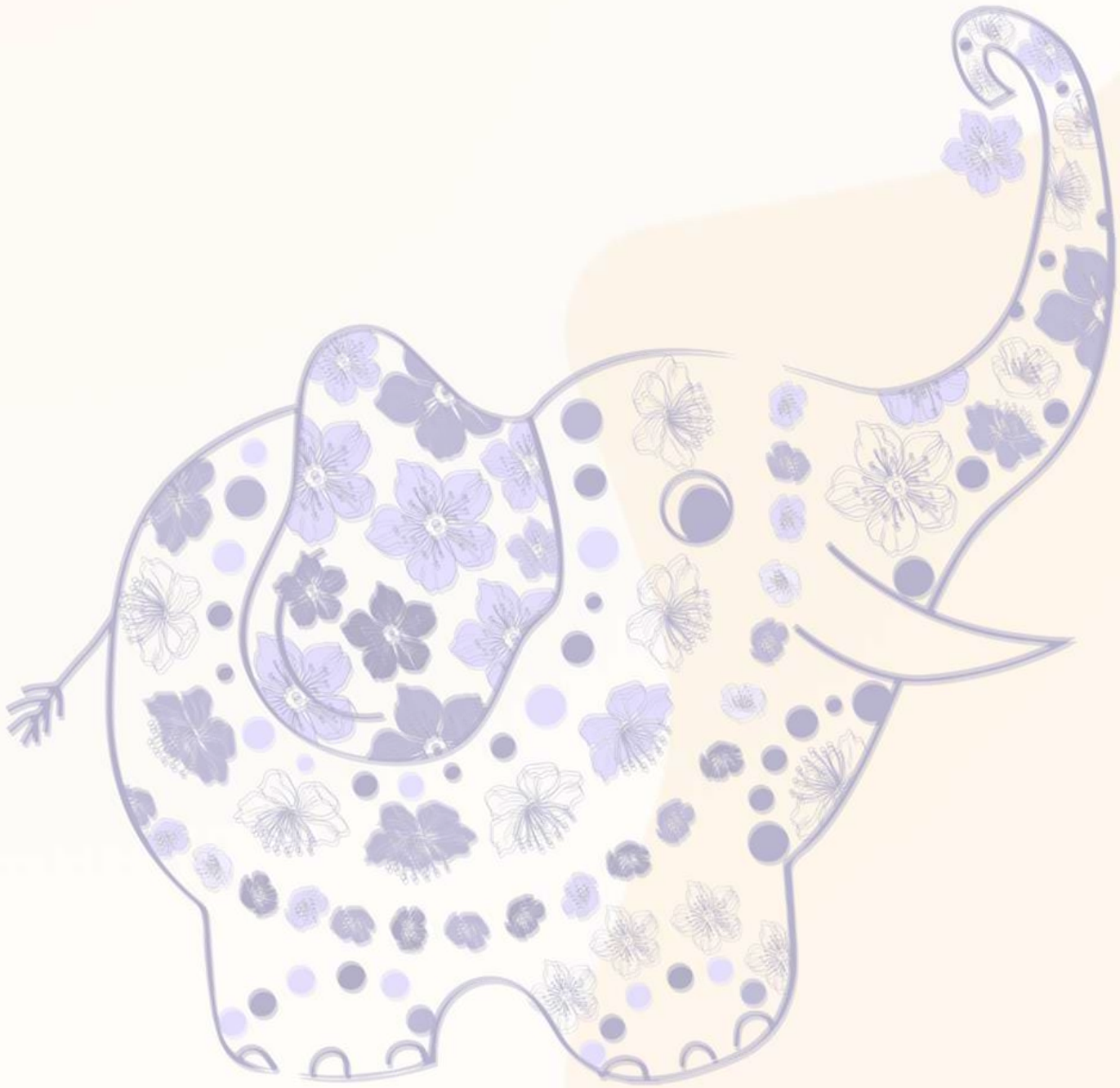


## กลุ่มวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและปัญญาประดิษฐ์

การออกแบบกระเป๋าเป้ปรับอากาศสำหรับแมว โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (DESIGN OF A BACKPACK FOR CATS USING THERMOELECTRIC AIR CONDITIONING SYSTEM) อารญา ตัน, เฉลิมชาติ เมฆเมืองทอง และ ภัคดี สิทธิฤทธิ์กรวิน -----	683
ผลของกำลังไฟฟ้าและความลึกของร่องเกลียวที่มีต่อค่าฟลักซ์ความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียว (EFFECT OF POWER INPUT AND CORRUGATION DEPTH ON HEAT FLUX OF A HELICALLY CORRUGATED THERMOSYPHON) ปริญญา ทิพย์วิจนา, สันหวังจัน ทองแดง และนำพน พิพัฒน์ไพบูลย์ -----	692
การสร้างเครื่องยี่เม็ดตาลแบบปรับเทเน้อตาล (FABRICATION OF MACHINE MASH THE TODDY PALM BY POURING TYPE) ปัฐวิชญ์ วุ่นแก้ว, พรนิภา ใหม่เกตุ, สุจริต จักรคำ และ สุรศักดิ์ ใจดี -----	700
พฤติกรรมในการซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร (BEHAVIORS OF DECISION TO BUY ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PACKAGING PRODUCTS OF COMPANIES' EMPLOYEES IN BANGKOK, THAILAND) ฤทัยรัตน์ ชมภูศาสตร์, ทศนาวลัย อุฑารสกุล และ รณบรรจบ อภิรติกุล -----	720
การออกแบบและวิจัยอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก (DESIGN AND RESEARCH OF SMALL SUGARCANE LEAF PICKING EQUIPMENT) ไพรวลัย สายพรม, คุณานนต์ ศักดิ์กำปัง และ สมพร หงส์กัง -----	711



## การออกแบบกระเป๋าเป้ปรับอากาศสำหรับแมว โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก DESIGN OF A BACKPACK FOR CATS USING THERMOELECTRIC AIR CONDITIONING SYSTEM

อารดา ตัน<sup>1\*</sup> เฉลิมชาติ เมฆเมืองทอง<sup>2</sup> และ ปักดี สิทธิฤทธิกรวิ<sup>3</sup>

Arada Tan<sup>1\*</sup> Chalermchat Mekmuangthong<sup>2</sup> and Pakdee Sittirirkawin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย

<sup>1</sup>Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Rai College

\*Corresponding Author E-mail : aradatan2505gmail.com

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างกระเป๋าเป้ที่มีอุปกรณ์ปรับอากาศสำหรับแมวโดยหลักการเทอร์โมอิเล็กทริก และเพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ในการทำความเย็นภายในกระเป๋าเป้ โดยจะใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกขนาด 5V 2A ทั้งหมด จำนวน 15 แผ่น พร้อมทั้งติดตั้งพัดลมระบายความร้อน และกระเป๋าขนาด 43 x 35 x 27 เซนติเมตร โดยทำการออกแบบโครงสร้างและอุปกรณ์ที่มีขนาดเหมาะสมที่จะบรรจุลงในกระเป๋า จากผลการทดลองพบว่าการทำงานของอุปกรณ์ปรับอากาศ สามารถลดอุณหภูมิให้อยู่ในระหว่าง 18 – 21 °C ในช่วงเวลา 1- 60 วินาที หลังจากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มคงที่ และมีความชื้นภายในกระเป๋าลดลง ในส่วนของความสิ้นเปลืองพลังงาน พบว่าการทำความเย็นของอุปกรณ์สามารถทำได้ 7W และใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่วัดได้ อยู่ที่ 63.3 W เมื่อนำมาแทนค่าสมรรถนะการทำความเย็น (COP) ได้ 0.11 ซึ่งค่อนข้างต่ำกว่ามาตรฐานที่ทำได้อยู่ที่ประมาณ 0.5 – 0.7

**คำสำคัญ :** แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก, การปรับอากาศ , แมว , กระเป๋าเป้

### Abstract

The objective of this research is to design and create a backpack with air conditioning equipment for cats using thermoelectric principles and to test the performance of the thermoelectric sheet. To cool the inside of the backpack It uses a total of 15 5V 2A thermoelectric plates. Along with installing a cooling fan and bag size 43 x 35 x 27 centimeters by designing the structure and equipment that are the right size to fit in the bag. From the results of the experiment, it was found that the cooling of air conditioning equipment Can reduce the temperature to between 18 - 21 degrees Celsius in a period of 1- 60 seconds. After that the temperature will start to stabilize. And there is a decrease in humidity inside the bag. In terms of energy consumption It was found that the cooling capacity of the device was 7W and the total electrical energy consumed was 63.3 W. When used in place of the cooling performance value (COP), it was 0.11, which is somewhat lower than the standard that can be achieved at approximately 0.5 - 0.7

**Keywords :** Thermoelectric sheet, air conditioner, Cats, Backpack

## บทนำ

ปัจจุบันคนไทยนิยมเลี้ยงสัตว์มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะสุนัขและแมว อ้างอิงข้อมูลจากสมาคมอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์สัตว์เลี้ยงไทย และกรมปศุสัตว์ ระบุว่า ปี 2020 ประเทศไทยมีจำนวนสัตว์เลี้ยงทั้งหมดประมาณ 15 ล้านตัว โดยจำนวนสุนัขประมาณ 9 ล้านตัว เพิ่มจากปี 2019 ที่มีทั้งหมดประมาณ 2 ล้านตัว และจำนวนแมวประมาณ 3 ล้านตัว เพิ่มจากปี 2019 ที่มีทั้งหมดประมาณ 8 แสนตัว ทุกวันนี้คนรุ่นใหม่มีแนวโน้มเลี้ยงแมวมากขึ้น เนื่องจากแมวสามารถอยู่อาศัยในพื้นที่จำกัดและดูแลตนเองง่าย (อาภาภัทร สังข์สมุท. 2565) มีแมวพันธุ์ต่าง ๆ มากกว่า 30 พันธุ์ทั่วโลก เช่น แมวเปอร์เซีย เมนคูน บริติช ลองแฮร์ สกอตติช เป็นต้น และยังมีแนวโน้มมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งสัตว์เหล่านี้มีถิ่นฐานบ้านเกิดอยู่ในต่างประเทศและมีขนาดของขนที่ยาวจึงจำเป็นต้องอยู่ในสภาพอากาศที่เย็น ซึ่งในประเทศไทย มีอากาศร้อน อากาศที่ร้อนนั้นจะทำให้มีผลเสียต่ออารมณ์ของแมว หรืออาจจะทำให้แมวมีอาการ Heat Stroke

โดยทั่วไปแล้ว การขนย้ายมักจะทำแมวใส่กระเป๋าสะพาย เนื่องจากกระเป๋ามีขนาดเล็ก พกพาสะดวก และมีน้ำหนักเบา วิธีการแก้ปัญหาของการให้สัตว์เลี้ยงนั้นสามารถอยู่ในสภาพอากาศของประเทศไทยได้ จึงจำเป็นต้องมีการปรับอากาศ เช่น พัดลมระบายอากาศ ซึ่งกระเป๋าแมวที่ขายตามท้องตลาด ลักษณะของกระเป๋าจะมีช่องระบายอากาศและบางชนิดมีพัดลมหมุนเวียนอากาศ เลยมีแนวคิดการออกแบบอุปกรณ์ทำความเย็นเพื่อปรับอากาศในกระเป๋า เนื่องจากกระเป๋ามีพื้นที่จำกัด การใช้ระบบปรับอากาศ ต้องมีขนาดเล็กที่จะสามารถบรรจุเข้าไปในกระเป๋าได้ ซึ่งระบบปรับอากาศแบบอัดไอทั่วไปมีขนาดใหญ่เหมาะสำหรับการสร้างสถานะที่สบายสำหรับผู้ใช้อาคาร จากการศึกษาหาข้อมูลแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่ามีการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาทำตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งสามารถทำให้อุณหภูมิลดลงเป็น  $-4.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ภายใน 1 ชั่วโมง และมีค่าสมรรถนะการทำความเย็น 0.65 (ผศ.สุวิทย์ จักษุจินดา, 2552) การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ ผลการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยสมรรถนะการทำความเย็นทั้งระบบโดยเฉลี่ย 0.08 ซึ่งเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำสุด  $21.16\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ถิรายุ ปิ่นทอง, 2558) และงานวิจัยอุปกรณ์ทำความเย็นแก่ร่างกายเฉพาะจุดบริเวณหลังด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก โดยสร้างชุดอุปกรณ์ทำความเย็นให้แก่ร่างกายเฉพาะจุดบริเวณหลัง ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิจาก  $31\text{ }^{\circ}\text{C}$  ถึง  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  ภายใน 5 นาที (ชาติรี อินทรพิ้ว, 2560) ซึ่งพบว่ากระเป๋าที่มีการปรับอากาศด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกยังไม่มีนำมาประยุกต์เพื่อใช้งานจริง

หลักการทํางานเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นเริ่มต้นเกิดจากการทำให้ผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านที่มีอุณหภูมิด้านหนึ่งต่ำและอุณหภูมิอีกด้านหนึ่งสูง เมื่อมีผลต่างอุณหภูมิทั้งสองด้านจะมีผลทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายโลหะ เนื่องจากกลุ่มอิเล็กตรอนในโลหะด้านอุณหภูมิสูงจะมีพลังงานจลน์สูงกว่าโลหะด้านอุณหภูมิต่ำ และเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า จึงทำให้เกิดความแตกต่างปริมาณของอิเล็กตรอนที่ปลายโลหะ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในโลหะ ต่อมา Jean peltier ได้ทำการทดลองผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในโลหะทองแดงและบิสมัทที่เชื่อมต่อกัน ผลที่เกิดขึ้น คือ ระหว่างรอยต่อทองแดงและบิสมัทอีกข้างหนึ่งจะร้อนขึ้น ส่วนอีกข้างหนึ่งจะเย็นลง ทำให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิ เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า Peltier effect จากกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ จะเห็นได้ว่าปรากฏการณ์ทั้งสองเป็นกระบวนการที่สามารถกำเนิดอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

ริกที่ทำงานย้อนกลับกระบวนการ Reverse operation จึงสามารถนำมาประยุกต์สร้างระบบทำความเย็นได้ (พรชัย, 2560)แต่ข้อเสียของเทอร์โมอิเล็กทริก คือมีประสิทธิภาพต่ำ

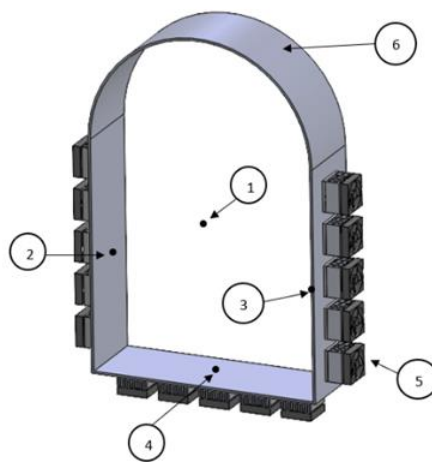
ผู้วิจัยมองเห็นปัญหาสภาพอากาศของประเทศไทย ที่มีผลกระทบต่อ การเคลื่อนย้ายแมลง จากที่กล่าวมาทั้งหมดในช่วงต้นนั้นเราจึงมีแนวคิดที่ทำวิจัยเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก โดยออกแบบกระเป่าแมลงที่มีช่องระบายอากาศ และใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกซึ่งเป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่สามารถทำความเย็นได้ โดยจะติดตั้งไว้ภายในกระเป่าเป้ และสามารถใช้งานกับแบตเตอรี่สำรองขนาด 50000 mAh ขึ้นไปเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ปรับอากาศบนกระเป่าเป้สำหรับแมลงโดยหลักการเทอร์โมอิเล็กทริก
2. เพื่อทดสอบและประสิทธิภาพการทำงานของอุณหภูมิและเวลา ในการทำงานของอุปกรณ์ปรับอากาศภายในกระเป่าเป้

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบกระเป่าเป้ปรับอากาศสำหรับแมลง โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จากปัญหาสภาพอากาศที่ร้อนและการขนย้ายแมลงมักจะนำแมลงใส่กระเป่าสะพาย เนื่องจากมีขนาดเล็กและพกพาสะดวก วิธีการแก้ปัญหาของการให้แมลงอยู่ในสภาพอากาศของประเทศไทยได้ จึงต้องมีการปรับอากาศ ซึ่งระบบปรับอากาศทั่วไปแบบอัดไอ มีขนาดใหญ่และเหมาะสำหรับปรับอากาศในระบบอาคาร จากการศึกษาหาข้อมูลแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่ามีการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาทำตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริก และอุปกรณ์ทำความเย็นแก่ร่างกายเฉพาะจุดบริเวณหลังด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก แต่ยังไม่มีการนำเอาอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้ในการทำความเย็นกับกระเป่าแมลง จึงมีแนวคิดในการนำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาออกแบบและสร้างอุปกรณ์ในการทำความเย็นเพื่อปรับอากาศภายในกระเป่าเป้แมลง โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกติดตั้งเข้ากับโครงสแตนเลส พร้อมกับพัดลมระบายความร้อน โดยโครงสร้างกระเป่า มีส่วนประกอบดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างของอุปกรณ์ทำความเย็น

Soft Power, Innovations and AI for Local Development, Creative Economy and Sustainability. (SILDCEs)

1. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ ตรงกลาง
2. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ ด้านซ้าย
3. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ ด้านขวา
4. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ ด้านล่าง
5. แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ดิจิตอลซิงค์ และพัดลม
6. โครงสร้างสแตนเลส

### วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและการออกแบบภายในกระเป่า

การใช้กระเป่าแมวแบบสเปซพายหลังทรงอวกาศโดยทั่วไป เสี่ยงทำให้แมวหายใจไม่ออก อันตรายถึงชีวิต ถึงแม้จะมีรูระบายอากาศก็ตาม เมื่อแมวนอนลงในกระเป่า ลำตัวของพวกเค้าจะไปอุดตรงรูระบายด้านล่าง ทำให้อากาศถ่ายเทได้น้อย อากาศด้านนอกก็อบอ้าว อากาศในกระเป่าถ่ายเทไม่สะดวก มีความเสี่ยงสูงมากที่จะทำให้แมวเกิดภาวะฮีทสโตรก อาจจะเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ โดยเฉพาะแมวที่มีลักษณะเป็นพันธุ์ขนยาว หรือหน้าสั้น สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุดในการเลือกกระเป่าให้แมวก็คือ วัสดุที่ใช้ทำจะต้องมีความคงทน เป็นทรง รองรับน้ำหนักแมวได้ ต้องมีรูระบายอากาศอย่างพอเพียง เพื่อให้แมวหายใจได้สะดวก และไม่ควรถลอกให้แมวอยู่ในกระเป่าเป็นระยะเวลาอันยาวนานเกินไปเพราะแมวอาจเกิดความเครียดได้

จากการศึกษาข้อมูลการออกแบบดังกล่าว พบว่ากระเป่าทรงอวกาศ มีความน่าสนใจในการออกแบบ เพื่อแก้ไข ปัญหาการระบายอากาศในครั้งนี้ จะใช้กระเป่าที่เป็นที่นิยมอย่างกระเป่าทรงอวกาศ ขนาด 43 x 35 x 27 เซนติเมตร โดยออกแบบกระเป่าที่มีอุปกรณ์ลดอุณหภูมิภายในลง เพื่อลดการเกิดภาวะฮีทสโตรกของแมว

2. ออกแบบอุปกรณ์ทำความเย็น สามารถหาจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกได้จากสมการดังนี้

- 2.1 คำนวณปริมาณความร้อนจากแมว

อัตราการถ่ายเทความร้อนออกมาจากคน ขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่คนเหล่านั้นกำลังทำ โดยให้ค่าแฟกเตอร์สะสมความร้อนของแมวเป็นครึ่งหนึ่งเมื่อเทียบกับน้ำหนักของคนเมื่อคนอยู่นิ่ง

$$Q_s = q_s \times n \times CLF \quad (1)$$

เมื่อ  $Q_s$  คือ ภาระความร้อนสัมผัส

$q_s$  คือ ค่าความร้อนสัมผัส

$n$  คือ จำนวนคน (เปรียบแมวเป็นครึ่งของคน 1 คน)

CLF คือ ค่าแฟกเตอร์ภาระทำความเย็น

- 2.2 การนำความร้อนผ่านโครงสร้างด้านนอกกระเป่า สามารถหาได้จากสมการ

$$Q = U \times A \times TD \quad (2)$$

- เมื่อ Q คือ ความร้อน (ภาระทำความเย็น) Btu/hr  
 A คือ พื้นที่ของกระเปาะรวมกันทั้ง 4 ด้าน  $ft^2$   
 U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม มีค่า  $0.15 \text{ Btu/hr} \cdot ft^2 - F$   
 TD คือ อุณหภูมิแตกต่างระหว่างที่ปรับอากาศกับที่ไม่ปรับอากาศ

3. การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

พลังงานจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านวัสดุโปร่งใส เช่น กระจก จะเป็นความร้อน ค่าของมันจะแปรเปลี่ยนไปตามเวลา รั่มเงาที่บังกระจก และการสะสมหรืออมความร้อน หาได้จากสมการ

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF \quad (3)$$

- เมื่อ Q คือ ภาระความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนดวงอาทิตย์ BTU/hr  
 SHGF คือ แฟกเตอร์ความร้อนดวงอาทิตย์สูงสุด  $\text{Btu/hr} - ft^2$   
 A คือ พื้นที่ของกระจก  $ft^2$   
 SC คือ สัมประสิทธิ์ของเงา  
 CLF คือ แฟกเตอร์ภาระความร้อนของกระจก

4. สมรรถนะของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจากการทดลองได้จากสมการ  
 สมการสภาวะของแก๊สอุดมคติ

$$PV = mRT \quad (4)$$

แทนค่าสมการมวลอากาศ  $m = \frac{PV}{RT} \quad (5)$

- P คือ ความดันบรรยากาศ kPa  
 V คือ ปริมาตรของอากาศภายในกระเปาะ  $m^3$   
 R คือ ค่าคงที่สากลของแก๊ส  $kPa \cdot m^3/kg \cdot K$   
 T คือ อุณหภูมิ K

สมการปริมาณความร้อนที่ได้รับหรือสูญเสียไป จากผลการทดสอบ

$$Q = mc_p\Delta T \quad (6)$$

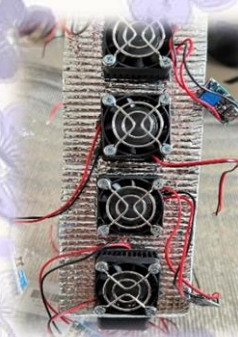
- m คือ มวลของอากาศ (kg)  
 $c_p$  คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศ ( $\text{kJ/kg} \cdot \text{C}$ )  
 $\Delta T$  คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป  $T_1 - T_2$   
 กระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบ 5.3 A  
 แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบ 12 V

สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of performance : COP)

$$\text{COP} = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Btu/hr)}}{\text{พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (Btu/hr)}} \quad (7)$$

### ผลการวิจัย

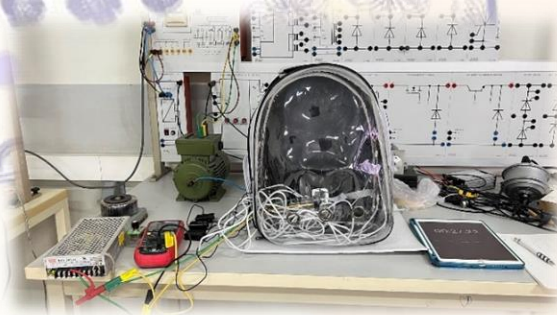
จากการคำนวณออกแบบความร้อนรวมทั้งหมดได้ 476.29 Btu/hr หรือ 139.5 W ขนาดของ กระจาเป้ 350 x 270 x 430 mm ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกทั้งหมด 15 แผ่น รุ่น SR-01 ขนาด 23 x 23 mm กำลังไฟฟ้า 5V 2A และพัดลมระบายความร้อนขนาด 40 mm กำลังไฟฟ้า 5V 0.2A ใช้ในการดูดความร้อนที่ ระบายจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกทั้งหมด 15 แผ่น แห่ลงจ่ายไฟพาวเวอร์ซัพพลายขนาด 12V 17A เมื่อทำการ ติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ฮีทซิงค์ และพัดลม เข้ากับสแตนด์เลสdingภาพที่ 2 และบรรจุลงในกระจาเป้แมวดัง ภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 2 การติดตั้งชุดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก



ภาพที่ 3 กระจาเป้แมว



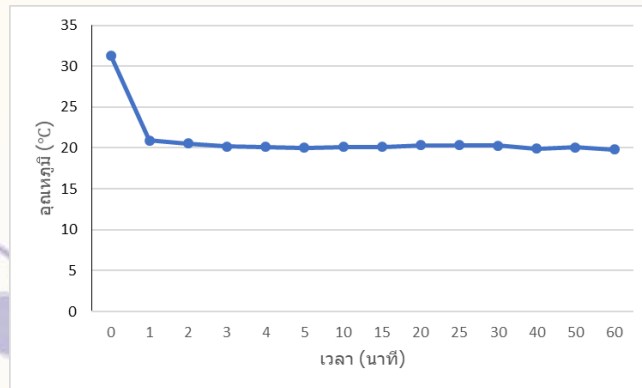
ภาพที่ 4 บรรจุโครงสร้างสแตนด์เลสในกระจาเป้

การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การทดสอบอุปกรณ์ทำความเย็นนอกกระจาเป้แมวด้วยระบบปิดด้วยฉนวนกันความร้อน จะเริ่มจ่ายกระแสไฟเข้าไป ณ อุณหภูมิ 31 °C จากผลการทดสอบดังภาพที่ 5 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 0 ถึง60 วินาทีอุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยด้านซ้ายของอุปกรณ์มีอุณหภูมิ 17.9 °C ด้านขวามีอุณหภูมิ



21.8 °C และด้านล่างมีอุณหภูมิ 20.8 °C เมื่อเวลาผ่านไปหลังจาก 60 วินาทีจะเห็นว่าอุณหภูมิเริ่มคงที่ และมีความชื้นภายในอุปกรณ์ลดลงจากความชื้นเริ่มต้น 73 %RH เหลือ 71 %RH

