และบทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สงวนสิทธิ์ตามกฎหมายไทย การจะนำไปเผยแพร่ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากกองบรรณาธิการเท่านั้น

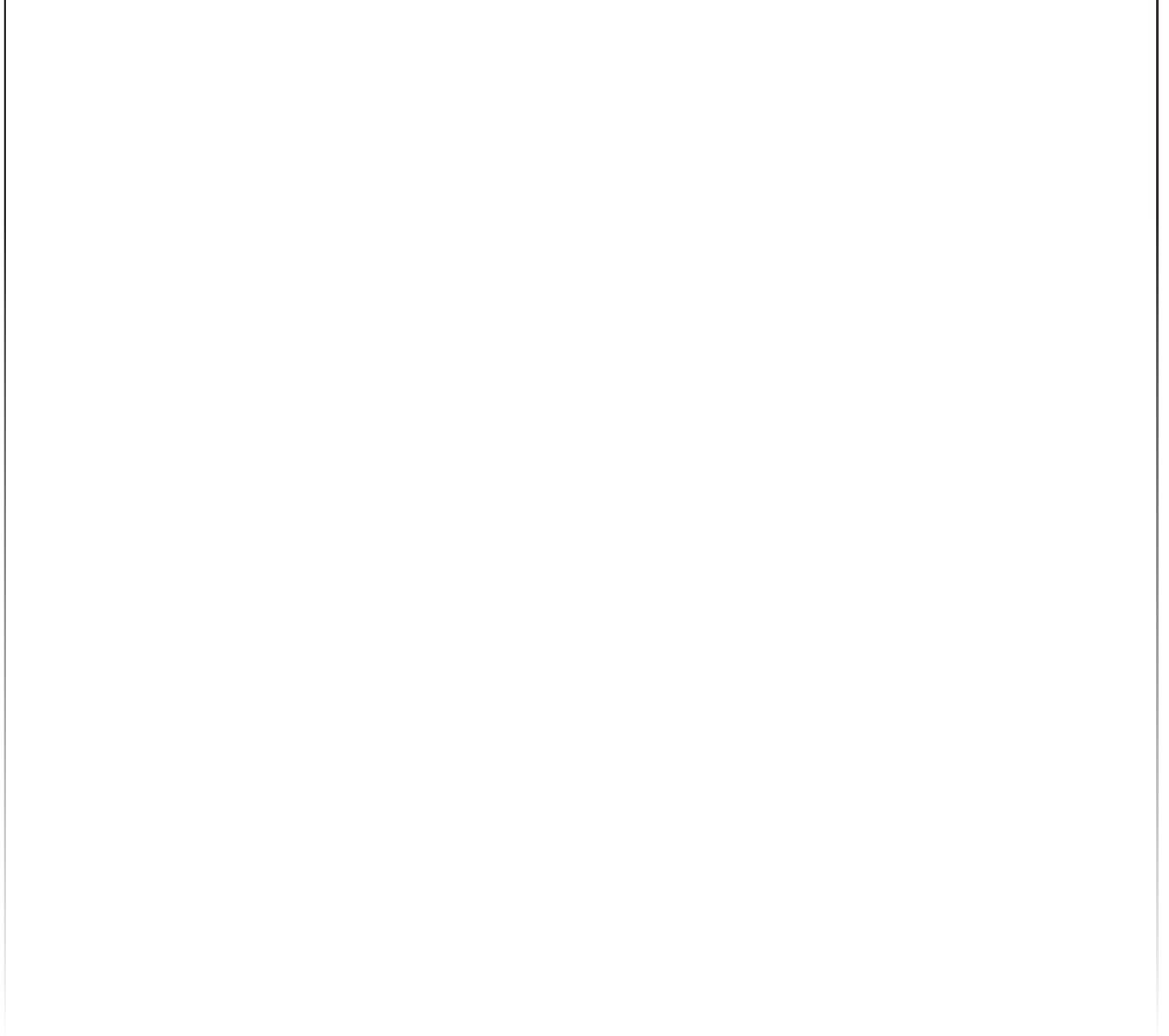
### เห็ดเห็ด ... Head-hed... หัวเห็ด

จากหัวเรื่อง “เห็ดเห็ด” ถ้าแปลตามความหมายของภาษาอีสาน “เห็ด” หมายถึง “ทำ” แต่เสียง “เห็ด” นี้ก็ไปพ้องกับเสียง “Head” ในภาษาอังกฤษที่แปลว่า “ศีรษะ” หรือ “หัว” ซึ่งในภาษาไทยใช้คำว่า “หัวเห็ด” ในความหมายเชิงเปรียบเทียบถึงสิ่งต่างๆ ที่มีลักษณะหัวบานแต่ก้านยาวเหมือนดอกเห็ด เช่น ไข่ เรียกตะปูชนิดหนึ่งสำหรับตอกสังกะสีที่มีหัวบานเหมือนดอกเห็ดว่าตะปูหัวเห็ด เป็นต้น นอกจากนี้ คำว่า หัว เห็ด ยังใช้เป็นสำนวนที่หมายถึง ลักษณะของผู้มีความทรหดอดทนและเกาะติดกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างแน่นแฟ้น เช่น นักข่าวหัวเห็ด นักร้องหัวเห็ด เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ น่าจะเป็นสิ่งที่ได้มาจากการสังเกตรวมชาติการเจริญเติบโตของเห็ด ที่มักจะเกาะติดกับพืชอาหารหรืออินทรีย์วัตถุที่เห็ดนั้นกำลังย่อยอยู่ เพื่อให้ได้เป็นสารอินทรีย์ขนาดเล็กสำหรับการเจริญของเห็ดเองและเป็นการช่วยหมุนเวียนสารอาหารในระบบนิเวศ เห็ด กลุ่มนี้จัดเป็นกลุ่มเห็ดผู้ย่อยสลาย (saprobe) เช่น เห็ดฟาง เห็ดโคน หรือเห็ดหน้าวัวน้อย ที่เป็นพระเอกบนปก ของวารสารฉบับนี้ นอกจากนี้ ยังมีเห็ดอีกกลุ่มที่มีการดำรงชีวิตร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่นแบบซิมไบโอซิส (symbiosis) ได้แก่ เห็ดกลุ่มที่พึ่งพาอาศัยกับพืช เช่น เห็ดเหาะ เห็ดไค เป็นต้น กับกลุ่มที่พึ่งพาอาศัยกับปลวก เช่น เห็ดโคน อย่างไรก็ดี ยังมีเห็ดที่ดำรงชีวิตแบบเป็นปรสิตของพืชยืนต้นหรือของเห็ดด้วยกัน เช่น เห็ดหลินจือ ซึ่งมีสรรพคุณทางยาที่รู้จักกันดีมาช้านาน

เมื่อการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลมาถึงอีกครั้ง จากร้อนสู่ฝน จากฝนกำลังจะเปลี่ยนเป็นหนาว ซึ่งเป็นฤดูกาลของการเก็บเห็ดป่า ที่มักจะมาในเวลาไล่เลี่ยกับปัญหาหมอกควัน จนบางครั้งทำให้ “การเก็บเห็ด” กลายเป็นจำเลยของสังคม ทั้งนี้ เพราะยังมีความเชื่อที่ว่า “ต้องเผาป่าก่อนเห็ดถึงจะออก” แต่หากพิจารณาให้ดี จะเห็นได้ว่า ความร้อนจากการเผาไหม้ นอกจากจะทำลายเชื้อเห็ด ซึ่งก็คือเชื้อราจำพวกหนึ่งที่อยู่ตามผิวดิน แล้วยังทำลายแหล่งอาหารพวกซากอินทรีย์วัตถุของเห็ดไปด้วย ดังนั้น นอกจากไม่ควรเผาป่าแล้ว เวลาเก็บเห็ดต้องเหลือส่วนหนึ่งไว้เป็นแม่เชื้อในธรรมชาติ ไม่ควรเก็บจนหมด และควรช่วยกันเติมอินทรีย์วัตถุให้ปกคลุม และรักษาความชุ่มชื้นของผืนป่าตามธรรมชาติไว้ เพื่อให้เราสามารถ “เห็ดเห็ด” กันได้ต่อไปอีกตราบนานเท่านาน เพราะไม่ว่า อาจะมีสารออกฤทธิ์สำคัญในเห็ดบางอย่างที่มีสรรพคุณทางยาที่เป็นเลิศ รอให้นักวิจัยมาค้นพบอยู่ก็เป็นได้

รองศาสตราจารย์ ดร.วัลยา สุทธิขำ

ผู้ช่วยบรรณาธิการ



## สารบัญ

### **Agricultural Science**

- ผลของวิธีการเตรียมและอุณหภูมิที่มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและคุณภาพของเมล่อน **341**  
**Effect of raw material preparation method prior drying and temperature in hot-air drying process on the drying time and melon of quality**  
วิเชียร ดวงสีเสน  
Wichian Duangsrisen

### **Engineering**

- การศึกษาการวัดแรงบิดโดยอ้อมโดยใช้คุณลักษณะการสั่นของมอเตอร์ขั้นสกรู **347**  
**Study of indirect torque measurement using vibration characteristics of screw motor**  
ทัศนีย์ โพธิ์ศรี, ชลธิ์ โพธิ์ทอง  
Tatsanee Phosri, Chonlatee Photong

- อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบคืนไฟต่อคุณสมบัติเชิงกลของมีดโต้ **356**  
**Optimal tempering process on mechanical properties of chopping knife**  
สมบัติ น้อยมิ่ง, วรณา หอมจะบก, มาโนช ริทธิโย, ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ  
Sombut Noyming, Wanna Homjabok, Manote Rithniyo, Narongsak Thammachot

### **Health Science**

- กลุ่มอาการที่พบจากการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน **369**  
**The physical symptoms from personnel computer using**  
วรินทร์ทิพย์ คงฤทธิ  
Varintip Khongrit

- การพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต ในกรุงเทพมหานคร **376**  
**Development of nursing system for coronary artery disease patients at Chinnakhet Hospital in Bangkok**  
สุทัศน์ สุภนาม, นิสรา เรืองกิจอุดม, สภาพร มนัสสทธิชัย  
Suthat Supanam, Nisa Ruangitudom, Sathaporn Manatsathit



# ผลของวิธีการเตรียมและอุณหภูมิที่มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและคุณภาพของเมล่อน

## Effect of raw material preparation method prior drying and temperature in hot-air drying process on the drying time and melon of quality

วิเชียร ดวงสีเสน<sup>1\*</sup>

Wichian Duangsrise<sup>1\*</sup>

Received: 20 May 2021 ; Revised: 30 July 2021 ; Accepted: 31 August 2021

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและคุณภาพของเมล่อนอบแห้ง โดยใช้เมล่อนสด ไม่ผ่านการปรับสภาพ (Untreated) เมล่อนที่ปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อน (BHW) และเมล่อนที่ปรับสภาพแช่ในสารละลายน้ำตาล (SS) อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50°C, 60°C และ 70°C จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิ ลมร้อน 70°C ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าอุณหภูมิลมร้อน 60°C และ 50°C ตามลำดับ เมล่อนที่ปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อนใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าเมล่อนสด ไม่ผ่านการปรับสภาพ และเมล่อนที่ปรับสภาพแช่ในสารละลายน้ำตาล ตามลำดับ อุณหภูมิ ลมร้อน 70°C มีการหดตัวต่ำกว่า อุณหภูมิ 60°C และ 50°C ตามลำดับ เมล่อนที่ปรับสภาพแช่ในสารละลายน้ำตาล มีการหดตัวต่ำกว่าเมล่อนสดไม่ผ่านการปรับสภาพ และเมล่อนที่ปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อน ตามลำดับ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าความสว่าง (L\*), ค่าความเป็นสีแดง (a\*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b\*) ของตัวอย่างเมล่อนอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้น เมล่อนสดไม่ผ่านการปรับสภาพ และเมล่อนที่ปรับสภาพแช่ในสารละลายน้ำตาล การอบแห้งที่อุณหภูมิที่ต่างกันให้ค่าความแตกต่างของสีรวม ( $\Delta E^*$ ) ใกล้เคียงกัน ส่วนเมล่อนที่ปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อนมีค่าความแตกต่างสีรวม ( $\Delta E^*$ ) แตกต่างจากเมล่อนสดไม่ผ่านการปรับสภาพ และเมล่อนที่ปรับสภาพแช่ในสารละลายน้ำตาล

**คำสำคัญ:** การอบแห้งเมล่อน คุณสมบัติเมล่อนอบแห้ง การอบแห้งแบบลมร้อน

### Abstract

This research aimed to study the drying time and qualities of dried melon prepared from fresh melon, melon blanched in 88°C hot water and melon which had been soaked in 10% (w/w) syrup. Samples were dried with a hot-air oven at 3 different temperatures (50°C, 60°C and 70°C). The results showed that a hot air temperature of 70°C took less time to dry than at 60°C and 50°C. Blanched melons took less time to dry than untreated melons and melons that had been soaking in syrup. At 70°C hot air drying temperature, shrinkage was less than at 60°C and 50°C. Melons that had been soaking in syrup experienced less than the untreated or blanched melons. The brightness (L\*), redness (a\*), and yellowness (b\*) of the dried melon samples increased as the drying temperature increased. The total color difference ( $\Delta E^*$ ) between untreated melons and melons that had been soaking in syrup and dried at different temperatures was similar. For blanched melons, the total color difference ( $\Delta E^*$ ) was different from that of untreated melons and melons that had been soaking in syrup.

**Keywords:** Melon Drying, Properties of Dried Melon, Hot air Drying

<sup>1</sup> อาจารย์, คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ พระนครศรีอยุธยา 13000

<sup>1</sup> Lecturer, Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phranakhonsiyutthaya, 13000

\* Corresponding author: Wichian Duangsrise, Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phranakhonsiyutthaya, 13000, e-mail: Wichian.d@rmutsb.ac.th

## บทนำ

เมล่อน (*Cucumis melo* L.) สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตที่มีอากาศอบอุ่นมีแสงแดดเพียงพอและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ด้วยรสชาติที่หวานหอม จึงเป็นที่ต้องการของตลาดและราคาแพงทำให้เกิดการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและการปรับปรุงพันธุ์เมล่อนต่อเนื่องมาตามลำดับ ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกเมล่อน 6,120 ไร่ จำนวนผู้ปลูก 570 ราย ในพื้นที่ 26 จังหวัด ผลผลิตรวม 9,547.71 ตันหรือ 2,035 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดลพบุรี นครสวรรค์ พระนครศรีอยุธยา และสระบุรี (พวงทิพย์ บุญช่วย, 2560) สายพันธุ์ที่ใช้ปลูก คือ เมล่อนตาข่ายเนื้อสีส้ม เมล่อนตาข่ายเนื้อสีเขียว เมล่อนสีทองผิวเรียบเนื้อสีส้ม เมล่อนสีทองผิวเรียบเนื้อสีขาว และเมล่อนสีทองผิวเรียบเนื้อสีเขียว เมล่อนที่ได้มี 3 เกรด คือเกรด A น้ำหนักผล 1.3-2.5 กิโลกรัม ราคา 100 บาท/กิโลกรัม เกรด B น้ำหนักผล 1-1.2 กิโลกรัม ราคา 45 บาท/กิโลกรัม (ราคาสินค้าเกษตร, 2564) และเมล่อนที่ขนาดไม่ได้ตามข้อกำหนดเบื้องต้น เช่น น้ำหนักต่ำกว่า 1 กิโลกรัม หรือมากกว่า 2.5 กิโลกรัม เรียกได้ว่าเป็น เมล่อนตกเกรด ซึ่งเมล่อนเหล่านี้จะมีช่องทางในการจำหน่ายน้อยมาก หรือถ้ามีการนำออกจำหน่ายในราคาต่ำเกินไป อาจทำให้กลไกทางการตลาดเสียหายได้ เนื่องจากจะทำให้เมล่อนที่ได้คุณภาพ (เมล่อนเกรด A และเมล่อนเกรด B) ราคาต่ำตามไปด้วย จึงจำเป็นต้องมีการหาช่องทางในการจำหน่ายเมล่อนตกเกรดด้วยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ซึ่งการอบแห้งเป็นอีกทางเลือกที่ไม่ซับซ้อน การอบแห้งผลไม้จะไม่ส่งผลกระทบต่อสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย เกลือแร่ และวิตามินอื่นๆ เมื่อเทียบกับวิธีการแปรรูปแบบอื่น มีระยะเวลาในการเก็บรักษานานเมื่อเก็บรักษาด้วยวิธีที่เหมาะสมช่วยลดต้นทุนในการขนส่ง และเก็บรักษา สามารถจำหน่ายได้ตลอดทั้งปี

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและคุณภาพของเมล่อนที่ผ่านการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนโดยมีปัจจัยการทดลอง คือ เมล่อนสดไม่ผ่านการปรับสภาพ และเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพ 2 วิธีการคือการลวกด้วยน้ำร้อนเนื่องจากการลวกด้วยน้ำร้อนจะช่วยในการยับยั้งเอนไซม์ที่ทำให้เนื้อ เมล่อนเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลได้ในขณะทำการอบแห้ง (จินตนา ศรีผุย, 2546) และการแช่ด้วยน้ำเชื่อมซึ่งเป็นการคายน้ำด้วยการออสโมติก (Osmotic) เพื่อเป็นการลดระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (Jalal *et al.*, 2018) ใช้อุณหภูมิการอบแห้งที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 50°C, 60°C (Gabriella *et al.*, 2016) และ 70°C เพื่อประเมินระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง การหดตัวของเมล่อนอบแห้ง และคุณภาพสีของเมล่อนอบแห้ง

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

### 1. การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) จัดการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Experiment) โดยมีปัจจัยการศึกษาปัจจัยที่ 1 คือ อุณหภูมิ 3 ระดับ (50°C, 60°C, 70°C) และปัจจัยที่ 2 คือ วิธีเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการอบแห้ง 3 วิธี (เมล่อนสดไม่ผ่านการปรับสภาพ, เมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อน, เมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพแช่ด้วยน้ำเชื่อม) โดยนำแต่ละระดับของทุกปัจจัยมาทดลองร่วมกันเป็นทรีตเมนต์ (Treatment combinations) โดยวัดค่าผลการทดลอง 3 ค่า คือระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง การหดตัวของเมล่อนอบแห้ง และคุณภาพสีของเมล่อนอบแห้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

### 2. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

เน็ตท์เมล่อน (Netted melon) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucumis melo* L. var. *reticulate* เป็นชนิดที่ผิวนอกของผลมีลักษณะขรุขระเป็นร่างแหคลุมทั้งผล และผลมีกลิ่นหอม เนื้อผลเป็นสีเขียว หรือสีส้ม (ปรีชา หวังพิทักษ์, มปป.) โดยใช้เมล่อนตกเกรดจากการคัดทิ้งของเกษตรกรผู้ปลูกเมล่อนวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเมล่อนหมู่ใหญ่ร่วมใจพัฒนา อ.ลาดบัวหลวง จ.พระนครศรีอยุธยา โดยเลือกใช้เมล่อนที่มาจากรอบการผลิตเดียวกันมีน้ำหนักผล  $1.2 \pm 0.2$  kg ฝามะล่อนออกเป็น 4 ส่วนตามแนวยาวของ เมล่อน และตัดส่วนหัวและส่วนท้ายในลักษณะตามขวางของผลออกให้เหลือส่วนกลางผลความยาว  $50 \pm 0.5$  mm นำตัวอย่างที่ได้มาตัดในลักษณะตามขวางให้ได้ความหนา (T)  $15 \pm 0.5$  mm นำตัวอย่างที่ได้มาตัดให้มีขนาดกว้าง (W)  $20 \pm 0.5$  mm และยาว (L)  $50 \pm 0.5$  mm โดยขึ้นตัวอย่างที่ได้จะมีขนาด (WxLxT) คือ  $20 \pm 0.5$  mm x  $50 \pm 0.5$  mm x  $15 \pm 0.5$  mm

### 3. การปรับสภาพเมล่อนก่อนอบแห้ง

3.1 ลวกด้วยน้ำร้อน (Blanched in Hot Water, BHW): ลวกเมล่อนด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 88°C นาน 3 min ลดอุณหภูมิด้วยการแช่ในน้ำเย็น (จินตนา ศรีผุย, 2546)

3.2 แช่ในสารละลายน้ำตาล (Soaked with Syrup, SS): แช่เมล่อนในสารละลายน้ำตาลเข้มข้น 10% (w/w) ในสภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 120 min โดยแช่เมล่อนด้วยอัตราส่วนเมล่อนต่อน้ำเชื่อม 1:5 (w/w) (Jalal *et al.*, 2018)

### 4. การอบแห้ง

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของเมล่อนตามมาตรฐาน AOAC (AOAC, 2000) ใช้ตู้อบลมร้อนแบบหมุนเวียนอากาศ (BINDER Scientific, MODEL: FED53) อุณหภูมิในตู้อบแห้ง  $70 \pm 1^\circ\text{C}$  ที่ความดันบรรยากาศ (Mustafa *et al.*, 2016)



การศึกษาคุณสมบัติการอบแห้งเมล่อนด้วยตู้อบลมร้อนแบบหมุนเวียนอากาศยี่ห้อ WTB BINDER ควบคุมอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (BINDER Scientific, MODEL: FED53) โดยใช้อุณหภูมิการอบแห้ง 3 ระดับ คือ 50°C, 60°C (Gabriella *et al.*, 2016) และ 70°C ครั้งละ 10 ชั่วโมง โดยใช้ตัวอย่างในการทดลองเป็นเมล่อนสดที่ได้จากการเตรียมขนาด 20±0.5 mm x 50±0.5 mm x 15±0.5 mm (WxLxT) ไม่ผ่านการปรับสภาพ และเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพ 2 วิธีการคือการลวกด้วยน้ำร้อน (จินตนา ศรีฟูย, 2546) และการแช่ในสารละลายน้ำตาล (Jalal *et al.*, 2018) นำมาชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ละชิ้นด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (RADWAG, WL C2/2A) วางบนถาดตะแกรงที่ทำสัญลักษณ์หมายเลขไว้ (1-10) ตามลำดับการชั่ง นำถาดตะแกรงที่ใส่เมล่อนเข้าตู้อบลมร้อนระหว่างการทดลองให้นำถาดตะแกรงที่ใส่ เมล่อนออกจากตู้อบลมร้อนเพื่อเก็บข้อมูลทุกๆ 60 min เพื่อเก็บข้อมูลน้ำหนักที่เปลี่ยนไป พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นให้นำเข้าตู้อบเช่นเดิมทำซ้ำโดยใช้เมล่อนชิ้นเดียวกันในกาเก็บข้อมูลเสมอจนเมล่อนเหลือความชื้น 11±5% wet-basis (สุภวรรณ ฐิระวณิชย์กุล และคณะ, 2555) ทำการทดลอง 3 ซ้ำการทดลอง โดยมีน้ำหนักตัวอย่างเฉลี่ย 18±2 g ต่อซ้ำการทดลอง

## 5. การวิเคราะห์คุณภาพของเมล่อนอบแห้ง

5.1 การทดสอบการหดตัว: นำข้อมูลที่ได้จากการวัดขนาดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ (Mitutoyo series 530) (สุภวรรณ ฐิระวณิชย์กุล และคณะ, 2555) โดยวัดขนาดจากตัวอย่างเมล่อนก่อนอบแห้ง และเมล่อนอบแห้งหลังผ่านการอบแห้งจนเหลือความชื้น 11±5% wet-basis (WxLxT) หาปริมาตรของตัวอย่างเมล่อนจากสมการที่ (1)

$$V = W \times L \times T \quad (1)$$

เมื่อ V คือปริมาตรของตัวอย่างเมล่อน (mm<sup>3</sup>), W คือความกว้างของตัวอย่างเมล่อน (mm), L คือความยาวของตัวอย่างเมล่อน (mm), T คือความหนาของตัวอย่าง เมล่อน (mm)

การหดตัวคืออัตราส่วนของปริมาตรเริ่มต้นของตัวอย่างสดต่อปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่างแห้งที่ความชื้น 11±5% wet-basis โดยหาได้จากสมการที่ (2) (Jalal *et al.*, 2018)

$$S = \left(1 - \frac{V_1}{V_0}\right) \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ S คือเปอร์เซ็นต์ของการหดตัว, V<sub>1</sub> คือปริมาตรของตัวอย่างเมล่อนที่เวลา t หรือปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่างเมล่อนอบแห้ง (mm<sup>3</sup>), V<sub>0</sub> คือปริมาตรเริ่มต้นของตัวอย่างเมล่อน (mm<sup>3</sup>)

5.2 การทดสอบคุณภาพด้านสีของเมล่อนอบแห้ง: วิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์สี (Color Flex Standards Box, model CX2428, USA) ค่าสีที่วัดได้ใช้หน่วยระบบสี CIE (L\*, a\*, b\*) โดยค่าสีสามารถอธิบายได้ดังนี้ L\* (Lightness) คือค่าความสว่าง โดยที่ค่าบวกลบหมายถึงความสว่าง และค่าลบหมายถึงถึงความมืด, a\* (Redness) คือค่าที่บ่งบอกถึงความแดงหรือ สีเขียว โดยที่ค่าบวกลบหมายถึงอยู่ในทิศทางของสีแดง และค่าลบหมายถึงอยู่ในทิศทางของสีเขียว, b\* (Yellowness) คือค่าที่บ่งบอกถึงความเหลืองหรือสีน้ำเงิน โดยที่ค่าบวกลบหมายถึงอยู่ในทิศทางของสีเหลือง และค่าลบหมายถึงอยู่ในทิศทางของสีน้ำเงิน (สุภวรรณ ฐิระวณิชย์กุล และคณะ, 2555) วัดค่าสีโดยใช้ตัวอย่างครั้งละ 3 ซ้ำการทดลอง

ค่าความแตกต่างของสีรวมระหว่างตัวอย่างเมล่อนอบแห้งกับตัวอย่างเมล่อนสดสามารถหาได้จากสมการที่ (3) (Gabriella *et al.*, 2016)

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (3)$$

เมื่อ ΔE\* คือค่าความแตกต่างของสีรวมระหว่างตัวอย่างเมล่อนอบแห้งกับตัวอย่างเมล่อนสด (Total color difference, TCD), L\* คือค่าความสว่างของตัวอย่าง เมล่อนอบแห้ง, คือค่าความสว่างของตัวอย่างเมล่อนสด, a\* คือค่าความเป็นสีแดง/สีเขียวของตัวอย่างเมล่อนอบแห้ง, คือค่าความเป็นสีแดง/สีเขียวของตัวอย่าง เมล่อนสด, b\* คือค่าความเป็นสีเหลือง/สีน้ำเงินของตัวอย่างเมล่อนอบแห้ง, คือค่าความเป็นสีเหลือง/สีน้ำเงินของตัวอย่างเมล่อนสด

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณภาพด้านสีของเมล่อนอบแห้งมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรม SPSS ช่วยในการวิเคราะห์โดยรายงานเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## ผลและการวิจารณ์ผล

### 1. ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

จากการอบแห้งเมล่อนด้วยวิธีการเตรียมตัวอย่างเมล่อน 3 วิธีการคือ เมล่อนสดไม่ผ่านการปรับสภาพ ความชื้นเริ่มต้น 84.87±0.42% wet basis เมล่อนสดที่ผ่านการปรับ

สภาพลวกด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 88°C นาน 3 min ความชื้นเริ่มต้น  $87.45 \pm 0.68\%$  wet basis และเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายน้ำตาลเข้มข้น 10% (w/w) ความชื้นเริ่มต้น  $86.85 \pm 0.38\%$  wet basis ใช้อุณหภูมิลวก 3 ช่วงอุณหภูมิคือ 50°C, 60°C และ 70°C

พบว่าปัจจัยของอุณหภูมิลวกที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งจาก Figure 1 จะเห็นว่าการใช้เวลาที่ใช้ในการอบแห้งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิลวก เมื่ออบแห้งด้วยอุณหภูมิลวก 50°C, 60°C และ 70°C โดยที่อุณหภูมิลวก 70°C จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าอุณหภูมิลวก 60°C และ 50°C ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Mustafa *et al.*, 2016)

วิธีการเตรียมตัวอย่างเมล่อนทั้ง 3 วิธีการ ก่อนการอบแห้งมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งจาก Figure 1 จะเห็นว่าที่อุณหภูมิลวกที่เท่ากันเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อน (BHW) จะใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการเตรียมตัวอย่างเมล่อนด้วยวิธีการอื่นเนื่องจากการลวกทำให้เกิดการถ่ายเทความชื้นภายในเนื้อเมล่อนได้เพิ่มขึ้น ทำให้ความชื้นของเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อน (BHW) ลดลงเร็วกว่าการเตรียมตัวอย่างเมล่อนด้วยวิธีการอื่น (วิจิตรา เหลียวตระกูล และวชิรญา เหลียวตระกูล, 2564) ส่วนเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายน้ำตาล (SS) ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสูงกว่าการเตรียมตัวอย่างเมล่อนด้วยวิธีการอื่นเนื่องจากการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายน้ำตาลจะเกิดกลไกการแลกเปลี่ยนระหว่างสารละลายน้ำตาลกับน้ำภายในเนื้อเมล่อนทำให้ปริมาณของแข็งภายในเนื้อ เมล่อนเพิ่มขึ้น (Jalal *et al.*, 2018) เมื่ออบแห้งด้วยอุณหภูมิร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ผิวของเมล่อนเกิดเป็นโซนแข็งที่ผิวของเมล่อนเนื่องจากการจับตัวของน้ำตาลในเนื้อเมล่อนทำให้เมล่อนเกิดการหดตัวน้อยลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (สุภวรรณ ภูริระวิชย์กุล และคณะ, 2555) ซึ่งโซนแข็งที่เกิดขึ้นที่ผิวของเมล่อนทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความชื้นภายในเนื้อเมล่อนออกสู่ออกสู่อากาศแวดล้อมลดลงทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้นจากการทดลองจึงพบว่าเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อน (BHW) ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าเมล่อนสดไม่ผ่านการปรับสภาพ (Untreated) และเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายน้ำตาล (SS) ตามลำดับ

## 2. คุณภาพของเมล่อนอบแห้ง

### 2.1 การหดตัวของเมล่อนอบแห้ง

จากผลการทดลองดังแสดงใน Figure 2 พบว่าอุณหภูมิลวกมีผลต่อการหดตัวของเมล่อนอบแห้ง เนื่องด้วยการหดตัวของเมล่อนในกระบวนการอบแห้งเกิดจากการถ่ายเทความร้อนระหว่างลวกกับเมล่อนทำให้น้ำที่อยู่

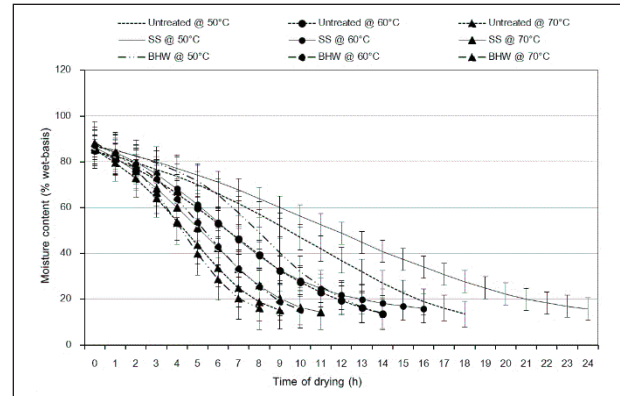


Figure 1 Drying curve: wet basis moisture content versus drying time

ภายในเนื้อของเมล่อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นเกิดความแตกต่างของความดันไอของน้ำภายในเนื้อของเมล่อนกับอากาศแวดล้อมทำให้น้ำหรือความชื้นที่อยู่ภายในเนื้อเกิดการเคลื่อนที่ออกสู่อากาศแวดล้อมเมื่อปริมาณน้ำเคลื่อนที่ออกจากเนื้อของเมล่อนจะทำให้ปริมาตรภายในเนื้อเมล่อนลดลงและเกิดการหดตัว ด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำทำให้กลไกการถ่ายเทความร้อนและการคายความชื้นภายในเนื้อเมล่อนต่ำกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิที่สูง ในทางกลับกันเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นการระเหยของน้ำหรือความชื้นที่ผิวของเมล่อนจะสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ผิวของเมล่อนเกิดเป็นโซนแข็งที่ผิวของเมล่อนเนื่องจากการจับตัวของน้ำตาลในเนื้อเมล่อนทำให้เมล่อนเกิดการหดตัวน้อยลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (สุภวรรณ ภูริระวิชย์กุล และคณะ, 2555) ที่ได้อธิบายกลไกการหดตัวแบบนี้ว่าสามารถเกิดขึ้นได้กับการอบแห้งผลไม้ที่มีปริมาณน้ำตาลและแป้งที่สูงจากการทดลองจึงพบว่าที่อุณหภูมิลวก 70°C มีอัตราการหดตัวต่ำกว่าอุณหภูมิ 60°C และ 50°C ตามลำดับ

จากผลการทดลองดังแสดงใน Figure 2 พบว่าวิธีการเตรียมตัวอย่างเมล่อนทั้ง 3 วิธีการ ก่อนการอบแห้งมีผลต่อการหดตัวของเมล่อนอบแห้งจากกลไกการถ่ายเทความร้อนและการคายความชื้นภายในเนื้อ เมล่อน พบว่าเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อน (BHW) ความร้อนจากน้ำร้อนทำให้น้ำเซลล์ของเมล่อนสูญเสียความแข็งแรงลง (เสกสรร วงศ์ศิริ และคณะ, 2561) ซึ่งได้อธิบายถึงการสูญเสียความแข็งแรงของผนังเซลล์ของพืชเมื่อได้รับความร้อนจากไอน้ำ จากการที่ผนังเซลล์ของ เมล่อนสูญเสียความแข็งแรงลง เมื่อนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิที่เท่ากันกับการเตรียมตัวอย่างเมล่อนด้วยวิธีการอื่น จะทำให้เกิดการหดตัวที่สูงกว่า ในทางกลับกันเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายน้ำตาลจะเกิดกลไกการแลกเปลี่ยนระหว่างสารละลายน้ำตาลกับน้ำภายในเนื้อเมล่อนด้วยหลักการ

ออสโมติก (Osmotic) ทำให้ปริมาณของแข็งภายในเนื้อเมล่อนเพิ่มขึ้น (Jalal *et al.*, 2018) เมื่อเกิดกลไกการถ่ายเทความร้อนและการคายความชื้นภายในเนื้อเมล่อนขึ้นของแข็งที่แทรกซึมอยู่ในเนื้อเมล่อนจะไม่เกิดการหดตัวทำให้การหดตัวของเมล่อนต่ำกว่าวิธีการเตรียมตัวอย่างเมล่อนด้วยวิธีการอื่น จากการทดลองจึงพบว่า เมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายน้ำตาล (SS) มีการหดตัวต่ำกว่าเมล่อนสดไม่ผ่านการปรับสภาพ (Untreated) และเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อน (BHW) ตามลำดับ

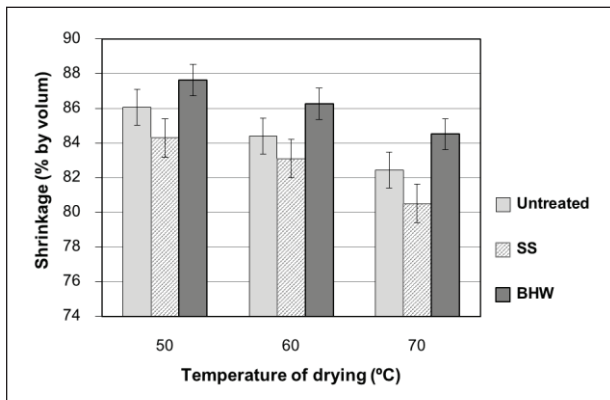


Figure 2 Shrinkage variations of dried melon at 50, 60 and 70°C

## 2.2 การวิเคราะห์ทางด้านสีของเมล่อนอบแห้ง

อุณหภูมิความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งและวิธีการเตรียมตัวอย่างเมล่อนทั้ง 3 วิธีการ ก่อนการอบแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเมล่อน จาก Table 1 แสดงค่าสีที่ได้จากการวัดตัวอย่างเมล่อนสด และตัวอย่างเมล่อนอบแห้งพบว่าค่าความสว่าง ( $L^*$ ) เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) เพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (สุภวรรณ ภูริระวีชัยกุล และคณะ, 2555) ที่ได้อธิบายการเปลี่ยนแปลงสีของขนุนอบแห้งที่อุณหภูมิความร้อนระดับต่างๆ ค่าความแตกต่างของสีรวม ( $\Delta E^*$ ) ระหว่างตัวอย่างตัวอย่างเมล่อนสดกับเมล่อนอบแห้ง พบว่า เมล่อนสดไม่ผ่านการปรับสภาพ (Untreated) และเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายน้ำตาล (SS) และอุณหภูมิความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง 3 ระดับ ให้ค่าความแตกต่างของสีรวมที่ใกล้เคียงกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อน (BHW) ให้ค่าความแตกต่างของสีรวม ( $\Delta E^*$ ) ที่แตกต่างออกไปโดยการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิความร้อน 50°C ให้ค่าความแตกต่างของสีรวม ( $\Delta E^*$ ) สูงกว่าวิธีการอื่นส่วนอุณหภูมิความร้อน 60°C ให้ค่าความแตกต่างของสีรวม ( $\Delta E^*$ ) ต่ำกว่าวิธีการอื่น

Table 1 Fresh and dried melon samples' color values

Drying temperature (°C)	Color of products			
	Lightness ( $L^*$ )	Redness ( $a^*$ )	Yellowness ( $b^*$ )	$\Delta E^*$
Untreated				
50	36.82±0.18 <sup>g</sup>	20.35±0.08 <sup>bgj</sup>	28.11±0.44 <sup>gh</sup>	29.10±0.25 <sup>abdeg</sup>
60	38.16±0.45 <sup>bcd</sup>	23.61±0.81 <sup>adh</sup>	33.80±0.37 <sup>bcd</sup>	29.47±0.85 <sup>abdeg</sup>
70	41.88±0.04 <sup>a</sup>	25.61±1.77 <sup>def</sup>	42.58±4.35 <sup>a</sup>	30.14±1.31 <sup>abdeg</sup>
Blanching (88°C, 3 min.)				
50	29.89±0.55 <sup>i</sup>	20.90±0.56 <sup>bghi</sup>	19.69±1.34 <sup>i</sup>	37.25±0.64 <sup>i</sup>
60	42.70±0.41 <sup>f</sup>	25.02±1.28 <sup>def</sup>	34.38±2.41 <sup>bcd</sup>	26.68±0.79 <sup>f</sup>
70	38.35±0.59 <sup>bcd</sup>	27.69±1.71 <sup>ce</sup>	36.23±2.01 <sup>bcd</sup>	31.95±1.16 <sup>ch</sup>
Sucrose solution 10% (w/w)				
50	34.60±0.05 <sup>h</sup>	22.70±0.19 <sup>bghi</sup>	26.95±1.00 <sup>gh</sup>	32.19±0.03 <sup>ch</sup>
60	41.17±0.10 <sup>e</sup>	26.16±0.20 <sup>acef</sup>	39.05±1.20 <sup>bce</sup>	29.51±0.28 <sup>abdeg</sup>
70	38.62±0.03 <sup>bcd</sup>	21.13±0.24 <sup>bghi</sup>	36.70±0.75 <sup>bcd</sup>	28.42±0.29 <sup>abdeg</sup>

Means within the same column followed by different letters are significantly different at the 95% confidence level.

Note: Fresh melon samples' color values ( $L^*$  = 63.51±0.07,  $a^*$  = 8.98±0.16,  $b^*$  = 30.34±0.25)

## สรุปผล

จากการทดสอบอบแห้งเมล่อนด้วยตู้อบลมร้อนพบว่าอุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งโดยที่อุณหภูมิลมร้อน 70°C จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าอุณหภูมิลมร้อน 60°C และ 50°C ตามลำดับ วิธีการเตรียมตัวอย่างเมล่อนก่อนการอบแห้งมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งโดยที่เมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อน (BHW) ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าเมล่อนสดไม่ผ่านการปรับสภาพ (Untreated) และเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายน้ำตาล (SS) ตามลำดับ อุณหภูมิลมร้อนมีผลต่อการหดตัวของ เมล่อนอบแห้งคืออุณหภูมิลมร้อน 70°C มีค่าการหดตัวต่ำกว่าอุณหภูมิ 60°C และ 50°C ตามลำดับ วิธีการเตรียมตัวอย่างเมล่อนก่อนการอบแห้งมีผลต่อการหดตัวของเมล่อนอบแห้งโดยที่เมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายน้ำตาล (SS) มีการหดตัวต่ำกว่าเมล่อนสดไม่ผ่านการปรับสภาพ (Untreated) และเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อน (BHW) ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีของเมล่อนพบว่า เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าความสว่าง ( $L^*$ ), ค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) ของตัวอย่างเมล่อนอบแห้งเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความแตกต่างของสีรวม ( $\Delta E^*$ ) ระหว่างตัวอย่างตัวอย่างเมล่อนสดกับเมล่อนอบแห้งพบว่าเมล่อนสด ไม่ผ่านการปรับสภาพ (Untreated) และเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายน้ำตาล (SS) ให้ค่าความแตกต่างของสีรวมที่ใกล้เคียงกันทั้งวิธีการเตรียมตัวอย่างเมล่อนก่อนการอบแห้ง และการอบแห้งที่อุณหภูมิที่ต่างกัน ส่วนเมล่อนที่ผ่านการปรับสภาพลวกด้วยน้ำร้อน (BHW) ให้ค่าความแตกต่างของสีรวม ( $\Delta E^*$ ) ที่แตกต่างออกไปโดยการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิลมร้อน 50°C ให้ค่าความแตกต่างของสีรวม ( $\Delta E^*$ ) สูงกว่าวิธีการอื่นส่วนอุณหภูมิลมร้อน 60°C ให้ค่าความแตกต่างของสีรวม ( $\Delta E^*$ ) ต่ำกว่าวิธีการอื่น

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเมล่อนหมู่ใหญ่ร่วมใจพัฒนา ที่ได้เอื้อเฟื้อสนับสนุนเมล่อนตกรวดที่ได้จากการคัดคุณภาพ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิที่ได้จัดกิจกรรมลงสำรวจปัญหาชุมชนจนได้นำมาสู่การทดลองนี้ และได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลอง

## เอกสารอ้างอิง

- จินตนา ศรีฟูย. (2546). การแปรรูปผักและผลไม้แช่แข็ง. *วารสารศูนย์บริการวิชาการ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 58-64.
- ปรีชา หวังพิทักษ์. (มปป). *การปลูกแตงเทศ*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พวงทิพย์ บุญช่วย. (2562, 16 พฤศจิกายน). *สถานการณ์การปลูกแคนตาลูปรายจังหวัด ปี 2559*. <https://www.kasetprice.com/>. <http://www.agriinfo.doe.go.th/year60/plant/rrotor/veget/18.pdf>.
- ราคาสินค้าเกษตร. (2564, 20 พฤษภาคม). <https://www.kasetprice.com/>.
- วิจิตรา เหลียวตระกูล และวชิรญา เหลียวตระกูล. (2564). ผลการเตรียมขึ้นต้นและอุณหภูมิการทำแห้งต่อคุณภาพทางกายภาพเคมี และ ปริมาณจุลินทรีย์ของผักพื้นบ้านอบแห้ง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วทอ.)*, 29(1), 134-147.
- สุภวรรณ ภูริระวีชัยกุล, สากีนา ลาแมปะะ, และยุทธนา ภูริระวีชัยกุล. (2555). การอบแห้งขนุนด้วยพลังงานความร้อนร่วมของรังสีอินฟราเรด/ไมโครเวฟ และลมร้อน: จลนพลศาสตร์คุณภาพและการทดสอบประสาทสัมผัส. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 17(1), 117-129.
- เสกสรร วงศ์ศิริ, จารุวรรณ ดรเถื่อน, กนกอร นันบุญ. (2561). ผลของการลวกด้วยไอน้ำและอุณหภูมิจากการทำแห้งต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อผลเฒ่าและกากผลเฒ่า. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 49, 530-533.
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis of AOAC Association of Analytical Communities*.
- Gabriella, D., Zilmar M., Rafael A.B., Carlos B.O., Shirley, C.R. & Patrícia, M.A. (2016). Pretreatments for melon drying implementing ultrasound and vacuum. *Journal of LWT-Food Science and Technology*, 114-119.
- Jalal, D., Seyed-Hamed, H. & Maryam, K. (2018). Multi-stage continuous and intermittent microwave drying of quince fruit coupled with osmotic dehydration and low temperature hot air drying. *Journal of Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 132-151.
- Mustafa, A., Seyfi, S., Ali, A., & Atallah, K. (2016). Analysis of drying of melon in a solar-heat recovery assisted infrared dryer. *Journal of Solar Energy*, 137, 500-515.

# การศึกษาการวัดแรงบิดโดยอ้อมโดยใช้คุณลักษณะการสั่นของมอเตอร์ขันสกรู

## Study of indirect torque measurement using vibration characteristics of screw motor

ทัศนีย์ โพธิ์ศรี<sup>1</sup>, ชลธิ์ โพธิ์ทอง<sup>2</sup>

Tatsanee Phosri<sup>1</sup>, Chonlatee Photong<sup>2</sup>

Received: 24 March 2021 ; Revised: 18 June 2021 ; Accepted: 5 October 2021

### บทคัดย่อ

หนึ่งในวิธีการประกอบชิ้นงานที่เป็นที่นิยมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมคือ การยึดชิ้นงานด้วยการขันสกรูเพื่อจับยึด เนื่องจากมีความสะดวก รวดเร็ว และง่ายต่อการแก้ไขในภายหลังในกรณีที่ต้องการแยกชิ้นงานออกจากกัน อย่างไรก็ตาม การขันยึดสกรูจะต้องทำด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันการขันที่หลวมหรือแน่นเกินไปซึ่งอาจทำให้การยึดชิ้นงานไม่แน่นหรืออาจก่อให้เกิดการแตกร้าวของชิ้นงานได้ แรงบิดเป็นค่าตัวแปรที่นิยมใช้ในการกำหนดความเหมาะสมของการขันสกรูด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า แต่มอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อขันสกรูส่วนใหญ่ไม่มีการแสดงแรงบิดของการขันสกรู งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาการวัดค่าแรงบิดโดยอ้อมโดยใช้คุณลักษณะการสั่นของมอเตอร์ขันสกรู เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้งานที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ทดลองประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของชุดทดลองและส่วนไฟฟ้าทำหน้าที่สร้างการสั่นสะเทือนและส่วนตรวจวัด และวิเคราะห์ค่าทำหน้าที่แสดงค่าเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย การทดลองแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ การทดลองเพื่อวัดแรงบิดจากระดับแรงดัน rms ที่เกิดจากการสั่นสะเทือน และที่ได้จากค่าระลอกคลื่นการสั่นสะเทือน ค่าที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดมาตรฐาน การทดลองพบว่า ค่าแรงดันที่ได้จากการวัดค่าแรงดันของการสั่นสะเทือนมีค่าระหว่าง 7.70-23.47 นิวตัน-เมตร เทียบกับ 13.38-29.30 นิวตัน-เมตร ของค่ามาตรฐาน ซึ่งมีค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.7672 มีค่าความถูกต้องการวัด 84.27 % ส่วนค่าแรงบิดที่ได้จากค่าระลอกคลื่นการสั่นสะเทือนมีค่าระหว่าง 13.82-23.49 นิวตัน-เมตร เทียบกับ 13.38-29.30 นิวตัน-เมตร ของค่ามาตรฐาน ซึ่งมีค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.9786 มีค่าความถูกต้องการวัด 99.34 % ดังนั้น การวัดค่าแรงบิดโดยอ้อมจากการสั่นสะเทือนสามารถทำได้โดยมีประสิทธิภาพ โดยการวัดแรงบิดจากระลอกคลื่นการสั่นมีความถูกต้องแม่นยำสูงกว่าการวัดจากค่าระดับแรงดันที่เกิดจากการสั่นสะเทือน

**คำสำคัญ:** การวัดแรงบิด แรงบิดโดยอ้อม การสั่นสะเทือน ส่วนไฟฟ้า

### Abstract

One of the most commonly used methods for assembling components for the industry factories is by using screws. This is because of its convenience, fast and ease for de-assembling which could be done later. However, screwing the components must be performed carefully; otherwise, the components may ease to loosen or break. The Torque is the most popular parameter to control the optimum screwing by using the electric motor screwdriver. Unfortunately, most screwdrivers do not have the torque measurement function. This research presents a study of indirect torque measurement by using vibration characteristics of a screw motor, which could be an alternative solution for related applications. The experimental test-rig consists of 2 parts: an electric screwdriver for vibration generation and measurement and an analysis unit for data collection and analysis. There are 2 experimental test scenarios: torque measurement from generated vibration voltage levels in rms and vibration ripples. These measured values of torque were compared with values measured by the standard torque-speed measurement. The test results showed that the torque values measured from vibration voltage levels in rms had values between 7.70-23.47 N.m compared to 13.38-29.30

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Master degree student, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Maha Sarakham, 44150

<sup>2</sup> Assoc. Prof.Dr., Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Maha Sarakham, 44150

N.m of standard values, which had R2 of 0.7672 and accuracy of 84.27%. Alternatively, the torque values measured from vibration ripples had values between 13.82-29.30 N.m, which had R2 of 0.9786 and an accuracy of 99.34%. These results revealed that measurement torque indirectly from motor's vibration is feasible and effective. The proposed measurement by using vibration ripple provides better accuracy and precision than using vibration voltage level.

**Keywords:** Torque measurement, indirect torque, vibration, screw driver

## บทนำ

ในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีการประกอบชิ้นงานเข้าด้วยกัน อาทิเช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่งการประกอบชิ้นงานเข้าด้วยกันในกระบวนการเหล่านั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี (อนุชา วัฒนาภา และคณะ, 2553) ได้แก่ การจับยึดแบบถาวรและการจับยึดแบบชั่วคราว ตัวอย่างการจับยึดแบบถาวร ได้แก่ การเชื่อม การจับยึดด้วยกาวหรือการใช้รีเวต (rivet) (NISHI, 2004) ส่วนการจับยึดแบบชั่วคราวสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 แบบ คือ การจับยึดที่ใช้เกลียว ซึ่งประกอบไปด้วย โบลท์ (bolt), นัท (nut) และสกรู (screw) ส่วนอีกรูปแบบหนึ่งคือ การจับยึดที่ไม่ใช้เกลียว ซึ่งได้แก่ ตัวล็อกแบบกุญแจ (key), ตัวล็อกแบบเข็ม (pin) (Hetenyi, 1943) ในการประกอบชิ้นงานด้วยสกรูจะเป็นชิ้นส่วนมาตรฐานที่นิยมใช้กันทั่วไป เนื่องจากมีความสะดวกและค่อนข้างแข็งแรง โดยอาศัยหลักการขันอัดชิ้นงานให้ติดกันและสามารถคลายออกได้โดยไม่เกิดความเสียหาย นอกจากนี้ สกรูยังถูกใช้งานอย่างอื่นด้วย เช่น การส่งกำลังการเคลื่อนที่ (Owen & Cleary, 2009) ป้องกันการรั่วซึม การผ่อนแรง เป็นต้น สกรูจึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมทั่วไป (Terrier, 2010)

อย่างไรก็ตาม การใช้สกรูจะยึดชิ้นงานได้อย่างมีคุณภาพ (Freund, 2000) จะต้องมีการตรวจวัดค่าแรงบิดของเครื่องขันสกรูที่เหมาะสม เพราะแรงบิดมีความสำคัญมากต่อการยึดติดชิ้นงาน แรงบิดที่ใช้ในการประกอบชิ้นงานจะต้องมีขนาดแรงบิดที่เหมาะสมต่อชิ้นงาน เพื่อให้ทั้งตัวชิ้นงานและตัวสกรูไม่เกิดความเสียหาย ดังนั้นการตรวจวัดค่าแรงบิดที่ใช้ในการขันสกรูประกอบชิ้นงานจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง การตรวจวัดค่าแรงบิดของเครื่องขันสกรูในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีการวัดโดยตรง (direct) (Vaez-Zadeh, 2018) และ วิธีการวัดโดยอ้อม (indirect) (Dib, 2012) โดยวิธีการวัดโดยตรงเป็นการหาค่าสัญญาณแรงบิดจากระบบขันสกรู (drive train) (Pitipong, 2010) ผ่านหน้างานวัดแรงบิด (torque flanges) (Andrae, 2001) อาทิเช่น digital torque transducer วิธีการวัดแบบนี้มีข้อดีหลายประการ เช่น ตอบสนองรวดเร็ว ความถูกต้องสูง (high accuracy) และ ความแม่นยำสูง (high precision) อย่างไรก็ตาม วิธีการวัดแบบนี้มีข้อจำกัดคือ เครื่องวัดมีราคาแพง สามารถประยุกต์ใช้งานได้กับงานเฉพาะ

บางประเภทเท่านั้น ส่วนวิธีการวัดแบบโดยอ้อม เป็นการแปรค่าแรงบิดจากค่าสัญญาณอื่นเพื่อประมาณค่าของแรงบิด วิธีการวัดโดยอ้อมนี้นิยมใช้กับการวัดค่าแรงบิดในอุปกรณ์หรือเครื่องจักรสมัยใหม่ ทั้งนี้เนื่องจากค่าสัญญาณที่วัดได้สามารถใช้ในการวิเคราะห์งานด้านอื่นๆ ได้อีกด้วย และการวัดโดยตรงไม่เหมาะสมกับการทดสอบแบบไดนามิกสำหรับเครื่องจักรมีขนาดใหญ่ เพราะจะทำให้เกิด "mechanical low pass" (Suzuki, 2020) วิธีการวัดนี้มีข้อเสียคือ ค่าที่ได้มีความผิดพลาดสูง (high error) ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการแปลงค่าแรงบิดแบบทางอ้อม ความสูญเสียกำลัง หรือสภาพปัจจัยภายนอกอื่นๆ นอกจากนี้ การสอบเทียบ (calibration) (Dawkins *et al*, 2001) สำหรับอุปกรณ์วัดด้วยวิธีการนี้ก็ทำได้ยากและต้องทำสม่ำเสมอ (British Standards Institution, 2008) แต่การวัดแรงบิดโดยอ้อมมีความสะดวกมากกว่าการวัดโดยตรง ทั้งนี้ เพราะทำขึ้นได้ง่ายและมีความแม่นยำในระดับที่สามารถใช้งานได้ ในอุตสาหกรรม ซึ่งค่าที่วัดได้สามารถใช้วิเคราะห์งานด้านอื่นได้ด้วยเพิ่มเติม เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวัดโดยตรง (Ozcan, 2004) ที่ทำขึ้นได้ยากกว่าและประยุกต์ใช้งานเฉพาะบางประเภทเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะการศึกษาการวัดและการวิเคราะห์ค่าแรงบิดโดยอ้อม เพื่อตอบสนองการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีเครื่องจักรขนาดเล็ก โดยการวัดค่าแรงบิดโดยอ้อมได้ค่าที่เป็นที่ยอมรับและใช้งานได้จริงในโรงงานอุตสาหกรรม

จากการศึกษางานวิจัยพบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะหาค่าของแรงบิดจากการสั่นสะเทือน โดยการวัดค่าแรงบิดโดยอ้อม โดยหาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงบิดกับการสั่น ซึ่งมีบทความอื่นๆ ที่ได้กล่าวไว้เช่นกัน งานวิจัย Zhao (2013) ได้ทำการวิเคราะห์และได้ข้อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างการสั่นและแรงบิดของมอเตอร์ แล้วทำการบันทึกไว้เพื่อที่จะนำไปใช้ในการลดความไม่สม่ำเสมอของแรงบิดของมอเตอร์ในการใช้งานจริง โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบตัวควบคุมมอเตอร์แบบใหม่ ที่ควบคุมกระแสขาเข้าในขดลวดที่ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของแรงบิด สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพและขยายช่วงการใช้งานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ได้ (Zribi & Chiasson, 1991)

**วิธีการดำเนินการศึกษา**

Figure 1 แสดงส่วนประกอบของชุดทดลองเพื่อการวิจัยในครั้งนี้ ชุดทดลองประกอบด้วยวัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

- 1) ชุดทดลองการสั่นสะเทือน เครื่องจำลองการสั่นสะเทือนความถี่ต่ำในแนวตั้ง ด้วยหลักการเหนี่ยวนำของขดลวด โดยใช้ตัวกำเนิดการสั่นสะเทือนด้วยมอเตอร์ ทำการทดลองการเคลื่อนที่ของขดลวดผัดผ่านสนามแม่เหล็กในแนวตั้ง ประกอบแกนด้วยขดลวดเป็น PVC เส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร หนา 1.4 มิลลิเมตร ขนาดแม่เหล็กแรงสูงทรงกระบอกมีระยะความสูง 2 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ขนาดช่องว่างอากาศมีระยะ 2.5 มิลลิเมตร
- 2) ส่วนไฟฟ้า HITACHI รุ่น DV13VSS กำลังไฟ 550W
- 3) Oscilloscope ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-2074A สำหรับอ่านค่าสัญญาณการสั่น
- 4) Digital Tachometer DT-2234C เครื่องวัดรอบสำหรับวัดรอบ วัดรอบมอเตอร์ วัดรอบแบบใช้แสงวัดค่าความแม่นยำสูงเวลาในการตรวจวัดที่รวดเร็วและระยะตรวจจับระยะยาวได้ถึง 500 มม. (20 นิ้ว) ด้วยเลเซอร์
- 5) EM01- Digital Clamp meter DT3266L วัดกระแสไฟฟ้า วัดแรงดันไฟฟ้า วัดความต้านทาน วัดความต่อเนื่อง

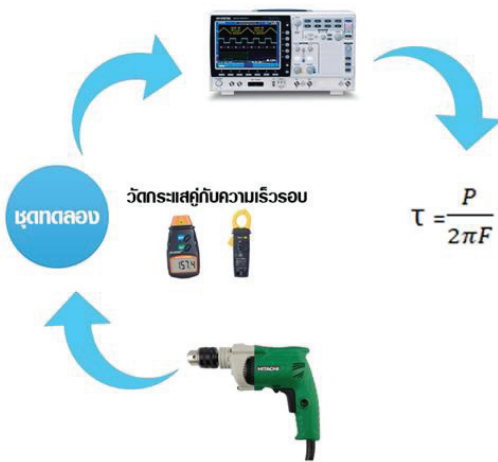


Figure 1 Research kit components

การทดลองเป็นการวัดค่ากระแสไฟฟ้าความถี่ที่อ่านได้จากกราฟ ( $i_{rms}$ ) และ แรงดันไฟฟ้า ( $v_{rms}$ ) เพื่อเป็นค่าตัวแปรที่จะนำมาใช้ในการคำนวณค่าแรงบิด (T) ที่เกิดขึ้นด้วยสมการถ่ายโอนพลังงานระหว่างกลและไฟฟ้าดังแสดงในสมการ (1)

$$T = \frac{v_{rms} \times I_{rms}}{2 \times \pi f} \quad (1)$$

- $\tau$  = คือ แรงบิดของแรง หน่วยเป็น นิวตัน.เมตร
- $V_{rms}$  = คือ ค่าแรงดันที่ได้จากการวัด
- $I_{rms}$  = คือ ค่ากระแสที่ได้จากการวัด
- F = ค่าความถี่

การทดลองดำเนินการทั้งหมด 100 รอบ โดยส่วนไฟฟ้าทำการทดลองพร้อมกับบันทึกค่ากระแส ค่าความเร็วรอบเพื่อนำมาคำนวณหาค่าแรงบิด จากนั้นใช้ข้อมูลนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) มัชฐาน (Median) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation ; SD) ในการวิเคราะห์ โดยค่าเฉลี่ย และมัชฐาน ใช้สำหรับการวิเคราะห์ความถูกต้อง (Accuracy) ส่วนค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้วิเคราะห์ค่าความแม่นยำ (Precision) ของวิธีการวัด การคำนวณแรงบิดในการวิจัยดำเนินการด้วย 2 วิธีการคำนวณ ได้แก่ การคำนวณจากค่าแรงดันเฉลี่ย (rms voltage หรือ  $V_{rms}$ ) ซึ่งเป็นค่าระดับแรงดันจากขาของเซ็นเซอร์ (Optional pin) ที่ได้แปลงค่าการสั่นสะเทือนเป็นระดับแรงดันด้วยวงจรภายในของเซ็นเซอร์ และการคำนวณจากค่าความถี่ระลอกคลื่น (Ripple frequency,  $f_{ripple}$ ) โดยตรง จากนั้นนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาเปรียบเทียบกับค่าแรงบิดมาตรฐาน โดยค่ามาตรฐานได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดแรงบิดมาตรฐาน รุ่น Makita B-28531 UltraMag Magnetic Bits Holder.