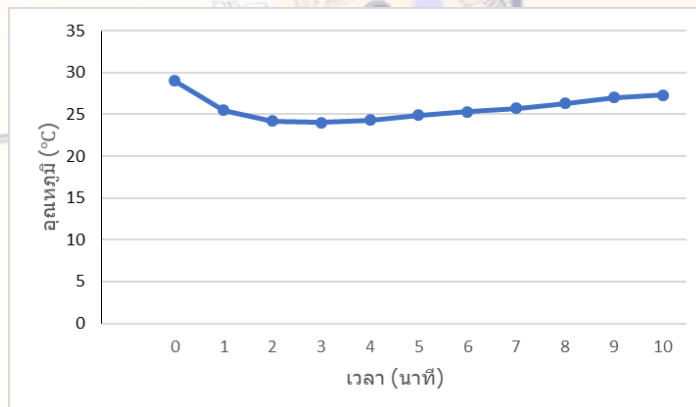


ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอุปกรณ์ทำความเย็น

## 2. การทดสอบการทำความเย็นอุปกรณ์ในกระเป่าเป้

จะเริ่มจ่ายกระแสไฟเข้าไป ณ อุณหภูมิ 28.8 °C จากผลการทดสอบดังภาพที่ 6 จะเห็นว่าในช่วงเวลา 0 ถึง 5 นาทีมีอุณหภูมิต่ำลงและหลังจากนั้น อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น โดยอุณหภูมิด้านซ้ายอยู่ที่ 20 °C ด้านขวามีอุณหภูมิ 25.4 °C ตรงกลางกระเป่ามีอุณหภูมิ 29 °C และมีความชื้นภายในอุปกรณ์จากความชื้นเริ่มต้น 61 %RH ซึ่งเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจากอุณหภูมิตรงผิวสแตนเลสยังไม่ถึงจุดน้ำค้าง ทำให้ความชื้นไม่เกิดการกลั่นตัวเป็นของเหลว

หลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์ทำความเย็นเข้าไปภายในกระเป่า อุณหภูมิภายในกระเป่าสูงขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปเนื่องจากพัดลมไม่สามารถระบายความร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกได้ และความร้อนที่พัดลมเกิดการถ่ายเทไปที่วกระเป่า แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะไม่มีความร้อนลดลง หลังจากนั้นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอุปกรณ์ทำความเย็น

จากการทดสอบทั้งสองแบบจะสังเกตเห็นผลต่างของอุปกรณ์ทำความเย็น ที่สามารถลดอุณหภูมิของ กระจกเป่าและโครงสร้างลง ในการทดสอบแบบระบบปิดด้วยฉนวนกันความร้อนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถ ทำความเย็นได้ดีกว่า การทดสอบอุปกรณ์ทำความเย็นในกระจกเป่าเป้เนื่องจากไม่สามารถระบายความร้อนผ่าน โครงสร้างของเป่าเป้ที่เป็นผ้า และมีการสะสมความร้อนภายในกระจกเป่า

จากข้อมูลการทดลองด้านความสิ้นเปลืองพลังงาน พบว่าการทำความเย็นของอุปกรณ์ทำความเย็น สามารถทำได้ 7W และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของกระจกเป่าที่วัดได้ อยู่ที่ 63.6 W เมื่อนำมาแทนค่า สมรรถนะการทำความเย็นของกระจกเป่า (COP) ได้ 0.11 ซึ่งค่อนข้างต่ำกว่ามาตรฐานที่ทำได้อยู่ที่ประมาณ 0.5- 0.7 อาจเนื่องมาจากการระบายความร้อนออกจากกระจกเป่าทำได้ยาก ส่งผลทำให้สมรรถนะต่ำกว่ามาตรฐาน

### อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดสอบการทำความเย็นของกระจกเป่าเป้ปรับอากาศ เมื่อทำการจ่ายไฟไปแล้วนั้นแผ่นเทอร์ โมอิเล็กทริกได้ทำการลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว ในช่วงเวลาที่ 1-60 วินาที พบว่าความเย็นจะลดลงเร็วอย่าง มากจากอุณหภูมิห้องปกติ โดยที่อุณหภูมิที่หน้าแผ่นแต่ละด้านมีอุณหภูมิต่างกันเฉลี่ย 20.2 °C ซึ่งมี อุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก และมีความเย็นคงที่ เนื่องจากการระบายความร้อนไม่เพียงพอที่จะทำให้ อุณหภูมิลดลงมากกว่านี้ หรือขนาดของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีขนาดเล็ก แต่หากวัดอุณหภูมิตรงกลาง กระจกเป่าจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.7 °C เมื่อเทียบกับอุณหภูมิห้องปกติ อุณหภูมิยังลดลงไม่มากนัก เนื่องจาก ตัวกลางคืออากาศในการพาแบบอิสระไม่สามารถทำให้อุณหภูมิตั้งตรงกลางกระจกเป่าลดลงสม่ำเสมอ หากมีพัดลม ในการหมุนเวียนอากาศ จะทำให้อุณหภูมิตั้งตรงกลางกระจกเป่าสามารถลดลงได้ ในส่วนของความชื้นภายใน กระจกเป่า จากความชื้นเริ่มต้น 78 %RH ลดลงเหลือ 71 %RH จะสังเกตเห็นความชื้นที่ลดลงได้จากหยดน้ำที่ติด บริเวณผิวแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งเกิดจากการควบแน่นจากความชื้นในอากาศที่เย็นลงจนถึงจุดน้ำค้าง ความชื้นจึงเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ขณะทำการทดสอบ ในส่วนของความสิ้นเปลืองพลังงานพบว่าการทำ ความเย็นของอุปกรณ์ทำความเย็นสามารถทำได้ 7W ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของกระจกเป่าที่วัดได้ อยู่ที่ 63.3W และค่าสมรรถนะการทำความเย็นของกระจกเป่า (COP) ได้ 0.11 ซึ่งค่อนข้างต่ำกว่ามาตรฐานที่ทำได้อยู่ ที่ประมาณ 0.5-0.7 อาจเนื่องมาจากการระบายความร้อนออกจากกระจกเป่าทำได้ยาก ส่งผลทำให้สมรรถนะต่ำ กว่ามาตรฐาน กระจกเป่าเป้ปรับอากาศสามารถนำไปใช้งานได้จริง เนื่องจากกระจกเป่าเป้ปรับอากาศสามารถลด อุณหภูมิตรงที่แมวอนอยู่ในกระจกเป่าต่ำที่สุดโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 25.7°C ซึ่งช่วงอุณหภูมิที่แมวรู้สึกสบายอยู่ที่ 27 – 29 °C ทำให้สามารถลดการเกิดอาการ Heat stroke ให้กับแมวขณะขนย้ายได้

### ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. หาแหล่งจ่ายไฟฟ้า หม้อแปลงพาวเวอร์ซัพพลายที่เหมาะสมกับแรงดันและกระแสไฟ ที่จะต้อง จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อไม่ให้แผ่นเกิดการเสียหาย
2. ออกแบบตำแหน่งการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ให้เหมาะสมกับกระจกเป่าเป้ และติดตั้งพัดลม ด้านเย็นให้เกิดการพาความร้อนไปยังจุดที่แมวอนอยู่
3. ออกแบบการระบายความร้อนที่พัดลมให้มีที่ระบายความร้อนออกไปนอกกระจกเป่า เพื่อเพิ่ม สมรรถนะในการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

## เอกสารอ้างอิง

- BBC News ไทย. (2564). **งานวิจัยวิทยาศาสตร์แมว**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
<https://www.bbc.com/thai>. สืบค้น 30 กรกฎาคม 2566.
- Catilike รู้จริงเรื่องแมว. (2564). **กระเป๋าแมวแบบสะพายหลังทรงอวกาศ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
<https://www.facebook.com>. สืบค้น 10 สิงหาคม 2566.
- เจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์. (2562). **หลักการทํางานเทอร์โมอิเล็กทริก**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
<https://repository.rmutr.ac.th>. สืบค้น 25 กรกฎาคม 2566.
- ชาตรี อินทรพิ้ว. (2560). **อุปกรณ์ทำความเย็นแก่ร่างกายเฉพาะจุดบริเวณหลังด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก**.  
**การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 19 มกราคม 2560. 1-11.
- ดาร์ริน ลูกก์ โบว์ลีย์. (2560). **หลักการทํางานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
[https://digital\\_collect.lib.buu.ac.th](https://digital_collect.lib.buu.ac.th). สืบค้น 25 กรกฎาคม 2566.
- ถิรายุ ปิ่นทอง. (2558). **การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและอัตราส่วนประสิทธิภาพ  
พลังงานของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก**. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, 20(2) : 150 -163.
- พรชัย. (2560). **ปรากฏการณ์ซีเบค**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
<https://www.foodnetworksolution.com>. สืบค้น 25 กรกฎาคม 2566.
- วิกิพีเดีย. (2560). **ลักษณะนิสัยแมว**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki>. สืบค้น  
10 สิงหาคม 2566.
- วุฒิไกร บุรณเจริญ. **ภาระของการทำความเย็น**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์
- สุวิทย์ จักขุจินดา. (2553). **การประดิษฐ์ตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริก**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
<https://ris.snru.ac.th/research/1231>. สืบค้น 8 เมษายน 2567.
- อาภาภัทร สังข์สมุทร. (2565). **ทำไมคนรุ่นใหม่นิยมเลี้ยงสัตว์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
<https://digitalcollect.lib.ac.th>. สืบค้น 23 มกราคม 2567.

## ผลของกำลังไฟฟ้าและความลึกของร่องเกลียวที่มีต่อค่าฟลักซ์ความร้อนของเทอร์โมไซฟอน แบบร่องเกลียว

### EFFECT OF POWER INPUT AND CORRUGATION DEPTH ON HEAT FLUX OF A HELICALLY CORRUGATED THERMOSYPHON

ปริยญา ทิพยวัจจนา<sup>1</sup>, สันหวัจน์ ทองแดง<sup>2</sup> และนำพน พิพัฒน์ไพบูลย์<sup>3\*</sup>

Parinya Tippayavujjana<sup>1</sup> Sanhawat Thongdaeng<sup>2</sup> and Namphon Pipatpaiboon<sup>3\*</sup>

<sup>3\*</sup>วิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตสกลนคร

E-mail: Namphon.ph@rmu.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าและความลึกของร่องเกลียวของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียวที่มีผลต่อค่าฟลักซ์ความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียว ใช้ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.90 มิลลิเมตร ความยาวท่อ 600 และ 700 มิลลิเมตร ส่วนกันความร้อนคือ 100 มิลลิเมตร ระยะพิทช์ร่องเกลียว 15 มิลลิเมตร ความลึกของร่องเกลียว คือ 0.5 และ 0.7 มิลลิเมตร สารทำงานที่ใช้คือ น้ำกลั่น ที่อัตราการเติมสาร 50 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย ใช้น้ำอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียสที่เข้าส่วนควบแน่น อัตราการไหลของน้ำเย็นคือ 0.95 ลิตรต่อนาที มุมเอียงการทดลองที่ 90 องศา พบว่า ค่าฟลักซ์ความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นตาม เมื่อกำลังไฟฟ้าที่ให้กับส่วนทำระเหยเพิ่มขึ้นกำลังไฟฟ้าที่ 75 วัตต์ ให้ค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุดคือ 1,475 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่ความยาวท่อ 700 มิลลิเมตร ความลึกของร่องเกลียวที่ 0.7 มิลลิเมตร จะให้ค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุด ที่กำลังไฟฟ้า 30 วัตต์ ความยาวของท่อ 600 มิลลิเมตร ความลึกของร่องเกลียว 0.5 มิลลิเมตร ให้ค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำที่สุด 344.6 วัตต์ต่อตารางเมตร

**คำสำคัญ:** เทอร์โมไซฟอน, ร่องเกลียว, ฟลักซ์ความร้อน

#### Abstract

The objective of this research is to study the effect of electric power and depth of the spiral groove thermosiphon pipe on the heat flux value of the spiral groove thermosiphon pipe. A copper pipe with a diameter of 16.90 mm was used. The length of the pipe was 600 and 700 mm. The heat protection section was 100 mm. The pitch of the spiral groove was 15 mm. The depth of the spiral groove was 0.5 and 0.7 mm. The working fluid used was distilled water at the filling rate. 50 percent of the evaporated substance Use water at a temperature of 20 degrees Celsius at the inlet to the condensing section. The flow rate of cold water was 0.95 liters per minute. The experimental tilt angle was 90 degrees. It was found that the heat flux value increased accordingly. When the power given to the evaporator section was increased to 75 watts, the highest heat flux value was 1,475 watts per square meter. At a pipe

length of 700 mm, a spiral groove depth of 0.7 mm provides the highest heat flux value. At an electrical power of 30 watts, the length of the pipe is 600 millimeters, the depth of the spiral groove is 0.5 millimeters, giving the lowest heat flux value of 344.6 watts per square meter.

**Keywords:** thermosyphon, helically corrugated, heat flux

## บทนำ

พลังงานความร้อนถูกใช้เป็นอย่างมากในกระบวนการผลิตต่างๆ ทั้งในอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ความร้อนส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้และมีความร้อนส่วนหนึ่งที่ถูกปล่อยทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ การนำเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมาใช้สำหรับดึงเอาความร้อนมาใช้ใหม่จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีหลายประเภท เทอร์โมไซฟอน (thermosyphon) เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภทหนึ่งที่มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ใช้เงินลงทุนต่ำ ซ่อมบำรุงง่าย สามารถทำงานเป็นวัฏจักรด้วยตัวเองเมื่อมีพลังงานความร้อนป้อนให้เพื่อใช้แลกเปลี่ยนความร้อน [1] เทอร์โมไซฟอนทำงาน โดยใช้สารทำงาน (working fluid) เป็นตัวกลางในการถ่ายโอนความร้อน โดยสารทำงานเมื่อได้รับความร้อนที่ส่วนที่ระเหยจนกลายเป็นไอ ลอยไปยังส่วนควบแน่น (condenser) จากนั้นสารทำงานจะควบแน่นกลายเป็นของเหลวไหลย้อนกลับมารับความร้อนที่ส่วนที่ระเหย (evaporator) อีกครั้งเมื่อมีของไหลเย็นมาแลกเปลี่ยนความร้อน [2] สำหรับเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะการปรับปรุงเพื่อให้สามารถถ่ายโอนความร้อนได้เพิ่มขึ้น ได้แก่ การติดครีปเพิ่มพื้นที่การถ่ายโอนความร้อน [3] เติมสารทำงานที่ผสมผงโลหะขนาดระดับนาโน [4] แต่อย่างไรก็ดีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการไหลของของไหลภายในเทอร์โมไซฟอนมีความน่าสนใจที่จะสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายโอนความร้อนได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งมีงานวิจัยที่ศึกษาท่อที่มีลักษณะเกลียว [5, 6] ที่มีการไหลภายในท่อทั้งแบบสถานะเดียว (single phase) และสองสถานะ (two phase) พบว่ารูปแบบการไหลภายในเป็นแบบปั่นป่วน (turbulent) ทำให้ชั้นการไหลของของไหลปั่นป่วนช่วยลดความต้านทานทางความร้อนที่ผนังท่อทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ดีจากข้อดีของท่อที่มีลักษณะเป็นลอนเกลียวยังขาดงานวิจัยที่นำมาประยุกต์ใช้เป็นเทอร์โมไซฟอนซึ่งเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่เป็นระบบปิดสองสถานะ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียวโดยศึกษาตัวแปรขนาดความยาวของท่อเทอร์โมไซฟอน กำลังไฟฟ้า และความลึกของร่องเกลียวของท่อเทอร์โมไซฟอน เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการถ่ายโอนความร้อน

## วัตถุประสงค์การวิจัย

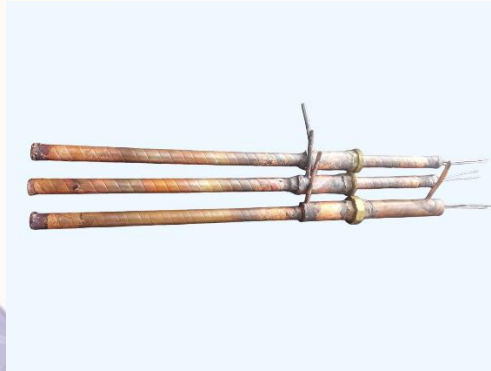
เพื่อศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าและความลึกของร่องเกลียวที่มีผลต่อฟลักซ์ความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียว

## วิธีดำเนินการวิจัย

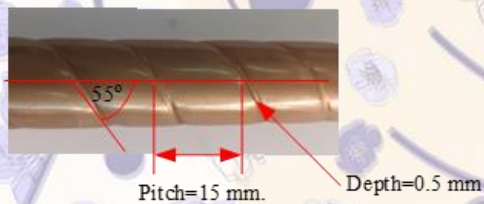
### 1. เทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียว

รูปที่ 1 และ 2 เทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียวทำจากท่อทองแดงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (ID) ขนาด คือ 16.90 มิลลิเมตร มีความยาว 600 และ 700 มิลลิเมตร ระยะห่างร่องเกลียวของร่อง

เกลียว (pitch) คือ 15 มิลลิเมตร ความลึก (depth) ของร่องเกลียวคือ 0.5 และ 0.7 มิลลิเมตร และมุมของร่องเกลียวคือ 55 องศา ใช้น้ำเป็นสารทำงานที่อัตราการเติมสาร 50 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย



รูปที่ 1 เทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียว

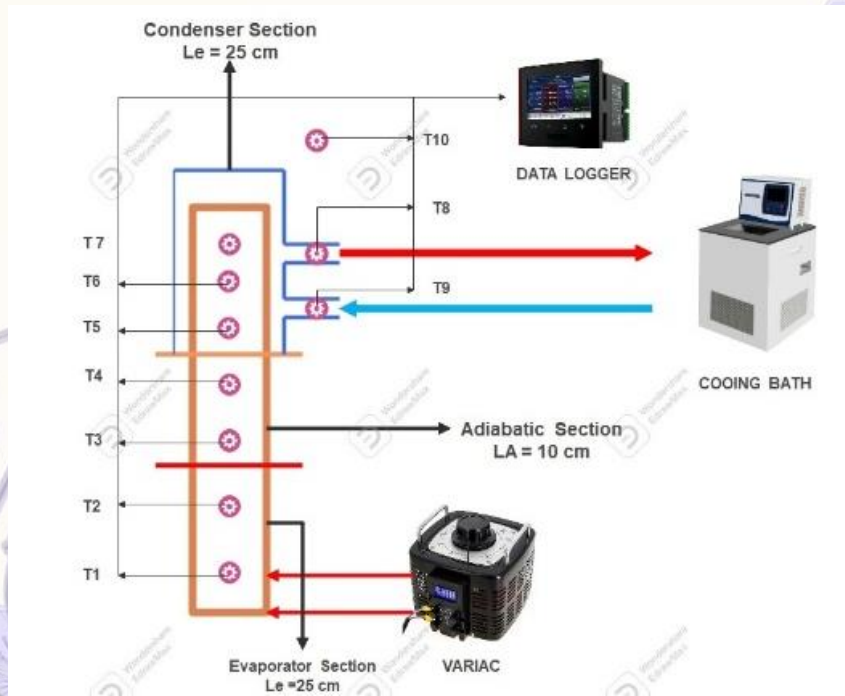


รูปที่ 2 รายละเอียดของเทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียว

## 2. วิธีดำเนินการวิจัย

- 2.1 นำป้อนสุญญากาศและเทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียวประกอบเข้ากับชุดเติมสารทำงาน
- 2.2 ทำสุญญากาศให้กับเทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียว
- 2.3 ตรวจสอบว่าเกิดสุญญากาศภายในเทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียว สังเกตที่เข็มของเกจวัดความดันว่าเข็มหมุนย้อนกลับหรือไม่ หากเข็มหมุนย้อนกลับแสดงว่า มีรอยรั่วเกิดขึ้น
- 2.4 นำสารทำงานที่เตรียมไว้เติมลงในหลอดแก้ว (Glass tube) ลงในเทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียว กลับไปตรวจสอบหารอยรั่วที่เกิดขึ้นนั้นแต่ถ้าหากภายในเป็นสุญญากาศอยู่ให้ทำสุญญากาศต่อไปโดยใช้ระยะเวลาในการทำสุญญากาศ 20 นาที
- 2.5 ประกอบชุดทดลองเข้ากับแท่นทดสอบและติดตั้งเครื่องมือวัดเข้ากับเทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียวโดยมีไดอะแกรมการทดลอง และการทดลองจริง ดังรูปที่ 3 และ 3
- 2.6 เปิดขดลวดความร้อนขนาด 30,45,60,75 วัตต์ ให้ความร้อน
- 2.7 ระบายความร้อนที่ส่วนควบแน่นด้วยเครื่องทำน้ำเย็นปรับอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส
- 2.8 ปรับอัตราการไหลของน้ำเข้าที่ส่วนควบแน่นด้วย flow meter ที่ 0.95 ลิตรต่อนาที
- 2.9 บันทึกค่าอุณหภูมิด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิหือ Chino รุ่น KR2000 ความถูกต้อง 0.05 เปอร์เซ็นต์ ในตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล

2.10 ทำการทดลองจากขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย โดยเปลี่ยนขนาดความลึกของร่องเกลียว และปรับแรงดันไฟฟ้าอุณหภูมิส่วนทำระเหย ตามที่ได้กำหนดไว้ และทดลองจนครบทุกตัวแปรการทดลอง

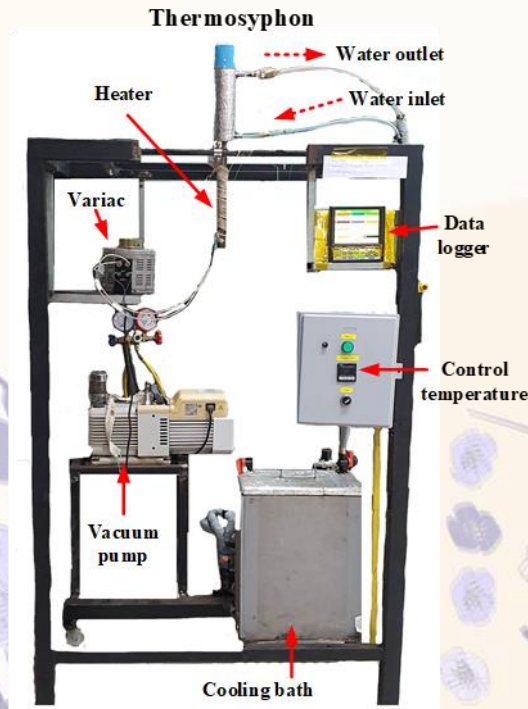


รูปที่ 3 แสดงจุดวัดอุณหภูมิที่เทอร์โมไซฟอน

ตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล ดังต่อไปนี้

- T1 เป็นอุณหภูมิของผิวท่อส่วนทำระเหย
- T3 เป็นอุณหภูมิของผิวท่อส่วนทำระเหย
- T5 เป็นอุณหภูมิของผิวท่อส่วนกันความร้อน
- T7 เป็นอุณหภูมิของผิวท่อส่วนควบแน่น
- T9 เป็นอุณหภูมิของผิวท่อส่วนน้ำเย็นออก

- T2 เป็นอุณหภูมิของผิวท่อส่วนทำระเหย
- T4 เป็นอุณหภูมิของผิวท่อส่วนกันความร้อน
- T6 เป็นอุณหภูมิของผิวท่อส่วนควบแน่น
- T8 เป็นอุณหภูมิของผิวท่อส่วนน้ำเย็นเข้า
- T10 เป็นอุณหภูมิแวนด์ล้อย



รูปที่ 4 การติดตั้งการทดลองจริง

$$Q = \dot{m} C_p (T_{out} - T_{in})$$

$$\text{และ } q = \frac{Q}{A}$$

- เมื่อ
- Q คือ ค่าการถ่ายโอนความร้อน (W)
  - q คือ ค่าอัตราการถ่ายโอนความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ (W/m<sup>2</sup>)
  - ṁ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของสารรับความร้อน (kg/s)
  - C<sub>p</sub> คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารรับความร้อน (J/kg °C)
  - T<sub>in</sub> คือ อุณหภูมิของสารรับความร้อนขาเข้าของส่วนควบแน่น (°C)
  - T<sub>out</sub> คือ อุณหภูมิของสารรับความร้อนขาออกของส่วนควบแน่น (°C)
  - A คือ พื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อน (m<sup>2</sup>)

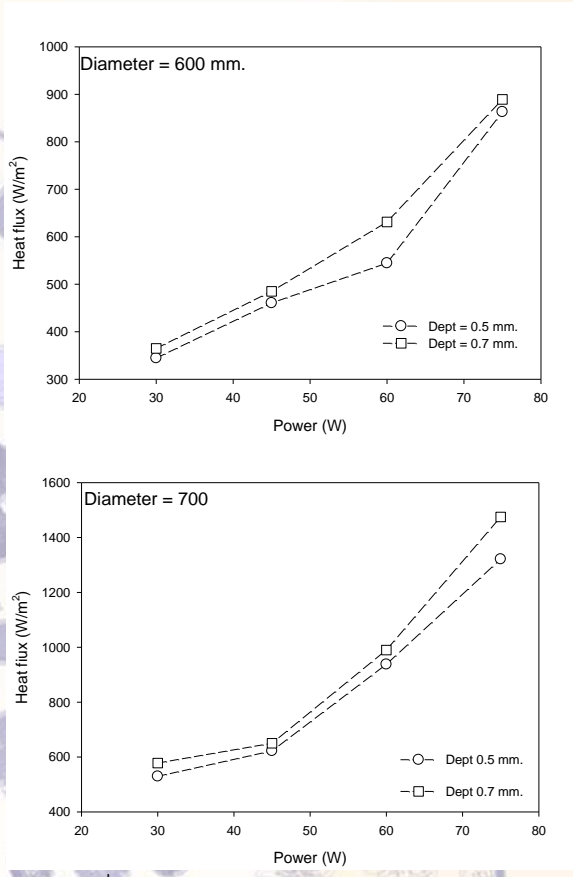
### ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อออกแบบสร้าง และทดสอบท่อเทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียว โดยใช้น้ำกลั่นเป็นสารทำงาน ท่อเทอร์โมไซฟอนทำจากท่อทองแดง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.9 มิลลิเมตร มีความยาวรวมคือ 600 และ 700 มิลลิเมตร ทำการทดลองโดยท่อเทอร์โมไซฟอนที่มีร่องเกลียวความลึกที่ 0.5 และ 0.7 มิลลิเมตร และระยะพิทช์ร่องเกลียวคือ 15 มิลลิเมตรใช้น้ำอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียสที่ขาเข้าส่วนควบแน่นหรือส่วนแลกเปลี่ยนความร้อนอัตราการไหลของน้ำร้อนและน้ำเย็นคือ 0.95 ลิตรต่อนาที กำลังไฟฟ้าเครื่องปรับแรงดัน คือ 30, 45, 60 และ 75 วัตต์ มุมในการทดลอง 90 องศา เป็นการทดลองเพื่อหาผลของ



กำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อค่า พลักซ์ความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียวและผลของความลึกของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียวที่มีผลต่อพลักซ์ความร้อน ดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6

### 1. ผลของกำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อค่าพลักซ์ความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียว

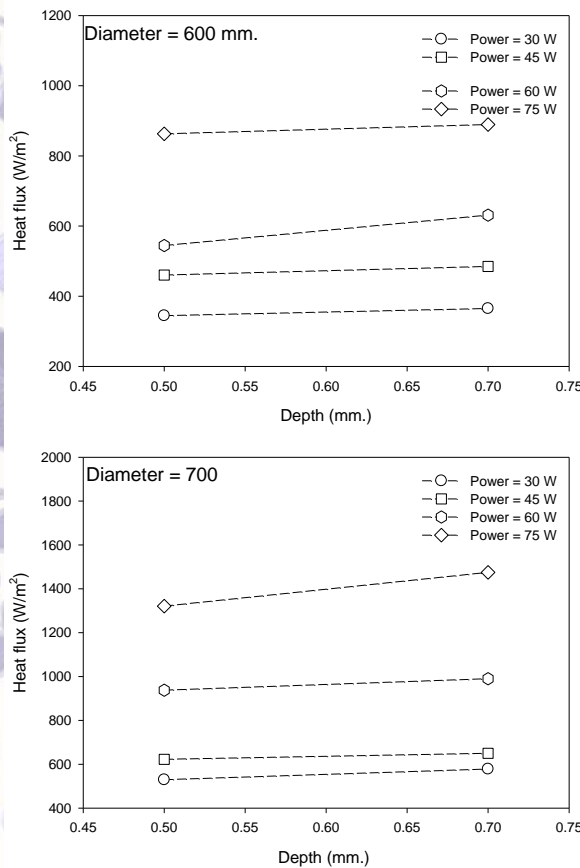


รูปที่ 5 ผลของกำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อค่าพลักซ์ความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียว

รูปที่ 5 ผลของกำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อค่าพลักซ์ความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียว ความยาวของท่อเทอร์โมไซฟอนขนาด 700 มิลลิเมตร ระยะพิตช์ 15 มิลลิเมตร มุมเอียง 90 องศา และความลึก 0.7 มิลลิเมตร โดยกำลังไฟฟ้าที่ให้กับส่วนทำระเหยคือ 75 วัตต์ พบว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าที่ให้กับส่วนทำระเหยมีค่าเพิ่มขึ้นค่าพลักซ์ความร้อนก็จะเพิ่มขึ้นตาม โดยค่าพลักซ์ความร้อนสูงสุดคือ 1475.0 วัตต์/ตารางเมตร และค่าพลักซ์ความร้อนต่ำสุดคือ 578 วัตต์/ตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับท่อเทอร์โมไซฟอนขนาด 600 มิลลิเมตร จะพบว่าค่าพลักซ์ความร้อนสูงสุดคือ 862.9 วัตต์/ตารางเมตร ที่กำลังไฟฟ้า 75 วัตต์ ส่วนที่ กำลังไฟฟ้า 30 วัตต์และค่าพลักซ์ความร้อนต่ำสุดคือ 344.6 วัตต์/ตารางเมตร จึงสามารถสรุปได้ว่า ไฟที่ 75 วัตต์ ขนาดความยาวของท่อ 700 มม. ให้ค่าพลักซ์ความร้อนดีที่สุดในท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียวที่มีขนาดความยาว 700 มิลลิเมตร เมื่อได้รับความร้อนสารทำงานจะเกิดการเดือดแบบฟอง (bubble) ร่วมกับการไหลแบบปั่นป่วน (churn flow) เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.9 มิลลิเมตร การเดือดมีลักษณะแบบการเดือดแบบฟอง (nucleate boiling) ทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ดี เมื่อขนาดความยาว 600 มิลลิเมตร

สารทำงานต้องใช้กำลังไฟฟ้าป้อนให้สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียวที่มีขนาดความยาว 700 มิลลิเมตร ดังนั้นขนาดความยาวของท่อมีผลต่อการเดือดภายในซึ่งท่อที่มีขนาด 600 มิลลิเมตร จะเกิดการเดือดและฟองร่วมกับคาร์ไฮลแบบโพรงซึ่งทำให้การถ่ายโอนความร้อนไม่ดีเท่าท่อที่มีขนาดความยาว 700 มิลลิเมตรที่เกิดการเดือดแบบฟองเท่านั้น ทั้งนี้ท่อที่มีขนาดยาวจะทำให้ความร้อนจากผนังท่อเข้าไปยังสารทำงานได้เร็วกว่าจึงถ่ายโอนความร้อนได้มากกว่า

## 2. ผลของความลึกของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียวที่มีผลต่อฟลักซ์ความร้อน



รูปที่ 6 ผลของความลึกของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียวที่มีผลต่อฟลักซ์ความร้อน

รูปที่ 6 ผลของความลึกของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียวที่มีผลต่อฟลักซ์ความร้อน ความยาวของท่อเทอร์โมไซฟอนขนาด 600 และ 700 มิลลิเมตร ระยะพิทช์ 15 มิลลิเมตร มุมเอียง 90 องศา และความลึก 0.5, 0.7 มิลลิเมตร โดยกำลังไฟฟ้าที่ให้กับส่วนทำระเหยคือ 75 วัตต์ พบว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าที่ให้กับส่วนทำระเหยมีค่าเพิ่มขึ้นค่าฟลักซ์ความร้อนก็จะเพิ่มขึ้นตาม โดยค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุดคือ 1475.0 วัตต์/ตารางเมตร และค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำสุดคือ 578 วัตต์/ตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบท่อเทอร์โมไซฟอนขนาด 600 มิลลิเมตร จะพบว่าค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุดคือ 862.9 วัตต์/ตารางเมตรที่กำลังไฟฟ้า 75 วัตต์ ที่กำลังไฟฟ้า 30 วัตต์และค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำสุดคือ 344.6 วัตต์/ตารางเมตร จึงสามารถสรุปได้ว่า ท่อเทอร์โมไซฟอนขนาดความลึก 0.7 มิลลิเมตร ที่ขนาดความยาวท่อ 700 มิลลิเมตรให้ค่าฟลักซ์ความร้อนดีที่สุด เนื่องจากเทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียวที่มีขนาดความลึก 0.7 มิลลิเมตร เมื่อส่วนทำระเหยได้รับความร้อนและขนาดความยาว

ที่เพิ่มขึ้นสารทำงานเกิดการเดือดแบบฟองร่วมกับการไหลแบบโพลงโดยส่วนควบแน่นมีขนาดความยาวที่ 300 มิลลิเมตร การไหลของสารทำงานที่ความลึก 0.7 มิลลิเมตร ทำให้เกิดการปั่นป่วนของสารทำงานทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้ดียิ่งขึ้น

### อภิปรายผลการวิจัย

1. ท่อเทอร์โมไซฟอนแบบร่องเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.9 มิลลิเมตร ความยาว 700 มิลลิเมตร ระยะพิทช์ 15 มิลลิเมตร มุมเอียง 90 องศา และความลึก 0.7 มิลลิเมตร กำลังไฟฟ้าที่ส่วนทำระเหยคือ 75 วัตต์ ให้ค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุดคือ 1475.0 วัตต์/ตารางเมตร
2. ท่อเทอร์โมไซฟอนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.9 มิลลิเมตร ความยาว 600 มิลลิเมตร ระยะพิทช์ 15 มิลลิเมตร มุมเอียง 90 องศา และความลึก 0.5 มิลลิเมตร กำลังไฟฟ้าที่ส่วนทำระเหยคือ 30 วัตต์ ให้ค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำสุดคือ 344.6 วัตต์/ตารางเมตร

### เอกสารอ้างอิง(References)

- S. Thongdaeng, N. Pipatpaiboon, A. Donmuang. (2020), Visualization and heat transfer in a closed loop thermosyphon with a check valve. **Case Studies in Thermal Engineering**. 22 : 100758.
- D. Jafari, A. Franco, S. Filippeschi, P. Di Marco. (2016). Two-phase closed thermosyphons : A review of studies and solar applications. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 53 : 575-593.
- L. Yodrak, S. Rittidech, N. Poomsa-ad. Application of thermosyphon air-preheater for energy thrift from a furnace in a hot forging process. *Journal of Mechanical Science and Technology*. Vol.25 (2011). pp.193-200.
- Arun Kurien Reji, G Kumaresan, A Sarathi, Arasappa G.P Saiganesh, R Suriya Kumar, Matthew M Shelton. (2021). Performance analysis of thermosyphon heat pipe using aluminum oxide nanofluid under various angles of inclination, **Materials Today: Proceedings**. 45 : 1211-1216.
- S. Pethkool, S. Eiamsa-ard, S. Kwankaomeng, P. Promvonge. (2011). Turbulent heat transfer enhancement in a heat exchanger using helically corrugated tube. **International Communications in Heat and Mass Transfer**. 38 : 340-347.
- A.A. Rabienataj Darzi, Mousa Farhadi, Kurosh Sedighi, Shahriar Aallahyari, Mojtaba Aghajani Delavar, Turbulent heat transfer of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-water nanofluid inside helically corrugated tubes : Numerical study, **International Communications in Heat and Mass**

## การสร้างเครื่องยี่เม็ดตาลแบบปรับเทเนื้อตาล

### FABRICATION OF MACHINE MASH THE TODDY PALM BY POURING TYPE

ปัฐวิชัย วุ่นแก้ว<sup>1</sup>, พรนิภา ไหมเกตุ<sup>2</sup>, สุจริต จักรคำ<sup>3</sup>, สุรศักดิ์ ใจดี<sup>4</sup>,

ผศ.ธวัชชัย คำแดง<sup>5</sup> และ ผศ.ชัยรัตน์ หงษ์ทอง<sup>6</sup>

Patthawitch Wunkaew<sup>1</sup>, Pornnipa Maiket<sup>2</sup>, Sucharit Jakkham<sup>3</sup>, Surasak Jaidee<sup>4</sup>,

Asst. Prof. Thawatchai Comedaeng<sup>5</sup> and Asst. Prof. Chairat Hongthong<sup>6</sup>

<sup>1,2,3</sup>นักศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

<sup>4</sup>นักวิชาการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

<sup>5,6</sup>อาจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

<sup>1,2,3</sup>Student Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

<sup>4</sup>Educator Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

<sup>5,6</sup>Asst. Prof. Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology

Thanyaburi

E-mail: pattawitch@gmail.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องยี่เม็ดตาลแบบปรับเทเนื้อตาลโดยมีส่วนประกอบดังนี้ โครงเครื่องผลิตจากเหล็กฉาก ขนาด 1 ½ นิ้ว × 1 ½ นิ้ว × 1 ฟุต ขึ้นรูปให้มีขนาด 45 เซนติเมตร × 65 เซนติเมตร × 47 เซนติเมตร ระบบส่งกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ½ แรงม้า 220 โวลต์ ที่ปลายเพลามอเตอร์ติดตั้งมู่เล่ ขนาด ๑ ½ นิ้ว ส่งผ่านกำลังด้วยสายพาน B 55 นิ้ว ไปที่มู่เล่ ขนาด ๑ 12 นิ้ว ปลายเพลาก้านติดตั้งเฟืองโซ่ขนาด ๑ 2 ½ นิ้ว จำนวนฟัน 15 ฟัน ส่งผ่านกำลังด้วยโซ่ เบอร์ 40 ไปยังเฟืองขนาด ๑ 15 นิ้ว เพื่อขับใบตี โดยใบตีใช้วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมรูปทรงโค้งตามแนวยาวของเพลามีขนาด 17 เซนติเมตร × 42 เซนติเมตร ถังยี่เม็ดตาล มีขนาด 40 เซนติเมตร × 51 เซนติเมตร × 40 เซนติเมตร ส่วนด้านบนของถังจะมีฝาปิดที่มีขนาด 41 เซนติเมตร × 52 เซนติเมตร × 2 เซนติเมตร การทำงานของเครื่องตีเม็ดตาล โดยการนำเม็ดตาล 10 เม็ด จำนวน 4 ลิตร ใส่ลงในถังยี่เม็ดตาล เปิดสวิตซ์การทำงานของใบตีกับเม็ดตาลจะเริ่มขึ้น ใช้เวลาครั้งละ 6 นาที จากนั้นนำตาลที่ยี่แล้วออกใส่ภาชนะด้วยชุดปรับเท โดยชุดปรับเทจะประกอบด้วย ตลับลูกปืน Ø 25 มิลลิเมตร สวมเข้ากับเพลาทัง 2 ด้าน แล้วนำตลับลูกปืนติดตั้งบนโครงสร้างเครื่อง การทดสอบจะทำการทดสอบความเร็วรอบของใบตีที่ 110, 130 และ 150 รอบ/นาที ผลการทดสอบพบว่า ความเร็วรอบที่ 110 รอบ/นาที น้ำหนักเม็ดตาลหลังยี่อยู่ที่ 1.61 กิโลกรัม น้ำหนักเนื้อตาลที่ยี่ได้เฉลี่ย 4.81 กิโลกรัม น้ำหนักเนื้อตาลหลังแยกน้ำเฉลี่ย 1 กิโลกรัม ความเร็วรอบที่ 130 รอบ/นาที น้ำหนักเม็ดตาลหลังยี่เฉลี่ย 1.70 กิโลกรัม น้ำหนักเนื้อตาลที่ยี่ได้เฉลี่ย 5.16 กิโลกรัม น้ำหนักเนื้อตาลหลังแยกน้ำเฉลี่ย 1.15 กิโลกรัม และ ความเร็วรอบที่ 150 รอบ/นาที เครื่องยี่เม็ดตาลเกิดเสียงดังระหว่างการยี่เม็ดตาล อาจส่งผลต่อเครื่องให้เกิดการชำรุดได้ สรุปได้ว่าความเร็วรอบของใบตีเม็ดตาลที่ควรนำไปใช้งานที่ 130 รอบ/นาที

**คำสำคัญ :** เครื่องยี่, เม็ดตาล, เนื้อตาล, ปรับเท

## Abstract

The purpose of this research is to develop and evaluate the efficiency of a toddy palm grinder using a pouring method. The machine consists of a frame made of angle iron, measuring 1 ½ inches × 1 ½ inches × 1/8 inches, forming a structure of 45 centimeters × 65 centimeters × 47 centimeters. The power transmission system employs a ½ horsepower electric motor at 220 volts, with a  $\varnothing$  2 ½ inches pulley on the motor shaft transmitting power through a B-55 inch belt to another  $\varnothing$  12 inches pulley. This second pulley further transmits power via a chain sprocket with  $\varnothing$  2 ½ inches and 15 teeth, driving the beater blades. The beater blades, made of stainless steel, are curved along the longitudinal axis of the pulley, measuring 17 centimeters in width and 42 centimeters in length. The toddy palm tank measures 40 centimeters in width, 51 centimeters in length, and 40 centimeters in height, with a lid measuring 41 centimeters in width, 52 centimeters in length, and 2 centimeters in thickness. To operate the machine, 10 toddy palms and 4 liters of water are added to the tank, and the beater blades are activated by turning on the switch. Each cycle takes 6 minutes to complete. After the cycles, a separation kit is used to separate the toddy palm from the water, consisting of two 25-millimeter ball bearings attached to the ends of the pulley on both sides, mounted on the steel frame. The speed of the beater blades is tested at 110, 130, and 150 revolutions per minute. Test results indicate that at 110 revolutions per minute, the weight of toddy palm after beating is 1.5 kilograms, with an average weight of 4.54 kilograms of toddy palm before separation. After separating the water, the average weight of toddy palm is 1.3 kilograms. Similarly, at 130 revolutions per minute, the weight of toddy palm after beating is 1.5 kilograms, with an average weight of 4.54 kilograms before separation, and 1.3 kilograms after separation. It is noteworthy that during operation, the machine produces loud noise, which may potentially damage the machine.

**Keywords:** Separating Machine, Ripe Palmyrah Fruit, Palmyrah Fruit Pulp, Pour

## บทนำ

ชนมไทยผูกพันกับวิถีชีวิตคนไทยมานานและทวีความสำคัญขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากคนไทยนั้นเป็นสังคมเกษตรกรที่มีผลผลิตทางธรรมชาติที่ปลูกอยู่ในผืนดินของตนเอง อาทิ ตาลโตนดซึ่งตาลโตนดเป็นส่วนประกอบในการทำขนมตาลและเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรจำนวนมาก แต่การที่จะได้น้ำตาลออกมานั้น เกษตรกรต้องใช้วิธีการยีตาลด้วยมือโดยใช้แรงจากคนกับตะแกรงเหล็กซึ่งมีความยากลำบากและต้องใช้ความ อุตหนมาก ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาทำให้เกิดการคิดค้นและสร้างเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้าขึ้นมาเพื่อใช้ในการทุบแรงให้กับเกษตรกร (จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ และคณะ, 2557)

ต้นตาลโตนด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Borassus flabellifer* linn. มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Palmyra palm หรือ Lontar หรือ Fan palm ในประเทศไทยมีชื่อหลายชื่อคือในภาคกลางเรียกว่า “ต้นตาลโตนด” หรือเรียกสั้น ๆ ว่า “ต้นตาล” ภาคใต้เรียกว่า “ตาลโตนด” หรือ “ต้นโหนด” ชาว

จังหวัดยะลาหรือปัตตานีเรียกว่า “ ปอเก๊ะตา ” ตาลโตนดเป็นพืชตระกูลปาล์มใบพัดชนิดหนึ่ง ชอบอากาศร้อน ชอบขึ้นในดินทรายหรือดินปนทราย และดินเหนียวแต่ในที่เปียกแฉะ เช่น ตามทุ่งนาตาลโตนดก็เจริญงอกงามดีในที่ดินทรายน้ำกร่อยขึ้นถึง ก็ยังโตเร็วและมีน้ำหวานจัด นอกจากนี้ยังชอบขึ้นในที่ไม่มีพืชปกคลุม เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพค่อนข้างแห้งแล้งไม่ชอบดินกรดแต่ก็เจริญเติบโตในที่ชุ่มชื้นได้ ตาลโตนดเป็นพืชที่มีดอกแบบไม่สมบูรณ์เพศ มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย ต้นเพศผู้และต้นเพศเมียแยกคนละต้น ดอกอยู่บนช่อดอกที่มีกิ่งก้านแขนงช่อดอกใหญ่ยาวแทงออกจากต้นระหว่างกาบใบ โคนงอปลายค่อนข้างแหลมคล้ายวงช้าง เรียกว่า “ วงงตาล ” หรือ “ ปลีตาล ” ผลมีขนาดใหญ่เป็นทะลาย ผลกลมมีขนาด 6 - 8 นิ้ว ผลอ่อนมีสีเขียวอ่อน ผลแก่มีสีม่วงแก่ผลสุกเต็มที่มีสีม่วงแก่เกือบดำหรือดำ ผิวเป็นมันภายในผลมีเม็ดขนาดใหญ่แข็งประมาณ 1 - 4 เม็ด ส่วนใหญ่มี 3 เม็ด มีเปลือกหุ้มเป็นเส้นใยละเอียด เมื่อสุกจะมีสีเหลืองสด ประกอบด้วยแป้งและน้ำตาล เนื้อนุ่มมีกลิ่นหอมใช้ปรุงแต่งสีและกลิ่นในขนมหวานและเค้กภายในเม็ดมี เนื้อสีขาวขุ่น เม็ดแบนกลม ตาลโตนดมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกาตะวันออก ต่อมาได้แพร่พันธุ์เข้าไปในอินเดีย ศรีลังกา และกลุ่มประเทศในแถบเอเชีย ปัจจุบันมีมากในแถบทวีปเอเชีย อินเดีย ศรีลังกา พม่า กัมพูชา มาเลเซีย อินโดนีเซีย และไทย สำหรับประเทศไทยพบมากในพื้นที่เขตภาคกลางในแถบจังหวัดเพชรบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม และภาคใต้แถบจังหวัดสงขลา เป็นต้น (ไตรรงค์.เนต. ม.ป.ป.)



ภาพที่ 1 ต้นตาลโตนดและลูกตาล

วิธีการยี่เนื้อตาลออกจากลูกตาลสุกของเกษตรกร หรือผู้ประกอบการที่ยี่เนื้อตาลขายในปัจจุบัน จะใช้ มีดหรือมีดฉีกหัวและเปลือกออกเพื่อเอาเต้าของลูกตาลสุก (แต่ละผลจะมี 1 - 3 เต้า) แล้วนำเต้าตาลสุกมาแยก เนื้อที่ติดอยู่ในเส้นใยของตาลโดยใช้ตะแกรงหรือตะกร้าเพื่อแยกเนื้อตาลสุกออกมา ต่อจากนั้นนำเนื้อตาลที่ได้ ไปเทลงในผ้าขาวบางผูกเชือกแล้วก็นำแขวนทิ้งไว้ประมาณ 8 - 10 ชั่วโมง เพื่อให้ น้ำที่ปนอยู่ในเนื้อตาลหยดลงมาจนหมด เหลือแค่เพียงเนื้อตาลเพียงอย่างเดียวแล้วนำเนื้อตาลที่ได้ไปแปรรูปหรือจำหน่ายต่อไป

ปัญหาที่พบ คือยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก ทำให้เสียเวลาและแรงงานในการแยกเนื้อตาลสุกค่อนข้างมาก จึงทำให้ผู้ขายบางรายนำเนื้อมะละกอหรือเนื้อฟักทองมาผสมเนื้อตาลเพื่อเพิ่มปริมาณในการจำหน่าย ทำให้คุณภาพของเนื้อตาล ต่ำ ลง และจะเกิดสีดำถ้าเก็บไว้นาน เมื่อนำไปทำขนมตาลรสชาติจะไม่อร่อยจากการสืบค้นข้อมูลและสอบถาม จากผู้ประกอบการที่ยี่เนื้อตาลสุกขาย ดังนั้นคณะวิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องยี่เม็ดตาลแบบปรับเทเนื้อตาล

### ขอบเขตของการวิจัย

1. ยีเม็ดตาลได้ครั้งละ 8 - 10 เม็ด
2. ตัวถังเครื่องทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม เบอร์ 304
3. ต้นกำลัง มอเตอร์ 1/2 แรงม้า

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการลงพื้นที่หาข้อมูลพบว่าเนื้อตาลจากการยี้ยังใช้กระบวนการดั้งเดิมในการผลิต โดยมีกรรมวิธีการแยกเนื้อตาลกับเส้นใยตาล คือการนำเม็ดตาลโตนดมายี้กับมือโดยใช้เวลาเฉลี่ยเม็ดละ 1.30 นาทีเพื่อให้เนื้อตาลออกจากลูกตาล นำเอาเนื้อตาลโตนดที่ได้มาห่อผ้าขาวบางเพื่อกรองแยกเส้นใยที่ยังมีอยู่ในเนื้อตาลออกให้หมด หลังจากเสร็จกระบวนการกรองเนื้อตาลแล้ว ก็จะนำเนื้อตาลห่อผ้าขาวบางอีกครั้งเพื่อทำให้น้ำออกจากเนื้อตาลให้หมด โดยนำไม้มาวางทับบนเนื้อตาล เพื่อคั้นน้ำออกจากเนื้อตาลแต่ต้องใช้ระยะเวลาานหรือใช้วิธีการนำผ้าขาวบางที่มีเนื้อตาลอยู่ไปแขวนทิ้งไว้เป็นเวลา 8 - 10 ชั่วโมง เพื่อให้ น้ำออกจากเนื้อตาลให้หมด แล้วจึงนำมาแปรรูปเป็นขนมตาลหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ตามต้องการ [องค์การบริหารส่วนตำบลไร่สะทอน (2558)] โดยแรงงานส่วนใหญ่เป็นแรงงานภายในชุมชน หรือหมู่บ้านใกล้เคียง โดยจำนวนแรงงานและเวลาในการแยกเนื้อตาลสุกขึ้นอยู่กับผลผลิตของเกษตรกรในแต่ละปี ค่าจ้างแรงงาน 330 บาทต่อหนึ่งวัน ปริมาณการแยกเนื้อตาลสุกในแต่ละวัน (1 วัน ทำงาน 8 ชั่วโมง) เกษตรกร 1 คน จะได้เนื้อตาลสุกที่แยกได้ 62.4 กิโลกรัม/วัน



ภาพที่ 2 การแยกเนื้อตาลสุกของเกษตรกร

ขนมตาลเป็นขนมไทยดั้งเดิม เนื้อขนมมีลักษณะเป็นแป้งสีเหลืองเข้ม นุ่ม พู มีกลิ่นตาลหอมหวาน ขนมตาลทำจากเนื้อตาลจากผลตาลที่สุกงอม แป้งข้าวเจ้า กะทิและน้ำตาล ผสมกันตามกรรมวิธี ใส่กระทงใบตองโรยมะพร้าวขูดและนำไปนึ่งจนสุกเนื้อลูกตาลยี้ที่เป็นส่วนผสมในการทำขนมตาลได้จากการนำผลตาลที่สุกจนเหลืองดำ เนื้อข้างในมีสีเหลือง มีกลิ่นแรงซึ่งส่วนมากจะหล่นจากตนเองมาปอกเปลือกออกนำมายี้กับน้ำสะอาดให้หมดสีเหลืองนำน้ำที่ยี้แล้วใส่ถุงผ้าผูกไว้ให้น้ำตกเหลือแต่เนื้อ ขนมตาลในปัจจุบันหาทานรสชาติได้

ยาก เนื่องจากปริมาณการปลูกต้นตาลที่ลดลงขนมตาลที่ขายตามท้องตลาดส่วนใหญ่ผู้ประกอบการมักใส่เนื้อตาลน้อยเพิ่มแป้งและเจือสีเหลืองแทนซึ่งทำให้ขนมตาลมีเนื้อกระด้างไม่หอมหวานและไม่อร่อย

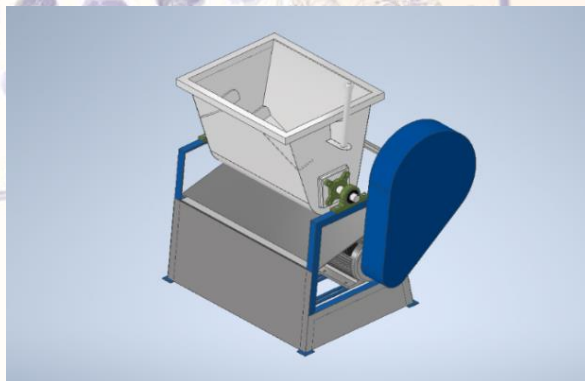
ขนมตาลหรือภาษาอังกฤษเรียก Toddy palm cake เป็นขนมพื้นบ้านที่ทำมาจากเนื้อตาลสุกมีลักษณะเป็นก้อนฟู สีเหลือง มีรสหวานและมีกลิ่นหอมของเนื้อตาลสุกมีส่วนผสมหลักคือ เนื้อตาล สุกผสมกับแป้งข้าวเจ้าเติมแต่งรสด้วยหัวกะทิ น้ำตาลและเกลือเล็กน้อยก่อนจะเทใส่กระทงและนำไปนึ่งขนมตาลมักนิยมทำและมีจำหน่ายมากในตลาดจะอยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - มิถุนายน เนื่องจากเป็น ช่วงที่ลูกตาลเริ่มทยอยสุกจึงเก็บผลสุกได้เฉพาะในช่วงนี้ แต่บางครั้งก็พบการทำขนมตาลบ้างในช่วงเดือนอื่น ๆ แต่ก็มักเป็นขนมตาลที่ใช้สีผสมอาหารทำแทนเนื้อตาลจึงมักมีรสไม่อร่อยและไม่มีกลิ่นหอมของเนื้อตาลสุก [Puechkaset (2016)]



ภาพที่ 3 ขนมตาล

## 2. การดำเนินการสร้างเครื่องยี่เม็ดตาลแบบปรับเทเนื้อตาล

โดยเริ่มจากการออกแบบเครื่องยี่เม็ดตาลแบบปรับเทเนื้อตาลมีส่วนประกอบ ดังนี้ โครงเครื่อง, ระบบส่งกำลัง, ถังยี่เม็ดตาลและชุดปรับเท

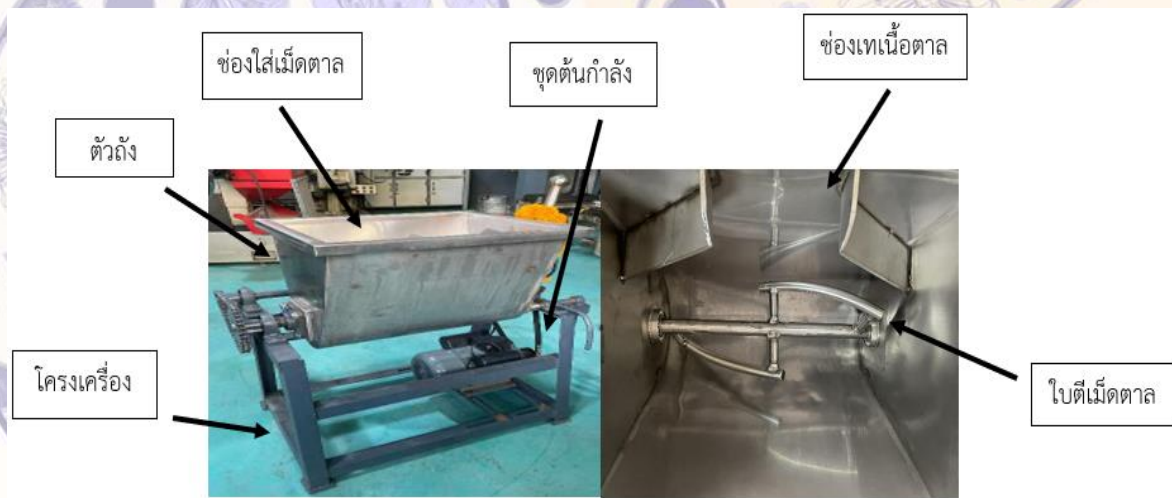


ภาพที่ 4 การออกแบบเครื่องยี่เม็ดตาลแบบปรับเทเนื้อตาล

โครงเครื่อง ผลิตจากเหล็กฉาก ขนาด  $1\frac{1}{2}$  นิ้ว  $\times$   $1\frac{1}{2}$  นิ้ว  $\times$  1 ฟุต นำมาทำการสร้างขึ้นรูปให้มีขนาด กว้าง 45 เซนติเมตร  $\times$  ยาว 65 เซนติเมตร  $\times$  สูง 47 เซนติเมตร



ระบบส่งกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ½ แรงม้า แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ปลายเพลามอเตอร์ติดตั้งมู่เล่ขนาด  $\varnothing$  2 ½ นิ้ว ส่งผ่านกำลังด้วยสายพาน B 55 นิ้ว ไปที่มู่เล่ขนาด  $\varnothing$  12 นิ้ว ส่วนที่ปลายเพลาก็ด้านติดตั้งเฟืองโซ่ขนาด  $\varnothing$  2 ½ นิ้ว จำนวนฟัน 15 ฟัน ส่งผ่านกำลังด้วยโซ่เบอร์ 40 ไปยังเฟืองโซ่ขนาด  $\varnothing$  15 นิ้ว จำนวน 35 ฟัน เพื่อขับใบตีที่อยู่ในถังยี่เม็ดตาล โดยใบตีเป็นแบบใบตีทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมรูปทรงโค้งไปตามแนวยาวของเพลามีขนาด กว้าง 17 เซนติเมตร × ยาว 42 เซนติเมตร ถังยี่เม็ดตาล มีขนาด กว้าง 40 เซนติเมตร × ยาว 51 เซนติเมตร × สูง 40 เซนติเมตร ในส่วนล่างของถังจะถูกออกแบบให้มีลักษณะครึ่งวงกลม เพื่อให้เหมาะสมกับใบตี กว้าง 41 เซนติเมตร × ยาว 52 เซนติเมตร × สูง 2 เซนติเมตร ชุดปรับเทเป็นอุปกรณ์ช่วยในการขนถ่ายวัตถุดิบออกจากถังได้อย่างรวดเร็วและผ่อนแรงในการยก โดยชุดปรับเทจะประกอบด้วย ตลับลูกปืนขนาด 25 มิลลิเมตร สวมเข้ากับเพลานขนาด 25 มิลลิเมตร ทั้ง 2 ด้าน แล้วนำลูกปืนติดตั้งบนโครงสร้างเหล็กแล้วขันน็อตให้แน่น ด้ามจับทำมาจากสแตนเลสเพลานขนาด 25 มิลลิเมตร ยาว 25 เซนติเมตร



ภาพที่ 5 เครื่องยี่เม็ดตาลแบบปรับเทเนื้อตาล



ภาพที่ 6 ชุดปรับเทเนื้อตาล

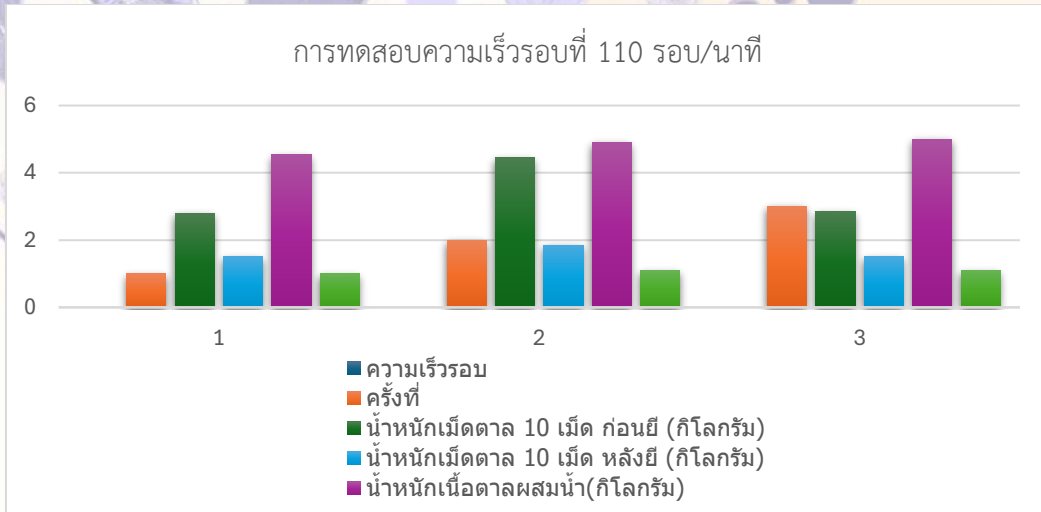
**ผลการทดสอบ**

การทดสอบจะดำเนินการทดสอบที่ความเร็วรอบที่ 110, 130 และ 150 รอบ/นาที โดยกำหนดตัวแปรคงที่ คือ เม็ดตาล จำนวน 10 เม็ด ใช้เวลาครั้งละ 6 นาที ปริมาณน้ำ จำนวน 4 ลิตร ผลการทดสอบ ดังนี้  
 ความเร็วรอบที่ 110 รอบ/นาที

ครั้งที่ 1 ใช้เม็ดตาลจำนวน 10 เม็ด น้ำหนักรวม 2.8 กิโลกรัม รวมน้ำ 4 ลิตร เท่ากับ 6 กิโลกรัม น้ำหนักเม็ดตาลหลังยู่อยู่ที่ 1.5 กิโลกรัม และน้ำหนักเนื้อตาลผสมน้ำหลังยู่อยู่ที่ 4.54 กิโลกรัม หลังจากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะได้เนื้อตาลน้ำหนัก 1.3 กิโลกรัม เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักของเม็ดตาลรวม 2.8 กิโลกรัมเท่ากับ 100 % เหลือเนื้อตาล 1.3 กิโลกรัมจะได้ 46 %

ครั้งที่ 2 ใช้เม็ดตาลจำนวน 10 เม็ด น้ำหนักรวม 4.45 กิโลกรัม รวมน้ำ 4 ลิตร เท่ากับ 7.6 กิโลกรัม น้ำหนักเม็ดตาลหลังยู่อยู่ที่ 1.85 กิโลกรัม และน้ำหนักเนื้อตาลผสมน้ำหลังยู่อยู่ที่ 4.9 กิโลกรัม หลังจากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะได้เนื้อตาลน้ำหนัก 1.1 กิโลกรัม เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักของเม็ดตาลรวม 4.45 กิโลกรัมเท่ากับ 100 % เหลือเนื้อตาล 1.1 กิโลกรัมจะได้ 25 %

ครั้งที่ 3 ใช้เม็ดตาลจำนวน 10 เม็ด น้ำหนักรวม 2.85 กิโลกรัม รวมน้ำ 4 ลิตร เท่ากับ 6 กิโลกรัม น้ำหนักเม็ดตาลหลังยู่อยู่ที่ 1.5 กิโลกรัม และน้ำหนักเนื้อตาลผสมน้ำหลังยู่อยู่ที่ 5 กิโลกรัม หลังจากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะได้เนื้อตาลน้ำหนัก 1.1 กิโลกรัม เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักของเม็ดตาลรวม 2.85 กิโลกรัมเท่ากับ 100 % เหลือเนื้อตาล 1.1 กิโลกรัมจะได้ 39 %



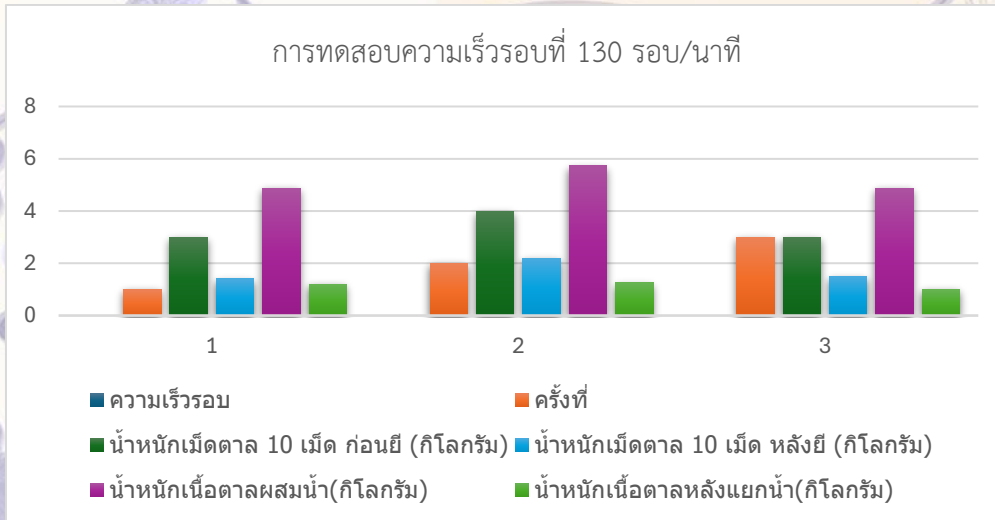
ภาพที่ 6 กราฟแท่งการทดสอบที่ความเร็วรอบที่ 110 รอบ/นาที

ความเร็วรอบที่ 130 รอบ/นาที

ครั้งที่ 1 ใช้เม็ดตาลจำนวน 10 เม็ด น้ำหนักรวม 3 กิโลกรัม รวมน้ำ 4 ลิตร เท่ากับ 6.2 กิโลกรัม น้ำหนักเม็ดตาลหลังยู่อยู่ที่ 1.4 กิโลกรัม และน้ำหนักเนื้อตาลผสมน้ำหลังยู่อยู่ที่ 4.88 กิโลกรัม หลังจากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะได้เนื้อตาลน้ำหนัก 1.2 กิโลกรัม เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักของเม็ดตาลรวม 3 กิโลกรัมเท่ากับ 100 % เหลือเนื้อตาล 1.2 กิโลกรัมจะได้ 40 %

ครั้งที่ 2 ใช้เม็ดตาลจำนวน 10 เม็ด น้ำหนักรวม 4 กิโลกรัม รวมน้ำ 4 ลิตร เท่ากับ 7.2 กิโลกรัม น้ำหนักเม็ดตาลหลังยู่อยู่ที่ 2.2 กิโลกรัม และน้ำหนักเนื้อตาลผสมน้ำหลังยู่อยู่ที่ 5.73 กิโลกรัม หลังจากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะได้เนื้อตาลน้ำหนัก 1.3 กิโลกรัม เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักของเม็ดตาลรวม 2.8 กิโลกรัมเท่ากับ 100 % เหลือเนื้อตาล 1.25 กิโลกรัมจะได้ 31 %

ครั้งที่ 3 ใช้เม็ดตาลจำนวน 10 เม็ด น้ำหนักรวม 3 กิโลกรัม รวมน้ำ 4 ลิตร เท่ากับ 6.2 กิโลกรัม น้ำหนักเม็ดตาลหลังยู่อยู่ที่ 1.5 กิโลกรัม และน้ำหนักเนื้อตาลผสมน้ำหลังยู่อยู่ที่ 4.88 กิโลกรัม หลังจากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะได้เนื้อตาลน้ำหนัก 1 กิโลกรัม เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักของเม็ดตาลรวม 3 กิโลกรัมเท่ากับ 100 % เหลือเนื้อตาล 1 กิโลกรัมจะได้ 33 %



ภาพที่ 7 กราฟแท่งการทดสอบที่ความเร็วรอบที่ 130 รอบ/นาที

ความเร็วรอบที่ 150 รอบ/นาที พบว่าเครื่องมือการสั่น ใบตีหมุนแรงเกินไปทำให้เม็ดตาลกระเด็น ตัวถังยี้เม็ดตาลจนทำให้เกิดเสียงดังที่ตัวถัง



ภาพที่ 8 การยี้เม็ดตาลและผลผลิตที่ได้

### สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบหารอบเครื่องยีนี้อัตาลงรอบละ 3 ครั้ง ครั้งละ 10 เมตร โดยใช้รอบหมุนการทดสอบแต่ละครั้งใช้รอบที่ 110, 130 และ 150 รอบ/นาทิจึงทำให้รู้ความเร็วรอบในการทำงานที่มีประสิทธิภาพ จึงได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** การทดสอบขั้นต้นความเร็วรอบของใบที่ 110, 130 และ 150 รอบ/นาทิจึง

ความเร็วรอบ	ครั้งที่	น้ำหนักเม็ดตาล 10 เมตร ก่อนยีนี (กิโลกรัม)	น้ำหนักเม็ดตาล 10 เมตร หลังยีนี (กิโลกรัม)	น้ำหนักเนื้อ ตาลผสมน้ำ (กิโลกรัม)	น้ำหนักเนื้อตาล หลังแยกน้ำ (กิโลกรัม)
110	1	2.80	1.50	4.54	1.00
	2	4.45	1.85	4.90	1.10
	3	2.85	1.50	5.00	1.10
	เฉลี่ย	3.36	1.61	4.81	1.06
130	1	3.00	1.40	4.88	1.20
	2	4.00	2.20	5.73	1.25
	3	3.00	1.50	4.88	1.00
	เฉลี่ย	3.33	1.70	5.16	1.15
150	1				
	2		ไม่สามารถทำการทดสอบได้		
	3				

หมายเหตุ ใช้เม็ดตาล จำนวน 10 เม็ด ใช้เวลาครั้งละ 6 นาที ใช้ปริมาณน้ำ จำนวน 4 ลิตร

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบ ความเร็วรอบ 110 รอบ/นาทิจึงครั้งที่ 1 น้ำหนักเม็ดตาล 10 เมตร ก่อนยีนี 2.80 กิโลกรัม น้ำหนักเม็ดตาล 10 เมตร หลังยีนี 1.50 กิโลกรัม รวมน้ำหนักเนื้อตาลผสมน้ำ 4.54 กิโลกรัม และได้ น้ำหนักเนื้อตาลหลังแยกน้ำ 1 กิโลกรัม

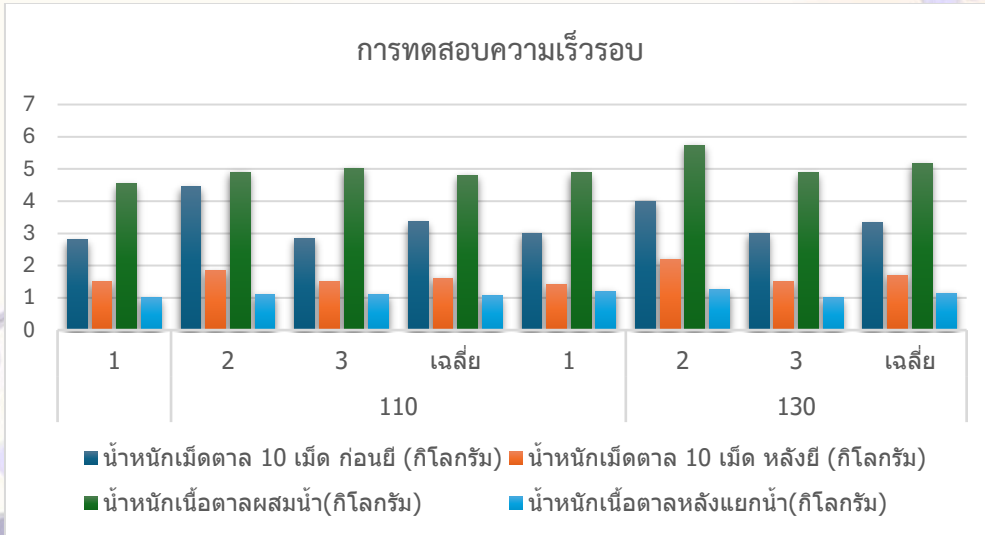
ครั้งที่ 2 น้ำหนักเม็ดตาล 10 เมตร ก่อนยีนี 4.45 กิโลกรัม น้ำหนักเม็ดตาล 10 เมตร หลังยีนี 1.85 กิโลกรัม รวมน้ำหนักเนื้อตาลผสมน้ำ 4.90 กิโลกรัม และได้ น้ำหนักเนื้อตาลหลังแยกน้ำ 1.10 กิโลกรัม

ครั้งที่ 3 น้ำหนักเม็ดตาล 10 เมตร ก่อนยีนี 2.85 กิโลกรัม น้ำหนักเม็ดตาล 10 เมตร หลังยีนี 1.50 กิโลกรัม รวมน้ำหนักเนื้อตาลผสมน้ำ 5 กิโลกรัม และได้ น้ำหนักเนื้อตาลหลังแยกน้ำ 1.10 กิโลกรัม

ความเร็วรอบ 130 รอบ/นาทิจึงครั้งที่ 1 น้ำหนักเม็ดตาล 10 เมตร ก่อนยีนี 3 กิโลกรัม น้ำหนักเม็ดตาล 10 เมตร หลังยีนี 1.40 กิโลกรัม รวมน้ำหนักเนื้อตาลผสมน้ำ 4.88 กิโลกรัม และได้ น้ำหนักเนื้อตาลหลังแยกน้ำ 1.20 กิโลกรัม

ครั้งที่ 2 น้ำหนักเม็ดตาล 10 เมตร ก่อนยีนี 4 กิโลกรัม น้ำหนักเม็ดตาล 10 เมตร หลังยีนี 2.20 กิโลกรัม รวมน้ำหนักเนื้อตาลผสมน้ำ 5.73 กิโลกรัม และได้ น้ำหนักเนื้อตาลหลังแยกน้ำ 1.25 กิโลกรัม

ครั้งที่ 3 น้ำหนักเม็ดตาล 10 เม็ด ก่อนยี่ 3 กิโลกรัม น้ำหนักเม็ดตาล 10 เม็ด หลังยี่ 1.50 กิโลกรัม  
 รวมน้ำหนักเนื้อตาลผสมน้ำ 4.88 กิโลกรัม และได้น้ำหนักเนื้อตาลหลังแยกน้ำ 1.00 กิโลกรัม  
 ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที ไม่สามารถทดสอบได้เนื่องจากเกินประสิทธิภาพของเครื่อง



**ภาพที่ 9 การทดสอบความเร็วรอบ**

จากการทดสอบความเร็วรอบทั้ง 110, 130 และ 150 รอบ/นาที ทำให้รู้ความเร็วรอบในการทำงานที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งความเร็วรอบที่ 110 รอบ/นาที ประสิทธิภาพในการยี่วัดได้จากการทดสอบยี่ลูกตาลที่มีขนาดเฉลี่ยที่กว้าง 99.36 มิลลิเมตร × ยาว 131.32 มิลลิเมตร × หนา 48 มิลลิเมตร นำมาผ่านกระบวนการยี่จะได้เนื้อตาลที่ผสมน้ำและจะนำไปยกน้ำต่อไป เนื้อตาลที่ได้หลังจากการแยกน้ำนำมาเปรียบเทียบน้ำหนักกันโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.06 จากนั้นทำเช่นเดียวกันในการทดสอบในรอบถัดไปที่ความเร็วรอบที่ 130 รอบ/นาที จะได้ค่าเฉลี่ยที่ 1.15 จากนั้นในการทดสอบในรอบถัดไปที่ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที พบว่าการหมุนของเครื่องมีความเร็วสูงเกินไปทำให้ใบตีกระทบกับลูกตาลอย่างรุนแรงจะทำให้ตัวถังเกิดรอยบุบขึ้นอย่างมากจึงยุติการทดสอบในความเร็วรอบที่ 150 รอบ/นาที สรุปได้ว่าเครื่องไม่มีประสิทธิภาพมากพอที่จะใช้ในความเร็รรอบดังกล่าวเพราะจะทำให้เกิดการชำรุดเสียหายและเป็นอันตรายต่อบุคคลได้ ดังนั้น จากการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพในการยี่ตาลจึงสรุปได้ว่า ในการทดสอบความเร็วรอบทั้ง 110, 130 และ 150 รอบ/นาที ประสิทธิภาพของเครื่องอยู่ที่ความเร็วรอบ 130 รอบ/นาที

**เอกสารอ้างอิง**

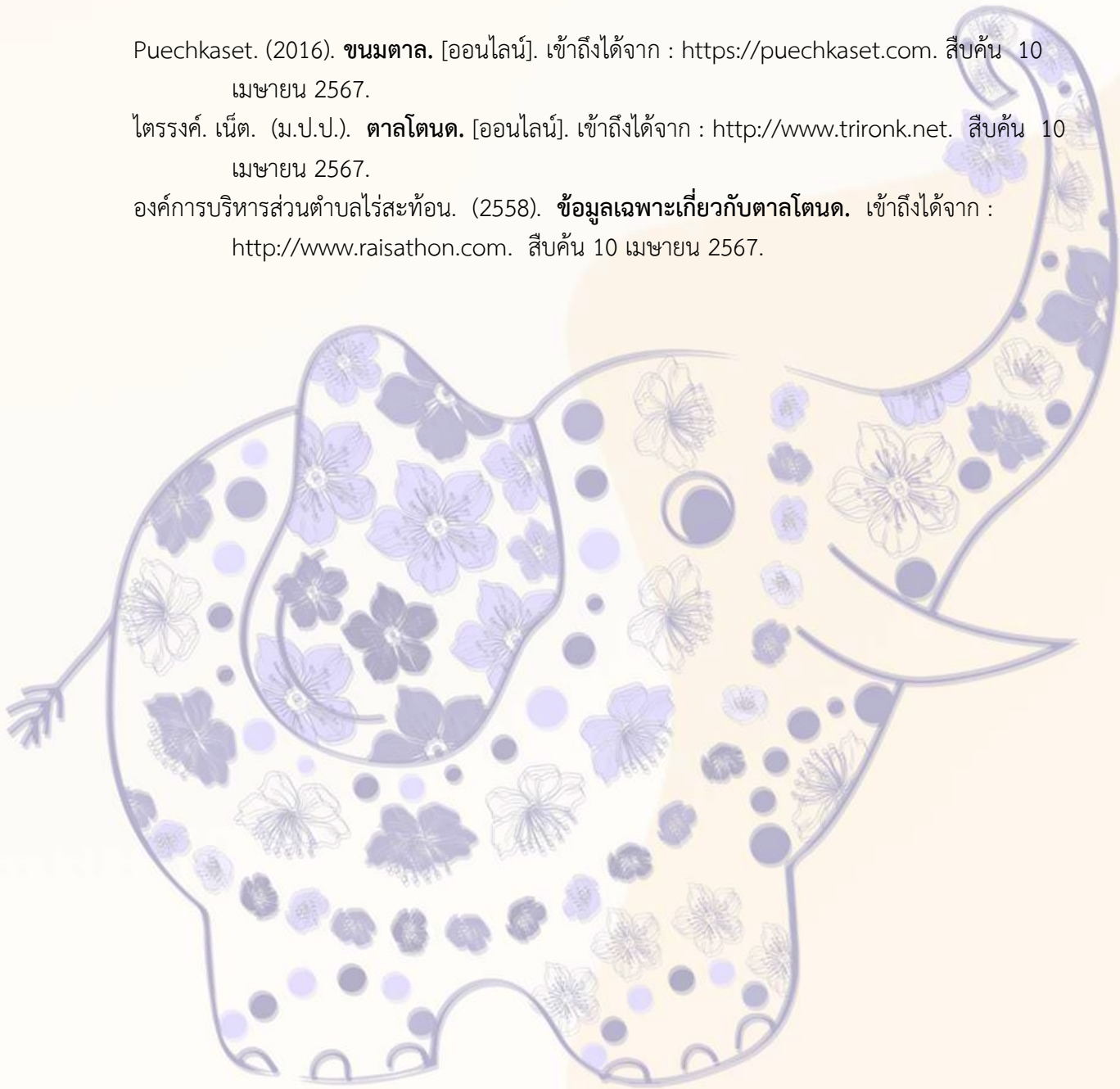
จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ , สุนัน ปานสาคร , ภูรินทร์ อัครกุลธร , สุกฤษณ์ สร้อยแมน และศุภณัฐ สร้อยแมน. (2557). **การออกแบบและสร้างเครื่องแยกเนื้อตาลสุก**. ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

จารุวรรณ ชาประดิษฐ์, อาภากร ร้อยพรพมา, เบญจวรรณ วันทนียวรรกุล. (2562). **การถ่ายทอดองค์ความรู้เครื่องยี่ตาล ณ วัดปัญญาบันฑิตาราม**. ปริญญาานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Puechkaset. (2016). **ขนมตาล**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://puechkaset.com>. สืบค้น 10  
เมษายน 2567.