**ผลและอภิปรายผลการวิจัย**

Figure 2 แสดงตัวอย่างสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ที่บันทึกโดยออสซิลโลสโคปขณะที่สว่างไฟฟ้เกิด การสั่น และ Table 1 แสดงค่าตัวแปรที่ได้จากการวัด และค่าแรงบิดที่ได้จากค่าการคำนวณจากค่าระลอกคลื่น (Ripple) และจากค่าแรงดัน rms ( $V_{rms}$ ) เทียบกับค่าแรงบิดที่ได้จากเครื่องมาตรฐาน

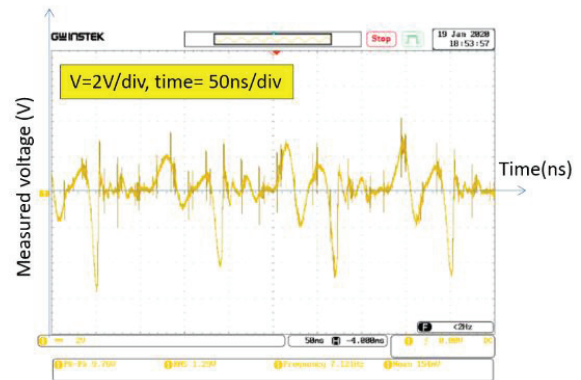


Figure 2 Example of the current signal measured in an experimental set with an oscilloscope.

**Table 1** Experimental variable data

Test No.	Ripples (Hz)	Speed (rpm)	Voltage ( $V_{rms}$ )	Current ( $A_{rms}$ )	Torque standard (N.m)	Torque $V_{rms}$ (N.m)	Torque Ripples (N.m)
1	7.14	345	1.29	0.90	29.30	16.52	23.67
2	7.14	441.7	1.63	0.86	21.85	12.48	22.59
3	8.33	496.9	1.65	0.83	18.72	11.88	18.67
4	7.14	463.3	1.64	0.84	20.34	12.11	22.07
5	7.14	416.4	1.72	0.85	22.90	11.69	22.33
6	7.02	430.3	1.61	0.85	22.27	12.55	22.84
7	18.18	664.1	2.95	0.96	16.24	7.70	9.92
8	20.00	678.3	2.52	0.94	15.55	8.82	8.82
9	7.14	616.8	1.44	0.90	16.32	14.73	23.56
10	7.14	666.8	1.74	0.91	15.35	12.40	23.96
11	12.50	708.4	2.03	0.92	14.63	10.77	13.87
12	7.14	457.3	1.35	0.90	22.01	15.71	23.56
13	7.69	429	1.64	0.92	23.98	13.22	22.37
14	7.14	256.2	1.3	0.94	21.08	17.06	24.64
15	11.11	635.8	2.14	0.95	16.76	10.50	16.04
16	7.14	772.3	2.23	0.98	14.30	10.44	25.85
17	8.33	576	1.25	0.93	18.17	17.65	21.01
18	5.88	349	0.95	0.89	28.71	22.23	28.49
19	5.88	347.8	0.909	0.89	28.71	23.16	28.39
20	8.33	497.3	1.44	1.03	23.33	16.98	23.28
21	6.06	366.3	0.938	0.89	27.32	22.49	27.62
22	10.53	659.1	1.32	0.88	15.00	15.79	15.71
23	7.14	417.3	1.19	0.83	22.42	16.58	21.91
24	7.14	430.6	1.21	0.89	23.14	17.36	23.33
25	7.14	408.3	1.09	0.88	24.04	18.99	22.99
26	6.90	399.5	0.9	0.89	25.08	23.47	24.30
27	6.67	406.2	1.06	0.83	23.04	18.61	23.47
28	6.67	399	1.05	0.86	24.30	19.46	24.32
29	6.67	385.7	1	0.86	25.05	20.36	24.23
30	6.67	399.3	1.14	0.84	23.52	17.36	23.56
31	6.67	404.4	1.11	0.83	22.97	17.64	23.31
32	7.02	363	1.16	0.88	27.32	18.02	23.64
33	6.67	400.1	1.11	0.87	24.40	18.54	24.49
34	6.67	400.3	1.07	0.84	23.40	18.46	23.50
35	6.67	398.6	1.14	0.83	23.34	17.20	23.33
36	5.88	361	0.99	0.88	27.41	21.07	28.14



**Table 1** Experimental variable data (cont.)

Test No.	Ripples (Hz)	Speed (rpm)	Voltage (V <sub>rms</sub> )	Current (A <sub>rms</sub> )	Torque standard (N.m)	Torque V <sub>rms</sub> (N.m)	Torque Ripples (N.m)
37	7.02	408.3	1.09	0.86	23.52	18.57	22.89
38	6.67	401.5	1.07	0.85	23.81	18.83	23.98
39	7.14	427.5	1.19	0.88	23.07	17.47	23.09
40	7.14	419.3	1.18	0.88	23.65	17.72	23.22
41	7.14	418	1.13	0.89	23.94	18.67	23.43
42	6.67	405.7	1.14	0.85	23.40	17.55	23.81
43	7.14	389.2	1.02	0.89	25.57	20.57	23.30
44	6.67	399.9	1.14	0.84	23.68	17.51	23.76
45	6.67	400.9	1.14	0.85	23.68	17.55	23.81
46	6.45	385.4	1.07	0.87	25.21	19.14	25.19
47	6.45	389.4	1.02	0.87	25.04	20.15	25.28
48	6.25	373.4	0.96	0.89	26.83	22.00	26.81
49	6.90	428.3	0.993	0.88	22.97	20.89	23.86
50	7.14	422	1.14	0.86	22.97	17.92	22.70
51	7.14	435.7	1.03	0.89	22.94	20.46	23.41
52	7.14	440.4	1.11	0.94	24.02	20.09	24.77
53	7.69	464.4	1.19	0.92	22.20	18.26	22.42
54	7.14	444.4	1.09	0.87	21.97	18.88	22.86
55	7.14	444.1	1.11	0.90	22.61	19.07	23.51
56	11.11	640	1.35	0.86	15.15	15.14	14.59
57	11.11	661.3	1.38	0.86	14.52	14.67	14.46
58	11.11	688.6	1.54	0.84	13.75	12.96	14.25
59	12.50	689	1.6	0.85	13.91	12.62	12.82
60	11.11	691	1.51	0.84	13.57	13.09	14.12
61	11.11	690.5	1.43	0.83	13.55	13.79	14.08
62	11.76	394.1	1.16	0.84	23.91	17.13	13.40
63	11.11	680.5	1.66	0.84	13.80	11.93	14.14
64	11.11	693.7	1.68	0.83	13.41	11.67	14.00
65	11.11	670	1.51	0.84	14.08	13.17	14.20
66	11.11	638.5	1.79	0.83	14.57	10.95	14.00
67	10.53	663.4	1.59	0.86	14.46	12.72	15.24
68	11.11	693.3	1.87	0.83	13.38	10.46	13.97
69	8.33	492.2	1.08	0.88	19.99	19.21	19.75
70	8.33	520.5	1.17	0.81	17.44	16.35	18.22
71	8.00	483.9	1.11	0.82	18.92	17.39	19.14
72	8.00	480.6	1.07	0.82	19.24	18.21	19.33

Table 1 Experimental variable data (cont.)

Test No.	Ripples (Hz)	Speed (rpm)	Voltage ( $V_{rms}$ )	Current ( $A_{rms}$ )	Torque standard (N.m)	Torque $V_{rms}$ (N.m)	Torque Ripples (N.m)
73	7.14	432	0.997	0.81	21.12	19.29	21.36
74	11.11	683.4	1.68	0.84	13.84	11.87	14.24
75	11.11	671	1.6	0.87	14.46	12.79	14.61
76	11.11	686.4	1.81	0.83	13.53	10.82	13.98
77	8.33	515	1.05	0.85	18.56	19.19	19.19
78	7.14	435.2	1.15	0.84	21.53	17.17	21.94
79	11.11	648.9	1.7	0.84	14.54	11.70	14.20
80	10.00	639.3	1.18	0.82	14.46	16.52	15.46
81	8.33	489.5	1.04	0.85	19.53	19.38	19.19
82	8.33	515.7	1.05	0.85	18.43	19.08	19.07
83	8.00	487.6	1.06	0.90	20.80	20.17	21.20
84	9.09	544.4	1.11	0.83	17.00	17.58	17.03
85	9.09	539.7	1.09	0.82	17.07	17.81	16.95
86	10.00	576.3	1.12	0.79	15.44	16.75	14.88
87	8.00	520.5	1.05	0.85	18.37	19.19	19.98
88	8.70	530.8	0.964	0.83	17.59	20.41	17.95
89	9.52	563.6	1.18	0.80	16.01	16.11	15.84
90	9.09	548.5	1.1	0.83	16.94	17.80	17.09
91	7.69	637.7	1.06	0.87	15.25	19.34	21.15
92	10.00	593.1	1.27	0.81	15.23	14.99	15.11
93	10.00	582.5	1.26	0.82	15.81	15.41	15.41
94	10.00	591.9	1.22	0.73	13.78	14.09	13.64
95	10.00	512	1.2	0.72	15.87	14.27	13.59
96	11.11	649.3	1.36	0.80	13.89	13.98	13.58
97	6.67	399.5	0.837	0.74	20.81	20.94	20.86
98	11.11	667.3	1.5	0.80	13.47	12.63	13.53
99	11.11	655.3	1.43	0.81	13.80	13.33	13.61
100	11.11	653.1	1.46	0.81	13.90	13.11	13.66

เมื่อนำข้อมูลจาก Table 1 มาวาดเป็นกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าแรงบิดที่เกิดขึ้นจากค่ามาตรฐานค่าคำนวณด้วย Ripple และ ค่าคำนวณด้วย  $V_{rms}$  ด้วยชุดข้อมูลทั้ง 100 ชุด จะได้ข้อมูลดังแสดงในภาพประกอบ 3 โดยมีค่าข้อมูลเชิงสถิติการวิเคราะห์แสดงใน Table 2 ค่า ripple ที่ได้จากการวัด นำมาคำนวณหาค่าแรงบิดโดยใช้สมการ (1)

ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ค่าที่วัดได้จาก Figure 2

จะได้

$$V_{rms} = 1.29 \text{ V}, I_{rms} = 0.90 \text{ A} \text{ และ } F = 7.12 \text{ Hz}$$

\*\* 6.305 คือค่า K สำหรับชุดตรวจวัดความสั่นสะเทือนที่ใช้ในการวิจัย

แทนค่าในสมการ (1)

$$T_{ripple} = \frac{0.90 \times 220 \times 0.85}{2 \times \pi(7.12 \times 6.305)}$$

$$T_{ripple} = 22.404 \text{ N.m}$$

จาก Figure 3 และข้อมูลใน Table 2 จะเห็นได้ว่า ค่าการวัดค่าแรงบิดจากการสั่นสะเทือนของสว่านไฟฟ้าด้วยการใช้ค่าความถี่ Ripples ให้ค่าที่ใกล้เคียงค่าแรงบิดมาตรฐาน และได้ดีกว่าการใช้ค่า  $V_{rms}$  ที่ค่าความถูกต้องเฉลี่ย 93.56% เทียบกับ 82.63%

เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของแรงบิดที่เกิดขึ้นกับค่าแรงดัน ( $V_{rms}$ ) และความถี่ระลอกคลื่น (Ripples) ที่เกิดจากการวัดความถี่การสั่นสะเทือนสามารถอธิบายด้วยสมการความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ดังแสดงด้วยสมการ (2)-(3)

$$V_{rms} = 4.44 f_{ripple} n \Phi \quad (2)$$

หรือ

$$V_{rms} = K f_{ripple} \quad (3)$$

เมื่อทำการทดลองวัดค่า  $V_{rms}$  เมื่อเปลี่ยนแปลงค่า ซ้ำ 300 ครั้ง ที่ค่า  $f_{ripple} = 373.7 \text{ rpm}$  จะวัดค่า  $V_{rms}$  ได้เท่ากับเฉลี่ย 0.785 V และจะได้ว่า  $K=6.305$  สำหรับชุดตรวจวัดความ

สั่นสะเทือนที่ใช้ในการวิจัยนี้ จึงได้ว่า สมการสำหรับการคำนวณค่าแรงบิดทางอ้อมตามสมการ (1)

เมื่อทำการทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของค่าตัวแปร  $V_{rms}$  และ  $f_{ripple}$  โดยตรงกับการประมาณค่าแรงบิดเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่า ได้กราฟความสัมพันธ์ถดถอย ( $R^2$ ) ดังแสดงใน Figure 4 และ Figure 5 ตามลำดับ

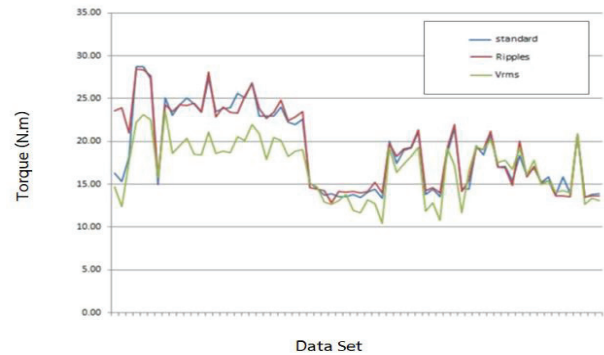


Figure 3 Torque results obtained from indirect measurements with the Ripple and  $V_{rms}$  values compared to the standard values

Table 2 The results of statistical analysis data obtained from the experiment

Torque (N.m)	Maximum	Minimum	Mean	Median	Standard Deviation
Standard	29.30	13.38	19.72	20.17	4.57
จากค่า Ripples	28.49	8.82	19.84	21.28	4.66
จากค่า $V_{rms}$	23.47	7.70	16.38	17.28	3.46

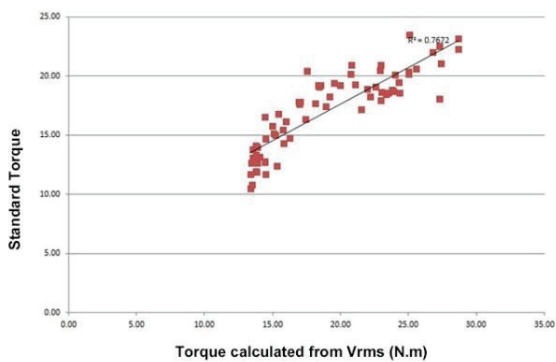


Figure 4 Shows the regression relationship between the torque obtained from the voltage measurement ( $V_{rms}$ ) versus the standard torque

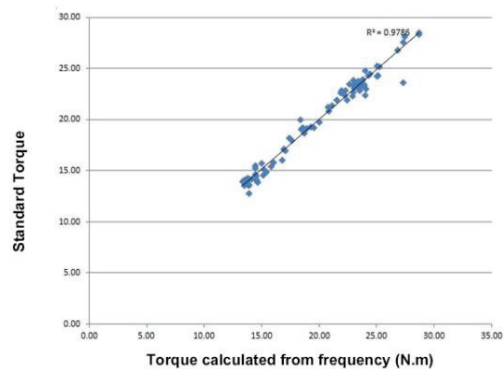


Figure 5 Shows the regression relationship between the torque obtained from Vibration frequency value measurement ( $f_{ripple}$ ) versus the standard torque

จาก Figure 4-5 พบว่า ค่าแรงบิดด้วยการใช้ค่าแรงดัน  $V_{rms}$  เปรียบเทียบกับค่าแรงบิดมาตรฐานมีค่า  $R^2 = 0.7672$  มีค่าร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ย (%error) เท่ากับ 15.73% ในขณะที่เมื่อใช้ค่าความถี่การสั่นสะเทือน  $f_{ripple}$  ให้ค่า  $R^2 = 0.9786$  มีค่าร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ย (%error) เท่ากับ 0.66% ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองจริงที่ได้ในการวิจัยนี้ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า การวัดค่าแรงบิดโดยอ้อมด้วยการใช้ค่าความถี่การสั่นสะเทือนของสว่างสามารถทำได้จริง โดยการใช้ค่าความถี่ในการคำนวณจะให้ค่าความถูกต้องสูงกว่าการใช้ค่าแรงดัน  $rms$  ที่เกิดจากการสร้างแรงดันของอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน

### สรุปผลการทดลอง

การวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. งานวิจัยนี้นำเสนอการวัดค่าแรงบิดโดยอ้อมโดยใช้คุณลักษณะการสั่นสะเทือนของสว่างไฟฟ้าขั้นสูง อุปกรณ์ทดลองประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของชุดทดลองและสว่างไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่สร้างแรงสั่นสะเทือน และส่วนที่แสดงค่าเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยอุปกรณ์วัดค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ ได้แก่ แคลมป์มีเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า Tachometer วัดค่าแรงบิดมาตรฐานและความเร็วรอบ และออสซิลโลสโคปทำหน้าที่เก็บสัญญาณการสั่นสะเทือนและตัวแปรวิเคราะห์จากการสั่นสะเทือนที่เกี่ยวข้อง

2. การประมาณค่าแรงบิดโดยอ้อมจากการวัดค่าความสั่นสะเทือนสามารถทำได้จริง โดยอาศัยความสัมพันธ์สมการพลังงานและสมการตามกฎของฟาราเดย์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมาก ( $R^2$  อยู่ในช่วง 0.7672-0.9786) และที่ค่าความถูกต้อง 84.27% สำหรับการใช้ค่าแรงดันกำเนิด  $rms$  การสั่นสะเทือน และ 99.34% สำหรับการใช้ค่าความถี่ระลอกคลื่นโดยตรงจากการสั่นสะเทือน ตามลำดับ

การศึกษาการวัดแรงบิดโดยอ้อมด้วยวิธีการที่นำเสนอในการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานที่เกี่ยวข้องได้ในอนาคต ซึ่งค่าแรงบิดที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับการประกอบชิ้นงานนั้นๆ ซึ่งมีความแตกต่าง คณะผู้วิจัยจะได้นำเสนอในงานวิจัยในอนาคตต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ห้องวิจัยพลังงานรังสีอาทิตย์และแหล่งพลังงานสำรอง และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ สถานที่ทำการทดลอง และอำนวยความสะดวกในการวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- อนุชา วัฒนาภา, สุทธิพงษ์ โสภมา และพลศักดิ์ เลิศศิริปัญญา. (2553). *เขียนแบบวิศวกรรมพื้นฐาน = Fundamental of Engineering Drawing (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. แมคกรอ-ฮิล.
- Alencar, M.C., et al. "Study development and characterization of micro torque transducer applied on screw elements analysis."
- Andrae, J. (2001). Measurement and calibration using reference and transfer torque flanges. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference on Force, Mass, Torque and Pressure Measurements*. IMEKO TC3.
- British Standards Institution. (2008). *Constant Amplitude Force Calibration: Calibration of the calibration device instrumentation to be used for the dynamic calibration of non-resonant uniaxial dynamic testing systems. Method*. BritishStandards Institution.
- Dawkins, C., Thirukodikaval, N., Srinivasan & Whalley, J. (2001). "Calibration" *Handbook of econometrics*. Elsevier.
- Dib, A. (2012). *Sensorless indirect adaptive control with parameters and load-torque estimation of induction motor*. CCCA12.
- Freund, Jouni, Esa-Pekka, T. & Risto, T. (2000). Effects of two ergonomic aids on the usability of an in-line screwdriver. *Applied ergonomics*, 31(4), 371-376.
- Hetenyi, M. (1943). *A photoelastic study of bolt and nut fastenings*.
- NISHI, M. & NAKAMURA, S. (2004). Fundamental Engineering Drawing at Kanazawa Institute of Technology Relation of Mechanical Drawing and Engineering Drawing. *The Proceedings of the Technology and Society Conference* (pp. 13-16).
- Owen, P.J. & Cleary, P.W. (2009). Prediction of screw conveyor performance using the Discrete Element Method (DEM). *Powder Technology*, 193(3), 274-288.
- Ozcan, E. (2004). A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clinical biochemistry*, 37(4), 277-285.
- Pitipong, S., Pornjit, P. & Watcharin, P. (2010). An automated four-DOF robot screw fastening using visual servo. *IEEE/SICE International Symposium on System Integration*. IEEE.

- Ranganath, Kate A., Colin Tucker Smith, and Brian A. Nosek. "Distinguishing automatic and controlled components of attitudes from direct and indirect measurement methods." *Journal of Experimental Social Psychology*, 44.2(2008), 386-396.
- Suzuki, T. (2020). Mechanical Low-Pass Filtering of Cells for Detection of Circulating Tumor Cells in Whole Blood. *Analytical chemistry*, 92(3), 2483-2491.
- Terrier, A., Kochbeck, S.H., Merlini, F., Gortchacow, M., Pioletti, D.P., & Farron, A. (2010). Tightening force and torque of nonlocking screws in a reverse shoulder prosthesis. *Clinical Biomechanics*, 25(6), 517-522.
- Vaez-Zadeh, S. (2018). *Direct Torque Control*. Oxford Scholarship Online.
- Zhao, H. (2013). *Vibration Torque Measurement And Mechanism Analysis of Rotary Stepping Motor*.
- Zribi, M. & Chiasson, J. (1991). Position control of a PM stepper motor by exact linearization. *IEEE Transactions on automatic control*, 36(5), 5620-625.

# อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบคืนไฟต่อคุณสมบัติเชิงกลของมีดโต้

## Optimal tempering process on mechanical properties of chopping knife

สมบัติ น้อยมิ่ง<sup>1\*</sup>, วรณา หอมจะบก<sup>2</sup>, มาโนช ริทธิโย<sup>3</sup>, ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ<sup>4</sup>

Sombut Noyming<sup>1\*</sup>, Wanna Homjabok<sup>2</sup>, Manote Rithniyo<sup>3</sup>, Narongsak Thammachot<sup>4</sup>

**Received:** 23 January 2021 ; **Revised:** 13 September 2021 ; **Accepted:** 30 September 2021

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของมีดโต้ที่ผ่านกระบวนการอบคืนไฟ ทำการทดลองชุบแข็งมีดโต้ด้วยกระบวนการอบคืนไฟ โดยการนำเหล็กเหน็บมาตีขึ้นรูปให้มีรูปทรงเดียวกับมีดโต้ของชุมชน ซึ่งได้นำคุณสมบัติเชิงกลของมีดโต้ที่ประกอบด้วยค่าความแข็งและความต้านทานแรงกระแทกมาเปรียบเทียบกับมีดโต้ที่ดีขึ้นรูปและผ่านการชุบแข็งจากชุมชน ในส่วนการวิเคราะห์ผลการทดลองการอบชุบทางความร้อนโดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง (DOE) มาวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมตามหลักการทางสถิติ ปัจจัยในการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย โดยปัจจัยแรก คือ อุณหภูมิในการอบคืนไฟมีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่สอง คือ เวลาอบคืนไฟมีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ 60, 90 และ 120 นาที ผลจากการวิเคราะห์ พบว่า ปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิอบคืนไฟ คือ 200 องศาเซลเซียส เวลาในการอบคืนไฟ คือ 83 นาที โดยค่าความแข็งเฉลี่ย 579.9 HV และค่าความต้านทานแรงกระแทกเฉลี่ยต่ำสุด 35.8 Joules ผลของการอบคืนไฟเพื่อยืนยันผลโดยใช้อุณหภูมิและเวลาอบคืนไฟที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสม ได้ค่าความแข็งเฉลี่ย 549.9 HV และค่าความต้านทานแรงกระแทกเฉลี่ย 38.8 Joules ซึ่งเป็นคุณสมบัติเชิงกลของชุมชนที่มีดโต้ที่สอดคล้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีด

**คำสำคัญ:** อบคืนไฟมีดโต้ อุณหภูมิอบคืนไฟ เวลาอบคืนไฟ

### Abstract

The objective this research was to study the optimization of the time factors that effected the mechanical properties of the of hardened chopping knife in the tempering process. The mechanical properties were hardness and impact values. The experiment was conducted by forging the chopping knife made from medium carbon steel with the same shape as community chopping knife. The principle of Design of Experiment (DOE) was used to design the experimental and analyze the optimization by statistics. There were two factors in this study, tempering temperature and tempering time. The tempering temperature consists of three levels at 180, 200 and 220°C, and also, the tempering time consists of

<sup>1</sup> อาจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, จังหวัดนครราชสีมา, 30000

<sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, จังหวัดนครราชสีมา, 30000

<sup>3</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, จังหวัดนครราชสีมา, 30000

<sup>4</sup> รองศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, จังหวัดนครราชสีมา, 30000

<sup>1</sup> Lecturer, Department of Material Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima 30000

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Material Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima 30000

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima 30000

<sup>4</sup> Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima 30000

\* Corresponding author ; Sombut Noyming, Material Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,

Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima, 30000, Thailand. E-mail: sombut.no@rmuti.ac.th, 081-2654795

three levels such as 60, 90 and 120 minutes. The number of trials was 9 times, and in order to ensure the accuracy of the data for all factors, the experiment was repeated 5 times. The analyzed results showed that the tempering temperature was 200 °C and the optimized tempering time was 83 minutes. These conditions resulted in an average hardness of 579.9 HV and the minimum average impact value of 35.8 Joules. The optimum values of tempering temperature and time were used for verification. The result of average hardness was 549.9 HV and the average impact value was 38.8 Joules, which coincided with the cutting edge Thai community Product Standard

**Keywords:** chopping knife tempering, tempering temperature, tempering time

## บทนำ

ปัจจุบันมีตลาดทางการเกษตรส่วนใหญ่จะถูกตีขึ้นรูปจากเหล็กเหน็บและเหล็กใบเลื่อย เนื่องจากเหล็กทั้งสองชนิดนี้มีปริมาณคาร์บอนที่สูงสามารถนำมาชุบแข็งได้ จากการศึกษาชุมชนตีมีดมีดทางการเกษตร จังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีดที่ผ่านการตีขึ้นรูปยังมีองค์ประกอบอีกหลายอย่างในการปรับปรุงคุณสมบัติของมีดเพื่อให้มีความคงทนมีคุณสมบัติทางด้านความแข็งและความเหนียวยืดอายุการใช้งานเพิ่มมากขึ้น การเพิ่มคุณสมบัติทางด้านความเหนียว เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สามารถนำมาปรับปรุงคุณสมบัติหลังจากการใช้กระบวนการชุบแข็ง โดยใช้กระบวนการทางความร้อนมาปรับปรุง มันส์ สติวจินดา (2540) ที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอน ที่ผ่านกระบวนการอบคืนไฟ ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ (2556) ซึ่งในกระบวนการนี้จะส่งผลกระทบต่อความแข็งให้ลดลงเล็กน้อยและความเหนียวเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของมาร์เทนไซต์ Kumara (2003) ซึ่งในการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลขณะทำการอบคืนไฟ จะมีความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาที่ส่งผลกระทบต่อความแข็งและความสามารถในการรับแรงกระแทก จากการศึกษาของวรรณ หอมจะบก และคณะ (2558) พบว่ามีดโต้ที่ผ่านการตีขึ้นรูปจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ โดยผ่านการอบเพิ่มคาร์บอนด้วยกระบวนการแพ็คคาร์บอนโรซิง เปรียบเทียบกับมีดโต้ที่ผลิตจากเหล็กเหน็บในท้องตลาด จากผลการทดลองพบว่า มีดโต้ที่ผลิตจากเหล็กเหน็บจะประกอบไปด้วยโครงสร้างคาร์ไบด์กระจายตัวบนเนื้อพื้นโครงสร้างมาเทนไซต์ โดยโครงสร้างคาร์ไบด์จะมีขนาดเล็กลง เมื่อมีระยะลึกเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุทำให้มีดมีความเปราะ คุณสมบัติในการรับแรงกระแทกลดน้อยลง ซึ่งจากการศึกษานิววิจัยของณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ และคณะ (2562) พบว่ามีดโต้ที่ผลิตจากภูมิปัญญาของชุมชนตีมีด 4 จังหวัดในประเทศไทย ค่าความแข็งของมีดโต้มีความแตกต่างกัน โดยมีมีดโต้ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่มีความแข็งสูงสุด รองลงมาคือมีดโต้จากจังหวัดนครราชสีมา น่าน และต่ำสุดคือมีดโต้จากจังหวัดสงขลา จะเห็นได้ว่ามีดโต้ที่ทำการชุบแข็ง

เสร็จแล้วนั้นค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 450-600 HV จากปัญหาที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากขั้นตอนการชุบแข็งมีดเพราะการชุบแข็งแต่ละครั้งจะใช้ประสบการณ์ในการชุบแข็งโดยค่าความแข็งที่ได้จะไม่เท่ากัน ซึ่งค่าความแข็งของเหล็กที่ใช้ทำมีดโต้ นั้น จะขึ้นอยู่กับลักษณะของปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในเนื้อเหล็ก โดยการทดสอบค่าความแข็งจะใช้ปริมาณคาร์บอนเป็นหลักในการคำนวณค่าความแข็ง โดยกำหนดปริมาณคาร์บอน 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์คาร์บอน จะใช้ค่าความแข็งอยู่ที่ 550 HV จากการศึกษาของงานวิจัย (สิทธิพงษ์ อุดมบุญญาภา และนลิน เพียรทอง, 2557) พบว่าปัจจุบันได้มีการพัฒนากระบวนการตีมีดด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อให้มีดที่ผ่านการตีขึ้นรูปมีขนาดที่สม่ำเสมอสามารถให้ค่าคุณสมบัติเชิงกลของมีดตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ในขณะเดียวกันมีนักวิจัยได้นำหลักการสถิติมาประยุกต์ใช้ในการชุบแข็งมีดทางการเกษตร จากการศึกษาของงานวิจัยของศักดิ์สิทธิ์ ศรีสุข และคณะ (2560) พบว่าได้ศึกษาการออกแบบการทดลองของปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของมีดโต้ที่ผ่านขั้นตอนการชุบแข็งด้วยกระบวนการแพ็คคาร์บอนโรซิง ทำให้ทราบว่าปัจจัยของอุณหภูมิและเวลามีผลต่อสมบัติเชิงกล โดยจากการศึกษานิววิจัยข้างต้นพบว่าการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ นั้น Montgomery (2013) สามารถนำมาหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณสมบัติของมีดโต้ด้วยการอบคืนไฟ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลมีดโต้ที่ผ่านการอบคืนไฟ ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถทำการเลือกใช้ปัจจัยของอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในการอบคืนไฟมีดโต้ที่ผ่านการชุบแข็งให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