ไตรรงค์. เน็ต. (ม.ป.ป.). **ตาลโตนด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.trironk.net>. สืบค้น 10  
เมษายน 2567.

องค์การบริหารส่วนตำบลไร่สะทอน. (2558). **ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตาลโตนด**. เข้าถึงได้จาก :  
<http://www.raisathon.com>. สืบค้น 10 เมษายน 2567.



## การออกแบบและวิจัยอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก DESIGN AND RESEARCH OF SMALL SUGARCANE LEAF PICKING EQUIPMENT

ไพรวลัย สายพร<sup>1</sup>, คุณานนต์ ศักดิ์กำปัง<sup>2</sup>, และ สมพร หงษ์ก่ง<sup>3\*</sup>

Paiwan Saiprom<sup>1</sup>, Kunanon Sakkampang<sup>2</sup>, and Somporn Hongkong<sup>3\*</sup>

<sup>3\*</sup>วิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน  
วิทยาเขตสกลนคร

Email : somporn.ho@rmuti.ac.th

### บทคัดย่อ (Abstract)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและวิจัยอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก โดยศึกษาความเร็วรอบของลูกสางใบอ้อย ที่ความเร็วรอบ 700 , 900 และ 1,100 รอบ/นาที โดยกำหนดความเร็วของรถต้นกำลังเคลื่อนที่ความเร็ว 0.3 , 0.4 และ 0.5 เมตร/วินาที ลูกสางใบอ้อยมีจำนวน 2 ลูก เส้นเอ็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ยาว 50 เซนติเมตร จำนวน 4 เส้น/ลูก ทดสอบในแปลงที่ต้นอ้อยสูง 2 ระดับ คือ 150 และ 200 เซนติเมตร ผลของความเร็วรอบของลูกสางใบอ้อย จะมีผลต่อการขาดของใบอ้อยที่หลุดจากลำต้น สะอาดมากพอที่จะตัดอ้อยสดได้ จากการทดสอบลำต้นที่สูง 150 และ 200 เซนติเมตร ในความเร็วรอบ 3 ระดับ ประสิทธิภาพการสางใบอ้อยที่มีความเหมาะสมคือความเร็วรอบลูกสางใบที่ 900 รอบ/นาที ความเร็วการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที ต้นอ้อยสูง 150 และ 200 เซนติเมตร ผลทดสอบมีค่ามากที่สุดคือร้อยละ 83.77 และ 87.05 ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง 8.96 และ 8.96 ไร่/วัน ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ 0.5 เมตร/วินาที ต้นอ้อยสูง 150 และ 200 เซนติเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.63 และ 1.66 ลิตร/ไร่

**คำสำคัญ:** ลูกสางใบอ้อย,เส้นเอ็นสางใบอ้อย, เครื่องยนต์เล็กดีเซล สูบเดียว

### Abstract

The objective of this research is to design and research a small sugarcane leaf carding device. By studying the rotational speed of the sugarcane leaf carder. at rotational speeds of 700, 900 and 1,100 revolutions/minute, with the speed of the vehicle moving at 0.3, 0.4 and 0.5 meters/second. There are 2 sugarcane leaf carders, 4 tendons diameter 3 millimeters, length 50 centimeters/ball. Tested in plots where sugarcane plants were at two heights, 150 and 200 centimeters. The effect of the speed of the sugarcane leaf carder It will affect the lack of sugar cane leaves that fall off the stem. Clean enough to cut fresh sugar cane From the test on stems that were 150 and 200 centimeters tall at three speed levels, the optimum efficiency for carding sugarcane leaves was a leaf carding speed of 900 revolutions/minute and a movement speed of 0.3 meters/second on sugar cane plants with heights of 150 and 200 centimeters. Results The test had the highest values at 83.77 and 87.05 percent. The actual machine working capacity was 8.96 and 8.96 rai/day at a moving speed of 0.5

Soft Power, Innovations and AI for Local Development, Creative Economy and Sustainability. (SILDCEs)

meters/second, the sugarcane height was 150 and 200 centimeters, and the fuel consumption rate was 1.63 and 1.66 liters/rai.

**Keywords:** sugarcane leaf carding, sugarcane leaf carding tendons, small single cylinder diesel engine

## บทนำ

พืชอ้อยเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่เกษตรกรไทยนิยมปลูก เนื่องจากเป็นพืชที่สามารถนำไปใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ทั้งทางด้านอาหารหรือพลังงาน ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) จากรายงานผลการสำรวจประจำปี 2564/65 [1] รัฐบาลและโรงงานน้ำตาลณรงค์ให้มีการตัดอ้อยสดและประชาสัมพันธ์ถึงข้อดีในการตัดอ้อยสด อย่างไรก็ตาม เกษตรกรยังมีแนวโน้มในการตัดอ้อยเผาใบสูงกว่าการตัดอ้อยสด เนื่องจากขาดแคลนแรงงาน ในการตัดอ้อยสดที่เสียเวลากับการสางใบอ้อย จากผลสำรวจของวิชัย โอภาณุกุลและคณะ [2] จากสำรวจแปลงจำนวน 258 แปลง พบที่มีการตัดอ้อยโดยใช้เครื่องจักร 11.46% เกือบใช้แรงงานคน 88.54 % โดยแบ่งเป็นการตัดอ้อยสด 39.54 % อ้อยเผาใบ 52.09 % และทั้งอ้อยสดกับอ้อยเผาใบ 8.36 % โดยการเก็บเกี่ยวอ้อยสดมีอัตราการทำงาน 1.41-3.35 ต้น/วัน/คน อ้อยเผาไฟมีอัตราการทำงาน 3.63-6.00 ต้น/วัน/คน ซึ่งสูงกว่าอ้อยตัดสด สาเหตุเกิดจากความยากลำบากในการตัดที่ต้องสางใบอ้อยทำให้แรงงานที่ตัดอ้อยสดมีจำนวนน้อยลงและค่าจ้างแรงงานสูง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร [3] ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าเมื่ออ้อยได้อายุเก็บเกี่ยวแล้วไม่ควรเผาใบ แต่ใช้วิธีการตัดสางใบก่อนที่จะตัดอ้อย 2 เดือนล่วงหน้า จะทำให้แรงงานเข้าตัดอ้อยได้สะดวก อากาศระบายได้ดี ลำต้นอ้อยได้รับแสงแดด ทำให้ขยายขนาดปล้องอ้อยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงขึ้นถึง 15-20 % อีกทั้งยังเป็นการช่วยกำจัดไข่และศัตรูอ้อย นอกจากนี้ใบอ้อยที่ตัดสางแล้วจะคลุมดินเก็บความชื้นในดิน ป้องกันวัชพืชเจริญเติบโตแย่งสารอาหารต้นอ้อย จึงได้พัฒนาเครื่องสางใบอ้อยติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ที่เข้าแปลงอ้อยที่มีช่องว่างระหว่างแถวไม่น้อยกว่า 150 เซนติเมตรขึ้นไป โดยทำการทดสอบเปรียบเทียบกับการใช้มีดสางใบ มีอัตราการทำงาน 1.4 ไร่/ชม. รอบการหมุนของลูกตีใบประมาณ 800 - 900 รอบ/นาที ทิศทางการหมุนที่ลง ที่ความเร็วรถแทรกเตอร์ 2.09 กม./ชม (low 2) เครื่องสางใบอ้อยที่ใช้อยู่ทั่วไปนี้ปกติจะใช้สางใบอ้อยสำหรับตัดอ้อยเข้าโรงงาน พบว่าเครื่องสางใบอ้อยสามารถสางใบอ้อยได้ 1 ชม. 19 นาที/ไร่ ในขณะที่มีดสางใบที่ใช้แรงงานคนใช้เวลาสางใบอ้อย 6 ชม. 12 นาที/ไร่ หลังสางใบอ้อยตรวจความเสียหายของอ้อยจากการสางใบ พบว่าอ้อยที่ใช้เครื่องสางใบ ติดตั้งรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กมี ลำอ้อยหักล้ม 18.4 % ส่วนอ้อยที่ใช้มีดสางใบมีการหักล้ม 12.7 %

จากปัญหาความยากลำบากในการตัดอ้อยสด ผู้ดำเนินการวิจัยมีแนวความคิด การออกแบบและวิจัยอุปกรณ์สางอ้อยขนาดเล็ก ควบคุมความเร็วรอบลูกสางใบอ้อยที่เหมาะสม เพื่อสางใบอ้อยให้มีความสะอาดพอในการตัดอ้อยสด ลดต้นทุนในการตัดอ้อยให้กับเกษตรกรอย่างมีประสิทธิภาพ

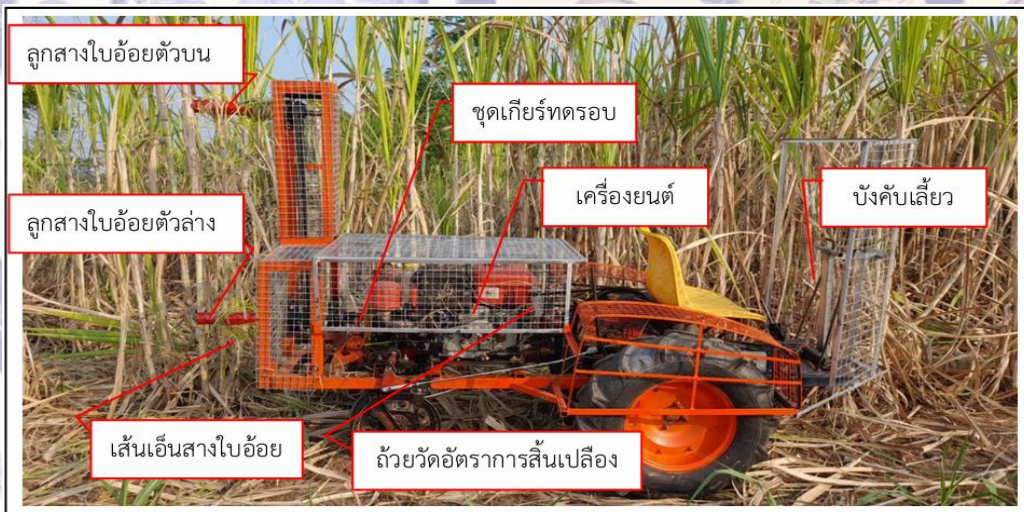
## วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของความเร็วรอบลูกสางใบอ้อยที่เหมาะสมในการสางใบอ้อยที่ทำให้ใบอ้อยหลุดจากลำต้นที่ต้นอ้อยสูง 150 และ 200 เซนติเมตร อย่างมีประสิทธิภาพ ตามความเร็วรอบที่กำหนด 3 ระดับ ออกแบบและวิจัยอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก ให้สามารถเข้าร่องอ้อยที่มีช่องว่างระหว่างแถว 90 - 120 เซนติเมตร

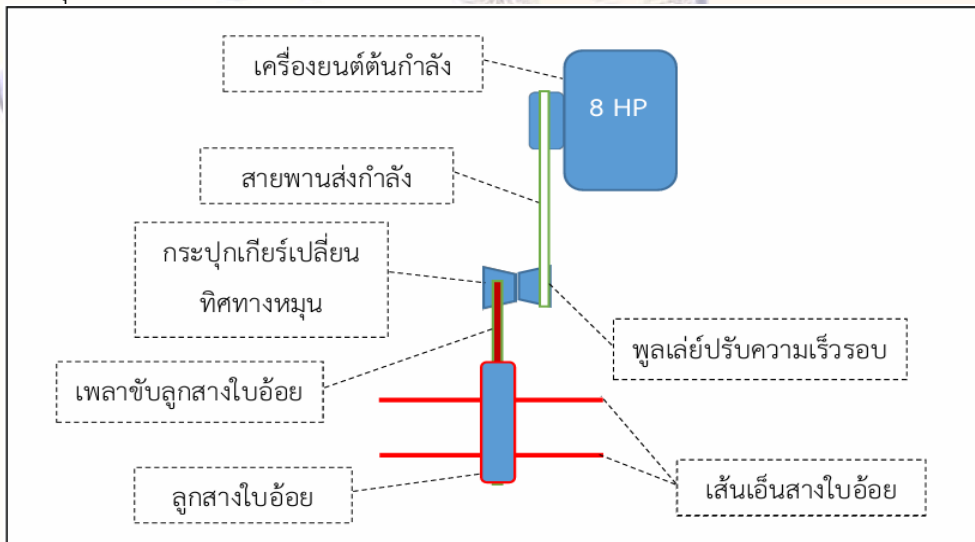


### วิธีดำเนินการวิจัย

1. นำเครื่องยนต์เล็กดีเซลสูบเดียว ขนาด 8 แรงม้า ( 5.968 kW.) เป็นเครื่องต้นกำลังขับเคลื่อน โครงรถไถเดินตามดัดแปลงมี 3 เกียร์ ดังนี้ เกียร์เดินหน้าเกียร์ 1 และเกียร์ 2 เกียร์ถอย 1 เกียร์ ส่งกำลังงาน ผ่านสายพานพูลเลย์เข้าโครงรถขับเคลื่อนด้วยล้อหน้า 2 ล้อ แบบล้อยาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 75 เซนติเมตร และล้อหลัง 1 ล้อ ใช้บังคับทิศทางเลี้ยว เครื่องต้นกำลังส่งกำลังงานพูลเลย์ตัวขับเคลื่อนสายพานแบบร่องปี ขับพูลเลย์ ตัวตามด้วยอัตราทด 1 ต่อ 1 เพื่อมาขับเคลื่อนเกียร์เปลี่ยนทิศทางหมุน มีอัตราทด 5 ต่อ 4 ขับเพลาลูกสางใบ อ้อย ตัวที่ 1 (ตัวล่าง) แกนเพลลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร สวมเข้าพูลเลย์ตัวขับเคลื่อน สายพานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร เพื่อส่งต่อการหมุนไปสายพานพูลเลย์ตัวตามเพื่อขับเคลื่อนลูกสางตัวที่ 2 (ตัวบน) ด้วยอัตรา ทอด 1 ต่อ 1 ลูกสางใบอ้อยมีจำนวนเส้นเอ็นยึดติด 4 เส้น/ลูกสาง เส้นเอ็นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ยาว 50 เซนติเมตร หมุนสางใบตามแนวตั้งไปกลับลำต้นอ้อย เพื่อสางใบตามความเร็วรอบ 3 ระดับที่ 700 , 900 และ 1,100 รอบ/นาที ดังรูปที่ 1.



รูปที่ 1 ติดตั้งอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก



รูปที่ 2 การส่งถ่ายกำลังของอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก

Soft Power, Innovations and AI for Local Development, Creative Economy and Sustainability. (SILDCEs)

การปรับความเร็วรอบลูกยางใบอ้อย ขับพูลเลย์กระปุกเกียร์เปลี่ยนทิศทางหมุนความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้นกำลังหมุน 700 รอบ/นาที มีอัตราทดรวม 1 ต่อ 1 ลูกยางความเร็วรอบ 700 รอบ/นาที ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้นกำลังหมุน 720 รอบ/นาที มีอัตราทดรวม 0.8 ต่อ 1 ลูกยางความเร็วรอบ 900 รอบ/นาที และความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้นกำลังหมุน 880 รอบ/นาที มีอัตราทดรวม 0.8 ต่อ 1 ลูกยางความเร็วรอบ 1,100 รอบ/นาที ในระดับความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น ต้องปรับอัตราเร่งของเครื่องยนต์ให้มีกำลังมากพอที่จะขับเคลื่อนได้ ตามความเร็วที่กำหนด 0.3 , 0.4 และ 0.5 เมตร/วินาที ตามรูปที่ 2.

2. ข้อมูลต้นอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีอายุ ตั้งแต่ 12 เดือนขึ้นไป เป็นตอที่ 3 ลักษณะต้นตั้งตรง กาบใบหลวม มี 6-12 หน่อต่อกอ ความยาวปล้องน้อยกว่า 10 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 2.72 เซนติเมตร มีไขปานกลางสีเหลืองเหลืองเขียว เมื่อไม่ตองแสงและสีม่วงเหลืองเหลืองถึงน้ำตาล เมื่อตองแสงตารูปไขใบมีลักษณะปลายโค้งมีกลุ่มขนที่ขอบใบส่วนโคนลิ้นใบเป็นแถบ ตรงกลางพองออกปลายเรียวยาวทั้ง 2 ข้าง หูใบด้านบนกรูปลามเหลี่ยม หูใบด้านในรูปใบหอกสั้น คอใบรูปสามเหลี่ยมชายธงปลายคดขนที่กาบใบน้อย จำนวนลำต้นเก็บเกี่ยวในอ้อยซึ่งปลูก 10,351 ลำต่อไร่ อ้อยต่อ 1 มี 11,287 ลำต่อไร่ ผลผลิตน้ำตาลในอ้อยปลูก 2.64 ตัน ซีซีเอสต่อไร่ อ้อยต่อ 1 มี 2.49 ตันซีซีเอสต่อไร่ ในอ้อยปลูก 14.6 อ้อยต่อ 1 ที่ 15.1 ตันซีซีเอสต่อไร่ เหมาะสมกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือและพื้นที่ปลูกที่เป็นดินร่วนปนทราย จากการเก็บข้อมูลใบอ้อยในแปลงทดสอบต้นอ้อยที่ความสูง 150 และ 200 เซนติเมตร โดยเฉลี่ยมีจำนวนใบ 11 และ 16 ใบ ในระยะแถวความยาว 1 เมตร เพื่อเก็บผลต้องมีต้นอ้อย 14 ต้น ทั้ง 2 ระดับความสูง เพื่อให้เพียงพอที่จะทำการหาประสิทธิภาพการสางใบอ้อยได้เหมาะสม ดังรูปที่ 3.



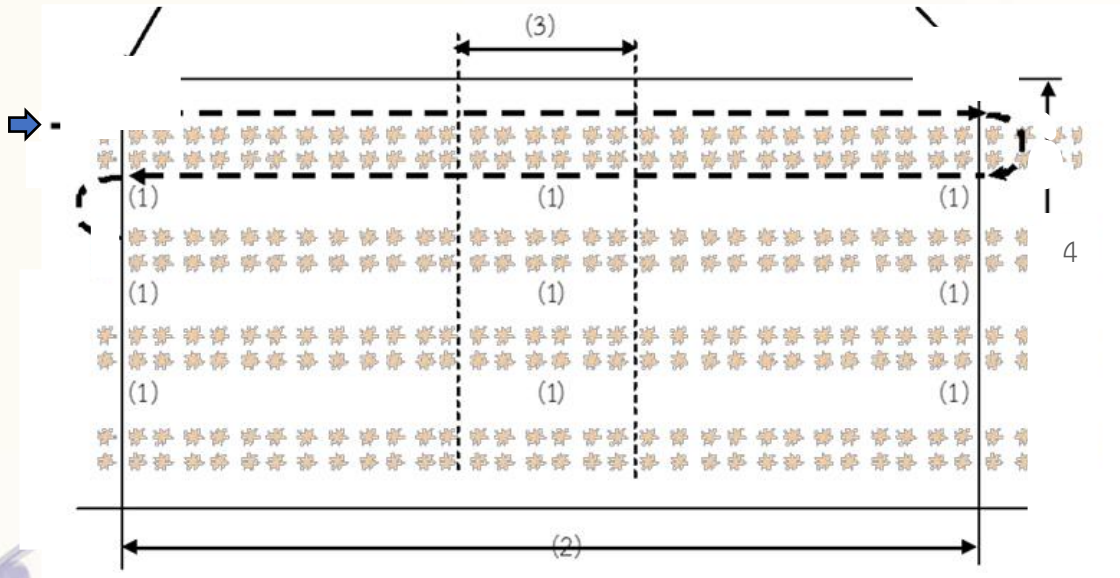
รูปที่ 3 ลักษณะต้นอ้อยในแปลงทดสอบก่อนทำการทดสอบ

3. แปลงทดสอบยาว 100 เมตร ต้นอ้อยจำนวน 4 แถวๆสางใบแถวละ 2 รอบ ช่องว่างระหว่างแถว 1 เมตร รวมระยะทางในการทดสอบ 800 เมตร ตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ขับเคลื่อนอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็กที่จุดเริ่มต้น ➡ ปรับตั้งรอบเครื่องยนต์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบลูกยางใบอ้อย ที่ความเร็ว 700 , 900 และ 1,100 รอบ/นาที ตามลำดับทดสอบ

3.2 ขับเคลื่อนอุปกรณ์สางใบอ้อยตามเส้น - - ➡ ความเร็วในขับเคลื่อนที่ 0.3 , 0.4 และ 0.5 เมตร/วินาที เพื่อให้เส้นเอ็นเข้าใกล้ลำต้นอ้อย จะทำให้การสางใบอ้อยหลุดจากลำต้นได้ดี

3.3 ในการเลี้ยวเข้างาน ↻ เพื่อกลับอุปกรณ์สางใบอ้อยในแถวต่อไป ดังรูปที่ 4.



รูปที่ 4 การขับเคลื่อนของอุปกรณ์สร้างใบอ้อยขนาดเล็กทำงานในแปลงอ้อย

- (1) แสดงตำแหน่ง ที่เก็บข้อมูลของปริมาณใบอ้อยที่มีความสูงและปริมาณใบอ้อยต่อต้นใกล้เคียงกันที่สุด
  - (2) แสดงช่วงความยาวของแปลงอ้อยที่ใช้เก็บข้อมูลและหาประสิทธิภาพการสร้างใบอ้อย ยาว 100 เมตร เพื่อใช้จับเวลาในการทำงานจริง
  - (3) แสดงช่วงพื้นที่เก็บข้อมูลปริมาณของต้นอ้อย ความยาวแถวอ้อย 1 เมตร นับจำนวนต้นอ้อยและจำนวนใบอ้อยในปริมาณความถี่ที่ใกล้เคียงกัน ที่ระดับความสูงต้นอ้อย 150 และ 200 เซนติเมตร
  - (4) แสดงความกว้างของแปลงทดสอบ จำนวน 4 แถว
- แสดงทิศทางการทำงานของอุปกรณ์สร้างใบอ้อยขนาดเล็ก  
 แสดงทิศทางการทำงานของอุปกรณ์สร้างใบอ้อยขนาดเล็กเวลาเลี้ยวเข้างาน  
 แสดงทิศทางการทำงานของอุปกรณ์สร้างใบอ้อยขนาดเล็ก จุดเตรียมเครื่องปรับความเร็วรอบลูกสร้างใบอ้อยตามกำหนด

#### ผลการวิจัย

จากการสร้างใบอ้อยด้วยอุปกรณ์สร้างใบอ้อยขนาดเล็ก ที่ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร ความเร็วรอบ 700 , 900 และ 1,100 รอบ/นาที เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.3 , 0.4 และ 0.5 เมตร/วินาที ตามแนวเดินในร่องแปลงอ้อยยาว 800 เมตร ผลปรากฏว่า ปริมาณของใบอ้อยที่โดนเส้นเอ็นสางจะหล่นลงบนพื้น ไม่สามารถนับได้หากต้องการหาประสิทธิภาพ จะนับจำนวนใบอ้อยที่เหลือติดต้น แล้วบันทึกในตารางเพื่อหาประสิทธิภาพการสางใบอ้อย, Ru ได้จากสมการ

$$Ru = (Nt - Nu) / Nt \times 100 \quad \% \quad (1)$$

กำหนดให้ Nt = จำนวนใบอ้อยทั้งหมด (ใบ), Nu = จำนวนใบอ้อยที่ไม่โดนสาง (ใบ)

ผลการทดสอบ ที่ต้นอ้อยสูง 150 และ 200 เซนติเมตร หาประสิทธิภาพการสาบใบอ้อย ตามความเร็วรอบลูกสาบใบอ้อยที่เหมาะสม มีค่ามากที่สุดคือ 900 รอบ/นาที ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที ดังตารางที่ 2. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่มีค่าน้อยที่สุดความเร็วรอบลูกสาบใบ 900 รอบ/นาที ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที ดังตารางที่ 2. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.95 ลิตร/ชั่วโมง การสิ้นเปลือง ค่าน้อยที่สุด ที่ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร ความเร็วรอบลูกสาบใบ 900 รอบ/นาที ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที ดังตารางที่ 2. ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง ทำงานต่อไรมากที่สุดคือความเร็วรอบลูกสาบใบ 900 รอบ/นาที ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.5 เมตร/วินาที ต้นอ้อยสูง 150 และ 200 เซนติเมตร ดังตารางที่ 2. และประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ มีค่ามากที่สุด ความเร็วรอบลูกสาบใบ 700 รอบ/นาที ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร ดังตารางที่ 1.

**ตารางที่ 1** ผลการทดสอบ ความเร็วรอบลูกสาบใบอ้อยหมุน 700 รอบ/นาที

หัวข้อทดสอบ	ความเร็วรอบลูกสาบใบหมุน 700 รอบ/นาที					
	ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร			ต้นอ้อยสูง 200 เซนติเมตร		
ความเร็วการเคลื่อนที่ เมตร/วินาที	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ชั่วโมง)	0.96	1.28	1.62	0.99	1.33	1.69
ประสิทธิภาพการสาบใบอ้อย (ร้อยละ)	72.73	70.13	68.18	72.77	69.19	66.96
การสิ้นเปลือง (ร้อยละ)	0.67	1.00	1.24	1.8	1.95	2.12
ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)	0.72	0.97	1.23	0.71	0.97	1.22
ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง (ไร่ /ชั่วโมง)	0.67	0.89	1.11	0.66	0.88	1.10
ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ร้อยละ	93.06	91.75	90.24	92.96	90.72	90.16

**ตารางที่ 2** ผลการทดสอบ ความเร็วรอบลูกสาบใบอ้อยหมุน 900 รอบ/นาที

หัวข้อทดสอบ	ความเร็วรอบลูกสาบใบหมุน 900 รอบ/นาที					
	ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร			สูงต้นอ้อยสูง 200 เซนติเมตร		
ความเร็วการเคลื่อนที่ เมตร/วินาที	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ชั่วโมง)	0.95	1.29	1.63	0.96	1.29	1.66
ประสิทธิภาพการสาบใบอ้อย (ร้อยละ)	83.77	81.82	80.52	87.05	83.93	81.17
การสิ้นเปลือง (ร้อยละ)	0.56	0.77	0.62	1.5	2.33	1.5
ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)	0.73	0.99	1.26	0.72	0.97	1.28
ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง (ไร่/ชั่วโมง)	0.67	0.89	1.12	0.66	0.88	1.12
ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ร้อยละ	91.78	89.90	88.88	91.67	90.72	87.50

**ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ ความเร็วรอบลูกแสงใบอ้อยหมุน 1,100 รอบ/นาที**

หัวข้อทดสอบ	ความเร็วรอบลูกแสงใบอ้อยหมุน 1,100 รอบ/นาที					
	ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร			สูงต้นอ้อยสูง 200 เซนติเมตร		
ความเร็วการเคลื่อนที่ เมตร/วินาที	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ชั่วโมง)	0.96	1.31	1.71	0.99	1.35	1.72
ประสิทธิภาพการสางใบอ้อย(ร้อยละ)	69.48	66.62	57.14	67.85	64.72	58.48
การสิ้นไถล (ร้อยละ)	2.40	3.09	3.66	2.83	3.36	4.01
ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร						
เชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)	0.71	0.96	1.22	0.71	0.97	1.23
ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง (ไร่/ชั่วโมง)	0.66	0.87	1.09	0.66	0.87	1.08
ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ร้อยละ	92.95	90.63	89.34	92.96	89.69	87.80

**อภิปรายผลการวิจัย**

จากการทดสอบในแปลงอ้อย บันทึกข้อมูลจำนวนใบอ้อยที่หล่นจากต้นอ้อย โดยการสางใบของอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก ผลของความเร็วรอบลูกแสงใบอ้อยที่ 900 รอบ/นาที มีผลต่อการขาดของใบอ้อยที่หลุดจากต้นอ้อยที่เหมาะสมที่สุด ทั้งระดับความสูง ที่ 150 และ 200 เซนติเมตร การสิ้นไถลจะมีค่าปานกลาง เมื่อเทียบกับค่า อีก 2 ระดับ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าน้อยที่สุดที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที แต่ที่ความเร็วรอบลูกแสงใบอ้อยและความเร็วการเคลื่อนที่ ที่เพิ่มความเร็วมากขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงก็มากตามมีผลมาจาก การปรับอัตราเร่งของเครื่องยนต์ต้นกำลัง ดังตารางที่ 1 - 2 และ 3 ความเร็วในการเคลื่อนที่ จะมีอัตราที่เพิ่มขึ้น ตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์และที่ความสูงของต้นอ้อย ข้อสังเกตประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ที่มีค่าลดลง เมื่อลูกแสงใบอ้อยหมุนที่ความเร็วรอบ จาก 700, 900 และ 1,100 รอบ/นาที ซึ่งเป็นผลมาจากค่าการสิ้นไถล ที่มีค่ามากตามความเร็วในการเคลื่อนที่ ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ที่มีค่ามากที่สุดในทุกความเร็วรอบลูกแสงใบอ้อย จะมีผลมาจากความเร็วในการเคลื่อนที่ เรียงจากผลทดสอบดีที่สุดคือ 0.3 , 0.4 และ 0.5 เมตร/วินาที ดังตารางที่ 1 , 2 และ 3. ผลจากการหมุนของลูกแสงใบอ้อยและความเร็วในการเคลื่อนที่ จะส่งผลต่อการขาดของใบอ้อย ที่หลุดจากต้นอ้อยเพื่อหาประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 4.

ตารางที่ 4 ลักษณะการขาดของใบอ้อยที่หลุดจากต้นอ้อย

ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร			ต้นอ้อยสูง 200 เซนติเมตร		
การเคลื่อนที่ของเส้นเอ็นสางใบอ้อย รัศมีการสาง 50 เซนติเมตร เป็นวงกลม					
ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร			ต้นอ้อยสูง 200 เซนติเมตร		

## สรุปผล

ลูกสาวใบอ้อยหมุนที่ความเร็วรอบ 900 รอบ/นาที เคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที มีความเหมาะสมสูง ใบอ้อยที่ความสูงต้นอ้อย 150 และ 200 เซนติเมตร ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพการสาวใบอ้อย 83.77 และ 87.05 % ตามลำดับซึ่งมีความเหมาะสม ในการออกแบบและวิจัยอุปกรณ์สาวใบอ้อยขนาดเล็ก ข้อสังเกต ความสูงของต้นอ้อยที่ 150 เซนติเมตร จะมีผลต่อประสิทธิภาพการสาวใบที่เหมาะสมเป็นผลมาจากรัศมีเส้นเอ็น ตามแนวการหมุนเป็นวงกลมสามารถสาวใบอ้อยที่อยู่แนวเส้นได้ดี แต่หากต้นอ้อยสูงเกิน 200 เซนติเมตร ดังตารางที่ 4. ใบอ้อยจะอยู่นอกแนวรัศมีเส้นเอ็นหมุน ทำให้ไม่สามารถสาวใบอ้อยนอกรัศมีการหมุนของเส้นเอ็นได้ ซึ่งจากการทำงานของอุปกรณ์สาวใบอ้อยขนาดเล็ก ที่ความสูงต้นอ้อย 150 และ 200 เซนติเมตร ความเร็วรอบลูกสาวใบอ้อยมีประสิทธิภาพเหมาะสมสาวใบสะอาดเพียงพอในการตัดอ้อยสด ตามวัตถุประสงค์ โดยมีความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง ทำงานไรต่อชั่วโมง ได้มากที่สุดที่ 8.96 และ 8.96 ไร่/วัน ความเร็วรอบลูกสาวใบ 900 รอบ/นาที ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ 0.5 เมตร/วินาที อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.63 และ 1.66 ลิตร/ไร่

## ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ปรับปรุงเส้นเอ็นให้ยาวขึ้น 10 เซนติเมตร ทำให้รัศมีการสาวใบอ้อยขยายมากขึ้น จะช่วยให้สาวใบอ้อยที่ต้นสูง 200 เซนติเมตรได้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น
2. ปรับปรุงความเร็วรอบลูกสาวใบอ้อยให้มีหลายระดับเหมาะสมกับปริมาณจำนวนใบอ้อยจะทำให้สาวใบอ้อยที่หลุดจากลำต้น สะอาดเพียงพอต่อการตัดอ้อยสดมากยิ่งขึ้น
3. เพิ่มจำนวนเส้นเอ็นลูกสาวละ 6 เส้น จะทำให้จำนวนครั้ง ของเส้นเอ็นในการสาวใบอ้อยเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้ใบอ้อยที่หลุดจากลำต้น สะอาดเพียงพอต่อการตัดอ้อยสด
4. เปลี่ยนล้อยางที่สามารถยึดเกาะพื้นที่ปกคลุมด้วยใบอ้อย เกาะยึดพื้นแปลงทดสอบได้ดีจะทำให้การสิ้นเปลืองลดลง

## เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.). จากรายงานผลการสำรวจประจำปี 2564/65 วิจัย โอภาณุกุล และ คณะ. (2554). แนวโน้มในการตัดอ้อยเผาใบสูงกว่าการตัดอ้อยสด จากผลสำรวจของ ศูนย์วิจัยและ พัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร. (2550). ได้พัฒนาเครื่องสาวใบอ้อยติดตั้งกับ รถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

## พฤติกรรมในการซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร BEHAVIORS OF DECISION TO BUY ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PACKAGING PRODUCTS OF COMPANIES' EMPLOYEES IN BANGKOK, THAILAND

ฤทัยรัตน์ ชมภูศาสตร์<sup>1\*</sup> ทศนาวลัย อุฑารสกุล<sup>2</sup> รณบรรจบ อภิรติกุล<sup>3</sup>

Ruethairat Chompoonsart<sup>1\*</sup> Tatsanawalai Utarasakul<sup>2</sup> Ronbanchob Apiratikul<sup>3</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษาระดับปริญญาโทสาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

<sup>2,3</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

<sup>1</sup>Master Degree Student in Environmental Management, Suan Sunandha Rajabhat University

<sup>2,3</sup>Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Thailand

\*E-mail: Ruethairat\_38@hotmail.co.th

### บทคัดย่อ (Abstract)

ขณะที่มาจากบรรจุภัณฑ์เป็นปัญหาสำคัญที่ควรรีบแก้ไขสำหรับกรุงเทพมหานคร หลายอุตสาหกรรมธุรกิจจึงเปลี่ยนมาใช้พลาสติกย่อยสลายได้และวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ จึงเกิดงานวิจัยนี้ขึ้นเพื่อศึกษาระดับพฤติกรรมต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร ประชากรที่ใช้คือ พนักงานบริษัทที่ทำงานในกรุงเทพมหานคร จำนวน 400 คน ซึ่งเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนาและเชิงอนุมาน ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไป พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงร้อยละ 68.3, สถานภาพโสดมากที่สุด ร้อยละ 78.5, อายุ 26 ปีมากที่สุด ร้อยละ 14.0, การศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 77.0, รายได้เฉลี่ยส่วนใหญ่ 15,001-30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 51.3 และอายุงานที่ทำงานในบริษัทปัจจุบัน มากที่สุด 2 ปี คิดเป็นร้อยละ 10.8 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับพฤติกรรมต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม ปฏิบัติปานกลาง ( $\bar{X}$  = 3.0695) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติมากเป็นลำดับที่ 1 ในด้านการเลือกซื้อถุงพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพแทนถุงพลาสติกทั่วไปซึ่งปฏิบัติระดับปานกลาง ( $\bar{X}$  = 3.23) รองลงมาคือ หากทราบว่าสินค้าใดส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จะไม่ซื้อสินค้านั้นต่อให้ฟรีเซ็นเตอร์เป็นบุคคลที่ท่านชื่นชอบก็ตาม ( $\bar{X}$  = 3.22) และพฤติกรรมในการเลือกซื้อบรรจุภัณฑ์จากบริษัทที่มีภาพลักษณ์ในการมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ( $\bar{X}$  = 3.20) ตามลำดับ ผลการศึกษานี้ใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สิ่งแวดล้อมให้เป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการเอกชนและภาครัฐในภายภาคหน้าต่อไป

**คำสำคัญ:** ส่วนร่วมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม, พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ, ผลกระทบด้านลบต่อสิ่งแวดล้อม



## Abstract

The issue of waste generated from packaging is indeed critical, especially in urban areas like Bangkok. Adopting biodegradable plastics and recyclable materials by various industries is a positive step toward mitigating this problem. The research aims to explore behaviors of decision to buying environmentally friendly products of companies' employees in Bangkok. The study focuses on company employees working in Bangkok.

The total population size is 400 people. Data was collected using questionnaires. The study used descriptive and inferential statistics and found that the majority of the sample were women (68.3%), single (78.5%), with a bachelor's degree (77.0%) and an average income of 15,001-30,000 baht (51.3%). The maximum length of employment in the current company was 2 years (10.8%). Most of the participants in the sample group exhibited moderate levels of behavioral intent to purchase environmental packaging ( $\bar{x} = 3.0695$ ). The sample group prefers biodegradable plastic bags over general plastic bags ( $\bar{x} = 3.23$ ). They won't buy a product that harms the environment even if they like the presenter ( $\bar{x} = 3.22$ ). They also prefer purchasing packaging from eco-friendly companies ( $\bar{x} = 3.20$ ), respectively. The results of this study can be used as guidelines for promoting and developing environmental packaging to benefit entrepreneurs and government in the future.

**Keywords:** environmental responsibility, biodegradable plastics, negative impacts to the environment

## บทนำ (Introduction)

กรุงเทพมหานครเป็นเมืองที่มีปัญหาขยะที่มาจากบรรจุภัณฑ์เป็นปัญหาสำคัญที่ควรเร่งแก้ไข เพราะการพัฒนาและขยายตัวของชุมชนเมือง ก่อเกิดพลเมืองจำนวนมากในกรุงเทพมหานคร ทำให้มีความต้องการบริโภคและความสะดวกรวดเร็วเพิ่มสูงขึ้น เพื่อสนองความริบเร่งของสังคมเมือง บรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่เป็นพลาสติกประเภทใช้แล้วทิ้งไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่จึงเป็นที่นิยม เนื่องจากสะดวกและตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน เพราะพลาสติกมีต้นทุนในการผลิตต่ำ จึงถูกนำมาใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2559 และ จริยา ศรีจรูญ, 2559, หน้า 18) โดยบรรจุภัณฑ์เป็นสิ่งที่ผู้คนให้ความสนใจ นอกใจใช้ในการบรรจุห่อหุ้ม ป้องกันและรักษาคุณภาพของสินค้าแล้ว ยังต้องสร้างแรงดึงดูดให้กับสินค้า ไม่ว่าจะเป็นราคา รูปแบบและช่องทางการจัดจำหน่ายที่สะดวกและเหมาะสมกับสินค้า รวมไปถึงการส่งเสริมการตลาดที่น่าสนใจ ด้วยเหตุนี้บรรจุภัณฑ์จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อผู้บริโภคจะตัดสินใจซื้อและเป็นสาเหตุของปัญหาขยะในปัจจุบัน

จากปัญหาขยะดังกล่าว ประเทศไทยมีการปรับตัวมาอย่างต่อเนื่อง เช่น มีการร่วมมือกันทั้งภาครัฐและเอกชนในการงดให้บริการถุงพลาสติก เพื่อให้ประชาชนเปลี่ยนพฤติกรรมในการใช้ถุงพลาสติกหันไปใช้สิ่งอื่นทดแทน และส่งเสริมให้ผู้ผลิตเปลี่ยนมาผลิตสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีการให้ความรู้เกี่ยวกับสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมว่าเป็นสินค้าที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภค (กนกอร นิลวรรณ จะณกุล, 2556) ดังนั้นบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจ ไม่ว่าจะเป็นทางเลือกใช้วัสดุที่

สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น ขวดน้ำพอกพาท หรืออาจจะเป็นวัสดุที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่ ผักตบชวา ใบทองกวาว ใบตอง กาบหมาก ที่นำมาขึ้นรูปเป็นภาชนะแทนโฟม รวมทั้งพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ หรือไบโอพลาสติก (Bioplastic) ที่ทำมาจาก อ้อย ข้าวโพด และมันสำปะหลัง ยกตัวอย่างเช่น ถ้วย ถาดใส่อาหาร กล่องใส่อาหาร ถ้วยและแก้ว (Polylactic Acid : PLA)

การใช้พลาสติกชีวภาพ PLA เริ่มต้นขึ้นได้ประมาณ 5-6 ปีที่แล้ว โดยมีหน่วยงานจากภาครัฐ, สถาบันการศึกษา ให้ความสนใจและผู้ประกอบการเริ่มใช้บรรจุภัณฑ์จากพลาสติกชีวภาพ PLA ทั้งรายเล็กและรายใหญ่ แต่การใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพ PLA นั้นยังไม่ค่อยเป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากมีต้นทุนราคาที่สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ทั่วไปอยู่หลายเท่า (ศูนย์รวมข้อมูลธุรกิจเอสเอ็มอี, 2561)

เนื่องจากพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานครมีจำนวน 3,126,700 คน คิดเป็นร้อยละ 59 ของผู้ที่มีงานทำทั้งหมด (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2563) ส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีความรู้ รักสุขภาพ และรายได้สูง มีการรับรู้ข่าวสารว่าการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมช่วยลดปริมาณขยะและรักษาสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้นได้ (จริยา ศรีจรูญ, 2559) ด้วยสถานการณ์จากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีเพิ่มมากขึ้น หลายธุรกิจจึงให้ความสำคัญกับการลดใช้พลาสติก และค้นหาวัสดุจากชีวภาพเข้ามาใช้ทดแทน พลาสติกชีวภาพ PLA จึงถูกนำมาใช้เพิ่มมากขึ้น มีการเปิดเผยข้อมูลจากคุณนวรรตน์ ภิญโญ เจ้าของแบรนด์จานกาบหมาก วีรชา ว่า จากเดิมรายได้โดยเฉลี่ยแต่ละวันอยู่ที่ไม่กี่พันบาท แต่เมื่อช่วงกลางปี 2561 เพิ่มขึ้นเป็น 10,000 – 20,000 บาท/วัน มียอดการผลิต 50,000 – 60,000 ชิ้นต่อเดือน มีการสั่งซื้อมากกว่า 5 แสนชิ้นต่อเดือน (ศูนย์รวมข้อมูลธุรกิจเอสเอ็มอี, 2561) และเนื่องจากประเทศไทยเป็นเจ้าภาพ ในการประชุมสุดยอดอาเซียนครั้งที่ 34 จึงได้นำเอาจาน ชามใบตองตึงแม่เมาะ มาใช้เสิร์ฟในงานเลี้ยงรับรอง ทำให้มีการสั่งซื้อจาน-ชามใบตองตึงแม่เมาะเป็นจำนวนมากทั้งในและต่างประเทศ

จากข้อมูลข้างต้นที่กล่าวมาทำให้เห็นว่าการบริโภคบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มที่ได้รับการความสนใจจากผู้บริโภคสูงขึ้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมเพื่อส่งเสริมให้เกิดการบริโภคบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถประยุกต์ใช้เพื่อเป็นการส่งเสริมและพัฒนาบรรจุภัณฑ์สิ่งแวดล้อม เป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการ องค์กรภาคเอกชน และภาครัฐภาคหน้าต่อไป

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลและระดับพฤติกรรมของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานครเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยส่วนบุคคลที่มีต่อพฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร

## กรอบแนวคิดของการวิจัย

### ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

- ปัจจัยส่วนบุคคล**
- 1) เพศ
  - 2) สถานภาพสมรส
  - 3) อายุ
  - 4) การศึกษา
  - 5) ภูมิลำเนาบ้านเกิด
  - 6) รายได้เฉลี่ยต่อเดือน
  - 7) เขตที่ตั้งของสถานที่ทำงาน
  - 8) อายุงานที่ทำงานในบริษัทปัจจุบัน

### ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

พฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อ  
บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม

### ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

#### สมมติฐานในการวิจัย

ปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันจะมีผลต่อพฤติกรรมในการซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง “พฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร” สำหรับรายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัยสามารถอธิบายได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ พนักงานบริษัทที่ทำงานในกรุงเทพมหานครจำนวน 3,126,700 คน (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2562)

#### 1.2 กลุ่มตัวอย่าง

ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการศึกษา โดยที่ขนาดของกลุ่มตัวอย่างใช้หลักการคำนวณจากสูตรของทาโร ยามาเน่ (Yamane, 1967) แทนค่าได้พนักงานบริษัทที่ทำงานในกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยจำนวน 400 รายดังนี้

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

กำหนดให้  $n$  = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง  
 $N$  = จำนวนพนักงานบริษัทที่ทำงานในกรุงเทพมหานคร  
 $e$  = ค่าความคาดเคลื่อน (0.05)

$$n = \frac{3,126,700}{1+3,126,700 (0.05)^2}$$

$$n = 400$$

ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental sampling) เก็บข้อมูลตั้งแต่พฤษภาคม 2563 ถึง มิถุนายน 2564 รวมเป็นระยะเวลา 12 เดือน

## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามซึ่งแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ข้อความเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของพนักงานบริษัท จำนวน 8 ข้อ ได้แก่ เพศ สถานภาพสมรส อายุ การศึกษา ภูมิลำเนาบ้านเกิด รายได้เฉลี่ยต่อเดือน เขตที่ตั้งของสถานที่ทำงาน อายุงานที่ทำงานในบริษัท ปัจจุบัน

ตอนที่ 2 พฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทที่ทำงานในกรุงเทพมหานคร

เป็นการสอบถามเกี่ยวกับระดับพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทที่ทำงานในกรุงเทพมหานครของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วยคำถามจำนวน 10 ข้อ โดยคำตอบจะแบ่งเป็น 5 ระดับ (Likert, 1932) คือ ปฏิบัติมากที่สุด ปฏิบัติมาก ปฏิบัติปานกลาง ปฏิบัติน้อย และปฏิบัติ น้อยที่สุด โดยมีค่าคะแนนดังนี้

ระดับคะแนน 5 คะแนน	หมายถึง	ปฏิบัติมากที่สุด
ระดับคะแนน 4 คะแนน	หมายถึง	ปฏิบัติมาก
ระดับคะแนน 3 คะแนน	หมายถึง	ปฏิบัติปานกลาง
ระดับคะแนน 2 คะแนน	หมายถึง	ปฏิบัติน้อย
ระดับคะแนน 1 คะแนน	หมายถึง	ปฏิบัติ น้อยที่สุด

และเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน (Best & Kahn, 1977) มีดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00	หมายถึง	ปฏิบัติมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20	หมายถึง	ปฏิบัติมาก
คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40	หมายถึง	ปฏิบัติปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60	หมายถึง	ปฏิบัติ น้อย
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80	หมายถึง	ปฏิบัติ น้อยที่สุด

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

เป็นคำถามปลายเปิด (Open Ended Question) เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ตอบแบบสอบถามได้แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม โดยการตั้งคำถามเป็นการชี้แนะให้ตอบในเรื่องที่เกี่ยวข้อง

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยดังกล่าวข้างต้นมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือดังต่อไปนี้

(1) นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม, ด้านธุรกิจ เป็นต้น เพื่อพิจารณาและตรวจสอบความเที่ยงตรงของข้อคำถามให้สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะและกรอบแนวคิดของการวิจัย

(2) นำแบบสอบถามที่ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อมมากกว่า 10 ปี ตรวจสอบหาวิเคราะห์ความสอดคล้องของความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา IOC (Index of Objective Congruence) ผลการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องของความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา IOC ของแบบสอบถาม มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้เท่ากับ 0.883

(3) หาค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) โดยนำแบบสอบถามข้างต้นที่ผ่านการหาค่าความเที่ยงตรงแล้วไปทำการทดสอบ (Try-Out) กับพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 ชุด และนำข้อมูลที่ได้ไปทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธีวัดความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) ตามวิธีของ Cronbach's Alpha (ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2543) ผลการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) ตามวิธีของ Cronbach's Alpha ได้เท่ากับ 0.928

(4) นำแบบสอบถามที่ได้รับการปรับปรุงและแก้ไขแล้วมาใช้ในการเก็บข้อมูล

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการวิจัยโดยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาเพื่อหาค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) เสนอเป็นตารางประกอบความเรียงเพื่ออธิบายเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร

2. วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทที่ทำงานในกรุงเทพมหานคร โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาเพื่อหาค่าเฉลี่ย (Average) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

3. วิเคราะห์ความแตกต่างของปัจจัยส่วนบุคคลที่ผลต่อพฤติกรรมในการซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม ใช้สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ สถิติ t-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA, F-test) เป็นต้น ที่ระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) = 0.05

### ผลการวิจัย

#### 1. ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไปของพนักงานบริษัทที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย 1) เพศ 2) สถานภาพสมรส 3) ช่วงอายุ 4) การศึกษา 5) ภูมิลำเนาบ้านเกิด 6) รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 7) เขตที่ตั้งของสถานที่ทำงาน 8) ช่วงอายุงานที่ทำงานในบริษัทปัจจุบัน มีผลการศึกษาดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของพนักงานบริษัทที่ใช้ในการศึกษา

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	400	100
<b>เพศ</b>		
- หญิง	273	68.25
- ชาย	127	31.75
<b>สถานภาพ</b>		
- โสด	314	78.50
- สมรส	62	15.50
- อยู่ด้วยกันแบบคู่รัก	19	4.75
- หย่าร้างและหม้าย	3	0.75
- แยกกันอยู่	2	0.50
<b>ช่วงอายุ</b>		
- อายุตั้งแต่ 20-29 ปี	253	63.25
- อายุตั้งแต่ 30-39 ปี	96	24.00
- อายุตั้งแต่ 40-49 ปี	40	10.00
- อายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป	11	2.75
<b>การศึกษา</b>		
- ปริญญาตรี	308	77.00
- ปริญญาโท	63	15.75
- อนุปริญญา/ปวส.	15	3.75
- มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	8	2.00
- ปริญญาเอก	4	1.00
- มัธยมศึกษาตอนต้นหรือต่ำกว่า	2	0.50
<b>ภูมิลำเนาบ้านเกิด</b>		
- กรุงเทพมหานคร	183	45.75
- ภาคกลาง	96	24.00
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	38	9.50
- ภาคใต้	26	6.50
- ภาคตะวันออก	22	5.50
- ภาคตะวันตก	20	5.00
- ภาคเหนือ	15	3.75
<b>รายได้เฉลี่ยต่อเดือน</b>		
- 15,001-30,000 บาท	205	51.25
- 30,001-45,000 บาท	65	16.25

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
- ไม่เกิน 15,000 บาท	62	15.50
- 45,001-60,000 บาท	35	8.75
- มากกว่า 60,000 บาทขึ้นไป	33	8.25
<b>เขตที่ตั้งของสถานที่ทำงาน</b>		
- กรุงเทพฯใต้	221	55.25
- กรุงเทพฯกลาง	63	15.75
- กรุงเทพฯเหนือ	40	10.00
- กรุงเทพฯตะวันออก	28	7.00
- กรุงเทพมหานคร	26	6.50
- กรุงเทพมหานคร	22	5.50
<b>ช่วงอายุงานที่ทำงานในบริษัทปัจจุบัน</b>		
- ตั้งแต่ 0-3 ปี	223	55.75
- มากกว่า 3 ปี ถึง 6 ปี	94	23.50
- ตั้งแต่ 10 ปี ขึ้นไป	52	13.00
- มากกว่า 6 ปี ถึง 10 ปี	31	7.75
<b>รวม</b>	<b>400</b>	<b>100</b>

จากตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงร้อยละ 68.25 สถานภาพโสดมากที่สุด ร้อยละ 78.50 ช่วงอายุตั้งแต่ 20-29 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 63.25 รองลงมา คือช่วงอายุตั้งแต่ 30-39 ปี ร้อยละ 24.00 ระดับการศึกษาปริญญาตรี ร้อยละ 77.0 รองลงมาคือ ปริญญาโท ร้อยละ 15.75 มีภูมิลำเนาบ้านเกิดอยู่ที่กรุงเทพมหานครเป็นส่วนใหญ่ร้อยละ 45.75 รองลงมาคือ ภาคกลาง ร้อยละ 24.00 มีรายได้เฉลี่ยส่วนใหญ่ 15,001-30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 51.25 รองลงมาคือ รายได้เฉลี่ย 30,001-45,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 16.25 เขตที่ตั้งสำนักงานของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ที่โซนกรุงเทพฯใต้ ร้อยละ 55.25 รองลงมาคือโซนกรุงเทพฯกลาง ร้อยละ 15.75 และมีช่วงอายุงานที่ทำงานในบริษัทปัจจุบัน มากที่สุดร้อยละ 55.75 คือ ตั้งแต่ 0-3 ปี รองลงมาคือ มากกว่า 3 ปี ถึง 6 ปี คิดเป็นร้อยละ 23.50

2. พฤติกรรมการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทที่ทำงานในกรุงเทพมหานคร

ผลการศึกษาพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทที่ทำงานในกรุงเทพมหานคร ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพฤติกรรมต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทที่ทำงานในกรุงเทพมหานคร

พฤติกรรมต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	พฤติกรรม	ลำดับ
1. การเลือกถุงพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ แทนถุงพลาสติกทั่วไป	3.23	1.243	ปฏิบัติปานกลาง	1
2. การทราบว่าสินค้าใดส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ท่านจะไม่ซื้อสินค้านั้น ต่อให้พรีเซ็นเตอร์เป็นบุคคลที่ท่านชื่นชอบก็ตาม	3.22	1.176	ปฏิบัติปานกลาง	2
3. การเลือกซื้อบรรจุภัณฑ์จากบริษัทที่มีภาพลักษณ์ในการมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม	3.20	1.164	ปฏิบัติปานกลาง	3
4. การอ่านข้อความบนตัวสินค้าว่าบรรจุภัณฑ์ผลิตมาจากบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกซื้อ	3.15	1.218	ปฏิบัติปานกลาง	4
5. การนำบรรจุภัณฑ์ของท่าน เช่น แก้ว, กล่องอาหารและถุงผ้า แทนรับบรรจุภัณฑ์จากทางร้าน เพื่อร่วมโปรโมชันหรือรับส่วนลดกับทางร้านค้า	3.13	1.272	ปฏิบัติปานกลาง	5
6. ความเต็มใจที่จะจ่ายเงินเพิ่มขึ้นเพื่อซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม	3.05	1.171	ปฏิบัติปานกลาง	6
7. การกลับไปซื้อหรือใช้บริการซ้าร้านค้าเดิมที่ท่านเคยซื้อ เพราะร้านค้านั้นใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม	3.00	1.179	ปฏิบัติปานกลาง	7
8. เคยซื้อบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตมาจากวัสดุรีไซเคิล หรือวัสดุที่ทำมาจากธรรมชาติ หรือพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เป็นของขวัญในช่วงเทศกาล หรือโอกาสพิเศษ	2.95	1.269	ปฏิบัติปานกลาง	8
9. การเลือกซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมแทนบรรจุภัณฑ์ทั่วไป	2.88	1.164	ปฏิบัติปานกลาง	9
10. การเลือกซื้อบรรจุภัณฑ์สิ่งแวดล้อมในช่วงวันหยุด เพราะต้องใช้เวลาในการเลือกสรรมากกว่าเวลาปกติ	2.88	1.213	ปฏิบัติปานกลาง	10
<b>รวม</b>	<b>3.0695</b>	<b>.92399</b>	<b>ปฏิบัติปานกลาง</b>	

จากตารางที่ 2 พบว่า พฤติกรรมต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทที่ทำงานในกรุงเทพมหานครพบว่า กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติปานกลาง ( $\bar{X} = 3.23$ ) ในการเลือกซื้อถุงพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพแทนถุงพลาสติกทั่วไป รองลงมา หากทราบว่าสินค้าใดส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กลุ่มตัวอย่างพนักงานบริษัทปฏิบัติปานกลาง ( $\bar{X} = 3.22$ ) จะไม่ซื้อสินค้านั้นต่อให้พรีเซ็นเตอร์เป็นบุคคลที่ท่าน



ขึ้นชอบก็ตาม และมักปฏิบัติปานกลาง ( $\bar{X} = 3.20$ ) ในการเลือกซื้อบรรจุภัณฑ์จากบริษัทที่มีภาพลักษณ์ในการมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ

**ตารางที่ 3** เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับพฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร

พฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร	P-value								
	ปัจจัยส่วนบุคคล								
	เพศ	สถานภาพสมรส	อายุ	การศึกษา	ภูมิลำเนาบ้านเกิด	รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	เขตที่ตั้งของสถานที่ทำงาน	อายุงานที่ทำงานในบริษัทปัจจุบัน	
1. มักจะเลือกซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมแทนบรรจุภัณฑ์ทั่วไป	0.394	0.388	0.070	0.246	0.546	0.889	0.320	0.723	
2. มักนำบรรจุภัณฑ์ของท่าน เช่น แก้ว, กล่องอาหารและถุงผ้า แทนรับบรรจุภัณฑ์จากทางร้าน เพื่อร่วมไปรษณีย์หรือรับส่วนลดกับทางร้านค้า	0.643	0.571	0.655	0.967	0.184	0.173	0.536	0.627	
3. มักกลับไปซื้อหรือใช้บริการซ้าร้านค้าเดิมที่ท่านเคยซื้อ เพราะร้านค้านั้น ใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม	0.807	0.885	0.488	0.225	0.835	0.372	0.436	0.679	
4. มักเลือกซื้อบรรจุภัณฑ์จากบริษัทที่มีภาพลักษณ์ในการมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม	0.874	0.872	0.525	0.206	0.380	0.715	0.611	0.924	
5. มักซื้อบรรจุภัณฑ์สิ่งแวดล้อมในช่วงวันหยุด เพราะต้องใช้เวลาในการเลือกสรรมากกว่าเวลาปกติ	0.891	0.770	0.347	0.037*	0.671	0.036*	0.598	0.81	
6. ท่านเต็มใจที่จะจ่ายเงินเพิ่มขึ้นเพื่อซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม	0.646	0.441	0.523	0.301	0.697	0.988	0.682	0.583	
7. ท่านเลือกถุงพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ แทนถุงพลาสติกทั่วไป	0.913	0.981	0.348	0.431	0.328	0.447	0.030*	0.354	
8. มักอ่านข้อความบนตัวสินค้าว่าบรรจุภัณฑ์ผลิตมาจากบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม	0.683	0.874	0.891	0.715	0.880	0.870	0.367	0.607	

พฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์ เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทใน กรุงเทพมหานคร	P-value							
	ปัจจัยส่วนบุคคล							
	เพศ	สถานภาพสมรส	อายุ	การศึกษา	ภูมิลำเนาบ้านเกิด	รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	เขตที่ตั้งของสถานที่ทำงาน	อายุงานที่ทำงานในบริษัทปัจจุบัน
หรือไม่ เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกซื้อ								
9. หากท่านทราบว่าสินค้าใดส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ท่านจะไม่ซื้อสินค้านั้น ต่อให้ฟรีเซ็นเตอร์เป็นบุคคลที่ท่านชื่นชอบก็ตาม	0.882	0.829	0.410	0.410	0.970	0.879	0.267	0.838
10. ท่านเคยซื้อบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตมาจากวัสดุรีไซเคิล หรือวัสดุที่ทำมาจากธรรมชาติ หรือพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เป็นของขวัญในช่วงเทศกาล หรือโอกาสพิเศษ	0.675	0.108	0.178	0.178	0.832	0.057	0.424	0.725

\*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 3 ความแตกต่างระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับพฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร พบว่า ระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และเขตที่ตั้งของสถานที่ทำงานที่ต่างกันมีระดับพฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าระดับการศึกษาที่ต่างกันมีผลต่อระดับพฤติกรรมว่ากลุ่มตัวอย่างมักซื้อบรรจุภัณฑ์สิ่งแวดล้อมในช่วงวันหยุด เพราะต้องใช้เวลาในการเลือกสรรมากกว่าเวลาปกติ ที่แตกต่างกัน

รายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่ต่างกันมีผลต่อพฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน ได้แก่กลุ่มตัวอย่างมักซื้อบรรจุภัณฑ์สิ่งแวดล้อมในช่วงวันหยุด เพราะต้องใช้เวลาในการเลือกสรรมากกว่าเวลาปกติที่แตกต่างกัน

พนักงานบริษัทที่ทำงานในกรุงเทพมหานครเขตที่ตั้งของสถานที่ทำงานต่างกันมีพฤติกรรมเกี่ยวกับท่านเลือกถุงพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ แทนถุงพลาสติกทั่วไปที่แตกต่างกัน

### อภิปรายผล

จากการศึกษา “พฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร” พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงร้อยละ 68.3 มีสถานภาพโสดมากที่สุด ร้อยละ 78.5

มีช่วงอายุตั้งแต่ 20-29 ปี คิดเป็นร้อยละ 63.25 รองลงมา มีระดับการศึกษาปริญญาตรี ร้อยละ 77.0 มีรายได้เฉลี่ยส่วนใหญ่ 15,001-30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 51.3 มีอายุงานที่ทำงานในบริษัทปัจจุบันตั้งแต่ 0-3 ปี ร้อยละ 55.75 ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับวิจัยเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้บรรจุภัณฑ์สีเขียว (นภัสวรรณ วงกตวรินทร์, 2564) กล่าวว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง ร้อยละ 62.7 อายุระหว่าง 20-30 ปี ร้อยละ 33 รายได้ 15,001-30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 30.5 และระดับการศึกษาปริญญาตรี ร้อยละ 57.0 และสอดคล้องกับวิจัยเรื่องทัศนคติและพฤติกรรมต่อการตลาดเพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในประเทศไทย (สุนิรัตน์ ปันตรงค์, 2563) ที่กล่าวว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงมีอายุ 21-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 50.2 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 47.7 และสอดคล้องกับวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (จุฑาทิพย์ อินทรภักดิ์, 2562) ที่กล่าวว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 70.0 มีวุฒิการศึกษาปริญญาตรี ร้อยละ 63.0 มีอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน ร้อยละ 74.8 มีรายได้ 20,001 – 30,000 บาท ร้อยละ 25.0 และยังสอดคล้องกับวิจัยเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าที่ใช้บรรจุภัณฑ์สีเขียวของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร (ปฐพี สุทธิวัฒน์กุล, 2561) ที่กล่าวว่า กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุ 21-30 ปี มีระดับการศึกษาในระดับปริญญาตรี มีอาชีพพนักงาน/ลูกจ้างบริษัทเอกชน รายได้ต่อเดือน 15,001-30,000 บาท และสอดคล้องกับวิจัยเรื่องการรับรู้การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร (จริยา ศรีจรูญ, 2559, หน้า 18) ที่กล่าวว่า ผลการศึกษา พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ช่วงอายุอยู่ระหว่าง 20-30 ปี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน การศึกษาระดับปริญญาตรี มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,001-20,000 บาท และยังสอดคล้องกับศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (เออวดี เปรมัชเรฐียร, 2561) โดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์ผู้บริโภคทั่วไป ในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการสำรวจพบว่า ผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุในช่วงต่ำกว่า 30 ปี ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี กลุ่มตัวอย่างประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเป็นส่วนใหญ่ รายได้อยู่ในช่วงต่ำกว่า 20,000 บาท

จากการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับพฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร พบว่า

ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อระดับพฤติกรรมว่ามักซื้อบรรจุภัณฑ์สิ่งแวดล้อมในช่วงวันหยุด เพราะต้องใช้เวลาในการเลือกสรรมากกว่าเวลาปกติ ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคลระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐธิดา นิมนวล และคณะ (2566) ที่กล่าวว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 21-30 ปี มีสถานภาพโสด มีระดับการศึกษาระดับอุดมศึกษามากที่สุด และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,000 – 15,000 บาท พฤติกรรมผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ นิยมซื้อสินค้าในช่วงเวลา 18.01-24.00น. โดยใช้เวลา 1-2 สัปดาห์ ต่อการซื้อสินค้า 1 ครั้ง สรุปได้ว่าระดับการศึกษาและรายได้เฉลี่ยต่อเดือนเป็นปัจจัยส่วนบุคคลที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อบรรจุภัณฑ์สิ่งแวดล้อมต้องใช้เวลาเลือกสรรมากกว่าเวลาปกติ เพราะต้องใช้ความรู้ความเข้าใจที่มีในการพิจารณาเลือกสรรบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับรายได้ เพื่อให้การซื้อมีความสมเหตุสมผล

ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อระดับพฤติกรรมว่าท่านเลือกถุงพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ แทนถุงพลาสติกทั่วไป ได้แก่ เขตที่ตั้งของสถานที่ทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจุฑาทิพย์ อินทรภักดิ์ (2562)

ที่กล่าวว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความสนใจบรรจุภัณฑ์อาหารที่ใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ สรุปได้ว่า เขตที่ตั้งของสถานที่ทำงาน มีผลต่อพฤติกรรมในการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์สิ่งแวดล้อมแทนพลาสติก เพราะความรู้และความเข้าใจและการได้รับรู้ข่าวสารเพื่อตระหนักถึงความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมสามารถเผยแพร่ได้ในพื้นที่และกลุ่มคนที่มีความสนใจการปกป้องสิ่งแวดล้อม

### ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะในด้านต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วยประเด็นที่ควรจะได้นำไปพิจารณาเพื่อการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาพฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของพนักงานบริษัทในกรุงเทพมหานคร ดังต่อไปนี้

จากผลการศึกษาพฤติกรรมในการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาในด้านที่ระบุว่าเลือกถุงพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ แทนถุงพลาสติกทั่วไปซึ่งควรมีการพิจารณาส่งเสริมนโยบายทางเศรษฐศาสตร์ในการช่วยปรับกลไกราคาของบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมให้มีราคาใกล้เคียงกับบรรจุภัณฑ์ทั่วไป และควรเพิ่มช่องทางในการจำหน่ายให้เข้าถึงผู้บริโภคได้มากขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

- กนกอร นิลวรรณจะณกุล. (2556). ความรู้และทัศนคติที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *Journal of Management Science, Ubon Ratchathani University*. 2(3) : 65-83.
- จรรยา ศรีจรูญ. (2559). การรับรู้การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. *SOUTHEAST BANGKOK JOURNAL*. 2(2) : 16-33.
- จุฑาทิพย์ อินทรภักดิ์ (2562). ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. บทความวิชาการคณบดีว่าอิสระ หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ณัฐธิดา นิมนวล, ชีรเทพ เสน่ห์, ภาวิกา ขุนจันทร์และวรรัตน์ จงไกรจักร (2566). ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต. *ในการประชุมวิชาการระดับชาติ หัวข้อ เศรษฐกิจผู้สูงวัย : โอกาสทองของอนาคต*. วันที่ 1 มีนาคม 2567. หน้า 66-75. วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้.
- นภัสวรรณ วงกตวรินทร์ (2564). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้บรรจุภัณฑ์สีเขียว สารนิพนธ์ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต วิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ปฐพี สุทธิวัฒนกุล. (2561). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าที่ใช้บรรจุภัณฑ์สีเขียวของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร. หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- ศุภชัยรวมข้อมูลธุรกิจเอสเอ็มอี. (2561). VEERASA จานกบหมาก เจ้าแรกของไทย. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2563 จาก <https://www.smethailandclub.com/entrepreneur-2949-id.html>
- ศุภชัยรวมข้อมูลธุรกิจเอสเอ็มอี. (2561). PLA บรรจุภัณฑ์รักษ์โลก นวัตกรรมพลาสติกจากพืช. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2563 จาก <https://www.smethailandclub.com/design-3916-id.htm>

สำนักงานวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร.( 2559). **ขยะพลาสติก: ภัยใกล้ตัว**. สืบค้นเมื่อ 20  
กันยายน 2563 จาก[https://library2.parliament.go.th/ejournal/content\\_af/  
2559/feb2559-7.pdf](https://library2.parliament.go.th/ejournal/content_af/2559/feb2559-7.pdf)

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2562). **สรุปการสำรวจภาวะการทำงานของประชากรประจำเดือน สิงหาคม  
2563**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.nso.go.th> สืบค้น 20 กันยายน 2563.

สุนิรัตน์ ปันตรงค์ (2563). **ทัศนคติและพฤติกรรมต่อการตลาดเพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในประเทศไทย**.  
สารนิพนธ์ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต วิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เออวดี เปรมัชเชียร. (2561). ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการรถยนต์ยอยสลาไลด์ทางชีวภาพ. ใน **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 56** (หน้า 327-336). กรุงเทพฯ :  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## การออกแบบและวิจัยอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก DESIGN AND RESEARCH OF SMALL SUGARCANE LEAF PICKING EQUIPMENT

ไพรวลัย สายพรหม<sup>1</sup>, คุณานนต์ ศักดิ์กำปัง<sup>2</sup>, และ สมพร หงษ์ก่ง<sup>3\*</sup>

Paiwan Saiprom<sup>1</sup>, Kunanon Sakkampang<sup>2</sup>, and Somporn Hongkong<sup>3\*</sup>

<sup>3\*</sup>วิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน  
วิทยาเขตสกลนคร

Email : somporn.ho@rmuti.ac.th

### บทคัดย่อ (Abstract)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและวิจัยอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก โดยศึกษาความเร็วรอบของลูกสางใบอ้อย ที่ความเร็วรอบ 700 , 900 และ 1,100 รอบ/นาที โดยกำหนดความเร็วของรถต้นกำลังเคลื่อนที่ความเร็ว 0.3 , 0.4 และ 0.5 เมตร/วินาที ลูกสางใบอ้อยมีจำนวน 2 ลูก เส้นเอ็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ยาว 50 เซนติเมตร จำนวน 4 เส้น/ลูก ทดสอบในแปลงที่ต้นอ้อยสูง 2 ระดับ คือ 150 และ 200 เซนติเมตร ผลของความเร็วรอบของลูกสางใบอ้อย จะมีผลต่อการขาดของใบอ้อยที่หลุดจากลำต้น สะอาดมากพอที่จะตัดอ้อยสดได้ จากการทดสอบลำต้นที่สูง 150 และ 200 เซนติเมตร ในความเร็วรอบ 3 ระดับ ประสิทธิภาพการสางใบอ้อยที่มีความเหมาะสมคือความเร็วรอบลูกสางใบที่ 900 รอบ/นาที ความเร็วการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที ต้นอ้อยสูง 150 และ 200 เซนติเมตร ผลทดสอบมีค่ามากที่สุดคือร้อยละ 83.77 และ 87.05 ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง 8.96 และ 8.96 ไร่/วัน ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ 0.5 เมตร/วินาที ต้นอ้อยสูง 150 และ 200 เซนติเมตร และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.63 และ 1.66 ลิตร/ไร่

**คำสำคัญ:** ลูกสางใบอ้อย,เส้นเอ็นสางใบอ้อย, เครื่องยนต์เล็กดีเซล สูบเดียว

### Abstract

The objective of this research is to design and research a small sugarcane leaf carding device. By studying the rotational speed of the sugarcane leaf carder. at rotational speeds of 700, 900 and 1,100 revolutions/minute, with the speed of the vehicle moving at 0.3, 0.4 and 0.5 meters/second. There are 2 sugarcane leaf carders, 4 tendons diameter 3 millimeters, length 50 centimeters/ball. Tested in plots where sugarcane plants were at two heights, 150 and 200 centimeters. The effect of the speed of the sugarcane leaf carder It will affect the lack of sugar cane leaves that fall off the stem. Clean enough to cut fresh sugar cane From the test on stems that were 150 and 200 centimeters tall at three speed levels, the optimum efficiency for carding sugarcane leaves was a leaf carding speed of 900 revolutions/minute and a movement speed of 0.3 meters/second on sugar cane plants with heights of 150 and 200 centimeters. Results The test had the highest values at 83.77 and 87.05 percent. The actual machine working capacity was 8.96 and 8.96 rai/day at a moving speed of 0.5

Soft Power, Innovations and AI for Local Development, Creative Economy and Sustainability. (SILDCEs)

meters/second, the sugarcane height was 150 and 200 centimeters, and the fuel consumption rate was 1.63 and 1.66 liters/rai.

**Keywords:** sugarcane leaf carding, sugarcane leaf carding tendons, small single cylinder diesel engine

## บทนำ

พืชอ้อยเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่เกษตรกรไทยนิยมปลูก เนื่องจากเป็นพืชที่สามารถนำไปใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ทั้งทางด้านอาหารหรือพลังงาน ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) จากรายงานผลการสำรวจประจำปี 2564/65 [1] รัฐบาลและโรงงานน้ำตาลณรงค์ให้มีการตัดอ้อยสดและประชาสัมพันธ์ถึงข้อดีในการตัดอ้อยสด อย่างไรก็ตาม เกษตรกรยังมีแนวโน้มในการตัดอ้อยเผาใบสูงกว่าการตัดอ้อยสด เนื่องจากขาดแคลนแรงงาน ในการตัดอ้อยสดที่เสียเวลากับการสางใบอ้อย จากผลสำรวจของวิชัย โอภาณุกุลและคณะ [2] จากสำรวจแปลงจำนวน 258 แปลง พบที่มีการตัดอ้อยโดยใช้เครื่องจักร 11.46% เกือบใช้แรงงานคน 88.54 % โดยแบ่งเป็นการตัดอ้อยสด 39.54 % อ้อยเผาใบ 52.09 % และทั้งอ้อยสดกับอ้อยเผาใบ 8.36 % โดยการเก็บเกี่ยวอ้อยสดมีอัตราการทำงาน 1.41-3.35 ต้น/วัน/คน อ้อยเผาไฟมีอัตราการทำงาน 3.63-6.00 ต้น/วัน/คน ซึ่งสูงกว่าอ้อยตัดสด สาเหตุเกิดจากความยากลำบากในการตัดที่ต้องสางใบอ้อยทำให้แรงงานที่ตัดอ้อยสดมีจำนวนน้อยลงและค่าจ้างแรงงานสูง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร [3] ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าเมื่ออ้อยได้อายุเก็บเกี่ยวแล้วไม่ควรเผาใบ แต่ใช้วิธีการตัดสางใบก่อนที่จะตัดอ้อย 2 เดือนล่วงหน้า จะทำให้แรงงานเข้าตัดอ้อยได้สะดวก อากาศระบายได้ดี ลำต้นอ้อยได้รับแสงแดด ทำให้ขยายขนาดปล้องอ้อยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงขึ้นถึง 15-20 % อีกทั้งยังเป็นการช่วยกำจัดไข่และศัตรูอ้อย นอกจากนี้ใบอ้อยที่ตัดสางแล้วจะคลุมดินเก็บความชื้นในดิน ป้องกันวัชพืชเจริญเติบโตแย่งสารอาหารต้นอ้อย จึงได้พัฒนาเครื่องสางใบอ้อยติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ที่เข้าแปลงอ้อยที่มีช่องว่างระหว่างแถวไม่น้อยกว่า 150 เซนติเมตรขึ้นไป โดยทำการทดสอบเปรียบเทียบกับการใช้มีดสางใบ มีอัตราการทำงาน 1.4 ไร่/ชม. รอบการหมุนของลูกตีใบประมาณ 800 - 900 รอบ/นาที ทิศทางการหมุนที่ลง ที่ความเร็วรถแทรกเตอร์ 2.09 กม./ชม (low 2) เครื่องสางใบอ้อยที่ใช้อยู่ทั่วไปนี้ปกติจะใช้สางใบอ้อยสำหรับตัดอ้อยเข้าโรงงาน พบว่าเครื่องสางใบอ้อยสามารถสางใบอ้อยได้ 1 ชม. 19 นาที/ไร่ ในขณะที่มีดสางใบที่ใช้แรงงานคนใช้เวลาสางใบอ้อย 6 ชม. 12 นาที/ไร่ หลังสางใบอ้อยตรวจความเสียหายของอ้อยจากการสางใบ พบว่าอ้อยที่ใช้เครื่องสางใบ ติดตั้งรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กมี ลำอ้อยหักล้ม 18.4 % ส่วนอ้อยที่ใช้มีดสางใบมีการหักล้ม 12.7 %

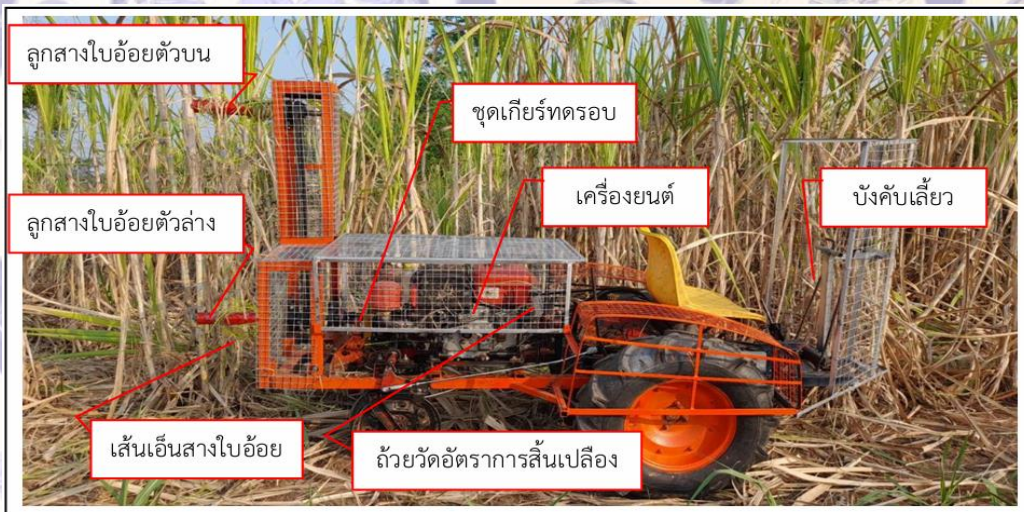
จากปัญหาความยากลำบากในการตัดอ้อยสด ผู้ดำเนินการวิจัยมีแนวความคิด การออกแบบและวิจัยอุปกรณ์สางอ้อยขนาดเล็ก ควบคุมความเร็วรอบลูกสางใบอ้อยที่เหมาะสม เพื่อสางใบอ้อยให้มีความสะอาดพอในการตัดอ้อยสด ลดต้นทุนในการตัดอ้อยให้กับเกษตรกรอย่างมีประสิทธิภาพ