### วัสดุ

- เหล็กเหน็บ
- มีดโต้ของชุมชนที่ผ่านการตีขึ้นรูปและชุบแข็ง

ดังแสดงใน Figure 1



Figure 1 Shape of community big knife

**อุปกรณ์**

- เตาอบชุบด้วยความร้อนขนาดความดันทาน ยี่ห้อ SNOL รุ่น IP 20
- เครื่องทดสอบแรงกระแทก ยี่ห้อ Leeds รุ่น LS102DE
- เครื่องทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ส ยี่ห้อ Matsuzawa รุ่น MHT2
- เครื่องตัดชิ้นงานทดสอบ ยี่ห้อ METKON รุ่น Q-3A
- เครื่องตรวจสอบปริมาณธาตุผสม ยี่ห้อ METEX รุ่น MAX x LMF 05

**วิธีการศึกษา**

**การเตรียมมีด**

มีดที่ใช้สำหรับนำมาทำการอบคืนไฟ เตรียมโดยการนำเหล็กเหน็บที่มีลักษณะแบนมาตีขึ้นรูปให้มีรูปร่างและขนาดเช่นเดียวกับมีดโต้ชุมชน ดังแสดงใน Figure 2 จากนั้นทำการทดลองด้วยกระบวนการอบคืนไฟเรียบร้อยแล้วจะตัดเฉพาะส่วนที่เป็นตัวมีดที่ถูกใช้งาน คือ มาทำการทดลองหลังจากการอบคืนไฟเสร็จ ชิ้นทดสอบที่จะทำการทดสอบความแข็งจะตัดจากส่วนที่ 1 ขนาด 20 ´ 20 มิลลิเมตร และชิ้นทดสอบที่จะทำการทดสอบการรับแรงกระแทกจะตัดจากส่วนที่ 2 ขนาด 20 ´ 70 มิลลิเมตร



Figure 2 The big knife made of low carbon steel and positions for test pieces

**การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี**

เหล็กเหน็บที่ใช้ในการตีขึ้นรูปมีดโต้ จะถูกนำมาตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุผสม (Optical Emission Spectrometer : OES) ยี่ห้อ MAX x รุ่น LMF 05 เพื่อให้ทราบปริมาณคาร์บอนและธาตุผสมอื่นๆ ในเนื้อเหล็ก

**กระบวนการอบคืนไฟ**

มีดโต้ที่ถูกตีขึ้นรูปจากเหล็กเหน็บตามขนาดและรูปร่างของมีดทางชุมชน นำมาผ่านการอบคืนไฟ ซึ่งเป็นการนำมีดโต้ที่ผ่านกระบวนการตีขึ้นรูปพร้อมชุบแข็งมาแล้ว จากนั้นทำการทดลองด้วยกระบวนการอบคืนไฟที่เวลา 60, 90 และ 120 นาที ซึ่งในการพิจารณาตามระดับอุณหภูมิในการอบคืนไฟจะใช้อุณหภูมิในการอบคืนไฟที่อุณหภูมิต่ำ เพราะเหมาะสมกับเหล็กกล้าคาร์บอนที่ผ่านการชุบแข็งโดยนำมีดโต้ไปทำการอบคืนไฟ (Tempering) ที่อุณหภูมิ 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ในการเลือกอุณหภูมิช่วงการทดลองนี้ดังแสดงใน Figure 3

**Temperature**

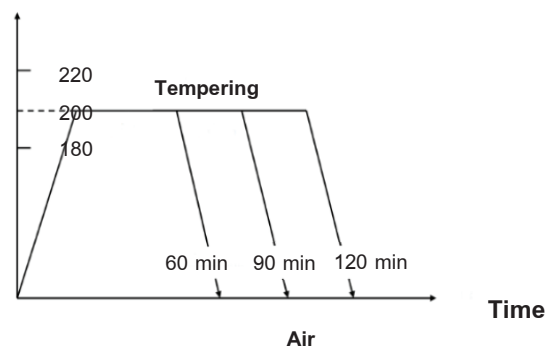


Figure 3 Time-temperature sequence for experiment

**การออกแบบการทดลอง**

เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติทางกลของมีดโต้ด้วยกระบวนการอบคืนไฟ โดยให้มีความสอดคล้องตามหลักการทางสถิติ จึงนำการทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบมาใช้ศึกษาของปัจจัย (Full factorial design) โดยกำหนดให้ค่าความแข็งเป็นผลคำตอบของการทดลอง เพราะความแข็งเป็นผลที่นำมาพิจารณาคูณภาพของมีดโต้ภายหลังจากกระบวนการอบคืนไฟ ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษามีอยู่ 2 ปัจจัย ดังแสดงใน Table 1 ประกอบไปด้วย ปัจจัยแรก คือ อุณหภูมิอบคืนไฟ และปัจจัยที่สอง คือ เวลาอบคืนไฟ

Table 1 Parameters and notations

Factors	Level			Unit
	Low (-1)	Medium (0)	High (+1)	
1. Tempering Temp (A)	180	200	220	°C
2. Tempering Time (B)	60	90	120	min



จากปัจจัยในการทดลองที่มีอยู่ 2 ปัจจัย ในแต่ละ  
ปัจจัยมีอยู่ 3 ระดับ จะได้จำนวนครั้งในการทดลองเท่ากับ 9  
ครั้ง และเพื่อให้เกิดความแม่นยำของข้อมูลในทุกปัจจัยจึงมี

การทดลองทำซ้ำ 5 ครั้ง ดังนั้นการทดลองทั้งหมดจะเท่ากับ  
45 การทดลอง ดังแสดงใน Table 2

**Table 2** Design table showing the randomized run order of the experiment

Run Order	Std Order	Temperature (°C)	Time (Min)
1	10	180	60
2	14	200	90
3	18	220	120
4	17	220	90
5	15	200	120
6	11	180	90
7	13	200	60
8	12	180	120
9	16	220	60
10	42	200	120
11	44	220	90
12	37	180	60
13	41	200	90
14	38	180	90
15	40	200	60
16	45	220	120
17	39	180	120
18	43	220	60
19	25	220	60
20	20	180	90
21	19	180	60
22	22	200	60
23	21	180	120
24	23	200	90
25	24	200	120
25	26	220	90
27	27	220	120
28	3	180	120
29	7	220	60
30	4	200	60
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
45	28	180	60

**การเตรียมชิ้นทดสอบ**

นำมิดที่ผ่านการตีขึ้นรูปเป็นมิดโต้ มาทำการตรวจสอบปริมาณคาร์บอน และส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุผสม ดังแสดงใน Figure 4 ก่อนนำไปทำการทดสอบการอบคืนไฟโดยนำชิ้นงานขัดผิวหน้าของเหล็กด้วยกระดาษทรายจากนั้นล้างด้วยแอลกอฮอล์ เพื่อทำความสะอาดผิวหน้าของชิ้นทดสอบ แล้ววิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนและธาตุประกอบอื่นๆ ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุผสม รุ่น MAX x LMF 05 ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ทดสอบ 3 จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ย

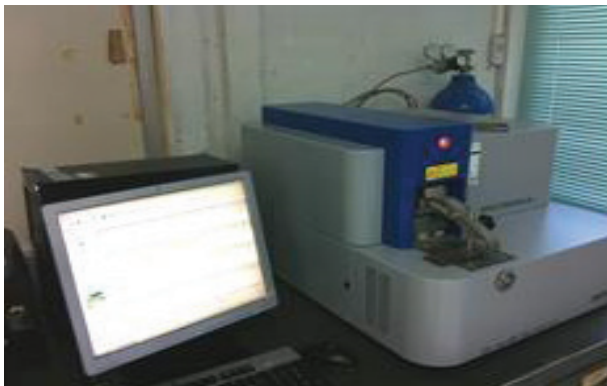
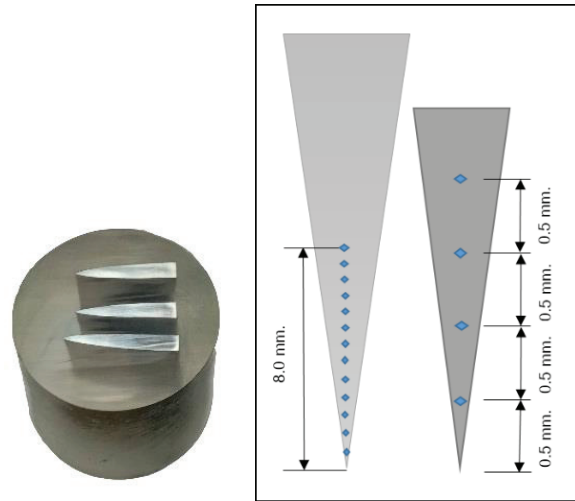


Figure 4 Chemical composition of specimens

**การทดสอบความแข็ง**

เมื่อชิ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการทดลองเรียบร้อยแล้ว จะถูกนำมาทำการตัดออกเป็นชิ้นๆ จากนั้นทำการขึ้นเรือนเย็นชิ้นทดสอบที่ถูกตัด ดังแสดงใน Figure 5 (a) ชิ้นทดสอบที่ถูกขึ้นเรือนเย็นจะถูกนำมาขัดด้วยกระดาษทราย โดยเริ่มจากกระดาษทรายเบอร์ 180, 220, 320, 400, 600, 800, 1,000 และ 1,200 ตามลำดับเพื่อให้ชิ้นงานได้ระนาบและทำการขัดมัน จากนั้นทำการวัดค่าความแข็งด้วยเครื่องมือโคโรวิกเกอร์ส ตามหลักการของสมนึก วัฒนศรีกุล (2549) ดังแสดงใน Figure 5 (b) ในการวัดค่าความแข็งชิ้นทดสอบจะถูกวัดจากคมของมิดเข้าไปเป็นระยะ 8 มิลลิเมตร และนำค่าที่ได้มาทำการเฉลี่ยจากนั้นทำการบันทึกผลการทดลอง



(a) (b)

Figure 5 (a) Test piece embed in solid resin (b) Hardness test positions on the sharp edge of the knife

**การทดสอบความต้านทานแรงกระแทก**

ชิ้นทดสอบแรงกระแทกขนาด 20 ´ 70 มิลลิเมตร จะถูกนำมาวางในลักษณะตั้ง โดยหันด้านข้างของชิ้นทดสอบเข้าหาจุดกระทบของลูกตุ้ม ดังแสดงใน Figure 6 เนื่องจากสภาวะในการแตกหักของมิดนั้นมักเกิดจากแรงในการตัดทางด้านข้างมิด เมื่อทดสอบแรงกระแทก

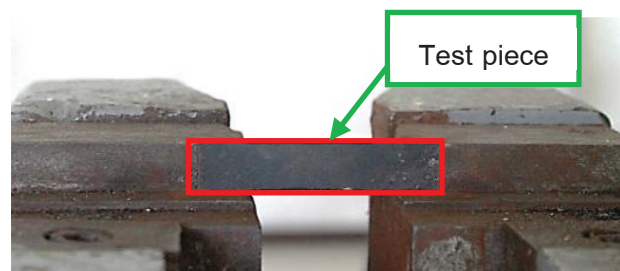


Figure 6 Position of test piece on impact test

**ผลการทดลอง**

**ส่วนผสมทางเคมี**

การตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในเหล็กที่นำมาตีขึ้นรูป ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุผสม โดยทำการสุ่มตัดเหล็กแหลบมาทั้งหมด 3 ชิ้น ขนาด 3 x 3 เซนติเมตรและนำมาขัดผิวเพื่อให้เห็นเนื้อเหล็ก จากนั้นนำมาทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุผสม และนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของธาตุผสมต่างๆ ซึ่งสามารถเทียบใกล้เคียงเหล็กเกรด (AISI 5160) ดังแสดง Table 3

**Table 3** Chemical composition of test piece

Steel No.	Chemical Composition (% by weight)						
	C	Si	S	P	Mn	Cr	Mo
มาตรฐาน AISI 5160	0.50-0.65	0.15-0.35	<0.04	<0.035	0.45	0.10-0.90	
1	0.526	0.253	0.0012	0.007	0.780	0.145	0.010
2	0.615	0.328	0.0021	0.010	0.823	0.265	0.016
3	0.561	0.221	0.0100	0.008	0.788	0.184	0.014
<b>Average</b>	0.567	0.267	0.004	0.008	0.797	0.198	0.013

**ค่าความแข็ง**

การวิจัยครั้งนี้ใช้ค่าความแข็งของมีดโต้ที่ตีขึ้นรูปจากทางชุมชนเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับชิ้นงานทดสอบมีดโต้ที่ผ่านการอบคืนไฟ โดยนำมีดโต้จากชุมชนจำนวน 5 เล่ม มาทำการตัดวัดค่าความแข็งตามมาตรฐาน (ASTM E-140-02) จากนั้นนำค่าความแข็งที่วัดได้ในแต่ละจุดมาหาค่าเฉลี่ยแสดงข้อมูลใน Table 4 จากข้อมูลพบว่ามีดโต้ทางชุมชนมีค่าความแข็งเฉลี่ยอยู่ที่ 704.1 HV ซึ่งในส่วนชิ้นงานทดสอบที่ผ่าน

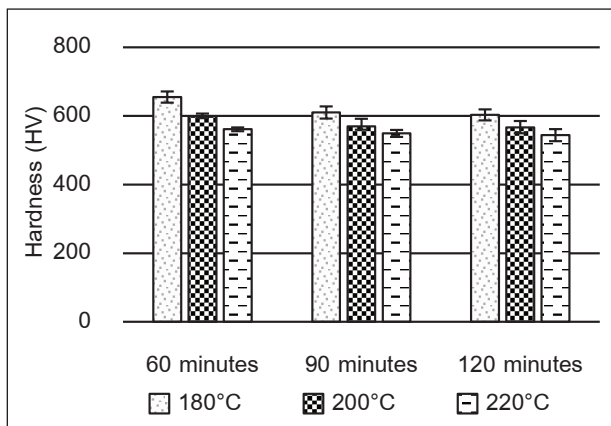
กระบวนการอบคืนไฟทำการทดสอบความแข็งด้วยเครื่องมือโครวิกเกอร์ส โดยค่าความแข็งแสดงใน Table 5 จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาการอบคืนไฟเพิ่มขึ้นพบว่าค่าความแข็งของมีดโต้ลดลง ดังแสดงใน Figure 7 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิ และเวลาการอบคืนไฟที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าความแข็งของชิ้นทดสอบลดลงที่เป็นเช่นนี้ เพราะอุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลในเนื้อเหล็ก

**Table 4** Hardness values of the big knife of community

Position	Number	Average	sd	LCL	UCL
0.1	5	826.6	46.8	890	774
0.5	5	784.8	13.1	795	763
1.0	5	773.2	8.5	786	763
1.5	5	767.2	13.5	780	746
2.0	5	761.2	10.8	776	746
2.5	5	749.4	10.5	763	735
3.0	5	727.6	17.9	749	709
3.5	5	707.2	17.6	726	685
4.0	5	686.2	14.3	694	661
4.5	5	680.6	13.5	694	661
5.0	5	665.8	17.9	685	639
5.5	5	662.0	16.7	685	639
6.0	5	648.6	14.8	661	626
6.5	5	646.4	15.4	661	626
7.0	5	633.0	7.0	639	625
7.5	5	629.0	10.0	639	618
8.0	5	620.6	12.6	639	606
		704.1	15.4	721	684

**Table 5** Hardness values of the test pieces

Temperature (°C)	Time (Min)	Hardness Values (HV)							
		No.	1	2	3	4	5	Average	sd
180	60		669.7	640.8	670.2	634.5	657.5	<b>654.5</b>	<b>16.4</b>
	90		615.0	622.2	615.6	593.4	580.2	<b>605.3</b>	<b>17.7</b>
	120		614.3	618.9	607.6	579.2	595.0	<b>603.0</b>	<b>16.1</b>
200	60		599.7	588.4	596.2	597.9	610.2	<b>598.5</b>	<b>7.8</b>
	90		584.2	588.6	581.6	541.9	549.5	<b>569.2</b>	<b>21.7</b>
	120		584.1	588.9	562.9	549.6	551.9	<b>567.5</b>	<b>18.2</b>
220	60		569.2	561.6	553.8	559.7	561.6	<b>561.2</b>	<b>5.5</b>
	90		537.4	538.0	559.5	548.9	556.3	<b>548.0</b>	<b>10.2</b>
	120		533.5	557.6	521.0	541.6	564.2	<b>543.6</b>	<b>17.6</b>



**Figure 7** Hardness graph for each condition

**ความต้านทานแรงกระแทก**

ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงกระแทกของมีดโต้ของชุมชนโดยใช้มาตรฐาน (ISO 148-2:2008) เป็นแนวทางในการทดสอบความต้านทานแรงกระแทก ดังแสดงใน Table 6 ซึ่งมีค่าความต้านทานแรงกระแทกเฉลี่ยอยู่ที่ 13.6 Joules ส่วนขั้นทดสอบเหล็กเหน็บที่ผ่านกระบวนการอบคืนไฟ ผลของค่าความต้านทานแรงกระแทก แสดงดัง Table 7 โดยค่าความต้านทานแรงกระแทกนั้นจะแตกต่างจากค่าความแข็ง นั่นคือ เมื่ออุณหภูมิและเวลาการอบคืนไฟเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกนั้น เพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้ เพราะขั้นทดสอบที่มีความแข็งลดลง ดังแสดง Figure 8 จะทำให้เหล็กมีความเปราะน้อยลงจึงมีความสามารถในการรับแรงกระแทกได้มากขึ้น

**Table 6** Impact values of the big knife of community

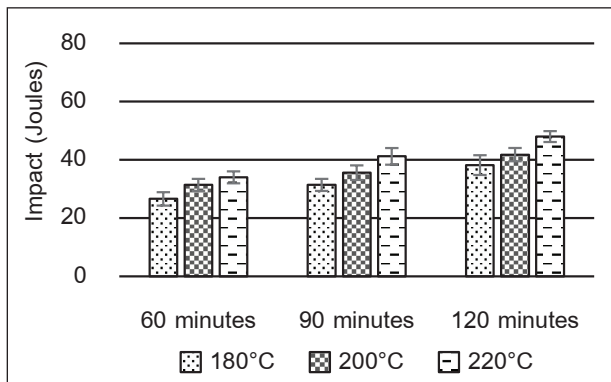
Impact values (Joules)								
No.	1	2	3	4	5	Average	sd	
	14.0	17.0	10.0	16.0	11.0	<b>13.6</b>	<b>3.04</b>	

**Table 7** Impact values of the test pieces

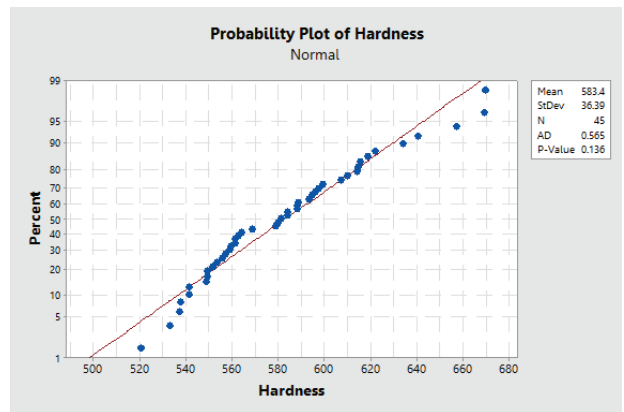
Temperature (°C)	Time (Min)	Impact values (Joules)							
		No.	1	2	3	4	5	Average	sd
180	60		30	27	25	24	27	<b>26.6</b>	<b>2.3</b>
	90		31	30	35	30	31	<b>31.4</b>	<b>2.1</b>
	120		38	33	37	32	30	<b>34.0</b>	<b>3.4</b>

**Table 7** Impact values of the test pieces (cont.)

Temperature (°C)	Time (Min)	Impact values (Joules)					Average	sd
		No.	1	2	3	4		
200	60	32	33	35	37	36	34.6	2.1
	90	36	39	32	36	35	35.6	2.5
	120	42	44	40	42	38	41.2	2.3
220	60	35	38	40	38	40	38.2	2.0
	90	38	40	42	44	45	41.8	2.9
	120	49	50	48	48	45	48.0	1.9



**Figure 8** Impact resistance values



**Figure 9** Probability plot of hardness

**การวิเคราะห์ทางสถิติ**

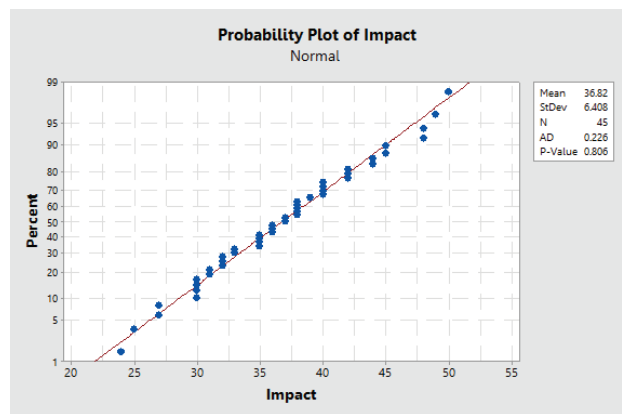
**การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล**

การวิเคราะห์ทางสถิติทางผู้วิจัยใช้โปรแกรม Minitab 17 ในการวิเคราะห์ ก่อนการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เหมาะสม จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ของผลการทดสอบค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทก รวมถึงการตรวจสอบสมมติฐานด้วยหลักทางสถิติ และตรวจสอบค่าความแปรปรวน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Test for normality) ของค่าความแข็ง และค่าความต้านทานแรงกระแทกของมีดได้ที่ใช้ในการทดลอง โดยตั้งสมมติฐาน คือ

- $H_0$  : เศษตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ
- $H_1$  : เศษตกค้างไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ

จากการทดสอบของแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง (Anderson-darling test) ของค่าความแข็ง ผลการทดสอบแสดงใน Figure 9 พบว่ามีค่า P-Value 0.136 ในขณะที่ค่าความต้านทานแรงกระแทกมีผลการทดสอบแสดงใน Figure 10 ซึ่งมีค่า P-Value 0.806 จะเห็นได้ว่า ค่า P-Value ของสมบัติทางกลทั้งสองมีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ  $H_0$  แสดงถึงเศษตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ



**Figure 10** Probability plot of impact

สำหรับการทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Test for homogeneity of variance) ของค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทกที่ใช้ในการทดลอง ตั้งสมมติฐานไว้ คือ

- $H_0$  : ความแปรปรวนของเศษตกค้างทุกกลุ่มเท่ากัน
- $H_1$  : ความแปรปรวนของเศษตกค้างแตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม

จากผลของค่าความแข็งการเปรียบเทียบ แสดงดัง Figure 11 พบว่าได้ค่าของ P-Value 0.096 ค่าความต้านทาน

แรงกระแทก แสดงดัง Figure 12 ได้ค่าของ P-Value 0.916 จึงไม่สามารถปฏิเสธ  $H_0$  แสดงว่าเศษตกค้างทุกกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน ในขณะที่เดียวกันค่าการทดสอบของเลวิน (Levene's test statistic) ของค่าความแข็งได้ค่า P-Value 0.556 ส่วนค่าความต้านทานแรงกระแทกได้ค่า P-Value 0.900 มีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ  $H_0$  แสดงว่าเศษตกค้างมีความแปรปรวนที่เท่ากัน

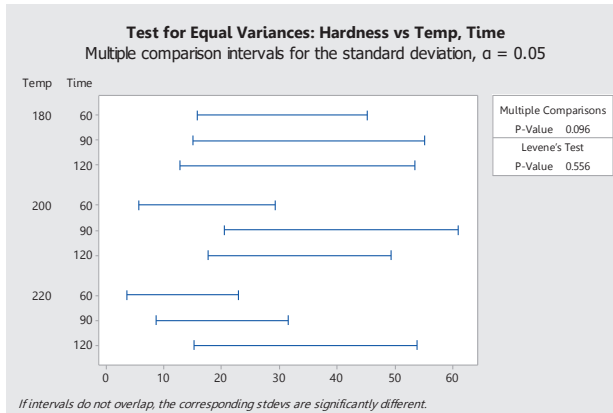


Figure 11 Test for homogeneity of variance of hardness values

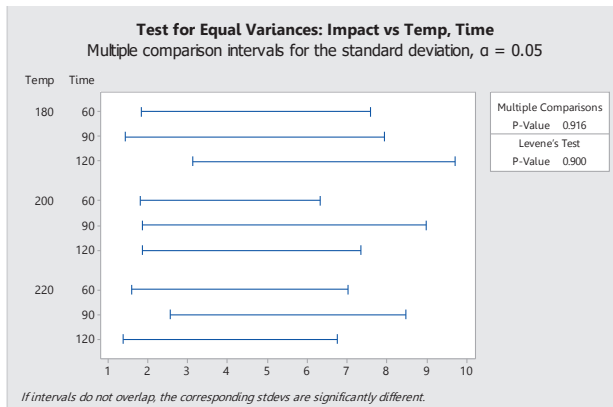


Figure 12 Test for homogeneity of variance of impact values

การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Test for independence) ของค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทกของมีดโต้ที่ใช้ในการทดลอง แสดงผลดัง Figure 13 (a) พบว่า ค่าความแข็ง P-Value 0.050 และค่าความต้านทานแรงกระแทก แสดงดัง Figure 13 (b) คือ มีค่า P-Value 0.289 โดยตั้งสมมติฐาน คือ

$$H_0 : \text{เศษตกค้างเป็นอิสระกัน}$$

$$H_1 : \text{เศษตกค้างไม่ได้เป็นอิสระกัน}$$

จากผลการทดสอบ พบว่า มีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ  $H_0$  แสดงว่าเศษตกค้างเป็นอิสระต่อกัน

Runs test for Hardness

Runs above and below K = 583.413

The observed number of runs = 17  
The expected number of runs = 23.4889  
22 observations above K, 23 below  
P-value = 0.050

(a) Hardness values

Runs test for Impact

Runs above and below K = 36.8222

The observed number of runs = 27  
The expected number of runs = 23.4889  
23 observations above K, 22 below  
P-value = 0.289

(b) Impact values

Figure 13 Test for independence

จากการตรวจสอบข้อสมมติฐานด้วยหลักทางสถิติ ทั้ง 3 ส่วน คือ Test for normality, Test for independence และ Test for homogeneity of variance ค่า P-Value ของทั้ง 3 ส่วนมีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญ 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้

ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่อค่าความแข็ง

จากรูปกราฟ (Contour Plot) ค่าความแข็งของอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟดังแสดงใน Figure 14 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มระดับของปัจจัยทั้ง 2 ค่าขึ้น จะทำให้ค่าความแข็งลดลง โดยในช่วงของค่าความแข็งที่ต้องการคือ 550 HV ซึ่งพบว่าค่าความแข็งอยู่ในช่วง 550-575 HV ในบริเวณที่สี่เหลี่ยมปานกลาง

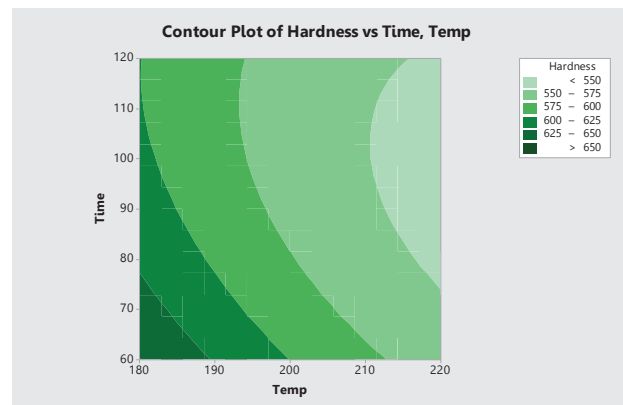


Figure 14 Contour plot of hardness

**ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่อค่าความต้านทานแรงกระแทก**

จากรูปกราฟ (Contour Plot) ของค่าความต้านทานแรงกระแทกของอุณหภูมิและเวลาอบคั้นไฟดังแสดงใน Figure 15 พบว่า เมื่อเพิ่มระดับของปัจจัยทั้ง 2 ค่าขึ้น จะทำให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกสูงขึ้น โดยในช่วงของค่าความต้านทานแรงกระแทกที่ต้องการคือ 35 Jules จะอยู่ในช่วง 30-35 Jules ในบริเวณสีเขียวปานกลาง

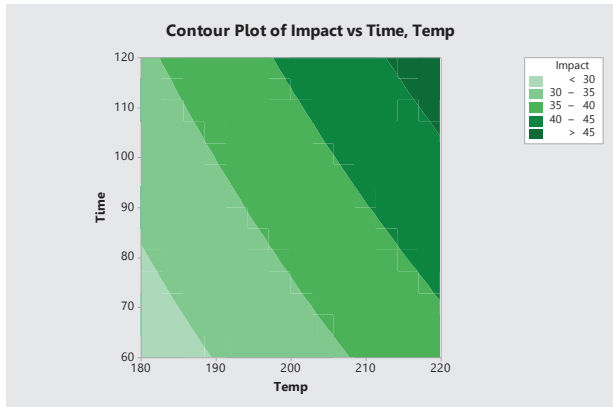


Figure 15 Contour plot of impact

**การวิเคราะห์ผลของการทดลอง พบว่าปัจจัยของอุณหภูมิอบคั้นไฟ เวลาอบคั้นไฟ และปัจจัยร่วมนั้นมีผลต่อค่าความแข็งแรงของมีดได้ที่นำมาทำการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ**

การวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่าปัจจัยของอุณหภูมิอบคั้นไฟ เวลาอบคั้นไฟ และปัจจัยร่วมนั้นมีผลต่อค่าความแข็งแรงของมีดได้ที่นำมาทำการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ใน Table 8 แสดงรายละเอียดของปัจจัยร่วมมีค่า P-value น้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ทุกปัจจัย ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยร่วมดังกล่าวนี้มีผลต่อค่าความแข็งแรงอย่างมีนัยสำคัญ และจากผลการทดลองได้ค่าของ R-sq เท่ากับ 85.26 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ค่า R-sq (adj) มีค่าเท่ากับ 81.99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าของ R-sq แสดงถึงจำนวนของข้อมูลมีจำนวนเพียงพอที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสม

Table 8 Variance analysis results Hardness value of temperature and time

Factorial information						
Factor	Levels	Values				
Temp	3	180	200	220		
Time	3	60	90	120		
Analysis of variance						
Source	Df	Adj. SS	Adj. MS	F-Value	P-Value	
Model	8	49693	6211.6	26.03	0.000	
Linear	4	47622	11905.4	49.90	0.000	
Temp	2	37336	18667.8	78.24	0.000	
Time	2	10286	5143.0	21.56	0.000	
2-Way interaction	4	2071	517.8	2.17	0.092	
Temp*Time	4	2071	517.8	2.17	0.092	
Error	36	8589	238.6			
Total	44	58282				
Model summary						
S	R-Sq	R-Sq (adj)		R-Sq (pred)		
15.4465	85.26%	81.99%		76.97%		

การวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความต้านทานแรงกระแทก ทำให้ทราบว่าปัจจัยของอุณหภูมิอบคั้นไฟ เวลาอบคั้นมีผลต่อค่าความต้านทานแรงกระแทกของมิดโต้ที่ใช้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงตัวอย่างใน Table 9 โดยค่า P-Value ของปัจจัยหลักและปัจจัยรวม มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 นั้นหมายความว่าปัจจัยดังกล่าวมีผล

ต่อค่าความต้านทานแรงกระแทกอย่างมีนัยสำคัญ

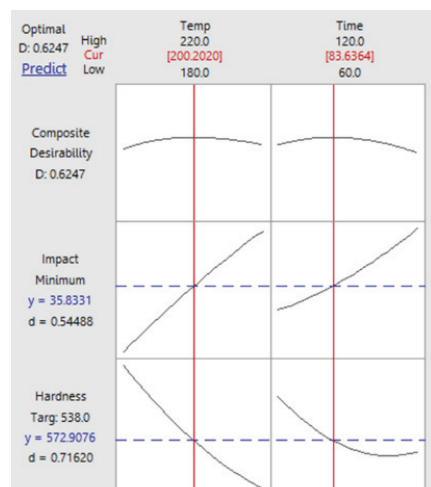
โดยผลของการทดลองได้ค่า R-sq ของการอบคั้นไฟ ค่าเท่ากับ 88.31 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ค่า R-sq (adj) มีค่าเท่ากับ 85.71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าของ R-sq แสดงถึงจำนวนของข้อมูลมีค่าที่มากพอที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

**Table 9** Variance analysis results impact value of temperature and time

General factorial regression: Impact value versus temperature, time						
Factorial information						
Factor	Levels	Values				
Temp	3	180	200	220		
Time	3	60	90	120		
Analysis of variance						
Source	Df	Adj. SS	Adj. MS	F-Value	P-Value	
Model	8	1595.38	199.422	33.99	0.000	
Linear	4	1561.16	390.289	66.53	0.000	
Temp	2	1082.18	541.089	92.23	0.000	
Time	2	478.98	239.489	40.82	0.000	
2-Way interaction	4	34.22	8.556	1.46	0.235	
Temp*Time	4	34.22	8.556	1.46	0.235	
Error	36	211.20	5.867			
Total	44	1806.58				
Model summary						
S	R-Sq	R-Sq (adj)		R-Sq (pred)		
2.42212	88.31%	85.71%		81.73%		

**ปัจจัยที่เหมาะสมต่อค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทก**

จากรูปกราฟ Optimal ใน Figure 16 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิอบคั้นไฟ คือ 200 องศาเซลเซียส เวลาในการอบเพิ่มคาร์บอนคั้นไฟ คือ 83.6 นาที โดยได้ค่าความแข็งเฉลี่ย 572.9 HV และค่าความต้านทานแรงกระแทกเฉลี่ยต่ำสุด 35.8 Joules จากผลของปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้ ผู้วิจัยจึงได้นำระดับปัจจัยของทั้งสองเงื่อนไขดังกล่าวมาทำการทดลองเพื่อยืนยันผลจำนวน 5 การทดลอง โดยเงื่อนไขที่ใช้ คือ อุณหภูมิอบเพิ่มคาร์บอน 200 องศาเซลเซียส และเวลาอบเพิ่มคาร์บอน 83 นาที



**Figure 16** Optimization plot of the effect of each factor



### การทดลองเพื่อยืนยันผล

เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้จากค่าทางสถิติ จึงทำการทดลองชุบแข็งมีดได้ด้วยการอบคืนไฟตามสภาวะของอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนไฟ โดยผลการทดสอบค่าความแข็งแสดงดัง Table 10

และค่าความต้านทานแรงกระแทกแสดงดัง Table 11 จะเห็นได้ว่า ค่าความแข็งเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 549.9 HV และความต้านทานแรงกระแทก 38.8 Joules ซึ่งอยู่ในค่าตามเป้าหมายของมีดชุมชน

**Table 10** Hardness values of repeated experiment

No.					Average	sd
1	2	3	4	5		
565.5	574.2	554.6	522.8	532.6	549.9	21.7

**Table 11** Impact values of repeated experiment

No.					Average	sd
1	2	3	4	5		
42.0	38.0	35.0	41.0	38.0	38.8	2.8

### วิจารณ์ผล

ผลการทดลองชุบแข็งมีดได้ด้วยกระบวนการอบคืนไฟ จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาการอบคืนไฟเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งก่อนนำไปใช้งานควรจะต้องนำมาทำการอบคืนไฟ (Tempering) เพื่อคลายความเครียดภายในให้หมดไป หรือ ให้เหลืออยู่น้อยที่สุด ดังงานวิจัยของสมศักดิ์ แก้วพลอย (2559) ที่ใช้ปัจจัยของอุณหภูมิและเวลาในการศึกษากระบวนการอบคืนไฟ ซึ่งพบว่าทั้งสองปัจจัยมีผลต่อพลังงานแรงกระแทก

ดังนั้นเวลาในการอบคืนไฟที่เวลา 60, 90 และ 120 นาที จะพบว่าเวลาอบคืนไฟที่ 120 นาที ทำให้ค่าความแข็งลดลงจากมีดได้ผลิตของชุมชน 704.1 HV ลดลงอยู่ที่ 549.9 HV ส่วนค่าความต้านทานแรงกระแทก จาก 14.0 Joules มีค่าความเหนียวเพิ่มขึ้น 38.8 Joules ซึ่งสอดคล้องตามหลักการณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ (2556) ที่ว่าเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งมานั้น จะมีสมบัติที่แข็งและเปราะ เพราะการเย็นตัวที่รวดเร็วจะทำให้เกิดความเครียดขึ้นภายใน ส่งผลให้เหล็กขาดความเหนียวไม่ทนต่อแรงกระแทก ในส่วนของการอบคืนไฟจะใช้อุณหภูมิที่ต่ำ โดยใช้ปัจจัยของอุณหภูมิการอบคืนไฟที่ 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส จะพบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงซึ่งสอดคล้องตามหลักการ มนัส สติจรจินดา (2540) ที่ว่าการอบคืนไฟในช่วงอุณหภูมินี้ความแข็งจะลดลงเล็กน้อยแต่ความเครียดภายในจะถูกทำลายไปเกือบหมดแต่ความเหนียวจะเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ทราบว่าเหล็กภายหลังที่ผ่านการชุบแข็งจะเกิดความเครียดภายในอันเนื่องมาจากการเย็นตัวที่เร็วจากอุณหภูมิสูง แต่จะขาดสมบัติด้านความ

เหนียวไม่ทนต่อแรงกระแทก (Poor impact strength) และความเครียดภายในที่เกิดขึ้น จะมีส่วนทำให้ชิ้นงานมีความเปราะ หรืออาจเกิดการแตกร้าวในขณะที่ใช้งาน อย่างไรก็ตามเมื่อมีดได้มีค่าความแข็งที่ลดลงส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกสูงขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากเวลาและอุณหภูมิในกระบวนการอบคืนไฟ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุภกิจ ขาวเนตร (2552) พบว่าผลการทดสอบความต้านทานแรงกระแทก เมื่ออุณหภูมิการอบคืนไฟเพิ่มขึ้นหลังจากชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งมาแล้วที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ค่าความต้านทานแรงกระแทกมีแนวโน้มสูงขึ้น

ในการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลที่ใช้วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดลอง และปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการอบคืนไฟสามารถนำไปใช้หาระดับของอุณหภูมิและเวลาอบคืนไฟ ซึ่งทำให้ค่าความแข็งมีดได้ที่ผ่านการอบคืนไฟให้ใกล้เคียงกับค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทกตามขอบเขตคุณสมบัติทางกลของมีดชุมชน ดังงานวิจัยของวรรณ หอมจะบก และคณะ (2558) ที่ว่ามีดได้ที่ผลิตจากเหล็กแบบประกอบไปด้วยโครงสร้างคาร์ไบด์กระจายตัวบนเนื้อพื้นโครงสร้างมาเทนไซด์ โดยคาร์ไบด์จะมีขนาดเล็กลง เมื่อมีระยะลึกเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้มีดมีความเปราะ คุณสมบัติในการรับแรงกระแทกน้อยลง และจากผลของการทดลองยืนยันผล พบว่า ค่าความแข็งและค่าความต้านทานแรงกระแทก นั้นมีค่าอยู่ในขอบเขตของสมบัติทางกลของมีดได้ทางชุมชน ซึ่งสอดคล้องตามคุณสมบัติ มาตรฐานผลิตภัณฑ์มีดชุมชน (2552)

### สรุปผลการวิจัย

จากการนำหลักการของการออกแบบการทดลองและการใช้สถิติในการวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณสมบัติเม็ดโต้ด้วยกระบวนการอบคืนไฟ โดยใช้สมบัติทางกลของเม็ดโต้ที่ดีขึ้นรูปและชุบแข็งโดยชุมชนที่มีค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 704.1 HV ในขณะที่ค่าความต้านทานแรงกระแทกมีค่าอยู่ที่ 14.0 Joules เป็นค่าเปรียบเทียบกับเม็ดโต้ที่ผ่านกระบวนการอบคืนไฟ ทำให้ทราบว่า จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อสมบัติทางกล ทำให้ได้เวลาในการอบคืนไฟ 83 นาที อุณหภูมิการอบคืนไฟ 200 องศาเซลเซียส โดยทั้งสองปัจจัยจะให้ค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 579.9 HV และค่าความต้านทานแรงกระแทกอยู่ที่ 35.8 Jules และเมื่อนำปัจจัยที่เหมาะสมระหว่างเวลาและอุณหภูมิไปทำการทดลองเพื่อยืนยันผลโดยได้ค่าความแข็งแรงอยู่ที่ 549.9 HV และความต้านทานแรงกระแทกอยู่ที่ 38.8 Jules

ดังนั้น ในขั้นตอนการผลิตเม็ดโต้ควรมีการเพิ่มกระบวนการอบคืนไฟหลังจากการชุบแข็ง ซึ่งจะทำให้เม็ดมีความคงทนต่อการนำไปใช้งาน และคณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อเป็นการต่อยอดจากงานวิจัยนี้ควรศึกษาโครงสร้างจุลภาคเพิ่มเติมภายหลังจากกระบวนการอบคืนไฟ

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำบทความวิชาการขอขอบพระคุณสาขาวิศวกรรมวัสดุ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์การทดลองในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ. (2556). *โลหะวิทยา*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ วรรณ หอมจะบก อมรศักดิ์ มาใหญ่ และ สมบัติ น้อยมิ่ง. (2562). การศึกษาสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของเม็ดโต้ที่ผลิตจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนที่มี 4 จังหวัดของประเทศไทย. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*, 18(1), 60-70.

มนัส สติรจินดา. (2540). *วิศวกรรมการอบชุบเหล็ก*. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2552). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน*. <http://app.tisi.go.th/otop/otop.html>.

วรรณ หอมจะบก ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ และนฤดม ทาดี. (2558). ผลของอุณหภูมิอบสเทนไนท์ซึ่งในกระบวนการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงเพื่อใช้ผลิตเม็ดโต้. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 8(3), 126-136.

สิทธิพงษ์ อุดมบุญญานภาพ และนลิน เพียรทอง. (2557). *การปรับปรุงกระบวนการผลิตเม็ดพรีดัมปล้องกรณีศึกษาชุมชนบ้านนาถ่อนทุ่ง จังหวัดนครพนม*.

สมนึก วัฒนศรีกุล. (2549). *การทดสอบวัสดุ (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุภกิจ ขาวเนตร. (2552). ผลของอุณหภูมิการอบชุบแข็งและการอบคืนตัวต่อคุณสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้าชุบเคลือบนิเกิล. *วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา*, 20(2), 87-92.

สมศักดิ์ แก้วพลอย. (2559). การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการอบคืนตัวของเหล็กกล้าผสม โดยวิธีพื้นผิวตอบสนอง. *วารสารข่าวงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย*, 2(2), 49-55.

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีสุข ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ จารุพงษ์ บรรเทาจิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร วรรณ หอมจะบก อมรศักดิ์ มาใหญ่ และสมบัติ น้อยมิ่ง. (2562). การศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาที่ส่งผลต่อการชุบแข็งเม็ดโต้ในกระบวนการแพ็คคาร์เบอร์ไรซิงโดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมคาร์บอเนต. *การประชุมวิชาการการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ.2562 (หน้า 201-207)*. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ASTM E-140-02. *Standard Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Superficial Hardness, Knoop Hardness, and Scleroscope Hardness*.

ISO 148-2 : 2008 Metallic material - Charpy pendulum impact test Part 2: Verification of testing machines

Kumar, S.A. (2003). *Physical Metallurgy Handbook*. McGraw-Hill Company Inc.

Montgomery, D.C. (2013). *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd.

# กลุ่มอาการที่พบจากการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน The physical symptoms from personnel computer using

วรินทร์ทิพย์ คงฤทธิ<sup>1</sup>  
Varintip Khongrit<sup>1</sup>

Received: 31 May 2021 ; Revised: 13 September 2021 ; Accepted: 29 September 2021

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ กลุ่มอาการและตระหนักถึงอาการที่เกิดจากการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงานของบุคลากรคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ บุคลากรของคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา ทั้งสายอาจารย์และสายสนับสนุน จากการรวบรวมข้อมูล ได้ข้อมูลจากตัวอย่างทั้งสิ้น 44 คน จากจำนวนทั้งหมด 48 คน คิดเป็นร้อยละ 91.66 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบสอบถาม ซึ่งมีความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม ( $\alpha$ -Coefficient = 0.948) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน 5 วันต่อสัปดาห์ ร้อยละ 56.8 โดยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 47.7) มีระยะเวลาใช้คอมพิวเตอร์อยู่ในช่วง 6-9 ชั่วโมงต่อวัน ระยะเวลาการพักอยู่ในช่วง 30 นาที-1 ชั่วโมง (ร้อยละ 65.9) ประเภทการหยุดพักที่พบมากที่สุด ได้แก่ การลุกจากที่นั่ง สลับงานอื่น (ร้อยละ 65.9) กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีการใช้สายตาในการเล่นโทรศัพท์มือถือ ซึ่งส่วนใหญ่มีระยะเวลาการใช้ในช่วง 1-2 ชั่วโมง การสำรวจพบกลุ่มตัวอย่างมีความชุกของกลุ่มอาการทางกล้ามเนื้อและกระดูก ที่พบสูงสุดได้แก่ ไต้แก หลังส่วนล่างด้านซ้ายและขวา ร้อยละ 75 ไหล่ด้านซ้าย ร้อยละ 68.2 และ บริเวณท้ายทอย คอ ไหล่ขวา หลังส่วนบนซ้าย ร้อยละ 65.9 ตามลำดับ บริเวณที่มีอาการปวดเมื่อยตลอดเวลาต้องกินยา คือ ท้ายทอย คอ หลังส่วนบนซ้าย ร้อยละ 4.5 บริเวณที่ปวดเมื่อยและหยุดพักแล้วแต่อาการไม่หาย ได้แก่ ไหล่ซ้าย ร้อยละ 22.7 ปวดเมื่อยแต่เมื่อหยุดพักงานอาการหายไป ไต้แก หลังส่วนล่างซ้ายและขวา ร้อยละ 38.6 กลุ่มดวงตาและระบบการมองเห็น พบอาการแสบตา ร้อยละ 88.6 อาการปวดตา ร้อยละ 11.4 และตาสู้แสงไม่ได้ ร้อยละ 4.5

**คำสำคัญ:** กลุ่มอาการ คอมพิวเตอร์ บุคลากรคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ

## Abstract

This research aims to study the behavior of computer users, signs and symptoms related to computer use, and the recognition of computer operation among the staff of the Faculty of Health and Sports Science, Thaksin University. 48 samples including support staff and lecturers were asked to answer the questionnaire. A high response rate of 91.66% (44/48 samples) was found in this study. The Cronbach's alpha coefficient of the questionnaire was 0.948. Descriptive statistics including frequency, percentage, mean, and standard deviation were used for data analysis.

This study found that 56.8% of the sample worked with a computer for 5 days/week . Most of them (47.7%) used a computer for 6-9 hours/day with 30-60 minutes break (65.9%). Break-time activities were standing up and changing to other work (65.9%). All of sample used thei eyes with a smart phone for 1-2 hours. This survey found the prevalence of musculoskeletal symptoms was highest at left and right lower back (75%), left shoulder (68.5%) and occipital, neck, right shoulder, and left upper back (65.9%) respectively. Occipital, neck and left upper back pains required medicine to reduce pain. Left shoulder pain did not improve after stop working, in contrast with left and right lower back that experiences reduced pain after relaxation. Eye and visual system symptoms were eye burning (88.6%), pain (11.4%), and photo phobia (4.5%)

**Keywords:** Physical Symptoms, Computer, personnel of Health and Sport Science, Thaksin university

<sup>1</sup> คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง พัทลุง 93210

<sup>1</sup> Faculty of Health and Sports Science, Thaksin University, Phatthalung Campus, Phatthalung, 93210

## บทนำ

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวัน รวมถึงการทำงานในองค์กร เนื่องจากเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ดังกล่าว สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ เพื่อความสะดวกและมีประสิทธิภาพ ทำให้คอมพิวเตอร์มีความจำเป็นหลักในการปฏิบัติงานในหน่วยงาน ซึ่งคอมพิวเตอร์ได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วและมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งในงานสำหรับงานและอุตสาหกรรมทั่วไป เช่น การใช้งานภาครัฐ งานทะเบียนราษฎร ด้านการศึกษา ธนาคาร ฯลฯ จากข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ในปี 2556-2560 พบว่า ประเทศไทยมีผู้ใช้คอมพิวเตอร์ประมาณ 30.8 ล้านคน เป็นกลุ่มวัยทำงาน (อายุ 15-59 ปี) ที่ใช้คอมพิวเตอร์ จำนวนถึง 28.1 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 91.3

การทำงานคอมพิวเตอร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานนั้น ย่อมส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสถานที่ทำงานที่ตั้งคอมพิวเตอร์ไม่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน), 2561) ทำท่างานคอมพิวเตอร์ การทำงานซ้ำๆ และการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน ล้วนแล้วแต่มีผลต่อการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะการทำงานที่ต้องอยู่ในท่าเดิมนานๆ และซ้ำๆ มีโอกาสทำให้เกิดอาการบาดเจ็บจากการเคลื่อนไหวซ้ำๆ (Repetitive Strain Injury ; RSI) และความผิดปกติจากการบาดเจ็บสะสมเรื้อรัง (Cumulative Trauma Disorders ; CTDs) สูง ซึ่งสามารถเกิดได้กับทุกอวัยวะในร่างกาย อย่างที่เกิดในข้อมือจากการใช้คีย์บอร์ด (keyboard) และเมาส์ (Mouse) นานๆ ทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อมือ แขน และไหล่ได้ นอกจากนี้เอ็นกล้ามเนื้อ เส้นประสาท กล้ามเนื้อ เกิดการบวม หรือตีบแคบลงของอุโมงค์ในข้อมือ ทำให้เกิดกลุ่มอาการอุโมงค์ข้อมือ (Carpal Tunnel Syndrome ; CTS) และนอกจากการใช้คอมพิวเตอร์ยังสามารถทำให้เกิดความผิดปกติต่อสายตาได้ด้วย จากการศึกษา ระยะเวลาการใช้คอมพิวเตอร์ที่นานเกินไปและการไม่พักสายตาระหว่างทำงานทำให้ ปวดเมื่อยตา ตาแห้ง ระคายเคืองตา ตาสู้แสงไม่ได้ ตาพร่ามัว มองไม่ชัด กลุ่มอาการเหล่านี้เป็นอาการของกลุ่มโรคหรือกลุ่มอาการทางระบบการมองเห็นที่เกิดจากการใช้คอมพิวเตอร์ (Computer Vision Syndrome) (นรากร พลหาญ, 2557)

การนั่งทำงานติดต่อกันวันละหลายชั่วโมงและอาจไม่มีการเปลี่ยนท่าทางในการนั่งเกิน 1 ชั่วโมง ส่งผลให้เกิดโรคทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ โดยอาการที่พบบ่อยที่สุด อาการปวดกล้ามเนื้อบริเวณบ่า ต้นคอ โรคกระดูกสันหลังส่วนคอและหลังเสื่อมในช่วงอายุน้อยลง จึงส่งผลต่อความ

สามารถในการทำงานเพราะอาการปวดและความไม่สะดวกสบายในการนั่งทำงาน (จันทณี นิลเลิศ, 2560) ทำท่างานที่ไม่ถูกสุขลักษณะเป็น เวลานานๆ ทำให้เกิดการอักเสบและผิดปกติของอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย ร้อยละ 46.8 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2559)

คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง เป็นสถาบันด้านการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย บุคลากร 2 ประเภท ได้แก่ 1) บุคลากรสายอาจารย์ 2) บุคลากรสายสนับสนุน ซึ่งในการทำงานต้องใช้คอมพิวเตอร์ทั้งหมด แม้ว่าจะมีตำแหน่ง หน้าที่งานจะแตกต่างกัน คอมพิวเตอร์ก็เป็นปัจจัยหลักในการทำงาน ในส่วนของอาจารย์ต้องรับหน้าที่การสอน งานวิจัย บริการวิชาการ บุคลากรสายสนับสนุน ซึ่งมีตำแหน่ง หน้าที่งานต่างๆ เช่น การเงิน พัสดุ บุคคล งานธุรการ เลขานุการ ฯลฯ

ดังนั้น ผู้วิจัยในฐานะที่เป็นบุคลากรทางการศึกษา เห็นความสำคัญปัญหาด้านความเสี่ยงทางการยศาสตร์และผลกระทบต่อสุขภาพจากการทำงานกับคอมพิวเตอร์ของบุคลากรคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา จึงทำการศึกษาค้นคว้าทำงานวิจัย เพื่อจะนำมาวางแผน หาแนวทางการแก้ไขปัญหาและนำไปสู่การป้องกัน เพื่อลดอันตรายที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต ที่เกิดขึ้นจากการทำงานกับคอมพิวเตอร์ต่อไป

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงานในการปฏิบัติงานของบุคลากรคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ
2. เพื่อศึกษากลุ่มอาการและการรับรู้ที่เกิดจากการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงานของบุคลากรคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ

## วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยพื้นฐานเชิงสำรวจ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ บุคลากรทุกคนที่ปฏิบัติงานเต็มเวลาในคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา ทั้งสายอาจารย์ จำนวน 30 คน และสายสนับสนุน จำนวน 18 คน รวมทั้งหมด 48 คน

### เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 4 ตอน ได้แก่

ส่วนที่ 1 สภาพลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ตำแหน่งงาน ระยะเวลาการทำงาน ลักษณะการตอบแบบสอบถามปลายปิด (Checklist) และแบบปลายเปิด

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงานของบุคลากร ลักษณะของการตอบแบบสอบถามปิด (Checklist) และแบบปลายเปิด

ส่วนที่ 3 กลุ่มอาการปวดเมื่อยของส่วนต่างๆ ของร่างกายจากการใช้คอมพิวเตอร์ เป็นการประเมินความรู้สึกไม่สบายของส่วนต่างๆ ของร่างกาย (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2560)

มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- 0 = ไม่มีอาการปวดเมื่อย
- 1 = นานๆ ปวดเมื่อครั้งหนึ่ง
- 2 = ปวดเมื่อแต่หยุดพักงานอาการก็หาย
- 3 = ปวดเมื่อย หยุดพักงานอาการไม่หาย
- 4 = มีอาการปวดเมื่อยตลอดเวลาต้องกินยา

ส่วนที่ 4 กลุ่มอาการที่เกิดขึ้นจากการใช้คอมพิวเตอร์ กลุ่มอาการของดวงตาและระบบการมองเห็น ลักษณะของการตอบแบบสอบถาม มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ 0 = ไม่เคยเกิดขึ้นเลย 1 = บางครั้ง 2 = บ่อย 3 = เกือบทุกครั้ง 4 = เป็นประจำ

#### การสร้างและทดสอบคุณภาพของเครื่องมือ

ความเที่ยงตรง โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญ จำนวน 2 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของคำถามแต่ละข้อว่าตรงตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย และการหาความเชื่อมั่น (Reliability) ทำการทดสอบก่อนปฏิบัติงานจริง (Try Out) แล้วนำข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามมาหาความเชื่อมั่น โดยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของ ครอนบาค แอลฟา (Cronbach s alpha)

#### ข้อพิจารณาทางจริยธรรม

งานวิจัยนี้ได้มีการชี้แจงและแจ้งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยให้ผู้เข้าร่วมโครงการรับทราบ การเข้าร่วมโดยผ่านการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยทักษิณ (REC No. 068)

#### การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปโดยได้นำข้อมูลจากแบบสอบถามที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมด เพื่อวิเคราะห์ค่าสถิติที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ได้แก่ การวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive

Statistic) ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) นำเสนอในรูปแบบของการอธิบาย

#### ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องกลุ่มอาการที่เกิดต่อร่างกายจากการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงานของบุคลากรคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ กลุ่มตัวอย่าง เพศหญิง จำนวน 29 คน ร้อยละ 65.9 เพศชาย จำนวน 15 คน ร้อยละ 34.1 อยู่ในช่วงอายุ 30-39 ปี ร้อยละ 54.5 อายุเฉลี่ย 39.5 ปี (อายุระหว่าง 26.2-68 ปี) ระดับการศึกษาอยู่ในการศึกษาระดับปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 50 การศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.3 ตำแหน่งอาจารย์ ร้อยละ 56.8 สายสนับสนุน ร้อยละ 36.6 สายตาคณิตศาสตร์ 26 คน ร้อยละ 59.1 สายตาคณิตศาสตร์ส่วนมากจะเป็นในลักษณะ สายตาสั้น สายตาเอียง สายตายาว คิดเป็นร้อยละ 36.4, 25.0, 15.9 ตามลำดับ มีโรคประจำตัว คิดเป็นร้อยละ 45.5 เป็นโรคกระเพาะอาหาร โรคภูมิแพ้ โรคไมเกรน คิดเป็นร้อยละ 15.9, 13.6, 6.8 ตามลำดับ พฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในการทำงานของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน 5 วันต่อสัปดาห์ ร้อยละ 56.8 ใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน 7 วันต่อสัปดาห์ ร้อยละ 38.6 ระยะเวลาใช้คอมพิวเตอร์ อยู่ในช่วง 6-9 ชั่วโมงต่อวัน ร้อยละ 47.7 ส่วนใหญ่ใช้คอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ ร้อยละ 86.4 คอมพิวเตอร์ที่ใช้วางในจุดที่ไม่มีแสงสะท้อนจากหลอดไฟหรือแสงสว่างอื่นๆ เข้าตา ร้อยละ 77.3 โต๊ะที่ใช้วางคอมพิวเตอร์ มีพื้นที่ว่างสำหรับวางอุปกรณ์และเอกสารที่ใช้ทำงาน ร้อยละ 77.3 การจัดวางเมาส์ และแป้นพิมพ์ อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมไม่ต้องบิดข้อมือ/กระดกข้อมือหรือเอื้อมแขนในขณะที่ทำงาน ร้อยละ 72.7 เก้าอี้ที่ใช้สามารถปรับระดับให้เหมาะสมกับร่างกาย ร้อยละ 84.1 มีการหยุดพักระหว่างที่ใช้งานคอมพิวเตอร์ ร้อยละ 95.5 ส่วนใหญ่ระยะเวลาการพักอยู่ในช่วง 30 นาที-1 ชั่วโมง ร้อยละ 65.9 ประเภทการหยุดพัก ส่วนใหญ่ลุกจากที่นั่ง สลับงานอื่น ร้อยละ 65.9 รองลงมาลุกจากที่นั่ง ยืดเส้นยืดสาย ร้อยละ 29.5 ระยะเวลาใช้สายตาในอุปกรณ์ต่างๆ ต่อวัน การเล่นเกมที่มีมือถือ ร้อยละ 100 (อยู่ในช่วง 1-2 ชั่วโมงมากที่สุด ร้อยละ 54.5 รองลงมาอยู่ในช่วง 3-4 ชั่วโมง ร้อยละ 29.5) ดูโทรทัศน์ ร้อยละ 50.0 อ่านหนังสือ ร้อยละ 40.9

**Table 1** Number percentage of fatigue in different body regions.

Parts of body N (%)	Fatigue level					percentage of fatigue in different body regions at all level (1-4)	
	Not at all (0)	Rarely (1)	Experiences reduced pain after relaxation (2)	Pain did not improve after stop working (3)	Pains required medicine to reduce pain (4)		
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	(%)		
Occipital	15(34.1)	10(22.7)	11(25.0)	6(13.6)	2(4.5)	65.9	
Neck	15(34.1)	8(18.2)	16(36.4)	3(6.8)	2 (4.5)	65.9	
Shoulder	left	14(31.8)	8(18.2)	12 (27.3)	10(22.7)	-	68.2
	right	15(34.1)	9(20.5)	11(25.0)	9(20.4)	-	65.9
Upper back	left	15(34.1)	10(22.7)	14(31.8)	3(6.8)	2(4.5)	65.9
	right	16(36.4)	10(22.7)	14(31.8)	4(9.1)	-	63.6
Lower back	left	11(25.0)	12(27.3)	17(38.6)	4(9.1)	-	75.0
	right	11(25.0)	12(27.3)	17(38.6)	4(9.1)	-	75.0
Upper arm	left	22(50.0)	16(36.4)	6(13.6)	-	-	50.0
	right	21(47.7)	15(34.1)	8(18.2)	-	-	52.3
Elbow	left	31(70.5)	9(20.5)	2(4.5)	2(4.5)	-	29.5
	right	30(68.2)	9(20.5)	3(6.8)	2(4.5)	-	31.8
Lower arm	left	27(61.4)	14(31.8)	3(6.8)	-	-	38.6
	right	25(56.8)	15(34.1)	4(9.1)	-	-	43.2
Hand and wrist	left	20(45.5)	15(34.1)	7(15.9)	2(4.5)	-	54.5
	right	19(43.2)	13(29.5)	10 (22.7)	2(4.5)	-	56.8
Hip/thigh	left	22(50.0)	13(29.5)	9(20.5)	-	-	50.0
	right	23(52.3)	13(29.5)	8(18.2)	-	-	47.7
Knee	left	30(68.2)	6(13.6)	8(18.2)	-	-	31.8
	right	30(68.2)	6(13.6)	7(15.9)	1(2.3)	-	31.8
Calf	left	27(61.4)	12(27.3)	4(9.1)	1(2.3)	-	38.6
	right	29(65.9)	10(22.7)	5(11.4)	-	-	34.1
Foot	left	33(75.0)	7(15.9)	4(9.1)	-	-	25.0
	right	33(75.0)	8(18.2)	3(6.8)	-	-	25.0

Table 1 ระดับความปวดเมื่อยส่วนต่างๆ ของร่างกายในภาพรวม จากระดับนานๆ ปวดเมื่อยครั้งหนึ่งไปจนถึง ระดับมีอาการปวดเมื่อยตลอดเวลาต้องกินยาพบว่า

บริเวณที่มีอาการปวดเมื่อยมากที่สุด คือ หลังส่วนล่างด้านซ้ายและขวา รองลงมาไหล่ด้านซ้าย ท้ายทอย (ร้อยละ 75.0, 68.2, 65.9 ตามลำดับ)

บริเวณที่มีอาการปวดเมื่อยตลอดเวลาต้องกินยาพบมากที่สุด คือ ท้ายทอย คอ หลังส่วนบนซ้าย (ร้อยละ 4.5)

บริเวณที่มีอาการปวดเมื่อยหยุดพักอาการไม่หายพบมากที่สุด คือ ไหล่ซ้าย รองลงมาไหล่ขวา (ร้อยละ 22.7, 20.5 ตามลำดับ)

บริเวณที่มีอาการปวดเมื่อยแต่หยุดพักงานอาการก็หายพบมากที่สุด คือ หลังส่วนล่างซ้ายและขวา รองลงมาคอ (ร้อยละ 38.6, 36.4 ตามลำดับ)

บริเวณที่ไม่พบอาการปวดเมื่อย คือ เท้าซ้าย เท้าขวา รองลงมา ข้อศอกซ้าย (ร้อยละ 75.0, 70.5 ตามลำดับ)

**Table 2** Number percentage of eye and visual system symptoms

Symptoms	Not at all (0)	Rarely (1)	Often (2)	Most of the time (3)	Always (4)	Percentage of eye and visual system symptoms at all level (1-4)
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	
Pain	12(27.2)	18(40.9)	8(18.2)	1(2.3)	5(11.4)	72.8
Headache/ dizziness	10(22.7)	23(52.3)	7(15.9)	1(2.3)	3(6.8)	77.3
Eye burning	5(11.4)	21(47.7)	13(29.6)	2(4.5)	3(6.8)	88.6
Eye irritation	16(36.4)	18(40.9)	9(20.5)	-	1(2.3)	63.7
Lacrimation	17(38.6)	22(50.0)	5(11.4)	-	-	61.4
Photo phobia	21(47.8)	15(34.1)	4(9.1)	2(4.5)	2(4.5)	52.2
Amblyopia	18(40.9)	20(45.5)	3(6.8)	1(2.3)	2(4.5)	59.1
Double vision	32(72.7)	10(22.7)	1(2.3)	1(2.3)	-	27.3

Table 2 กลุ่มอาการที่เกิดขึ้นของดวงตาและระบบการมองเห็น

กลุ่มอาการที่เกิดขึ้นของดวงตาและระบบการมองเห็น อาการแสบตามากที่สุด รองลงมาอาการปวดศีรษะ/เวียนศีรษะ (ร้อยละ 88.6, 77.3 ตามลำดับ) กลุ่มอาการที่เป็นประจำ คือ อาการปวดตา (ร้อยละ 11.4) รองลงมา ปวดศีรษะ/เวียนศีรษะ และแสบตา (ร้อยละ 6.8) กลุ่มอาการที่เป็นเกือบทุกครั้ง พบว่า อาการแสบตา และตาสู้แสงไม่ได้ (ร้อยละ 4.5) กลุ่มอาการที่เป็นบ่อย พบว่า อาการแสบตา (ร้อยละ 29.6) ระคายเคืองตา (ร้อยละ 20.5) กลุ่มอาการที่เป็นบางครั้ง ปวดศีรษะ/เวียนศีรษะ (ร้อยละ 52.3) น้ำตาไหล (ร้อยละ 50.0) กลุ่มอาการที่ไม่เคยเกิดขึ้นเลย คือ เห็นภาพซ้อน (ร้อยละ 72.7)

**สรุปและอภิปรายผล**

**พฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน**

พฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน

ของกลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่ใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน 5 วันต่อสัปดาห์ มีระยะเวลาใช้งานในการทำงาน 6-9 ชั่วโมงต่อวัน ส่วนใหญ่ใช้คอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิจัยของ (วิษณุ กัมทรทิพย์, 2554) พบว่าอาการ ปวดต้นคอ ปวดหัวไหล่ ปวดบริเวณสะบัก เป็นอาการที่พบบ่อยในผู้ที่ใช้คอมพิวเตอร์ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานเกิน 5 ชั่วโมงต่อวัน หากปล่อยให้เกิดพฤติกรรมเหล่านี้เป็นระยะเวลานานจะส่งผลกระทบต่อระบบกระดูกและกล้ามเนื้อระยะยาวได้ และสอดคล้องกับ (พรเทพ ศิริวนารังสรรค์, 2558) การนั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์เป็นประจำและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ไม่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการนั่งทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนานมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้ร่างกายมีการเคลื่อนไหวน้อย สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้เกิดอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ อาการเกร็งสะสมของกล้ามเนื้อและอาการอักเสบของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะกล้ามเนื้อบริเวณข้อมือและข้อมือ ไตแก่ ป่าไหล่ หลังส่วนบน-สะบัก แขน มือ และคอ ซึ่งการนั่งทำงานอยู่หน้าคอมพิวเตอร์นานๆ และไม่ถูกสุขลักษณะ จะทำให้เกิด

การบาดเจ็บซ้ำซาก (RSI: Repetitive Stress Injury) ในส่วนต่างๆ ของร่างกาย จึงควรได้รับการปรับปรุงทั้งด้านพฤติกรรม ผ่อนคลายอิริยาบถและมีการออกแบบสถานี่งานให้เหมาะสม **ระดับความเมื่อยล้าส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย**

บริเวณที่พบอาการปวดเมื่อยตลอดเวลาต้องกินยา คือ ท้ายทอย คอ หลังส่วนบนซ้าย บริเวณที่พบอาการปวดเมื่อยหยุดพักอาการไม่หายคือ ไหล่ซ้าย ไหล่ขวา บริเวณที่พบอาการปวดเมื่อยหยุดพักงานอาการก็หาย คือ หลังส่วนล่าง ซ้ายและขวา สอดคล้องกับงานวิจัย (เมธินี ครูสันธิ์, 2557) พบว่าพนักงานสำนักงานมหาวิทยาลัยมีความเสี่ยงต่ออาการปวดไหล่จากการทำงานกับคอมพิวเตอร์ จึงควรได้รับการปรับปรุงทั้งด้านพฤติกรรม และออกแบบสถานี่งานให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์และให้มีการเฝ้าระวังปัญหาอาการปวดไหล่ในพนักงาน (Janwantanakul *et al.*, 2008) พบว่า ตำแหน่งของอาการปวด มีความชุก 5 อันดับ แรก คือ คอ หลังส่วนล่าง หลังส่วนบน ไหล่ (สุนิสา ชายเกลี้ยง, 2552) พบว่าพนักงานสำนักงานที่ทำงานในมหาวิทยาลัยขอนแก่น มีความชุกของการปวดไหล่ในรอบ 1 เดือนเป็นร้อยละ 63.1 โดยพบความชุกสูง (นรากร พลหาญ, 2557) กลุ่มอาการทางกล้ามเนื้อและกระดูกที่เกิดจากการใช้คอมพิวเตอร์ อาการปวดคอมากที่สุด อาการปวดไหล่ อาการปวดหลังส่วนบน ปวดท้ายทอย ตามลำดับ

อาการปวดเมื่อยส่วนต่างๆ ของร่างกายสามารถเกิดได้ ตั้งแต่แขน ข้อมือ ข้อมือ แขนหลัง ต้นคอ หัวไหล่ ซึ่งจะมีเกิดการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อ เอ็นยึดกระดูก เอ็นยึดกล้ามเนื้อ หากปล่อยไว้โดยไม่รักษา หรือไม่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ก็อาจก่อให้เกิดอันตรายตามมา เช่น เสี่ยงต่อการเกิดหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท กระดูกสันหลังคด จะมีปัญหาสุขภาพเรื้อรังตามมา

#### กลุ่มอาการต่อดวงตาและระบบการมองเห็น

กลุ่มอาการที่เป็นประจำ คือ อาการปวดตา ปวดศีรษะ/ เวียนศีรษะ และแสบตา ตามลำดับ กลุ่มอาการที่เป็นเกือบทุกครั้ง อาการแสบตา และตาสู้แสงไม่ได้ กลุ่มอาการที่เป็นบ่อย อาการแสบตา ระคายเคืองตา พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ติดต่อกันเป็นระยะเวลาาน พบกลุ่มอาการต่อดวงตาและระบบการมองเห็น ได้แก่ อาการปวดตา แสบตา ระคายเคืองตา น้ำตาไหล ตาพร่ามัว เป็นต้น (เนลสินี ไชยเอี้ย และคณะ, 2548) พบว่าผลกระทบส่วนใหญ่ต่อสุขภาพคนทำงานกับคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่มีอาการผิดปกติทางสายตาร้อยละ 96.4 การใช้คอมพิวเตอร์ติดต่อกันเป็นเวลานาน อาการปวดเมื่อยตา ตาแห้ง แสบตา เคืองตา

ตาพร่ามัว ซึ่งอาจบ่งบอกว่ากำลังเสี่ยงกับกลุ่มอาการที่เรียกว่า Computer Vision Syndrome (CVS) กลุ่มอาการนี้ แม้ไม่ได้ก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อดวงตาหรือการมองเห็น แต่มักทำให้เกิดความไม่สบายตา และอาจเป็นปัญหาการมองเห็น การทำงานหรือการใช้ชีวิตประจำวันได้ หากปล่อยไว้ นอกจากทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงแล้ว ยังส่งผลต่อสุขภาพดวงตาระยะยาวด้วย

#### ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่พบว่า แนวโน้มของพฤติกรรมในการใช้คอมพิวเตอร์ มีผลกระทบต่อร่างกายด้านต่างๆ เช่น กลุ่มอาการทางกระดูกและกล้ามเนื้อ การมองเห็นและสายตา ดังนั้น เพื่อให้บุคลากรมีความรู้ความเข้าใจและมีการรับรู้ถึงกลุ่มอาการที่เกิดจากการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน ระดับคณะหรือระดับมหาวิทยาลัยควรทำการอบรมบุคลากร เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับกลุ่มอาการต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้คอมพิวเตอร์ อาทิ กลุ่มอาการทางกระดูกและกล้ามเนื้อ กลุ่มอาการต่อดวงตาและระบบการมองเห็น เป็นต้น อีกทั้งคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา ควรจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานให้เหมาะสม ให้มีกิจกรรมการสร้างเสริมสุขภาพภายในคณะฯ การบริหารร่างกายเพื่อลดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อและดวงตาเป็นประจำทุกวัน วันละ 5 ถึง 10 นาที เป็นต้น เพื่อให้บุคลากรได้ตระหนักถึงภาวะสุขภาพของตนเองให้มากยิ่งขึ้น ตลอดจนส่งเสริมให้บุคลากรมีสุขภาพที่ดี และมีสุขภาพพลานามัยที่สมบูรณ์ แข็งแรงแล้วนั้น ย่อมนำพาองค์กรหรือสถาบันนั้น ประสบความสำเร็จและนำพาองค์กรไปสู่ความเป็นเลิศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการทำวิจัยค้นหาแนวปฏิบัติที่ดีในการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน เพื่อลดกลุ่มอาการต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน โดยทำการเปรียบเทียบกลุ่มอาการต่างๆ ที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการนำแนวปฏิบัติ ที่ทำการวิจัยไปทดลองใช้ ซึ่งในการค้นหาแนวปฏิบัติที่ดีนั้น จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการทำงานของบุคลากรให้มีความเหมาะสม และสร้างเสริมให้บุคลากรมีภาวะสุขภาพที่ดียิ่งขึ้น มีการศึกษาหารูปแบบการลดความตึงกล้ามเนื้อจากการใช้คอมพิวเตอร์รูปแบบการลดปัญหาการเจ็บป่วยเกี่ยวกับสายตาและการมองเห็น จากการใช้คอมพิวเตอร์



## เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มอาชีพอนามัย สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค. (2560). *แนวทางการจัดบริการ อาชีวอนามัยให้กับแรงงานในชุมชนด้านกายศาสตร์ สำหรับเจ้าหน้าที่หน่วยบริการสุขภาพปฐม. สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2563, จาก <http://envocc.ddc.moph.go.th>*
- จันทณี นิลเลิศ. (2560). การนั่งตามการยศาสตร์. *เวช บันเทิง ศิริราช, 10(1)*.
- นรากร พลหาญ. (2557). กลุ่มอาการที่เกิดต่อร่างกายจากการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน ของ บุคลากรสายสนับสนุน มหาวิทยาลัยนครพนม. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 6(12)*.
- เนลีนี ไชยเอี้ย และคณะ. (2548, เมษายน-มิถุนายน). *ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ คอมพิวเตอร์ของพนักงานธนาคารพาณิชย์ในอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. ศรีนครินทร์เวชสาร.*
- พรเทพ ศิริวนารังสรรค์. (2558). *ข่าวแจก "กรมอนามัย เผย ภัยทำงาน ร้อยละ 60 เสี่ยงโรคออฟฟิศซินโดรม แนะนำปรับสถานที่ทำงานน่ายุ่ นำทำงานให้ถูกหลัก". สืบค้นเมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2563, จาก [http://203.157.65.15/anamai\\_web/ewt\\_news.php?nid=8547&filename=index](http://203.157.65.15/anamai_web/ewt_news.php?nid=8547&filename=index)*
- เมธินี ครุสันธิ์. (2557). การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในพนักงานสำนักงานมหาวิทยาลัย. *วารสารวิจัย มช, 19(5), 696-707.*
- วิษณุ กัมททธิพิทย์. (2554, กรกฎาคม). *รู้ทันโรคภัยใกล้คอมพิวเตอร์. สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2563, จาก [http://www.thnic.or.th/old\\_activities/project04/project04-seminar.doc](http://www.thnic.or.th/old_activities/project04/project04-seminar.doc).*
- สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน). (2562). *มาตรฐานการปฏิบัติงานคอมพิวเตอร์ตามหลักกายศาสตร์ (มปอ. 301 : 2561).*
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2559). *การสำรวจแรงงานนอกระบบ. สำนักงานสถิติพยากรณ์. กรุงเทพฯ.*
- สุนิสา ชายเกลี้ยง. (2552). การปวดหลังจากการทำงาน:ภัยเงียบใกล้ตัวที่คุณควรรู้. *วารสารวิจัยคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2(3).*
- Janwantanakul, P., Pensri, P., Jiamjarasrangsri, V., Sinsongsook, T. (2008). Prevalence of self-reported musculoskeletal symptoms among office workers. *Occupational Medicine, 58, 436-43.*

# การพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต ในกรุงเทพมหานคร

## Development of nursing system for coronary artery disease patients at Chinnakhet Hospital in Bangkok

สุทัศน์ สุภานาม<sup>1\*</sup>, นิษา เรืองกิจอุดม<sup>2</sup>, สถาพร มนัสสทธิติ<sup>3</sup>

Suthat Supanam<sup>1\*</sup>, Nisa Ruangkitudom<sup>2</sup>, Sathaporn Manatsathit<sup>3</sup>

Received: 29 June 2021 ; Revised: 27 August 2021 ; Accepted: 28 September 2021

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีระบบมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการดูแลผู้ป่วย กลุ่มตัวอย่างมี 2 กลุ่ม ได้แก่ พยาบาลวิชาชีพที่ให้การดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ จำนวน 15 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง และผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่เข้ารับการรักษาใน โรงพยาบาลชินเขต จำนวน 450 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) แบบประเมินสมรรถนะการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ 2) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของพยาบาลวิชาชีพ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการได้รับระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติอนุมานใช้การทดสอบ t-test

ผลการวิจัย พบว่าระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย การจัดตั้งหน่วยผู้ป่วยเฉพาะโรค การจัดเตรียมอุปกรณ์ทางการแพทย์ให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ป่วย การแต่งตั้งพยาบาลผู้จัดการผู้ป่วยรายกรณี การนำแนวปฏิบัติการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจมาใช้ในการพยาบาลผู้ป่วยอย่างเป็นรูปธรรม การพัฒนาสมรรถนะพยาบาลผู้ดูแลอย่างต่อเนื่อง และการปฏิบัติการพยาบาลของพยาบาลวิชาชีพที่ให้การดูแล ภายหลังจากนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่พัฒนาไปใช้ พยาบาลวิชาชีพมีสมรรถนะการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจโดยรวมและรายด้าน สูงกว่าก่อนการใช้ระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) พยาบาลวิชาชีพและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ผลการศึกษาทำให้ได้ระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทของโรงพยาบาลชินเขต และได้ระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่ชัดเจน เป็นรูปธรรมมากขึ้น และสามารถนำไปใช้ได้จริง

**คำสำคัญ:** ระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ

### Abstract

This participatory action research aims to develop a nursing system for coronary artery disease patients at Chinnakhet Hospital, Bangkok, Thailand. System theory was used as a conceptual framework. A sample of fifteen professional nurses who provided care for coronary artery disease patients, was purposively selected, and 450 coronary artery disease patients, were consecutively sampled at Chinnakhet Hospital. The research instruments consisted of the nurse competencies in caring for coronary artery disease patients, the professional nurse satisfaction and coronary artery disease patient satisfaction questionnaires. Data were analyzed using descriptive statistics and t-tests.

<sup>1</sup> อาจารย์พยาบาล คณะพยาบาลศาสตร์ วิทยาลัยนานาชาติเซนต์เทเรซา

<sup>2</sup> พยาบาลวิชาชีพชำนาญการพิเศษ กลุ่มการพยาบาล โรงพยาบาลชินเขต

<sup>3</sup> รองศาสตราจารย์, ผู้อำนวยการโรงพยาบาลชินเขต

<sup>1</sup> Lecturer, Faculty of Nursing, St. Theresa int College, Nakhon Nayok 26120, Thailand

<sup>2</sup> Registered Nurse, Department of Nursing Chinnakhet Hospital, Nonthaburi 10210, Thailand

<sup>3</sup> Associate Professor, Director of Chinnakhet Hospital, Nonthaburi 10210, Thailand

\* Corresponding Author ; E-mail: Suthat.supanam@gmail.com

The results showed that the nursing system for coronary artery disease patients consisted of establishment of a cardiac unit, provision of sufficient medical equipment to meet the demand of clients, work assignment to the cardiac case manager, implementation of clinical nursing practice guidelines for coronary artery disease patients, competency training for professional nurses who gave care to coronary artery disease patients and competency evaluation. After the implementation of a nursing system for coronary artery disease patients, the professional nurses' competencies on caring for coronary artery disease patient in total and all subjects were significantly higher than before the implementation ( $p < .01$ ). The satisfaction of professional nurses as well as coronary artery disease patients were at the highest level.

**Keywords:** Nursing System for Coronary Artery Disease, Coronary Artery Disease Patient

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคหลอดเลือดหัวใจ (coronary artery disease [CAD]) เป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (non-communicable diseases [NCDs]) ที่ยังคงเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของโลก โดยองค์การอนามัยโลกคาดการณ์ว่าในทุกปีจะมีผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจมากกว่า 13 คนล้านทั่วโลก ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี และมีผู้เสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจประมาณ 6.7 ล้านคน (ร้อยละ 14.3) ของการเสียชีวิตทั้งหมด (American Heart Association [AHA], 2018 ; World health organization [WHO], 2020) สำหรับประเทศไทย สำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุขได้รายงานแนวโน้มอัตราของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่เข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลเพิ่มขึ้นจากอัตรา 62.4 ต่อ 100,000 ประชากรในปี 2558 เพิ่มขึ้นเป็น 84.3 ต่อ 100,000 ประชากรในปี 2562 โดยมีอัตราการตายอยู่ที่ 32-33 รายต่อประชากร 1,000 คน ซึ่งมีแนวโน้มการเกิดโรคและอัตราการตายเพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2563)

โรคหลอดเลือดหัวใจตีบหรืออุดตัน เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสรีรภาพภายในหลอดเลือดแดง โครนารีรี่ที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ จากการที่มีปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลสะสมในหลอดเลือดแดงโครนารีรี่เพิ่มมากขึ้น ทำให้หลอดเลือดแดงโครนารีรี่เกิดการตีบแข็งอย่างต่อเนื่อง ทำให้หลอดเลือดมีความเปราะบางและปริแตกง่าย (vulnerable atherosclerosis) ภายหลังการปริแตกของหลอดเลือดแดงโครนารีรี่ เป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดภาวะลิ่มเลือดอุดตัน (thrombosis) ภายในหลอดเลือดหัวใจ ผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพภายในหลอดเลือดแดงโครนารีรี่ในลักษณะดังกล่าวมาแล้วครั้งหนึ่ง จะมีความเปราะบางของหลอดเลือดมากขึ้นต่อการเกิดความรุนแรงตามกลไกนี้ (Ambrose *et al.*, 2016 ; Amsterdam *et al.*, 2017) ส่งผลกระทบทั้งด้านร่างกายจิตใจ อารมณ์ ครอบครัวและสังคม (Donna & Workma., 2017 ; Sulo *et al.*, 2017) โดยภายหลังการเจ็บป่วย ความสามารถในการทำกิจกรรมของผู้ป่วยจะลดลง ผู้ป่วยมีความรู้

เหน้อยล้า มีอาการเจ็บหน้าอกเกิดขึ้นเป็นระยะ มีอาการเหนื่อยง่ายเวลาออกแรง การนอนหลับแปรปรวน ความคิดและการรับรู้เปลี่ยนแปลง (Amsterdam *et al.*, 2017 ; Liu *et al.*, 2018) ผู้ป่วยรู้สึกว่าคุณภาพชีวิตของตนเองเป็นภาระของบุคคลอื่นของญาติ ผู้ดูแล คนในครอบครัว และประเทศชาติ ทั้งนี้ผู้ป่วยบางรายมีความรู้สึกว่าคุณภาพชีวิตเสื่อมเสียภาพลักษณ์ และความมั่นใจในตนเอง เกิดการบั่นทอนภาวะทางจิตใจและคุณภาพชีวิต ดังนั้นหากผู้ป่วยได้รับการดูแลช่วยเหลือและฟื้นฟูสภาพทั้งด้านร่างกายและจิตใจที่เหมาะสม จะส่งผลให้ผู้ป่วยมีชีวิตที่ปลอดภัย มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น และสามารถใช้ชีวิตได้ใกล้เคียงกับคนปกติมากที่สุด (Guo *et al.*, 2016 ; Lefort *et al.*, 2016 ; Wright *et al.*, 2017)

จากสถิติที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ.2560-2562 โรงพยาบาลชินเขต พบจำนวนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่มาติดตามการรักษาที่แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลชินเขตเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี คือ 1,090 : 1,130 ; 1,237 คน ตามลำดับ นอกจากนี้สถิติของการรับเข้ามารักษาซ้ำในโรงพยาบาลชินเขตเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน คิดเป็นร้อยละ 32.7, 36.3 และ 39.2 ตามลำดับ สรุปจากสถิติพบ จำนวนอัตราการตายและกลับเข้ามารักษาซ้ำในโรงพยาบาลชินเขตเพิ่มมากขึ้นในทุกปีด้วยอาการเจ็บหน้าอกทั้งแบบรุนแรงและแบบไม่รุนแรง ภายหลังจากทำกิจกรรม นิ่งพักและอมยาใต้ลิ้น 2 เม็ด อาการดีขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทบทวนเวชระเบียนผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มีประวัติโรคหลอดเลือดหัวใจของโรงพยาบาลชินเขต พบว่าผู้ป่วยที่มาติดตามการรักษาที่แผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลชินเขต ส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่อยู่ในระยะพักฟื้น 6-12 สัปดาห์แรก ภายหลังจากเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจตีบหรืออุดตัน ภายหลังจากจำหน่ายออกจากโรงพยาบาลต้นสังกัด และจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางเวชระเบียนพบว่า สถิติของผู้ป่วยที่มาติดตามการรักษาที่โรงพยาบาลชินเขต ต้องเข้ารับการรักษาซ้ำในโรงพยาบาลมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น อัตราการเสียชีวิตสูงขึ้น จากความไม่พร้อมด้านสถานที่ในการรับผู้ป่วยเข้ารับรักษาในโรงพยาบาล

วัสดุ อุปกรณ์ทางการแพทย์ ยังมีไม่เพียงพอต่อจำนวนของ  
ที่เข้ารับบริการ ทำให้เกิดความยากลำบากในการให้การ  
พยาบาล ไม่มีระบบการให้การพยาบาลผู้ป่วยที่มีปัญหา  
โรคหลอดเลือดหัวใจที่ชัดเจน ไม่มีแนวทางการปฏิบัติที่ดีที่  
สามารถใช้เป็นกรอบการปฏิบัติงาน และการติดต่อประสาน  
งานด้านการพยาบาลในแต่ละแผนกยังไม่ดีเท่าที่ควร รวมทั้ง  
ไม่มีระบบสารสนเทศทางสุขภาพในการเชื่อมโยงข้อมูลและ  
การใช้ประโยชน์จากฐานข้อมูลในระบบอิเล็กทรอนิกส์ จากข้อมูล  
ที่ได้สามารถสังเคราะห์ปัญหาทั้งหมดที่พบจากการทบทวน  
เวชระเบียน สังเกต และสัมภาษณ์ คือ ปัญหาในเชิงระบบ  
ซึ่งยังไม่ได้มีการพัฒนาระบบการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือด  
หัวใจให้มีคุณภาพ จากประเด็นปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัย  
สนใจการพัฒนาระบบการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ  
ให้มีคุณภาพและยั่งยืนต่อไป

### กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดการวิจัยเชิงปฏิบัติ  
การแบบมีส่วนร่วม (Participatory action research) ของ  
เคมมิสและเมคทาการ์ท (1988) ร่วมกับกรอบแนวคิดทฤษฎี  
ระบบ (System theory) ในการสะท้อนการปฏิบัติการพยาบาล  
เพื่อพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ  
โรงพยาบาลชินเขต โดยเน้นกระบวนการพัฒนาระบบการ  
ดูแลผู้ป่วยที่มีปัญหาโรคหลอดเลือดหัวใจแบบองค์รวมทั้งด้าน  
ร่างกายและจิตใจ โดยเริ่มต้นจาก 1) การวางแผน (Planning)  
2) การลงมือปฏิบัติ (Action) 3) การสังเกตการณ์ (Observing)  
และ 4) การสะท้อนคิด (Reflecting) โดยเริ่มต้นกระบวนการ  
ทบทวนปัญหา ความต้องการ และแผนการดำเนินงานการ  
พยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของโรงพยาบาลชินเขต  
ในช่วงที่ผ่านมาร่วมกับคณะกรรมการในทีมผู้ดูแลผู้ป่วย  
โรคหลอดเลือดหัวใจ เพื่อรวบรวมข้อมูลและหาข้อเท็จจริง  
เกี่ยวกับสภาพการณ์การดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของ  
โรงพยาบาลชินเขต

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. พัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือด  
หัวใจในโรงพยาบาลชินเขต
2. ศึกษาสมรรถนะการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือด  
หัวใจภายหลังการใช้ระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือด  
หัวใจในโรงพยาบาลชินเขต
3. ศึกษาความพึงพอใจของพยาบาลวิชาชีพต่อระบบ  
การพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจในโรงพยาบาลชินเขต
4. ศึกษาความพึงพอใจของผู้ป่วยโรคหลอดเลือด  
หัวใจต่อระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจใน  
โรงพยาบาลชินเขต

### คำถามการวิจัย

1. ระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ  
ในโรงพยาบาลชินเขตที่เหมาะสมควรมีลักษณะอย่างไร
2. สมรรถนะการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ  
ภายหลังการใช้ระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ  
ในโรงพยาบาลชินเขตเป็นอย่างไร
3. ระดับความพึงพอใจของพยาบาลวิชาชีพต่อระบบ  
การพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจในโรงพยาบาลชินเขต  
อยู่ในระดับใด
4. ระดับความพึงพอใจของผู้ป่วยโรคหลอดเลือด  
หัวใจต่อระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจใน  
โรงพยาบาลชินเขตอยู่ในระดับใด

### วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม  
(Participatory action research)

#### ประชากร

พยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลชินเขต  
และผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มีประวัติเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจที่อยู่ใน  
ในระยะพักฟื้น 6-12 สัปดาห์แรก ภายหลังจำหน่ายออกจาก  
โรงพยาบาล ณ หน่วยตรวจผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลชินเขต  
กรุงเทพมหานคร

#### กลุ่มตัวอย่าง

เป็นพยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาล  
ชินเขตแบบเต็มเวลา จำนวน 15 คน มีอายุงาน 3 ปีขึ้นไป  
คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive  
sampling) และผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่  
มีประวัติเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจที่อยู่ในระยะพักฟื้น 6-12  
สัปดาห์แรก ภายหลังจำหน่ายออกจากโรงพยาบาล และ  
มาติดตามการรักษาที่โรงพยาบาลชินเขต ระหว่างเดือน  
กรกฎาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 จากประชากร  
2,481 คน (Chinnakhet hospital, 2019) โดยใช้สูตรของ  
Yamane (1970) ที่กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5%  
หรือที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยรวบรวม  
ข้อมูลได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 450 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบ  
ต่อเนื่อง การวิจัยครั้งนี้ไม่มีแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์และไม่มี  
กลุ่มตัวอย่างที่ปฏิเสธหรือขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัย  
คิดเป็นกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วม ร้อยละ 100 โดยกำหนด  
คุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ ดังนี้

#### เกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา (Inclusion criteria)

1. เป็นผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มีประวัติเป็นโรคหลอดเลือด  
หัวใจที่อยู่ในระยะพักฟื้น 6-12 สัปดาห์แรก ภายหลังจำหน่าย  
ออกจากโรงพยาบาล มาติดตามการรักษาในแผนกผู้ป่วยนอก  
โรงพยาบาลชินเขต

2. มีระดับความรู้สึกตัวและสติสัมปชัญญะปกติสามารถสื่อสารและเข้าใจภาษาไทยได้ดี
3. ไม่มีภาวะจำเสื่อมหรือมีปัญหาทางจิต
4. ไม่มีภาวะแทรกซ้อน เช่น มีไข้สูง หน้ามืด เวียนศีรษะ เป็นลม
5. ยินดีให้ความร่วมมือและเข้าร่วมการวิจัย

#### เกณฑ์การคัดออกจากศึกษา (Exclusion criteria)

1. ผู้ป่วยที่เกิดภาวะแทรกซ้อนรุนแรงต้องเข้ารับการรักษารวดด่วนในระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ผู้ป่วยที่ขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัยระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูล

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

**ส่วนที่ 1** แบบประเมินสมรรถนะพยาบาลวิชาชีพที่ดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจและหลอดเลือด โรงพยาบาลชินเขต ซึ่งผู้วิจัยได้ดัดแปลงมาจากแบบสอบถามของ เสาวนีย์ เนาวพานิช และคณะ (2558) ร่วมกับการทบทวรรณที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบบสอบถามประกอบด้วย 6 ด้าน จำนวน 35 ข้อ ได้แก่ 1) ด้านความรู้เรื่องโรคหลอดเลือดหัวใจ จำนวน 6 ข้อ 2) การให้ยาต้านเกล็ดเลือดและยาต้านการแข็งตัวของเลือด จำนวน 5 ข้อ 3) การพยาบาลในหอผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ จำนวน 7 ข้อ 4) การประเมินและการจัดการในภาวะฉุกเฉิน จำนวน 7 ข้อ 5) การติดต่อประสานงาน จำนวน 5 ข้อ และ 6) การวางแผนจำหน่ายและการดูแลต่อเนื่อง จำนวน 5 ข้อ

**ส่วนที่ 2** แบบสอบถามความพึงพอใจต่อระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของพยาบาลวิชาชีพ ซึ่งผู้วิจัยได้ดัดแปลงมาจากแบบสอบถามของ แสงอรุณ ใจวงศ์ผาบ และคณะ (2563) มีจำนวน 5 ข้อ ประกอบด้วย 1) ความพึงพอใจต่อสถานที่ให้บริการ 2) ความเพียงพอของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้บริการ 3) ขั้นตอนของระบบการให้บริการมีความง่ายไม่ยุ่งยาก ชับซ้อน 4) อัตรากำลังของทีมนักสหวิชาชีพที่ให้บริการ และ 5) ระบบการส่งต่อผู้ป่วยในภาวะฉุกเฉิน

**ส่วนที่ 3** แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการได้รับระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ซึ่งผู้วิจัยได้ดัดแปลงมาจากแบบสอบถามของ แสงอรุณ ใจวงศ์ผาบ และคณะ (2563) มีจำนวน 5 ข้อ ประกอบด้วย 1) ความพึงพอใจต่อคุณภาพการให้บริการ 2) พฤติกรรมการให้บริการ 3) อาคารสถานที่ 4) การให้คำปรึกษาและคำแนะนำ และ 5) การเข้าถึงระบบบริการได้ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน

เครื่องมือการวิจัยทั้ง 3 ส่วน มีลักษณะคำถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ใช้เกณฑ์การแปลความหมายดังนี้ (บุญใจ ศรีสถิตยน์นรากร, 2553)

4.51-5.00 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

3.51-4.50 หมายถึง เห็นด้วยมาก

2.51-3.50 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

1.51-2.50 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

1.00-1.50 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินสมรรถนะพยาบาลวิชาชีพที่ดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจและหลอดเลือด โรงพยาบาลชินเขต ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาจากแบบสอบถามของ เสาวนีย์ เนาวพานิช และคณะ (2558) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของพยาบาลวิชาชีพ และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการได้รับระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ผู้วิจัยได้พัฒนามากจากแบบสอบถามของ แสงอรุณ ใจวงศ์ผาบ และคณะ (2563) เนื่องจากข้อคำถามครอบคลุมงานวิจัย ผู้วิจัยจึงนำมาปรับให้สั้น กระชับ และนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งได้นำไปหาค่า ความตรง (validity) จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้ค่า Index of item Objective Congruence-IIOC .92, .94, .94 ตามลำดับ และนำไปหาค่าความเที่ยง (reliability) โดยนำไปทดลองใช้กับพยาบาลวิชาชีพที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน และนำไปหาค่าค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ .81, .83, และ .82 ส่วนด้านความรู้ได้หาค่า Reliability ด้วย Kuder-Richardson (KR-20) ได้ค่าเท่ากับ .81

#### การพิทักษ์สิทธิ์

การวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย โรงพยาบาลชินเขต เมื่อวันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ. 2562 รหัส โครงการ 015/2562 ผู้วิจัยให้การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่างตลอดกระบวนการวิจัย ซึ่งแจ้งวัตถุประสงค์ในการศึกษาให้พยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลชินเขตแบบเต็มเวลา ซึ่งพยาบาลวิชาชีพสามารถปฏิเสธเข้าร่วมการศึกษาโดยไม่เกิดผลกระทบใดๆ ต่อการปฏิบัติงานในโรงพยาบาลชินเขต และผู้ป่วยในหอผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจหรือผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มาตรวจตามนัดของแพทย์ มีประวัติเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจที่มารับการรักษา ณ หน่วยตรวจผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลชินเขต รับทราบ ขอความร่วมมือและความยินยอมในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ซึ่งกลุ่มตัวอย่างสามารถปฏิเสธในการเข้าร่วมการวิจัยได้ตลอดเวลา โดยไม่มีผลต่อการให้การพยาบาลที่จะได้รับ ผลการศึกษาที่ได้ ผู้วิจัย

จะเก็บเป็นความลับ จะไม่มีการระบุ ชื่อ-นามสกุล และไม่นำเสนอเพื่อก่อให้เกิดผลเสียต่อกลุ่มตัวอย่าง ภายหลังจากเสร็จสิ้นการวิจัยแล้ว ข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำลายเพื่อเป็นการคุ้มครองสิทธิของตัวอย่าง

### การเก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นเตรียมการ

1. ผู้วิจัยดำเนินการทำหนังสือขออนุมัติโครงการวิจัยเสนอผู้อำนวยการโรงพยาบาลชินเขต เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากพยาบาลวิชาชีพ ผู้ป่วย และข้อมูลจากแฟ้มเวชระเบียนของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่เข้ารับการรักษาในหอผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ และผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มาตรฐานนัดของแพทย์ ที่มีประวัติโรคหลอดเลือดหัวใจ ณ หน่วยตรวจผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลชินเขต ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึงกันยายน พ.ศ. 2562

2. เมื่อได้รับการอนุมัติจากผู้อำนวยการโรงพยาบาลชินเขต ผู้วิจัยขออนุญาตหัวหน้ากลุ่มการพยาบาล หัวหน้าพยาบาลแผนกผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอก และพยาบาลวิชาชีพ เพื่อแนะนำตัวและขอความร่วมมือในการวิจัย พร้อมทั้งแจ้งวัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการวิจัย

3. เมื่อหัวหน้ากลุ่มการพยาบาล หัวหน้าพยาบาลแต่ละหอผู้ป่วยรับทราบและอนุญาตให้เก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่ผ่านการปรับปรุงจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้วไปทดสอบความเชื่อมั่นกับพยาบาลวิชาชีพที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง ที่แผนกผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลชินเขต จำนวน 10 คน

4. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัย และทำการปรับปรุงเครื่องมือวิจัยให้เหมาะสม

5. เมื่อได้ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือไม่น้อยกว่า 0.8 ผู้วิจัยจึงนำเครื่องมือวิจัยไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างจริง

### ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนัดหมายประชุมคณะกรรมการพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ จำนวน 11 คน ประกอบด้วย หัวหน้ากลุ่มการพยาบาล 1 คน หัวหน้าพยาบาลแผนกหอผู้ป่วยใน 1 คน หัวหน้าพยาบาลแผนกหอผู้ป่วยนอก 1 คน พยาบาลวิชาชีพ 5 คน อายุรแพทย์ 2 คน และนักกายภาพ 1 คน ใช้การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory action research) มี 3 ขั้นตอน คือ วิเคราะห์สถานการณ์ ปฏิบัติการหรือดำเนินการวิจัย และการประเมินผลลัพธ์ ร่วมกับการใช้ทฤษฎีระบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1 :** วิเคราะห์สถานการณ์ก่อนดำเนินการวิจัย ในเดือนกรกฎาคม 2561-มิถุนายน 2562 โดยการประชุม

กลุ่มระดมสมอง ณ ห้องประชุมแก้วกัลยา ชั้น 1 โรงพยาบาลชินเขต

1.1 ผู้วิจัยและทีมสหสาขาวิชาชีพ ได้ทำการทบทวนศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจใน 2 ปีที่ผ่านมา และตรวจสอบแฟ้มเวชระเบียนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลชินเขตตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึง กันยายน พ.ศ. 2562 และทำการทบทวนเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ

1.2 กำหนดบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของคณะกรรมการพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ

1.3 จัดประชุมคณะกรรมการและร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ ร่วมค้นหาปัญหา วิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของโรงพยาบาลชินเขตที่ผ่านมาในทุกแผนก โดยการสังเกตและการสัมภาษณ์ในการให้บริการ

1.4 วิเคราะห์ระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจแบบเดิมที่ผ่านมา ร่วมกันวางแผนวิธีดำเนินงาน และทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการดูแล พร้อมทั้งร่วมพิจารณาคัดเลือกกระบวนการที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจแบบใหม่

1.5 ก่อนดำเนินการวิจัยพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ผู้วิจัยได้ทำการพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่างทั้งพยาบาลวิชาชีพ และผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ หลังจากนั้นจึงเริ่มเก็บรวบรวมข้อมูลตามแบบสอบถามแต่ละชุด

**ขั้นตอนที่ 2 :** ดำเนินการตามวงจรของทฤษฎีระบบ (System theory) ตั้งแต่ เดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน 2562 ประกอบด้วย 4 ระยะ ได้แก่ 1) การวางแผน (Planning) 2) ลงมือปฏิบัติการและเก็บรวบรวมข้อมูล (Acting) 3) สังเกตการณ์ปฏิบัติการ (Observing) 4) สะท้อนผลของการปฏิบัติ (Reflecting) ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 : การวางแผน (Planning) คณะกรรมการพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจได้ประชุมวางแผนพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของโรงพยาบาลชินเขต และเชื่อมโยงระบบการพยาบาลร่วมกับการรักษา และการส่งต่อผู้ป่วยระหว่างหน่วยงานภายในและภายนอกโรงพยาบาล ทำแผนพัฒนาร่างแนวทางการส่งต่อ จัดทำแผนการฝึกอบรมการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจให้แก่พยาบาลและทีมสหสาขาวิชาชีพ สร้างเครือข่ายกับโรงพยาบาลชุมชน และพัฒนาระบบสารสนเทศของโรงพยาบาลชินเขต

ระยะที่ 2 : ลงมือปฏิบัติการและเก็บรวบรวมข้อมูล (Acting) เป็นขั้นตอนของการนำแผนไปสู่การปฏิบัติ ซึ่งมีการพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจในโรงพยาบาลชินเขต ณ แผนกผู้ป่วยใน โดยมีการจัดตั้งหอผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ใช้พื้นที่ในหอผู้ป่วยอายุรกรรมทั่วไปที่มีอยู่เดิมที่ชั้น 4 จำนวน 10 เตียง สำหรับรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ จำนวน 6 เตียง เพื่อแบ่งสัดส่วนการดูแลผู้ป่วยที่ชัดเจนมากขึ้นมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ทางการแพทย์ และแต่งตั้งพยาบาลผู้จัดการผู้ป่วยรายกรณี (Case manager) หลังจากนั้นได้มีการประเมินสมรรถนะการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของพยาบาลวิชาชีพ โดยแบบประเมินสมรรถนะให้พยาบาลวิชาชีพตอบข้อมูลและส่งกลับให้คณะผู้วิจัย เพื่อทำการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ผล

คณะกรรมการพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต ได้จัดทำแผนการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ เพื่อพัฒนาองค์ความรู้และฝึกทักษะการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ให้กับพยาบาลวิชาชีพและพยาบาลผู้จัดการผู้ป่วยรายกรณี จำนวน 15 คน โดยให้ความรู้เกี่ยวกับพยาธิสภาพการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ อาการและอาการแสดง การวินิจฉัยโรค การรักษาด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การให้ยาต้านเกล็ดเลือดและยาต้านการแข็งตัวของเลือด การพยาบาลผู้ป่วยในหอผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ การประเมินและการจัดการภาวะฉุกเฉินที่มีโอกาสเกิดขึ้นกับผู้ป่วย เพื่อให้พยาบาลวิชาชีพมีความมั่นใจในองค์ความรู้และมีทักษะในการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจมากขึ้น นอกจากนี้พยาบาลผู้จัดการผู้ป่วยรายกรณี มีบทบาทสำคัญในการสื่อสาร ติดต่อบริการประสานงาน การวางแผนการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจก่อนจำหน่ายกลับบ้าน โดยใช้หลัก D-METHOD และวางแผนการดูแลต่อเนื่องในโรงพยาบาลชุมชน ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ป่วยในระยะก่อนจำหน่ายออกจากโรงพยาบาล ในระยะที่ 2 นี้ใช้เวลานาน 5 เดือน

ระยะที่ 3 : สังเกตการณ์ปฏิบัติการ (Observing) ผู้วิจัยทำการติดตามระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของโรงพยาบาลชินเขต โดยการสังเกต สัมภาษณ์ ให้คำปรึกษาและคำแนะนำแก่พยาบาลวิชาชีพและพยาบาลผู้จัดการผู้ป่วยรายกรณี ในการให้การพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของโรงพยาบาลชินเขต ในระยะที่ 3 นี้ใช้เวลานาน 1 ปี ตั้งแต่เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 โดยทางคณะกรรมการฯ มีการประเมินผลการดำเนินงานเป็นระยะและนำข้อเสนอแนะในแต่ละครั้งมาปรับปรุงและพัฒนาต่อ กำหนดการประเมิน ครั้งที่ 1 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 ครั้งที่ 2 เดือน เมษายน ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2563 และครั้งที่ 3 เดือน

สิงหาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ทั้งนี้เพื่อพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจให้มีความชัดเจนมากขึ้นและเหมาะสมกับบริบทของโรงพยาบาลชินเขตด้วย

ระยะที่ 4 : สะท้อนผลของการปฏิบัติ (Reflecting) ในระยะนี้ทางผู้วิจัยและคณะกรรมการพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ได้มีการจัดกิจกรรมสนทนากลุ่ม เพื่อสะท้อนคิดร่วมกันของทุกส่วนงานที่มีส่วนร่วมในการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ หลังจากนั้นผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการประเมินสมรรถนะการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจและความพึงพอใจต่อระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจในโรงพยาบาลชินเขตของพยาบาลวิชาชีพ จำนวน 15 คน

**ขั้นตอนที่ 3 :** การประเมินผลลัพธ์ ทางผู้วิจัยดำเนินการประเมินผลลัพธ์ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 เป็นการประเมินผลการดำเนินงาน ซึ่งเป็นไปตามแผนงานกิจกรรมที่ทางคณะกรรมการพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจกำหนดไว้ โดยใช้วงจรปฏิบัติการ 1 รอบวงจร

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS) วิเคราะห์โดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย พิสัย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอนุมานใช้การทดสอบ t-test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ  $p < 0.05$

#### ผลการวิจัย

**ขั้นตอนที่ 1** ผลจากการวิเคราะห์สถานการณ์ก่อนการพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขตในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา มีรายละเอียดในการศึกษา 5 ด้าน พบว่า 1) ด้านอาคารสถานที่ โรงพยาบาลชินเขต ยังไม่มีหอผู้ป่วยที่ให้บริการผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจโดยเฉพาะ 2) ด้านวัสดุ อุปกรณ์ทางการแพทย์ ทางโรงพยาบาลยังมีไม่เพียงพอต่อจำนวนของที่เข้ารับบริการ 3) ด้านขั้นตอนของระบบการให้บริการและสมรรถนะของพยาบาล ที่ผ่านมา โรงพยาบาลชินเขต ยังไม่มีระบบการให้การพยาบาลผู้ป่วยที่มีปัญหาโรคหลอดเลือดหัวใจที่ชัดเจน 4) ด้านอัตรากำลังของทีมนุสาวรีย์ที่ให้บริการ โรงพยาบาลชินเขต มีจำนวนบุคลากรจำกัด การดูแลให้การพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจยังไม่มีมาตรฐาน ไม่มีแนวทางการปฏิบัติที่ดีที่สามารถใช้เป็นกรอบการปฏิบัติงาน 5) ด้านระบบการส่งต่อผู้ป่วย โรงพยาบาลชินเขต มีการติดต่อประสานงานด้านการพยาบาลในแต่ละแผนกยังไม่ดีเท่าที่ควร บุคลากรในทีมนุสาวรีย์ทำงานไม่ประสานกัน อีกทั้งระบบสารสนเทศของโรงพยาบาลชินเขตยังไม่ได้รับการพัฒนา

**ขั้นตอนที่ 2** ผลการพัฒนากระบวนการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต

ทางโรงพยาบาลชินเขตได้จัดสรรให้มีพยาบาลวิชาชีพดูแลผู้ป่วยเฉพาะราย โดยให้การดูแลและติดตามผลภายหลังปฏิบัติการพยาบาลตามกระบวนการพยาบาล ซึ่งกำหนดให้มีแนวทางการปฏิบัติการพยาบาลในการดูแลผู้ป่วยที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีรายละเอียดดังนี้

1) โรงพยาบาลชินเขต มีการจัดการเผยแพร่ความรู้ให้แก่ผู้ป่วย ผู้รับบริการ และประชาชนทั่วไปในเชิงรุกมากขึ้น โดยเนื้อหาที่นำมาเผยแพร่ เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ พยาธิสภาพการเกิดโรค สาเหตุและปัจจัยเสี่ยง รวมถึงปัจจัยกระตุ้นการเกิดโรค อาการและอาการแสดง การวินิจฉัยโรค การรักษาโรค และการพยาบาลที่ผู้ป่วยต้องได้รับ เพื่อให้ผู้ป่วย ผู้รับบริการ และประชาชนทั่วไปมีความตระหนักและเห็นความสำคัญของการเฝ้าระวังและการดูแลตนเองมากขึ้น

2) ทางโรงพยาบาลชินเขต ได้จัดทำสื่อโปสเตอร์และประชาสัมพันธ์ช่องทางบริการเข้ารับบริการแบบฉุกเฉิน (Fast track) เมื่อเกิดอาการที่บ่งชี้อาการของโรคหลอดเลือดหัวใจ เช่น อาการเจ็บหน้าอก หายใจเหนื่อย นอนราบไม่ได้ หรือมีภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน เพื่อให้ผู้ป่วย ผู้รับบริการ และประชาชนทั่วไปรับทราบ และเข้าถึงการเข้ารับได้ทันถ่วงที ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ป่วย ผู้รับบริการ และประชาชนมีความมั่นใจในระบบการดูแลรักษาและการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขตมากขึ้น

3) โรงพยาบาลชินเขตมีการจัดทำแนวทางการส่งต่อผู้ป่วยในกรณีที่เกิดภาวะฉุกเฉินทางหัวใจเพื่อไปรับการรักษาต่อที่โรงพยาบาลต้นสังกัดหรือหน่วยงานที่ทางโรงพยาบาลชินเขตได้ติดต่อประสานงานไว้ นอกจากนี้ทางโรงพยาบาลได้มีการจัดทำแนวปฏิบัติในการคัดกรองผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ณ หน่วยตรวจผู้ป่วยนอกและที่ห้องฉุกเฉิน เมื่อผู้ป่วยมีอาการที่เกี่ยวข้องกับโรคหลอดเลือดหัวใจ เช่น เจ็บหน้าอก หายใจเหนื่อย นอนราบไม่ได้ ร่วมกับการซักประวัติ ตรวจร่างกาย และผลตรวจทางห้องปฏิบัติการหากมีความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับโรคหลอดเลือดหัวใจ หากผู้ป่วยมีอาการรุนแรงแพทย์จะพิจารณาส่งตัวผู้ป่วยไปรับการรักษาต่อที่โรงพยาบาลต้นสังกัดหรือหน่วยงานที่ทางโรงพยาบาลได้ติดต่อประสานงานไว้ทันที

4) ทางโรงพยาบาลชินเขต มีการจัดทำแนวปฏิบัติการพยาบาลในการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ เพื่อเพิ่มสมรรถนะของพยาบาลให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับโรคมากขึ้น และวางแผนการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจในระยะยาว ซึ่งรายละเอียดประกอบด้วย การเข้าใจความหมายและ

พยาธิสภาพการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ พยาบาลจำเป็นต้องทราบถึงสาเหตุและปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจที่ครอบคลุม ทั้งปัจจัยที่ผู้ป่วยสามารถควบคุมได้และไม่สามารถควบคุมได้ รวมถึงปัจจัยกระตุ้นการเกิดโรคที่ทำให้อาการและอาการแสดงของโรคเกิดขึ้นเฉียบพลัน ทราบการวินิจฉัยโรคและแนวทางการรักษาโรค นอกจากนี้พยาบาลสามารถระบุแนวทางการประเมินคัดกรองผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจได้อย่างถูกต้อง สามารถให้การพยาบาลผู้ป่วยที่มีภาวะหลอดเลือดหัวใจตีบและอุดตันได้ครอบคลุมในแต่ละปัญหา อีกทั้งพยาบาลมีบทบาทสำคัญในการวางแผนจำหน่ายผู้ป่วยออกจากโรงพยาบาล ให้การดูแลต่อเนื่องเมื่อผู้ป่วยพักฟื้นที่บ้าน และให้การดูแลผู้ป่วยเมื่อเข้าสู่ภาวะสุดท้ายของชีวิตได้

5) โรงพยาบาลชินเขต มีระบบการติดตามดูแลผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง ภายหลังจำหน่ายผู้ป่วยออกจากโรงพยาบาล เพื่อประเมินและติดตามการดูแลตนเองของผู้ป่วยและญาติ ผู้ดูแลผู้ป่วยที่บ้าน ภายหลังพยาบาลให้ความรู้และคำแนะนำตาม D-METHOD ในช่วงก่อนจำหน่ายผู้ป่วยออกจากโรงพยาบาล ทั้งนี้ ได้ติดต่อ อสม และผู้นำชุมชน ในการเข้าเยี่ยมและประเมินการดูแลตนเองของผู้ป่วยและญาติผู้ดูแลเป็นระยะ หากมีปัญหาสามารถติดต่อมาที่โรงพยาบาลชินเขต เพื่อขอคำแนะนำในการดูแลผู้ป่วยแต่ละรายได้

6) พยาบาลวิชาชีพ มีหน้าที่ประเมินและคัดกรองภาวะสุขภาพของผู้ป่วยหรือผู้ที่เข้ารับบริการตามหลักกระบวนการพยาบาล ให้การดูแลผู้ป่วยตั้งแต่แรกรับเข้ารักษาจนถึงวางแผนจำหน่ายผู้ป่วยออกจากโรงพยาบาล ทั้งนี้โรงพยาบาลชินเขตได้จัดทำแฟ้มข้อมูลเพื่อส่งต่อให้แก่ทีมสุขภาพและวางแผนการดูแลต่อเนื่องกับทีมสหสาขาวิชาชีพ ในขณะที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล ร่วมกับเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ป่วยและปรึกษาวางแผนร่วมกันถึงภาวะของโรคที่ยังคงอยู่ ส่วนใหญ่เป็นภาวะทางจิตใจ ได้แก่ ความเครียด ความวิตกกังวล ที่เกิดขึ้นภายหลังเกิดโรค เพื่อป้องกันการกลับเป็นซ้ำของโรคที่รุนแรง

นอกจากนี้ทางโรงพยาบาลชินเขต มีนักกายภาพบำบัด ประเมินและให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยในการฟื้นฟูสมรรถภาพของหัวใจผู้ป่วยภายหลังการเกิดโรค เพื่อป้องกันการเกิดซ้ำของโรคที่รุนแรง รวมทั้งฝึกทักษะผู้ป่วยเกี่ยวกับการออกกำลังกายตามความทนของร่างกายที่ผู้ป่วยจะสามารถรับได้ และค่อยเพิ่มความหนักและระยะเวลาให้มากขึ้น ร่วมกับการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน เช่น การปั่นจักรยานอยู่กับที่ การเดินเร็ว เป็นต้น ทำให้ปริมาณออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายได้มากขึ้น จนผู้ป่วยสามารถดูแลตนเองต่อที่บ้านได้



ผลการวิเคราะห์สมรรถนะการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของพยาบาลวิชาชีพ ภายหลังจากใช้ระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ พยาบาลวิชาชีพมีสมรรถนะการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต โดยรวมและรายด้านทั้ง 6 ด้าน สูงกว่าก่อนการใช้ระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ < .001 และเมื่อพิจารณาสมรรถนะการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจรายด้าน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะด้านการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจสูงสุด รองลงมา คือ สมรรถนะด้านการให้ยาต้านเกล็ดเลือดและยาต้านการแข็งตัวของเลือด และด้านความรู้เรื่องโรคหลอดเลือดหัวใจ ดัง Table 1

**Table 1** Comparison of care competence for coronary heart disease patients, Overall and separated issues of professional nurse. Before and after using the nursing care system for coronary heart disease patients (n = 15)

Professional nurse competence	Before		After		t	p-value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
1. Knowledge of coronary heart disease	1.88	0.67	4.28	0.88	16.22	0.001**
2. Anticoagulants and Antiplatelet Drugs	1.67	0.42	4.32	0.94	16.45	< 0.001
3. Nursing care of patients with coronary heart disease	1.73	0.54	4.56	0.98	17.31	< 0.001
4. Emergency Assessment & Management	1.83	0.63	3.87	0.78	18.44	0.002**
5. organization contacts	1.72	0.52	3.82	0.75	17.51	0.007**
6. continuing care and discharge planning	1.74	0.58	3.93	0.82	19.32	0.028*
<b>Total</b>	<b>1.76</b>	<b>0.56</b>	<b>4.13</b>	<b>0.85</b>	<b>17.54</b>	<b>&lt; 0.001</b>

NOTE : \*\* p < 0.01 \* p < 0.05

ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของพยาบาลวิชาชีพ ภายหลังจากนำระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต ไปใช้ โดยรวมอยู่ในระดับมาก (M = 3.69, SD = .59) และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ

ของพยาบาลวิชาชีพ ภายหลังจากนำระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต ไปใช้ รายด้าน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยด้านสถานที่ให้บริการ สูงสุด รองลงมา คือ ด้านระบบการส่งต่อผู้ป่วยในภาวะฉุกเฉินตามลำดับ ดัง Table 2

**Table 2** The average score of professional nurse satisfaction towards the nursing care system for coronary heart disease patients after the implementation of Chinnakhet Hospital's t nursing care system for coronary heart disease patients. (n = 15)

Satisfaction of Professional Nurses	Satisfaction Level		
	Mean	S.D.	Interpretation
Satisfaction Category			
1. Place satisfaction	3.84	0.68	High
2. Satisfaction of materials and equipment used in the service	3.73	0.71	High
3. The process of the service is simple and uncomplicated	3.52	0.47	High
4. The number of staffs is sufficient	3.57	0.49	High
5. Emergency referral system	3.78	0.62	High
<b>Total</b>	<b>3.69</b>	<b>0.59</b>	<b>High</b>

ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ป่วยต่อการได้รับระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ภายหลังจากนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต ไปใช้ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $M = 3.98$ ,  $SD = .67$ ) และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการได้รับระบบการพยาบาล

ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ภายหลังจากนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต ไปใช้ รายด้านพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยด้านการให้คำปรึกษาและคำแนะนำ สูงสุด รองลงมา คือ ด้านพฤติกรรมกรให้บริการตามลำดับ ดังTable 3

**Table 3** The average score of patients towards the nursing care system for coronary heart disease patients after the implementation of Chinnakhet Hospital's t nursing care system for coronary heart disease patients. (n = 450)

Satisfaction of Patients	Satisfaction Level		
	Mean	S.D.	Interpretation
Satisfaction Category			
1. Satisfaction of service quality	3.86	0.72	High
2. Staff's Behavior	4.42	0.83	High
3. Satisfaction of Place	3.61	0.53	High
4. Satisfaction of consultant and recommendation	4.53	0.89	Very High
5. The process of the service is simple and uncomplicated	3.49	0.38	Intermediate
<b>Total</b>	<b>3.98</b>	<b>0.67</b>	<b>มาก</b>

## อภิปรายผล

การพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต โดยใช้กรอบแนวคิดการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ร่วมกับกรอบแนวคิดทฤษฎีระบบประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ วิเคราะห์สถานการณ์ ปฏิบัติการหรือดำเนินการวิจัย และการประเมินผลลัพธ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงในการปฏิบัติ ไม่สามารถแยกส่วนในการพัฒนาได้ และเมื่อแต่ละส่วนได้รับการพัฒนาโดยมีการทำงานร่วมกันทั้งพยาบาลวิชาชีพ และทีมสหสาขาวิชาชีพมากขึ้น ส่งผลให้การพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ มีความสอดคล้องกับบริบทการดูแลผู้ป่วยของโรงพยาบาลชินเขต ทั้งนี้สามารถดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สมรรถนะการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของพยาบาลวิชาชีพ ภายหลังจากใช้ระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต พบว่า พยาบาลวิชาชีพมีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับพยาธิสภาพ และกลไกการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจมากขึ้น ทั้งสาเหตุ ปัจจัยเสี่ยง อาการและอาการแสดงที่จะเกิดขึ้นกับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ พยาบาลวิชาชีพให้การดูแลผู้ป่วยได้ครอบคลุมตามปัญหาที่เกิดขึ้นจริง และสามารถพยากรณ์โรคหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ป่วยได้ นอกจากนี้พยาบาลวิชาชีพยังสามารถวางแผน

การพยาบาล เพื่อติดตามและเฝ้าระวังภาวะแทรกซ้อนในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่ได้รับยาต้านเกล็ดเลือดและยาต้านการแข็งตัวของเลือดได้ดีมากขึ้น มีการประเมินผู้ป่วยเป็นระยะ เพื่อเฝ้าระวังอาการไม่พึงประสงค์ เช่น เจ็บแน่นหน้าอกมากขึ้น หายใจเหนื่อยมากขึ้นและหายใจลำบาก เป็นต้น หากผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจมีอาการดังกล่าวเกิดขึ้น พยาบาลวิชาชีพทราบแนวทางในการติดต่อประสานงานกับทีมสุขภาพได้อย่างรวดเร็ว เพื่อส่งต่อผู้ป่วยไปรับการรักษาต่อที่โรงพยาบาลต้นสังกัดได้ทันเวลา ส่วนในกรณีที่มีผู้ป่วยมีอาการคงที่หรืออาการดีขึ้น พยาบาลวิชาชีพมีบทบาทหน้าที่สำคัญในการวางแผนจำหน่ายผู้ป่วยตามหลัก D-METHOD ซึ่งกระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นก่อนที่ผู้ป่วยจะถูกจำหน่ายออกจากโรงพยาบาล เพื่อให้ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจสามารถกลับไปดูแลจัดการตนเองที่บ้านได้อย่างเหมาะสม และลดการเกิดการกำเริบซ้ำของโรครุนแรงและเป็นอันตรายแก่ชีวิต

ภายหลังจากดูแลผู้ป่วยด้วยระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจของพยาบาลวิชาชีพ พบว่า ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก เนื่องจากภายหลังจากพัฒนาระบบทำให้โรงพยาบาลมีสถานที่ที่ใช้ในการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่ชัดเจน โรงพยาบาลมีการเตรียมความพร้อมด้านวัสดุอุปกรณ์ในการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ

มากขึ้น เช่น เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เครื่องควบคุม อัตราหยุดของสารน้ำทางหลอดเลือดดำ และจอแสดงผล ติดตามคลื่นไฟฟ้าหัวใจของผู้ป่วยแต่ละเตียง เป็นต้น ทำให้พยาบาลวิชาชีพสามารถนำอุปกรณ์ต่างๆ มาใช้ในการดูแลผู้ป่วยที่มีประสิทธิภาพ และได้มาตรฐานวิชาชีพ ทั้งนี้พยาบาลวิชาชีพทราบขั้นตอนของระบบการส่งต่อผู้ป่วยในกรณีที่เกิดภาวะฉุกเฉินชัดเจน และมีการทำงานร่วมกับทีมสหสาขาวิชาชีพมากขึ้น ทำให้ระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ภายหลังการดูแลผู้ป่วยโดยใช้ระบบการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลชินเขต พบว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการดูแลมีความพึงพอใจในระบบการให้บริการของโรงพยาบาลชินเขตอยู่ในระดับมาก เนื่องจากทางโรงพยาบาลมีการให้บริการที่เป็นระบบเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนมากขึ้น ใช้ระยะเวลาในการรอเข้ารับการรักษาไม่นานมาก ทำให้ผู้ป่วยเข้ารับการรักษาได้ทันเวลาที่ ไม่เกิดภาวะแทรกซ้อน และได้รับการบริการที่ได้มาตรฐานวิชาชีพมากขึ้น นอกจากนี้พยาบาลวิชาชีพได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวกับอาการและอาการแสดงที่เกิดขึ้นเป็นอย่างดี มีการแนะนำให้ผู้ป่วยสังเกตอาการของตนเองเบื้องต้น หากผู้ป่วยมีอาการเจ็บแน่นกลางหน้าอกรุนแรง หายใจเหนื่อย หายใจลำบากมากขึ้น แนะนำให้ญาตินำผู้ป่วยมาโรงพยาบาลทันที

งานวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ นิตยา ชนะกอก (2561) และเสาวนีย์ เนาวพานิช และคณะ (2558) พบว่าพยาบาลวิชาชีพที่ดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจต้องมีความรู้ ความเข้าใจ และมีทักษะในการประเมินผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ เพื่อให้การดูแลช่วยเหลือผู้ป่วยได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งมีความจำเป็นต้องอาศัยการทำงานร่วมกันเป็นทีมทั้งแพทย์ พยาบาล และสหสาขาวิชาชีพ เพื่อให้การดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจมีประสิทธิภาพมากขึ้น และลดโอกาสการเกิดภาวะแทรกซ้อนภายหลังการเกิดโรค เช่นเดียวกับการศึกษาของ รัชณี ผิวม่วง และคณะ (2564) ที่ทำการศึกษารูปแบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน ที่มุ่งเน้นให้พยาบาลวิชาชีพที่ดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจมีความสามารถในการประเมินอาการและอาการแสดงที่จะเกิดขึ้นกับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ เพื่อให้การพยาบาลได้ถูกต้อง รวดเร็วและทันเวลา นอกจากนี้ได้มีการจัดรวบรวมส่วนต่างๆ ไว้เป็นระบบที่ครอบคลุมการพัฒนาผลลัพธ์ทางคลินิก และใช้ทรัพยากรด้านสุขภาพให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ

### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การนำระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจไปใช้ ควรให้บุคคลในหน่วยงานหรือองค์กรมีส่วนร่วม

ในการเปลี่ยนแปลงระบบการปฏิบัติการพยาบาลในครั้งนี้ และควรมีการเสริมแรงทางบวกในการยกย่องชมเชย บุคลากรในหน่วยงานที่ปฏิบัติงานตามระบบได้เป็นอย่างดี เพื่อสร้างกำลังใจให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน และเกิดการพัฒนาการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจที่ยั่งยืน

2. ควรให้ญาติผู้ดูแลหรือผู้ดูแลหลักเข้ามามีส่วนร่วมในการดูแลผู้ป่วย เพื่อให้ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจได้รับการดูแลต่อเนื่องภายหลังจำหน่ายออกจากโรงพยาบาล อีกทั้งยังต้องส่งเสริมสมรรถนะการดูแลในญาติผู้ดูแลหรือผู้ดูแลหลัก เพื่อฟื้นฟูสภาพผู้ป่วยที่บ้านด้วย

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาวิจัยในครั้งต่อไปควรศึกษาผลของการพัฒนาระบบการบริการที่ครอบคลุมการดูแลผู้ป่วยโรคหัวใจชนิดอื่นๆ การพัฒนาระบบระบบเครือข่าย และการติดตามผลต่อเนื่องในชุมชน เพื่อให้มีความชัดเจนในการดูแลผู้ป่วยเชิงรุก

### เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข กรมควบคุมโรค. (2563). *คู่มือสำหรับการดูแลผู้ป่วยโรคหัวใจ*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: พี.เอ.ลีฟวิ่ง.
- นิตยา จันทรนคร, ทศนีย์ แดขุนทด, อุไรวรรณ ศรีตามา และปิยนุช บุญทอง. (2563). การพัฒนารูปแบบการประเมินสัญญาณเตือนภาวะวิกฤต สำหรับผู้ป่วยหนักวัยผู้ใหญ่ โรงพยาบาลสกลนคร. *วารสารกองการพยาบาล*. 47(1), 39-60.
- นิตยา ชนะกอก. (2561). การพัฒนารูปแบบการดูแลผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดเฉียบพลันชนิด STEMI โดยการจัดการผู้ป่วยรายกรณี ในโรงพยาบาลลำพูน. *วารสารสาธารณสุขล้านนา*, 11(2), 37-43.
- บุญใจ ศรีสถิตยน์นรากร. (2553). *ระเบียบวิธีการวิจัยทางพยาบาลศาสตร์*. ยูแอนด์ไอ อินเตอร์ มีเดีย จำกัด.
- รัชณี ผิวม่วง, ธัญสุดา ปลงรัมย์ และวิไลวรรณ เกาศรี. (2564). การพัฒนารูปแบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดเฉียบพลันชนิด STEMI ที่ได้รับการเปิดขยายหลอดเลือดหัวใจผ่านสายสวน โรงพยาบาลบุรีรัมย์. *วารสารการแพทย์ โรงพยาบาลศรีสะเกษ สุรินทร์ บุรีรัมย์*, 30(2), 28-38.
- สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (2563). *สถิติสาธารณสุข*. ตีพิมพ์ออนไลน์.

- เสาวนีย์ เนาวพานิช, บุญทิพย์ สิริรังศรี, สุพิมพ์ ศรีพันธ์วรสกุล, พิษชุดา วิรัชพินทุ และวันเพ็ญ พิณโณภาสกุล. (2558). การพัฒนาแบบประเมินสมรรถนะพยาบาลวิชาชีพ ที่ดูแลผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือดในโรงพยาบาล มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง. *วารสารการพยาบาล*, 33(1), 33-41.
- แสงอรุณ ใจวงศ์ผาบ, ศรีวรรณ เรืองวัฒนา, ธนิตา จิตนารินทร์ และกนกรัตน์ มัชชะ. (2563). การพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง โรงพยาบาลลำพูน. *วารสารพยาบาล*, 69(2), 37-45.
- Ambrose, J., & Singh, M. (2016). Pathophysiology of coronary artery disease leading to acute coronary syndromes. *F1000 Prime Reports*, 7(8).
- American Heart Association [AHA]. (2018). Epidemiology of coronary heart disease and acute coronary syndrome. *Annals of Translational Medicine*. 4(13), 256.
- Amsterdam, E., Wenger, N., Brindis R., Casey D., Ganiats T., & Holmes D. (2017). Guideline for the management of patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*, 130(25), 2354-94.
- Coventry, L., Bremner, A., Williams, T., Celenza, A., Jacobs, I., & Finn, J. (2019). Characteristics and Outcomes of MI Patients with and without Chest Pain: A Cohort Study. *Heart, Lung and Circulation*, 24(8), 796-805.
- Donna, S., & Workman, Y. (2017). Prevention of cardiovascular disease in adults. *Journal of the American College of Cardiology*, 38, 1787-821.
- El-Toukhy, H., Omar, A., & Abou, M. (2017). Effect of acute coronary syndrome patients' education on adherence to dual antiplatelet therapy. *Journal of the Saudi Heart Association*, 29(4), 252-8.
- Guo, P., & Harris, R. (2016). The effectiveness and experience of self-management following acute coronary syndrome: A review of the literature. *International journal of nursing studies*, 61, 29-51.
- Kemmis, S., McTaggart, R. (1988). *The action research planner*. Deakin University.
- Lefort, H., Fradin, J., Blgnand, M., & Tourtier, J. (2016). Pre-hospital management of acute coronary syndrome. *Soins ; la revue de reference infirmiere*, 793, 39-43.
- Liu, X., Wu, C., Willis, K., Shi, Y., & Johnson, M. (2018). The impact of inpatient education on self-management for patients with acute coronary syndrome and type 2 diabetes mellitus: a cross-sectional study in China. *Health Education Research*, 33(5), 389-401.
- Chinnakhet hospital. (2019). *Medical Record of Chinnakhet hospital*. Chinnakhet hospital.
- Sulo, G., Igland, J., Nygard, O., Vollse, t S., Ebbing, M., & Poulter, N. (2017). Prognostic impact of in-hospital and postdischarge heart failure in patients with acute myocardial infarction: A nationwide analysis using data from the cardiovascular disease in Norway (CVDNOR) project. *Journal of the American Heart Association*, 6(3), 225-236.
- World health organization [WHO]. (2020). *Cardiovascular Disease (CVDs)*. World Health Organization. <https://www.who.int/mediacentre/factsheets>
- Wright, E., Steinhubl, S., Jones, J., Barua, P., Yan, X., & Van, R. (2017). Medication burden in patients with acute coronary syndromes. *The American journal of managed care*, 23(4), 106-112.
- Yamane, T., (1970). *Taro Statistic : An Introductory Analysis*. Harper & row.

## คำแนะนำสำหรับผู้พิมพ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำหนดพิมพ์ปีละ 6 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม-กุมภาพันธ์) ฉบับที่ 2 (มีนาคม-เมษายน) ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน) ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม) ฉบับที่ 5 (กันยายน-ตุลาคม) ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน-ธันวาคม) ผู้พิมพ์ทุกท่านสามารถส่งบทความวิจัยเพื่อรับการพิจารณาลงตีพิมพ์ได้ โดยไม่ต้องเป็นสมาชิกและไม่จำเป็นต้องสังกัดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลงานที่ได้รับการพิจารณาในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิมหรือองค์ความรู้ใหม่ ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อน รวมถึงไม่อยู่ระหว่างพิจารณาลงพิมพ์ในวารสารใด บทความอาจถูกดัดแปลงแก้ไข เนื้อหา รูปแบบ และสำนวน ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร ทั้งนี้ เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล และนำไปอ้างอิงได้

### การเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ แต่จะเรื่องจะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์การเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน ให้หลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษร่วมกับภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีทางแปล หรือคำที่ใช้แล้วทำให้เข้าใจง่ายขึ้น คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนเป็นภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะ สำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษ ควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาอังกฤษก่อน

2. ขนาดของต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 (8.5x11 นิ้ว) และพิมพ์โดยเว้นระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว จัดเป็น 2 คอลัมน์

3. ชนิดของขนาดตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้ใช้ตัวอักษร **Browallia New**

3.1 ชื่อเรื่องให้ใช้อักษรขนาด **18 pt. ตัวหนา**

3.2 ชื่อผู้พิมพ์ใช้อักษรขนาด **16 pt. ตัวปกติ**

3.3 หัวข้อหลักใช้อักษรขนาด **16 pt. ตัวหนา**

3.4 หัวข้อรองใช้อักษรขนาด **14 pt. ตัวหนา**

3.5 บทคัดย่อและเนื้อหาใช้ตัวอักษรขนาด **14 pt. ตัวบาง**

3.6 เชิงอรรถอยู่หน้าแรกที่เป็นรายละเอียดชื่อตำแหน่งทางวิชาการ และที่อยู่ของผู้พิมพ์ใช้อักษรขนาด 12 pt.

ตัวบาง และใส่ Corresponding author

4. ผู้พิมพ์จะต้องจัดเตรียมต้นฉบับในรูปแบบของไฟล์ “.doc” (MS Word) และ “.pdf” (Portable Document Format)

5. จำนวนหน้า ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 12 หน้า รวมตาราง รูป ภาพ และเอกสารอ้างอิง

6. รูปแบบการเขียนต้นฉบับ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทบทความรายงานผลวิจัยหรือบทความวิจัย (research article) และบทความจากการทบทวนเอกสารวิจัยที่ผู้อื่นทำเอาไว้ หรือบทความทางวิชาการ หรือบทความทั่วไป หรือบทความปริทัศน์ (review article)

7. การส่งบทความ ส่ง online ผ่านระบบ ThaiJo โดยสามารถเข้าไปดูรายละเอียดที่ [www.scjmsu.msu.ac.th](http://www.scjmsu.msu.ac.th)

8. หากจัดรูปแบบไม่ถูกต้องทางวารสารจะจัดส่งคืนผู้พิมพ์เพื่อปรับแก้ไข ก่อนเสนอผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา ซึ่งอาจทำให้กระบวนการตีพิมพ์ล่าช้า

## บทความวิจัย/บทความวิชาการ ให้เรียงลำดับหัวข้อดังนี้

**ชื่อเรื่อง (Title)** ชื่อเรื่องให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้น กระชับ และสื่อเป้าหมายหลักของงานวิจัย ไม่ใช่คำย่อ ความยาวไม่เกิน 100 ตัวอักษร

**ชื่อผู้พิมพ์ [Author(s)]** และที่อยู่ ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และระบุตำแหน่งทางวิชาการ หน่วยงาน หรือสถาบันที่สังกัด และ E-mail address ของผู้พิมพ์ไว้เป็นเชิงบรรณของหน้าแรก เพื่อกองบรรณาธิการสามารถติดต่อได้

**บทคัดย่อ (Abstract)** เป็นการย่อเนื้อความงานวิจัยทั้งเรื่องให้สั้น และมีเนื้อหา ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ ผลการค้นพบที่สำคัญ และสรุป มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยบทคัดย่อภาษาอังกฤษมีความยาวไม่เกิน 300 คำ สำหรับบทคัดย่อภาษาไทยให้สอดคล้องกับบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

**คำสำคัญ (Keywords)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่เกิน 5 คำ ให้ระบุไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษา

**บทนำ (Introduction)** เป็นส่วนเริ่มต้นของเนื้อหา ที่บอกความเป็นมา เหตุผล และวัตถุประสงค์ ที่นำไปสู่งานวิจัยนี้ ให้ข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีรายงานการศึกษาท่อนหน้า

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา (Materials and Methods)** ให้ระบุรายละเอียด วัสดุอุปกรณ์ สิ่งื่อนำมาศึกษา จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์และการแปลผล

**ผลการศึกษา (Results)** รายงานผลที่ค้นพบ ตามลำดับขั้นตอนของการวิจัย อย่างชัดเจนได้ใจความ ถ้าผลไม่ซับซ้อน และมีตัวเลขไม่มากควรใช้คำบรรยาย แต่ถ้ามีตัวเลข หรือ ตัวแปรมาก ควรใช้ตารางหรือแผนภูมิประกอบการรายงานผลการศึกษา

**วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion)** การอภิปรายผลการศึกษาว่าตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบกับสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ ผู้พิมพ์อาจมีข้อเสนอแนะที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือตั้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไป

**ตาราง รูป ภาพ แผนภูมิ (Table, Figures, and Diagrams)** ควรคัดเลือกเฉพาะที่จำเป็น แทรกไว้ในเนื้อเรื่อง โดยเรียงลำดับให้สอดคล้องกับคำอธิบายในเนื้อเรื่อง และมีคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ ที่สื่อความหมายได้สาระครบถ้วน กรณีที่เป็นตาราง คำอธิบายอยู่ด้านบน ถ้าเป็นรูป ภาพ แผนภูมิ คำอธิบายอยู่ด้านล่าง ใช้ตัวอักษร Times New Roman

**กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)** ระบุงานวิจัยได้รับการสนับสนุนงบประมาณ หรือสนับสนุนด้านอื่นๆ รวมถึงความช่วยเหลือจากองค์กรใดหรือผู้ใดบ้าง

**เอกสารอ้างอิง (References)** ระบุงานการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วนไว้ท้ายเรื่อง โดยใช้ APA Style ดังตัวอย่าง สามารถดูรายละเอียดและตัวอย่างเพิ่มเติมได้ที่ [www.scjmsu.msu.ac.th](http://www.scjmsu.msu.ac.th)

## เอกสารอ้างอิงให้เขียนตามรูปแบบ “Publication Manual of the American Psychological Association” (7<sup>th</sup> Edition)

### 1. หนังสือ (ในรูปแบบรูปเล่ม)

ชื่อ-สกุล. (ปีพิมพ์). *ชื่อเรื่อง* (พิมพ์ครั้งที่). สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง:

วิธาน ฐานะวุฑฒิ. (2547). *หัวใจใหม่-ชีวิตใหม่*. ปิตติศึกษา.

## 2. บทความในวารสารอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล. (ปีพิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร, เลขของปีที่(เลขของฉบับที่), เลขหน้า. /<https://doi.org/เลขdoi>

ตัวอย่าง:

มานะ สินธุวงษานนท์. (2549). ปัจจัยส่งเสริมการจัดการศึกษาที่ส่งผลต่อคุณภาพนักเรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารครุศาสตร์*, 18(2), 115-116.

## 3. รายงานการประชุมเชิงวิชาการ (Proceeding)

ชื่อ-สกุล. (ปี). ชื่อบทความ. ใน/ชื่อบรรณานุกรม (บ.ก.), ชื่อหัวข้อการประชุม. ชื่อการประชุม (น. เลขหน้า). ฐานข้อมูล.

ตัวอย่าง:

พัชรภา ตันติชูเวช. (2553). การศึกษาทั่วไปกับคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ในประเทศมาเลเซีย และสิงคโปร์ ศึกษาโดยเปรียบเทียบกับประเทศไทย. ใน ศิริชัย กาญจนวาสี (บ.ก.), *การขับเคลื่อนคุณภาพการศึกษาไทย. การประชุมวิชาการและเผยแพร่ ผลงานวิจัยระดับชาติ* (น. 97-102). คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

## 4. หนังสือพิมพ์และหนังสือพิมพ์ออนไลน์

ชื่อสกุล. (ปี, /วัน/เดือน). ชื่อคอลัมน์. ชื่อหนังสือพิมพ์, เลขหน้า.

ตัวอย่าง:

พงษ์พรรณ บุญเลิศ. (2561, 15 สิงหาคม). เติลนิวิส์ว่าไรดี: 'สื่อพิพิธภัณฑน์' เชื่อม ยุคสมัย เข้าถึงด้วย 'มิติใหม่' อินเทอร์เน็ต. *เติลนิวิส์*, 4.

## 5. หนังสือ (ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์)

ชื่อ สกุล. (ปีพิมพ์). ชื่อเรื่อง (พิมพ์ครั้งที่). URL

ตัวอย่าง:

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 สำหรับเด็กอายุ ต่ำกว่า 3-5 ปี*. [http://drive.google.com/file/d/1HiTwiRh1Er73h VYIMh1cYWzQiaNI\\_Vc/view](http://drive.google.com/file/d/1HiTwiRh1Er73h VYIMh1cYWzQiaNI_Vc/view)

## Intruccion for Authors

Research manuscripts relevant to subject matters outlined in the objectives are accepted from all institutions and private parties provided they have not been preprinted elsewhere. The context of the papers may be revised as appropriate to the standard. The manuscript must be interesting topic, review knowledge, modern knowledge, and academic comments that are beneficial to readers. The journal publishes 6 issues a year. Vol.1 (January-February) Vol.2 (March-April) Vol.3 (May-June) Vol.4 (July-August) Vol.5 (September-October) Vol.6 (November-December).

### Preparation of manuscripts:

1. Manuscripts can be written in either Thai or English with the abstract in both Thai and English. The use of Thai language adheres to the principles of vocabulary, transliteration in English according to the principles of the Royal Society of Thailand. Manuscript should be specific, clear, concise, accurate, and consistent. Mixing Thai and English should be avoided except for the case of necessity, such as academic vocabulary with no translation or mixing words for easier understanding. English vocabulary written in Thai must use all lowercase except for unique names. English language manuscripts should be checked by an English language editor prior to submission.

2. Manuscript should be on A4 standard size paper. Each side must have 1" margins with 2 columns.

3. Browallia New font is required with font size as follows:

3.1 Title of the article: **18 pt. Bold**

3.2 Name(s) of the authors: **16 pt. Unbold**

3.3 Main Heading: **16 pt. Bold**

3.4 Sub-heading: **14 pt. Bold**

3.5 Body of the text: **14 pt. Unbold**

3.6 Footnotes for authors and their affiliations: **12 pt. Unbold**, must be cited at the bottom of the first page. Academic position and corresponding author must be added at footnotes.

4. Manuscripts should be typed in MS word ".doc" and ".pdf" (Portable Document Format)

5. The number of pages are limited to 12 pages, including references, tables, graphs, or pictures.

6. Types of manuscripts: research articles and review articles.

7. Manuscript submission: online submission via [www.scjmsu.msu.ac.th](http://www.scjmsu.msu.ac.th).

**8. Manuscript with uncorrected format will be sent back to the author before review process which can delay the publication process.**

### Research article / review article must be in sequence as follows:

**Title:** denoted in both Thai and English, must be concise and specific to the point, normally less than 100 characters.

**Name(s) of the author(s):** denoted with affiliation must be in Thai and English, academic position must be specified, and email address for contact the author.

**Abstract:** This section of the paper should follow an informative style, concisely covering all the important of findings. The abstract must include objectives, findings, and conclusion. Thai and English abstract is required. The English abstract is restricted to **300 words**. Thai abstract should be relevant to English version.

**Keywords:** Give 4-5 concise words to specify your article



**Introduction:** This section is the initial part of the article, contain information about background, reasons, purposes, and review section.

**Materials and Methods:** A discussion of the materials used, and a description clearly detailing how the experiment was undertaken, e.g., experimental design, data collection and analysis, and interpretation

**Results:** Present the output. Li the information in complicated, add tables, graphs, diagrams etc., as necessary.

**Discussion and Conclusion:** Discuss how the results are relevant/oppose to the objective and hypothesis. How the result is different/relevant when comparing to the former findings. Give us your reason why result is like that base on reliable researches. This part should end with suggestions for research utilization or providing questions for future studies.

**Tables, figures, diagrams:** Selected only necessary objects to insert in the body of manuscript in accordance with the description in the text. The short description is required in English with completely meaningful. For figures and diagrams, the description is below the picture. But, for table, the description is on top of the table. (Times New Roman)

**Acknowledgement:** the name of the persons, organization, or funding agencies who helped support the research are acknowledged in this section.

**References:** listed and referred in APA.

## Reference are written in “Publication Manual of the American Psychological Association” (7<sup>th</sup> Edition)

### 1. Book

Mertens, D.M. (2014). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods* (4<sup>th</sup> ed.). SAGE.

### 2. Academic Journal

Herbst-Damm, K.L., & Kulik, J.A. (2005). Volunteer support, marital status, and the survival times of terminally ill patients. *Health Psychology*, 24, 225-229. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.24.2.225>

### 3. Conference Proceeding

Katz, I., Gabayan, K., & Aghajan, H. (2007). A multi-touch surface using multiple cameras. In J. Blanc-Talon, W. Philips, D. Popescu, & P. Scheunders (Eds.), *Lecture notes in computer science: Vol. 4678. Advanced concepts for intelligent vision systems* (pp. 97-108). Springer-Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74607-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74607-2_9)

### 4. Newspaper / Online Newspaper

Brody, J.E. (2007, December 11). Mental reserves keep brain agile. *The New York Times*. <http://www.nytimes.com>

### 5. E-book

Dahlberg, G., & Moss, P. (2005). *Ethics and politics in early childhood education*. <https://epdf.tips/ethics-and-politics-in-early-childhoodeducation-contesting-early-childhood.html>

## **Aim and Scope:**

The Journal of Science and Technology aims to disseminate of scientific knowledge in the discipline of Mathematics, Science, Technology, Engineering, Agriculture, Medicine, Health Science, Interdisciplinary in science and technology. The journal publishes both research article and review article.

## **Ownership**

Maharakham University  
Editorial Office  
Division of Research Facilitation and Dissemination,  
Khamriang Sub-distict, Kantharawichai District,  
Maha Sarakham Province 44150  
Tel & Fax: 0 4375 4416 ext. 1754

## **Advisors**

President of Maharakham University  
Professor Dr. Visut Baimai  
Professor Dr. Vichai Boonsaeng

## **Editor-in-Chief**

Professor Dr.Preecha Prathepha

## **Assistant Editors**

Professor Dr.Pairot Pramual  
Maharakham University  
Professor Dr.Sirithon Siriamornpun  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Worapol Aengwanich  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Vallaya Sutthikhum  
Maharakham University

## **Editorial Board**

Professor Dr.Thaweesakdi Boonkerd  
Chulalongkorn University  
Professor Dr.La-orsri Sanoamuang  
Khon Kaen University  
Professor Dr.Pranee Anprung  
Chulalongkorn University  
Professor Dr.Niwat Sonoamuang  
Khon Kaen University  
Professor Dr.Anongrit Kangrang  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Sunan Saikrasun  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Suwanna Boonyaleepun  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Kwanjai Kanokmedhakul  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Chantana Aromdee  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Boonchong Chawsithiwong National  
Institute of Development Administration

Associate Professor Dr.Porntep Tanonkeo  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Narumon Sangpradub  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Terdsak Khammeng  
Khon Kaen University  
Associate Professor Yuen Poovarawan  
Kasetsart University  
Associate Professor Dr.Orawich Goompol  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Sirikasem Sirilak  
Naresuan University  
Assistant Professor Dr.Chawalit Boonpok  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr.Napparat Buddhakala  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Assistant Professor Dr.Anucha Pranchana  
Ubon Ratchathani Rajabhat University  
Assistant Professor Dr.Seckson Sukhasena  
Naresuan University  
Assistant Professor Dr.Apinya Wongpiriyayothar  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr.Alongkorn Lamom  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr.Natapol Pumipuntu  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr.Somnuk Puangpronpitag  
Maharakham University  
Dr.Rakjinda Wattanalai  
Siam University  
Dr.Adrian R. Plant  
Maharakham University

## **Secretary**

Chaweewan Akkasesthang

## **Assistant secretary**

Phakwilai Rungwisai  
Jirarat Puseerit

## **Six issues per year**

Number 1 January-February  
Number 2 March-April  
Number 3 May-June  
Number 4 July-August  
Number 5 September-October  
Number 6 November-December