## วัตถุประสงค์การวิจัย

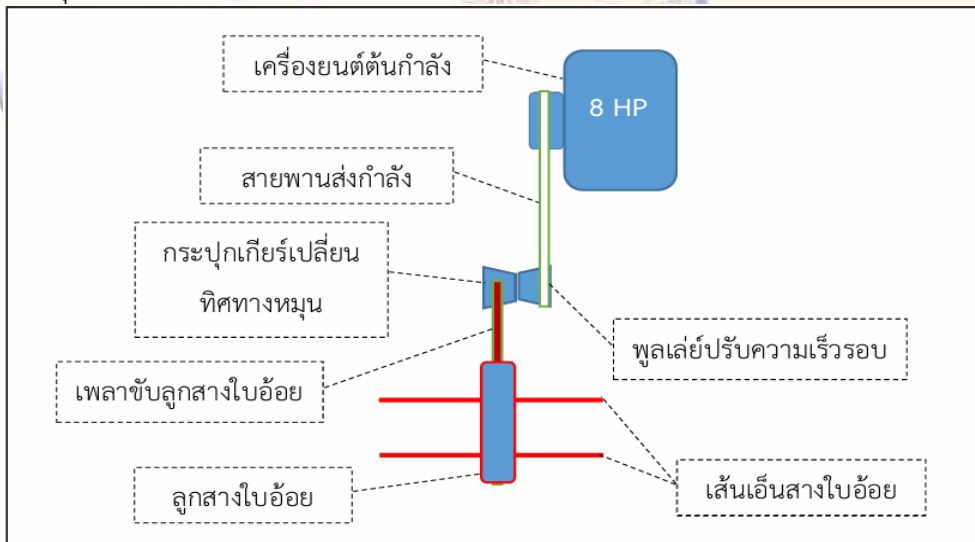
เพื่อศึกษาผลของความเร็วรอบลูกสางใบอ้อยที่เหมาะสมในการสางใบอ้อยที่ทำให้ใบอ้อยหลุดจากลำต้นที่ต้นอ้อยสูง 150 และ 200 เซนติเมตร อย่างมีประสิทธิภาพ ตามความเร็วรอบที่กำหนด 3 ระดับ ออกแบบและวิจัยอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก ให้สามารถเข้าร่องอ้อยที่มีช่องว่างระหว่างแถว 90 - 120 เซนติเมตร

### วิธีดำเนินการวิจัย

1. นำเครื่องยนต์เล็กดีเซลสูบเดียว ขนาด 8 แรงม้า ( 5.968 kW.) เป็นเครื่องต้นกำลังขับเคลื่อน โครงรถไถเดินตามดัดแปลงมี 3 เกียร์ ดังนี้ เกียร์เดินหน้าเกียร์ 1 และเกียร์ 2 เกียร์ถอย 1 เกียร์ ส่งกำลังงาน ผ่านสายพานพูลเลย์เข้าโครงรถขับเคลื่อนด้วยล้อหน้า 2 ล้อ แบบล้อยาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 75 เซนติเมตร และล้อหลัง 1 ล้อ ใช้บังคับทิศทางเลี้ยว เครื่องต้นกำลังส่งกำลังงานพูลเลย์ตัวขับเคลื่อนสายพานแบบร่องปี ขับพูลเลย์ ตัวตามด้วยอัตราทด 1 ต่อ 1 เพื่อมาขับเคลื่อนเกียร์เปลี่ยนทิศทางหมุน มีอัตราทด 5 ต่อ 4 ขับเพลาลูกสางใบ อ้อย ตัวที่ 1 (ตัวล่าง) แกนเพลลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร สวมเข้าพูลเลย์ตัวขับเคลื่อน สายพานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร เพื่อส่งต่อการหมุนไปสายพานพูลเลย์ตัวตามเพื่อขับเคลื่อนลูกสางตัวที่ 2 (ตัวบน) ด้วยอัตรา ทอด 1 ต่อ 1 ลูกสางใบอ้อยมีจำนวนเส้นเอ็นยึดติด 4 เส้น/ลูกสาง เส้นเอ็นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ยาว 50 เซนติเมตร หมุนสางใบตามแนวตั้งไปกับลำต้นอ้อย เพื่อสางใบตามความเร็วรอบ 3 ระดับที่ 700 , 900 และ 1,100 รอบ/นาที ดังรูปที่ 1.



รูปที่ 1 ติดตั้งอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก



รูปที่ 2 การส่งถ่ายกำลังของอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก

Soft Power, Innovations and AI for Local Development, Creative Economy and Sustainability. (SILDCEs)



การปรับความเร็วรอบลูกยางใบอ้อย ขับพุลเลย์กระปุกเกียร์เปลี่ยนทิศทางหมุนความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้นกำลังหมุน 700 รอบ/นาที มีอัตราทดรวม 1 ต่อ 1 ลูกยางความเร็วรอบ 700 รอบ/นาที ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้นกำลังหมุน 720 รอบ/นาที มีอัตราทดรวม 0.8 ต่อ 1 ลูกยางความเร็วรอบ 900 รอบ/นาที และความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้นกำลังหมุน 880 รอบ/นาที มีอัตราทดรวม 0.8 ต่อ 1 ลูกยางความเร็วรอบ 1,100 รอบ/นาที ในระดับความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น ต้องปรับอัตราเร่งของเครื่องยนต์ให้มีกำลังมากพอที่จะขับเคลื่อนได้ ตามความเร็วที่กำหนด 0.3 , 0.4 และ 0.5 เมตร/วินาที ตามรูปที่ 2.

2. ข้อมูลต้นอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีอายุ ตั้งแต่ 12 เดือนขึ้นไป เป็นต่อที่ 3 ลักษณะต้นตั้งตรง กาบใบหลวม มี 6-12 หน่อต่อกอ ความยาวปล้องน้อยกว่า 10 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 2.72 เซนติเมตร มีใบปานกลางสีเหลืองเหลืองเขียว เมื่อไม่ต้องแสงและสีม่วงเหลืองเหลืองถึงน้ำตาล เมื่อต้องแสงตารูปใบมีลักษณะปลายโค้งมีกลุ่มขนที่ขอบใบส่วนโคนใบเป็นแถบ ตรงกลางพองออกปลายเรียวยาวทั้ง 2 ข้าง ใบบิด้านนอกรูปสามเหลี่ยม ใบบิด้านในรูปใบหอกสั้น คอใบรูปสามเหลี่ยมชายธงปลายคดขนที่กาบใบน้อย จำนวนลำต้นเก็บเกี่ยวในอ้อยซึ่งปลูก 10,351 ลำต่อไร่ อ้อยต่อ 1 มี 11,287 ลำต่อไร่ ผลผลิตน้ำตาลในอ้อยปลูก 2.64 ตัน ซีซีเอสต่อไร่ อ้อยต่อ 1 มี 2.49 ตันซีซีเอสต่อไร่ ในอ้อยปลูก 14.6 อ้อยต่อ 1 ที่ 15.1 ตันซีซีเอสต่อไร่ เหมาะสมกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือและพื้นที่ปลูกที่เป็นดินร่วนปนทราย จากการเก็บข้อมูลใบอ้อยในแปลงทดสอบต้นอ้อยที่ความสูง 150 และ 200 เซนติเมตร โดยเฉลี่ยมีจำนวนใบ 11 และ 16 ใบ ในระยะแถวความยาว 1 เมตร เพื่อเก็บผลต้องมีต้นอ้อย 14 ต้น ทั้ง 2 ระดับความสูง เพื่อให้เพียงพอที่จะทำการหาประสิทธิภาพการสางใบอ้อยได้เหมาะสม ดังรูปที่ 3.



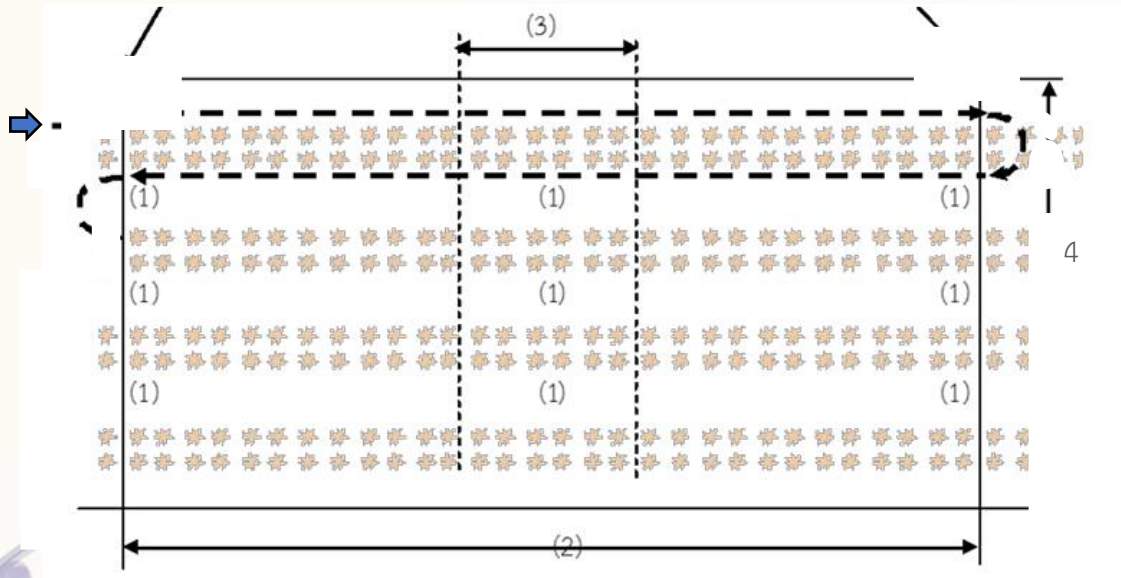
รูปที่ 3 ลักษณะต้นอ้อยในแปลงทดสอบก่อนทำการทดสอบ

3. แปลงทดสอบยาว 100 เมตร ต้นอ้อยจำนวน 4 แถวๆสางใบแถวละ 2 รอบ ช่องว่างระหว่างแถว 1 เมตร รวมระยะทางในการทดสอบ 800 เมตร ตามขั้นตอนดังนี้




3.1 ขับเคลื่อนอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็กที่จุดเริ่มต้น ➡️ ปรับตั้งรอบเครื่องยนต์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบลูกยางใบอ้อย ที่ความเร็ว 700 , 900 และ 1,100 รอบ/นาที ตามลำดับทดสอบ

3.2 ขับเคลื่อนอุปกรณ์สางใบอ้อยตามเส้น - - ➡️ ความเร็วในขับเคลื่อนที่ 0.3 , 0.4 และ 0.5 เมตร/วินาที เพื่อให้เส้นเอ็นเข้าใกล้ลำต้นอ้อย จะทำให้การสางใบอ้อยหลุดจากลำต้นได้ดี

3.3 ในการเลี้ยวเข้างาน ↻ เพื่อกลับอุปกรณ์สางใบอ้อยในแถวต่อไป ดังรูปที่ 4.



รูปที่ 4 การขับเคลื่อนของอุปกรณ์สาบไอบ่อยขนาดเล็กทำงานในแปลงอ้อย

- (1) แสดงตำแหน่ง ที่เก็บข้อมูลของปริมาณไอบ่อยที่มีความสูงและปริมาณไอบ่อยต่อต้นใกล้เคียงกันที่สุด
  - (2) แสดงช่วงความยาวของแปลงอ้อยที่ใช้เก็บข้อมูลและหาประสิทธิภาพการสาบไอบ่อย ยาว 100 เมตร เพื่อใช้จับเวลาในการทำงานจริง
  - (3) แสดงช่วงพื้นที่เก็บข้อมูลปริมาณของต้นอ้อย ความยาวแถวอ้อย 1 เมตร นับจำนวนต้นอ้อยและจำนวนไอบ่อยในปริมาณความถี่ที่ใกล้เคียงกัน ที่ระดับความสูงต้นอ้อย 150 และ 200 เซนติเมตร
  - (4) แสดงความกว้างของแปลงทดสอบ จำนวน 4 แถว
-  แสดงทิศทางการทำงานของอุปกรณ์สาบไอบ่อยขนาดเล็ก  
 แสดงทิศทางการทำงานของอุปกรณ์สาบไอบ่อยขนาดเล็กเวลาเลี้ยวเข้างาน  
 แสดงทิศทางการทำงานของอุปกรณ์สาบไอบ่อยขนาดเล็ก จุดเตรียมเครื่องปรับความเร็วรอบลูกสาบไอบ่อยตามกำหนด

#### ผลการวิจัย

จากการสาบไอบ่อยด้วยอุปกรณ์สาบไอบ่อยขนาดเล็ก ที่ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร ความเร็วรอบ 700 , 900 และ 1,100 รอบ/นาที เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.3 , 0.4 และ 0.5 เมตร/วินาที ตามแนวเดินในร่องแปลงอ้อยยาว 800 เมตร ผลปรากฏว่า ปริมาณของไอบ่อยที่โดนเส้นเอ็นสาบจะหล่นลงบนพื้น ไม่สามารถนับได้หากต้องการหาประสิทธิภาพ จะนับจำนวนไอบ่อยที่เหลือติดต้น แล้วบันทึกในตารางเพื่อหาประสิทธิภาพการสาบไอบ่อย, Ru ได้จากสมการ

$$Ru = (Nt - Nu) / Nt \times 100 \quad \% \quad (1)$$

กำหนดให้ Nt = จำนวนไอบ่อยทั้งหมด (ใบ), Nu = จำนวนไอบ่อยที่ไม่โดนสาบ (ใบ)

ผลการทดสอบ ที่ต้นอ้อยสูง 150 และ 200 เซนติเมตร หาประสิทธิภาพการสางใบอ้อย ตามความเร็วรอบลูกสางใบอ้อยที่เหมาะสม มีค่ามากที่สุดคือ 900 รอบ/นาที ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที ดังตารางที่ 2. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่มีค่าน้อยที่สุดความเร็วรอบลูกสางใบ 900 รอบ/นาที ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที ดังตารางที่ 2. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.95 ลิตร/ชั่วโมง การสิ้นเปลือง ค่าที่น้อยที่สุด ที่ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร ความเร็วรอบลูกสางใบ 900 รอบ/นาที ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที ดังตารางที่ 2. ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง ทำงานต่อไรมากที่สุดคือความเร็วรอบลูกสางใบ 900 รอบ/นาที ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.5 เมตร/วินาที ต้นอ้อยสูง 150 และ 200 เซนติเมตร ดังตารางที่ 2. และประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ มีค่ามากที่สุด ความเร็วรอบลูกสางใบ 700 รอบ/นาที ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร ดังตารางที่ 1.

**ตารางที่ 1** ผลการทดสอบ ความเร็วรอบลูกสางใบอ้อยหมุน 700 รอบ/นาที

หัวข้อทดสอบ	ความเร็วรอบลูกสางใบหมุน 700 รอบ/นาที					
	ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร			ต้นอ้อยสูง 200 เซนติเมตร		
ความเร็วการเคลื่อนที่ เมตร/วินาที	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ชั่วโมง)	0.96	1.28	1.62	0.99	1.33	1.69
ประสิทธิภาพการสางใบอ้อย (ร้อยละ)	72.73	70.13	68.18	72.77	69.19	66.96
การสิ้นเปลือง (ร้อยละ)	0.67	1.00	1.24	1.8	1.95	2.12
ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)	0.72	0.97	1.23	0.71	0.97	1.22
ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง (ไร่ /ชั่วโมง)	0.67	0.89	1.11	0.66	0.88	1.10
ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ร้อยละ	93.06	91.75	90.24	92.96	90.72	90.16

**ตารางที่ 2** ผลการทดสอบ ความเร็วรอบลูกสางใบอ้อยหมุน 900 รอบ/นาที

หัวข้อทดสอบ	ความเร็วรอบลูกสางใบหมุน 900 รอบ/นาที					
	ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร			สูงต้นอ้อยสูง 200 เซนติเมตร		
ความเร็วการเคลื่อนที่ เมตร/วินาที	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ชั่วโมง)	0.95	1.29	1.63	0.96	1.29	1.66
ประสิทธิภาพการสางใบอ้อย (ร้อยละ)	83.77	81.82	80.52	87.05	83.93	81.17
การสิ้นเปลือง (ร้อยละ)	0.56	0.77	0.62	1.5	2.33	1.5
ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)	0.73	0.99	1.26	0.72	0.97	1.28
ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง (ไร่/ชั่วโมง)	0.67	0.89	1.12	0.66	0.88	1.12
ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ร้อยละ	91.78	89.90	88.88	91.67	90.72	87.50













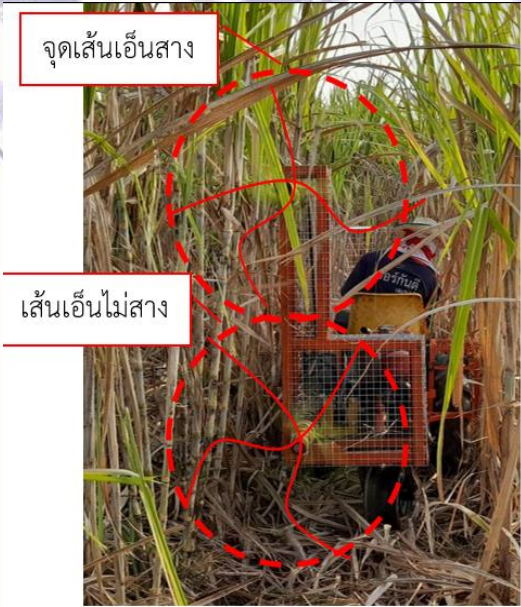
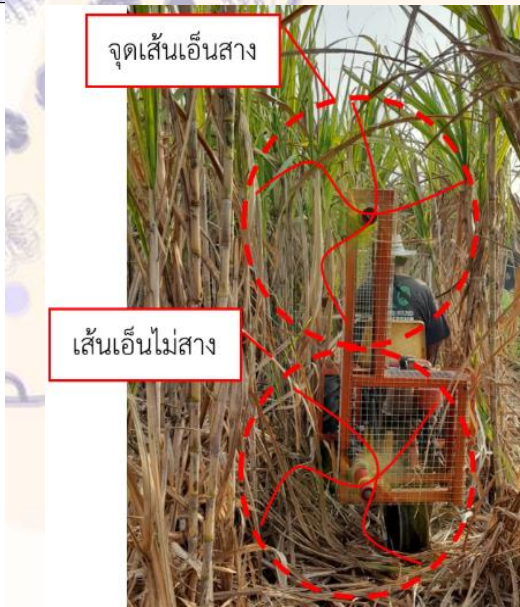
**ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ ความเร็วรอบลูกแสงใบอ้อยหมุน 1,100 รอบ/นาที**

หัวข้อทดสอบ	ความเร็วรอบลูกแสงใบอ้อยหมุน 1,100 รอบ/นาที					
	ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร			สูงต้นอ้อยสูง 200 เซนติเมตร		
ความเร็วการเคลื่อนที่ เมตร/วินาที	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ชั่วโมง)	0.96	1.31	1.71	0.99	1.35	1.72
ประสิทธิภาพการสางใบอ้อย(ร้อยละ)	69.48	66.62	57.14	67.85	64.72	58.48
การสิ้นไถล (ร้อยละ)	2.40	3.09	3.66	2.83	3.36	4.01
ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร						
เชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)	0.71	0.96	1.22	0.71	0.97	1.23
ความสามารถในการทำงานของ						
เครื่องจักรจริง (ไร่/ชั่วโมง)	0.66	0.87	1.09	0.66	0.87	1.08
ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ร้อยละ	92.95	90.63	89.34	92.96	89.69	87.80

**อภิปรายผลการวิจัย**

จากการทดสอบใบแปลงอ้อย บันทึกข้อมูลจำนวนใบอ้อยที่หล่นจากต้นอ้อย โดยการสางใบของอุปกรณ์สางใบอ้อยขนาดเล็ก ผลของความเร็วรอบลูกแสงใบอ้อยที่ 900 รอบ/นาที มีผลต่อการขาดของใบอ้อยที่หลุดจากต้นอ้อยที่เหมาะสมที่สุด ทั้งระดับความสูง ที่ 150 และ 200 เซนติเมตร การสิ้นไถลจะมีค่าปานกลาง เมื่อเทียบกับค่า อีก 2 ระดับ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าน้อยที่สุดที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที แต่ที่ความเร็วรอบลูกแสงใบอ้อยและความเร็วการเคลื่อนที่ ที่เพิ่มความเร็วมากขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงก็มากตามมีผลมาจาก การปรับอัตราเร่งของเครื่องยนต์ต้นกำลัง ดังตารางที่ 1 - 2 และ 3 ความเร็วในการเคลื่อนที่ จะมีอัตราที่เพิ่มขึ้น ตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์และที่ความสูงของต้นอ้อย ข้อสังเกตประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ที่มีค่าลดลง เมื่อลูกแสงใบอ้อยหมุนที่ความเร็วรอบ จาก 700, 900 และ 1,100 รอบ/นาที ซึ่งเป็นผลมาจากค่าการสิ้นไถล ที่มีค่ามากตามความเร็วในการเคลื่อนที่ ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ที่มีค่ามากที่สุดในทุกความเร็วรอบลูกแสงใบอ้อย จะมีผลมาจากความเร็วในการเคลื่อนที่ เรียงจากผลทดสอบดีที่สุดคือ 0.3 , 0.4 และ 0.5 เมตร/วินาที ดังตารางที่ 1 , 2 และ 3. ผลจากการหมุนของลูกแสงใบอ้อยและความเร็วในการเคลื่อนที่ จะส่งผลต่อการขาดของใบอ้อย ที่หลุดจากต้นอ้อยเพื่อหาประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 4.

ตารางที่ 4 ลักษณะการขาดของใบอ้อยที่หลุดจากต้นอ้อย

ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร			ต้นอ้อยสูง 200 เซนติเมตร		
					
					
การเคลื่อนที่ของเส้นเอ็นสางใบอ้อย รัศมีการสาง 50 เซนติเมตร เป็นวงกลม					
					
ต้นอ้อยสูง 150 เซนติเมตร			ต้นอ้อยสูง 200 เซนติเมตร		

## สรุปผล

ลูกสาวใบอ้อยหมุนที่ความเร็วรอบ 900 รอบ/นาที เคลื่อนที่ 0.3 เมตร/วินาที มีความเหมาะสมสูง ใบอ้อยที่ความสูงต้นอ้อย 150 และ 200 เซนติเมตร ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพการสาวใบอ้อย 83.77 และ 87.05 % ตามลำดับซึ่งมีความเหมาะสม ในการออกแบบและวิจัยอุปกรณ์สาวใบอ้อยขนาดเล็ก ข้อสังเกต ความสูงของต้นอ้อยที่ 150 เซนติเมตร จะมีผลต่อประสิทธิภาพการสาวใบที่เหมาะสมเป็นผลมาจากรัศมีเส้นเอ็น ตามแนวการหมุนเป็นวงกลมสามารถสาวใบอ้อยที่อยู่แนวเส้นได้ดี แต่หากต้นอ้อยสูงเกิน 200 เซนติเมตร ดังตารางที่ 4. ใบอ้อยจะอยู่นอกแนวรัศมีเส้นเอ็นหมุน ทำให้ไม่สามารถสาวใบอ้อยนอกรัศมีการหมุนของเส้นเอ็นได้ ซึ่งจากการทำงานของอุปกรณ์สาวใบอ้อยขนาดเล็ก ที่ความสูงต้นอ้อย 150 และ 200 เซนติเมตร ความเร็วรอบลูกสาวใบอ้อยมีประสิทธิภาพเหมาะสมสาวใบสะอาดเพียงพอในการตัดอ้อยสด ตามวัตถุประสงค์ โดยมีความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง ทำงานไรต่อชั่วโมง ได้มากที่สุดที่ 8.96 และ 8.96 ไร่/วัน ความเร็วรอบลูกสาวใบ 900 รอบ/นาที ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ 0.5 เมตร/วินาที อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.63 และ 1.66 ลิตร/ไร่

## ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ปรับปรุงเส้นเอ็นให้ยาวขึ้น 10 เซนติเมตร ทำให้รัศมีการสาวใบอ้อยขยายมากขึ้น จะช่วยให้สาวใบอ้อยที่ต้นสูง 200 เซนติเมตรได้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น
2. ปรับปรุงความเร็วรอบลูกสาวใบอ้อยให้มีหลายระดับเหมาะสมกับปริมาณจำนวนใบอ้อยจะทำให้สาวใบอ้อยที่หลุดจากลำต้น สะอาดเพียงพอต่อการตัดอ้อยสดมากยิ่งขึ้น
3. เพิ่มจำนวนเส้นเอ็นลูกสาวละ 6 เส้น จะทำให้จำนวนครั้ง ของเส้นเอ็นในการสาวใบอ้อยเพิ่มมากขึ้นซึ่งจะทำให้ใบอ้อยที่หลุดจากลำต้น สะอาดเพียงพอต่อการตัดอ้อยสด
4. เปลี่ยนล้อยางที่สามารถยึดเกาะพื้นที่ปกคลุมด้วยใบอ้อย เกาะยึดพื้นแปลงทดสอบได้ดีจะทำให้การสิ้นเปลืองลดลง

## เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.). จากรายงานผลการสำรวจประจำปี 2564/65 วิจัย โอภาณุกุล และ คณะ. (2554). แนวโน้มในการตัดอ้อยเผาใบสูงกว่าการตัดอ้อยสด จากผลสำรวจของ ศูนย์วิจัยและ พัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร. (2550). ได้พัฒนาเครื่องสาวใบอ้อยติดตั้งกับ รถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก