

การประเมินสมรรถนะการทำงานและเศรษฐศาสตร์เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ แบบโรตารีหลายชุดคั้น

Performance and Economics Evaluation of Automatic Multi-Rotary Orange Juice Squeezer Machine

ถิรวัฒน์ วงษาเทียม¹ เสมอขวัญ ดันติกุล² และ นิกราน หอมดวง^{3*}

^{1,2,3} วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

E-mail: ¹tirawatwongsatiam@gmail.com, ^{3*}nigranghd@gmail.com

บทคัดย่อ

การผลิตส้มในประเทศไทยมีบางฤดูกาลเกิดปัญหาส้มล้นตลาดและส่งผลให้ราคาส้มลดต่ำลง การพัฒนาเครื่องคั้นน้ำส้มและการแปรรูปผลส้มเป็นน้ำส้มคั้นสดเป็นวิธีการแก้ปัญหาและเพิ่มมูลค่าให้กับส้มได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมรรถนะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องคั้นน้ำส้มและการวิเคราะห์ เศรษฐศาสตร์เพื่อนำไปใช้งานของกลุ่มเกษตรกร ผู้ประกอบการและวิสาหกิจชุมชน เครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบ มีชุดคั้นที่วางเรียงต่อกัน 4 ชุด สร้างจากสแตนเลส หัวคั้นทำจากซูเปอร์สแตนเลส เครื่องต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า ในการป้อน ผ่าและบีบคั้นผลส้ม การทดลองได้ปรับความเร็วรอบชุดคั้นอยู่ในช่วง 5-15 รอบ ต่อนาที และศึกษาระยะห่างชุดคั้น 2-3 มิลลิเมตร และนำไปทดสอบกับขนาดผลส้มสายน้ำผึ้งเบอร์ 2 (45-50 มิลลิเมตร) เบอร์ 3 (50-55 มิลลิเมตร) และเบอร์ 4 (55-60 มิลลิเมตร) ผลการทดลองพบว่าเครื่องคั้นน้ำส้ม อัตโนมัติให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด 97.60% โดยมีความเร็วรอบการคั้นและระยะห่างที่เหมาะสมสูงสุด 10 รอบต่อนาที และ 2 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเกิดขึ้นกับผลส้มขนาดเบอร์ 3 โดยให้อัตราการการคั้นผลส้ม อยู่ที่ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมงที่ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด ต้นทุนการคั้นผลส้มมีค่าอยู่ระหว่าง 0.12-0.19 บาทต่อกิโลกรัม และเมื่อนำไปปรับจ้างการคั้นผลส้มให้ระยะเวลาคั้นทุนอยู่ในช่วง 0.02-0.68 ปี หรือ 7-248 วัน ที่อัตราการรับจ้างคั้นอยู่ในช่วง 1-4 บาทต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ: ส้ม เครื่องคั้นน้ำส้ม เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ ประสิทธิภาพการทำงาน

* Corresponding author, e-mail: nigranghd@gmail.com

Abstract

Some seasons in Thailand, orange production causes an oversupply of oranges in the market and results in the price of oranges falling. Development of orange juice machines and processing of oranges into freshly squeezed orange juice and that is a way to solve problems and add value to oranges. The objective of this research was to evaluate the appropriate performance of orange juicers and analyze economics for their use by farmers, entrepreneurs, and community enterprises. Orange juice squeezer machine prototype consist of 4 set of Juicing machine and constructed from stainless steel. The squeezer head was made from superlene. The machine was used a 1 hp electric motor to feed, cut and squeeze of orange. The experiment was adjusted speed of Juicing in a range of 5-15 rpm, 2-3 mm of clearance and tested with the size of Sai Nam Phueng orange fruit in No.2 (45-50 mm), No.3 (50-55 mm) and No.4 (55-60 mm). The experiment was found that, the automatic orange juicer was provided the highest work efficiency of 97.60%, the optimal speed of Juicing and clearance was achieved of 10 rpm and 2 mm respectively with occurred in No.3 of oranges size. The highest squeeze rate was obtained at 600 kg/h. At highest work efficiency, the cost of squeezing orange fruits was between of 0.12-0.19 baht/kg and when used for hired to squeeze orange juice, the payback period was obtained in a range of 0.02-0.68 year or 7-248 days with the labor cost for squeezing oranges between of 1-4 baht/kg

Keywords: Orange, Orange juice squeezer, Automatic orange juice squeezer, Work efficiency

1. ที่มาและความสำคัญ

ส้มเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยและปัจจุบันส้มเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วประเทศ ปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกทั้งประเทศทั้งหมด 128,046 ไร่ แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ สุโขทัย กำแพงเพชร แพร่และจังหวัดเชียงราย มีผลผลิตออกสู่ตลาดมากในช่วงเดือน พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ [1] จากผลผลิตที่สูงทำให้ส้มส่วนหนึ่งเป็นสินค้าเกษตรส่งออก อย่างไรก็ตามเนื่องจากส้มมีราคาค่อนข้างดีจึงมีเกษตรกรหันมาปลูกส้มจำนวนมากขึ้น ทำให้เกิดผลกระทบที่ตามมาคือ ประสพปัญหาส้มล้นตลาดในบางช่วงเวลาทำให้ราคาของส้มลดต่ำลง ในบางช่วงที่มีผลผลิตออกมาและยังขายไม่ได้เกิดเน่าเสียระหว่างรอจำหน่าย ในขณะที่ส้มผลส้มที่มีขนาดเล็กจะไม่มีคนรับซื้อและขายไม่ได้ราคาจากปัญหาดังกล่าวจึงเริ่มมีการแปรรูปส้มสดเป็นน้ำส้มบรรจุขวด เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตที่กำลังจะเสียหาย การแปรรูปน้ำส้มบรรจุขวดสามารถแยกได้เป็น 2 แบบ คือ การแปรรูปด้วยแรงงานคน และการแปรรูปด้วยเครื่องจักร [2] การคั้นน้ำส้มด้วยแรงงานคนทำให้ได้อัตราการผลิตต่ำและมีต้นทุนในการคั้นสูง [3] ในขณะที่

การคั่นน้ำส้มด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีการลงทุนที่สูงและนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้เป็นข้อจำกัดของเกษตรกร ผู้ประกอบการรายย่อยและวิสาหกิจ

เสมอขวัญและคณะ [4] ได้พัฒนาเครื่องคั่นน้ำส้มอัตโนมัติเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลาง ทำให้ได้เครื่องคั่นน้ำส้มที่สามารถทำงานได้ดีในระดับหนึ่ง แต่เนื่องจากการออกแบบที่ซับซ้อนเกินไปทำให้ต้นทุนในการสร้างเครื่องสูง และการทำงานโดยรวมยังไม่เป็นที่พอใจ ต่อมาเสมอขวัญและคณะจึงได้ดำเนินการออกแบบสร้างเครื่องคั่นน้ำส้มอัตโนมัติอีกครั้ง โดยมีการปรับปรุงในส่วนของการคั่นที่เป็นแบบโรตารีซึ่งแบบเดิมนั้นจะมีเพียงแค่ 1 ชุด ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการคั่นผลส้มและน้ำส้มต่ำ จึงได้ทำการเพิ่มชุดคั่นน้ำมาวางเรียงต่อกันเป็น 4 ชุด ในเครื่องเดียวซึ่งจะให้ความสามารถในการคั่นผลส้มและน้ำส้มเพิ่มขึ้นโดยประมาณถึง 4 เท่า ในขณะที่ต้นทุนในการสร้างเครื่องเพิ่มขึ้น 50% ดังนั้นเพื่อเป็นการยืนยันผลการออกแบบสร้างและทดสอบงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการทดสอบสมรรถนะการทำงานและวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เครื่องคั่นน้ำส้มเพื่อนำไปใช้กับผู้ประกอบการต่อไป

2. วัตถุประสงค์

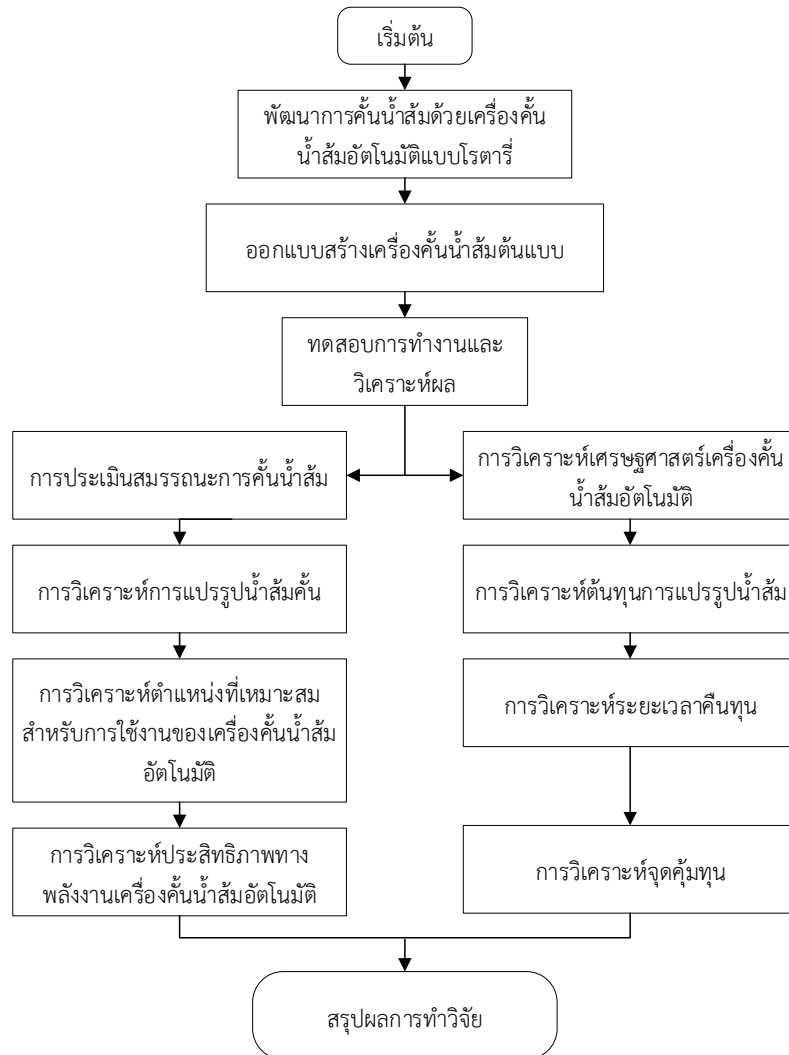
- 2.1 เพื่อประเมินสมรรถนะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องคั่นน้ำส้มอัตโนมัติแบบโรตารีหลายชุดคั่น
- 2.2 เพื่อการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เครื่องคั่นน้ำส้มอัตโนมัติแบบโรตารีหลายชุดคั่น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

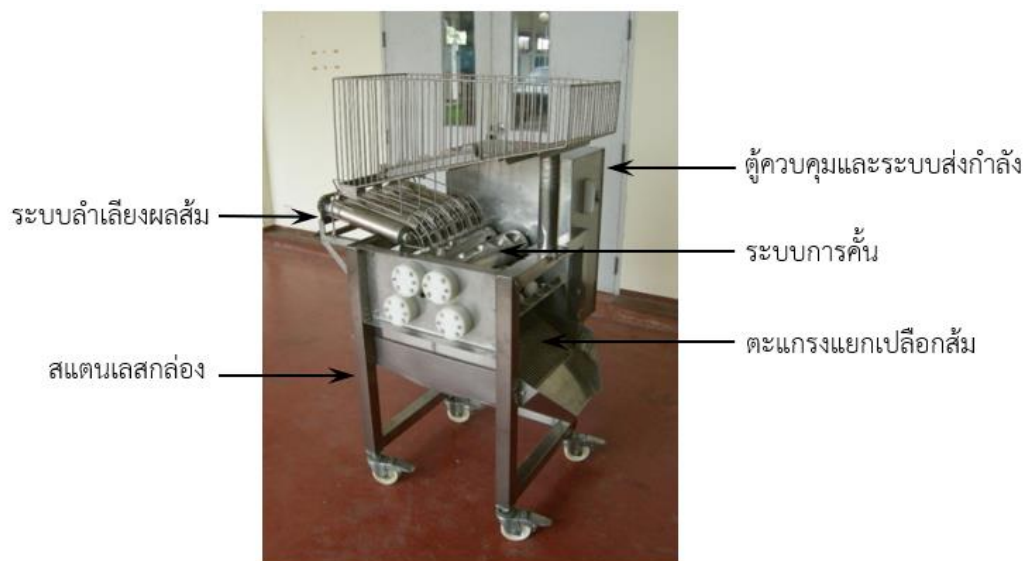
การพัฒนาวิจัยเครื่องคั่นน้ำส้มอัตโนมัติแบบโรตารีหลายชุดคั่นนี้ ได้ดำเนินการตามหลักการวิจัย โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบพัฒนา สร้างและทดสอบการทำงานเพื่อประเมินหาสมรรถนะการทำงานและสถานะการทำงานที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้นำไปใช้สามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม รายละเอียดการดำเนินการวิจัยแสดงดังรูปที่ 1

3.1 เครื่องคั่นน้ำส้มอัตโนมัติแบบโรตารีหลายชุดคั่น

รูปที่ 2 และ 3 เครื่องคั่นน้ำส้มที่ใช้ในการวิจัยนี้มีจุดเด่นคือเป็นแบบโรตารี 4 ชุดคั่น การทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถทำการคั่นโดยไม่ต้องปอกเปลือกผลส้ม มีระบบลำเลียงผลส้ม ระบบผ่าผลส้ม ระบบคั่นน้ำส้มและระบบคัดแยกเปลือกอยู่ในเครื่องตัวเดียวกัน โดยมีการทำงานแบบต่อเนื่อง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า (746 วัตต์) เป็นต้นกำลัง ส่งถ่ายกำลังด้วยเฟืองเกียร์และโซ่ ใช้เกียร์บ็อกซ์อัตราทด 1:60 เพื่อลดความเร็วรอบและเพิ่มแรงบิดไปยังชุดคั่น วัสดุที่นำมาใช้ทำโครงสร้างและตัวเครื่องเป็นสแตนเลสเกรด 304



รูปที่ 1 แผนผังวิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ 2 เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติชนิดหลายชุดคั้น



รูปที่ 3 ระบบการคั้นน้ำส้มแบบโรตารีหลายชุดคั้น

ส้มที่ใช้ทำการคั้นเป็นส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งจากพื้นที่ปลูกอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการทดลองกับผลส้มเบอร์ 2-4 มีขนาดระหว่าง 43.74-57.84 มิลลิเมตร ความหนาของเปลือกระหว่าง 2.40-2.86 มิลลิเมตร น้ำหนักระหว่าง 57.95-101.66 กรัม ดังตารางที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองมีดังต่อไปนี้ คือ การชั่งน้ำหนักผลส้ม น้ำส้มและเปลือกส้มใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัลทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sunford รุ่น ACS-30-FC31 ขนาด 30 กิโลกรัม ความละเอียดในการชั่ง 10 กรัม การวัดความเร็วรอบของมอเตอร์และชุดคั้นน้ำส้มใช้เครื่องวัดรอบแบบดิจิทัล ยี่ห้อ Unit-t รุ่น UT373 ช่วงการวัด 0-10,000 รอบต่อนาที ความละเอียด 0.1 รอบต่อนาที การวัดค่ากระแสและความต่างศักย์ไฟฟ้าใช้แคลมป์มิเตอร์แบบดิจิทัล ยี่ห้อ Unit-t รุ่น UT204

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของเปลือก และน้ำหนักของส้ม

ขนาดผลส้ม (เบอร์)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)			ความหนาของ เปลือก (มิลลิเมตร)	มวล (กรัม)
	ตำแหน่งที่ 1 (กว้าง)	ตำแหน่งที่ 2 (ยาว)	ตำแหน่งที่ 3 (สูง)		
2	47.35±1.37	47.47±1.29	43.74±1.55	2.40±0.09	57.95±0.88
3	52.39±1.36	52.57±1.28	49.01±1.57	2.49±0.13	81.70±1.96
4	57.49±1.37	57.84±1.28	51.41±1.58	2.86±0.17	101.66±2.33

3.2 การประเมินสมรรถนะการคั้นน้ำส้ม

การทดสอบสมรรถนะในการทำงานอาศัยน้ำหนักของผลส้มและน้ำส้มเป็นเกณฑ์ ที่ความเร็วรอบของชุดคั้น 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15 รอบต่อนาที ระยะห่างของชุดคั้น 3 ระดับคือ 2, 2.5 และ 3 มิลลิเมตร และขนาดผลส้ม 3 ขนาด คือ เบอร์ 2 (45-50 มิลลิเมตร) เบอร์ 3 (50-55 มิลลิเมตร) และเบอร์ 4 (55-60 มิลลิเมตร) ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 กิโลกรัม โดยมีค่าชี้ผลคือ ความสามารถในการคั้นผลส้ม ความสามารถในการคั้นน้ำส้ม ประสิทธิภาพการคั้น โดยนำวิธีการของ ASAE (1983) [5-7] ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$C_{orange} = \frac{W_{orange}}{T} \quad (1)$$

โดยที่ C_{orange} คือ ความสามารถในการคั้นผลส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) W_{orange} คือ น้ำหนักผลส้ม (กิโลกรัม) และ T คือ เวลาที่ใช้ในการคั้น (ชั่วโมง)

$$C_{juice} = \frac{W_{juice}}{T} \quad (2)$$

โดยที่ C_{juice} คือ ความสามารถในการคั้นน้ำส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) W_{juice} คือ น้ำหนักน้ำส้มที่คั้นได้ (กิโลกรัม) และ T คือ เวลาที่ใช้ในการคั้น (ชั่วโมง)

$$\eta_{juice} = \frac{W_{juice}}{W_{total}} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ η_{juice} คือ ประสิทธิภาพการคั้น (%) W_{juice} คือ น้ำหนักน้ำส้มที่คั้นได้ (กิโลกรัม) และ W_{total} คือ น้ำหนักน้ำส้มทั้งหมด (กิโลกรัม)

3.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางพลังงานเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ

เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติมีส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพทางพลังงานที่สำคัญอยู่ทั้งหมด 3 ส่วน คือ มอเตอร์ ชุดเกียร์ทดรอบ (Warm gear) และชุดหัวคั้นน้ำส้ม พลังงานที่ป้อนเข้าเครื่องจะเป็นพลังงานไฟฟ้าขนาด 746 วัตต์ จากนั้นจะส่งกำลังผ่านเพลาชุดคัปปลิงหรือยอย และผ่านไปยังชุดเกียร์ทดรอบขนาดอัตราทด 60:1 ต่อด้วยเพลากีร์และโซ่ส่งกำลัง การวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบสามารถดำเนินการได้ 2 รูปแบบ คือ การวิเคราะห์อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางพลังงานโดยใช้กฎข้อที่ 1 ทางเทอร์โมไดนามิกส์ในการวิเคราะห์

3.3.1 อัตราการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ

การวิเคราะห์อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ คือ การใช้พลังงานต่อหน่วย ถือเป็นหนึ่งในดัชนีประสิทธิภาพพลังงาน สามารถหาได้จากสมการที่ 4

$$SEC = \frac{P}{C_{orange}} \quad (4)$$

โดยที่ SEC คือ อัตราการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ (วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม) P คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์) และ C_{orange} คือ ความสามารถในการคั้นผลส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

3.3.2 ประสิทธิภาพทางพลังงานเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ

ในส่วนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบ (η_{all}) หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\eta_{all} = \frac{P_{output}}{P_{input}} = \frac{P_w}{P_E} \quad (5)$$

โดยที่ $P_{input}, P_{output}, P_E, P_W$ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าและพลังงานหรือกำลังงานของเครื่องคั่นน้ำส้มอัตโนมัติที่วัดได้ (วัตต์) เนื่องจากการส่งถ่ายพลังงานมีอุปกรณ์หลายตัว ดังนั้นประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\eta_{all} = \eta_m \times \eta_s \times \eta_g \times \eta_c \quad (6)$$

โดยที่ η_m คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า (เปอร์เซ็นต์) η_s คือ ประสิทธิภาพของชุดคัปปลิงส่งผ่านเพลาคับ (เปอร์เซ็นต์) η_g คือ ประสิทธิภาพของชุดเกียร์ทดรอบ (เปอร์เซ็นต์) และ η_c คือ ประสิทธิภาพของชุดส่งกำลังด้วยโซ่ (เปอร์เซ็นต์)

3.4 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เครื่องคั่นน้ำส้มอัตโนมัติ

- ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

$$TC = FC + VC \quad (7)$$

โดยที่ TC คือ ค่าใช้จ่ายรวมจากการคั่นน้ำส้ม (บาทต่อปี) FC คือ ต้นทุนคงที่ (บาทต่อปี) VC ต้นทุนผันแปร (บาทต่อปี)

$$FC = D + I \quad (8)$$

โดยที่ D คือ ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี) I คือ ค่าดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์ต่อปี)

$$VC = (L + E + M) \times A \quad (9)$$

โดยที่ L คือ ค่าแรงงาน (บาทต่อวัน) E คือ ค่าไฟฟ้า (บาทต่อวัน) M คือ ค่าซ่อมบำรุง (บาทต่อวัน) A คือ จำนวนวันที่ปฏิบัติงานต่อปี (วันต่อปี)

- ระยะเวลาคืนทุน

$$PB = \frac{TC}{CR \times Cap \times h \times A} \quad (10)$$

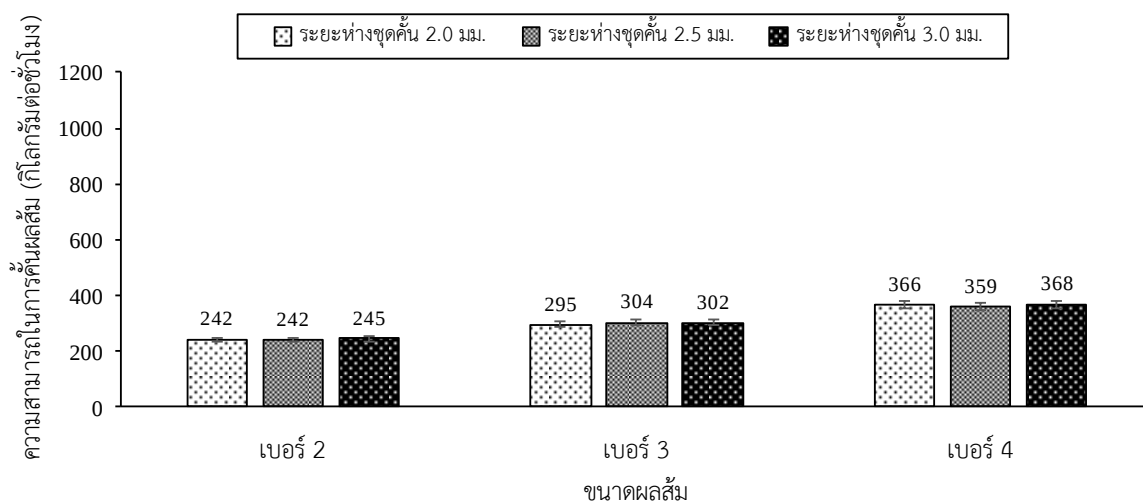
โดยที่ PB คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี) CR คือ อัตราค่าจ้างในการคั่นน้ำส้ม (บาทต่อกิโลกรัม) Cap คือ ความสามารถในการทำงานของเครื่องคั่นผลส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) h คือ ระยะเวลาการทำงานของเครื่องคั่นน้ำส้ม (ชั่วโมงต่อวัน)

4. ผลและวิจารณ์

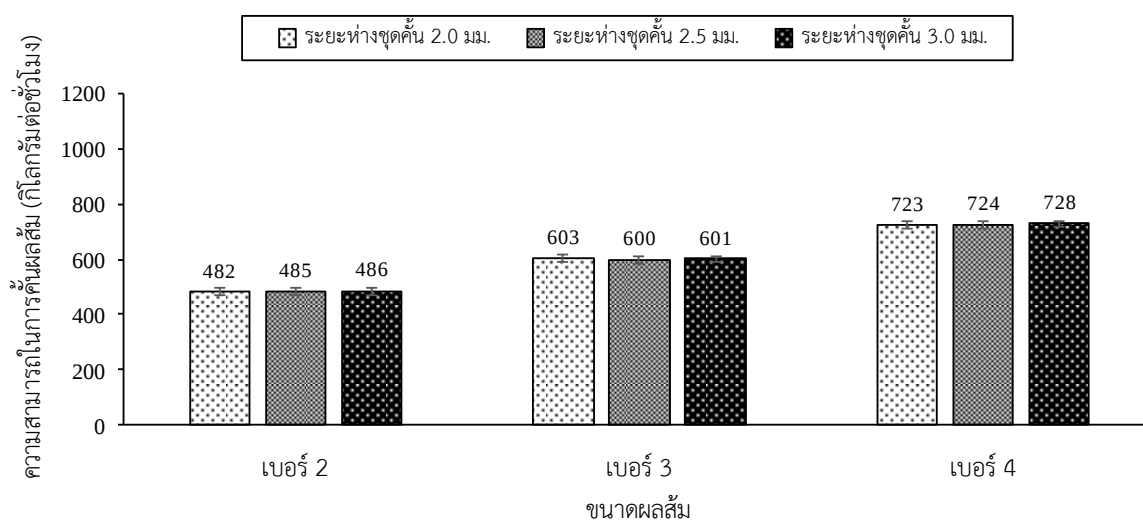
4.1 การวิเคราะห์การแปรรูปน้ำส้มคั้น

4.1.1 ความสามารถการคั่นผลส้ม

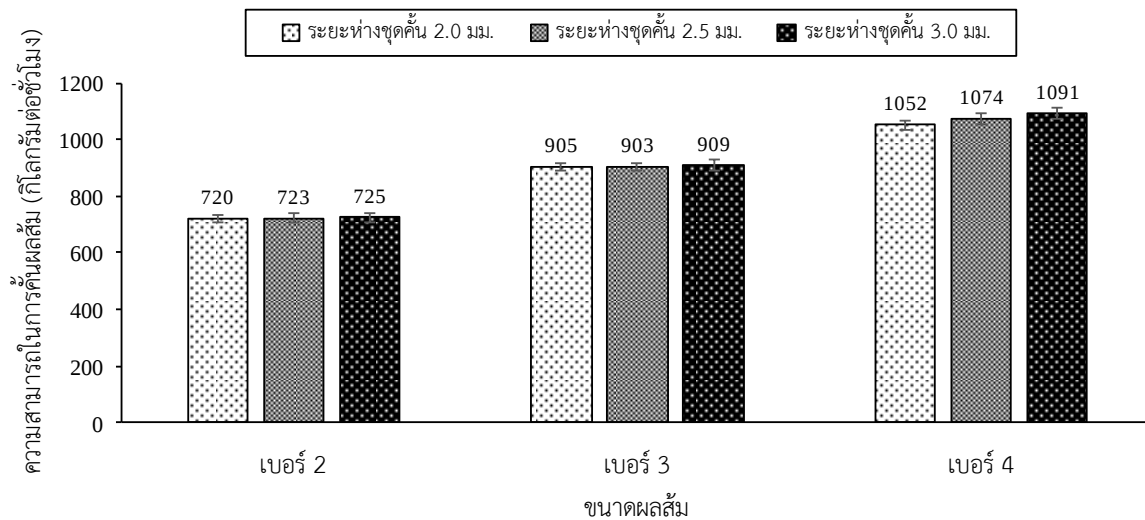
รูปที่ 4-6 แสดงผลการเปรียบเทียบระยะห่างชุดคั้นและขนาดผลส้มที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นผลส้มที่ความเร็วรอบชุดคั้น 5 รอบต่อนาที, 10 รอบต่อนาที และ 15 รอบต่อนาที ผลการทดลองการปรับระยะห่างชุดคั้นทำให้ความสามารถในการคั้นผลส้มที่ขนาดเดียวกันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การคั้นผลส้มที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้ความสามารถในการคั้นผลส้มมีค่าสูงขึ้น [8,9] โดยผลส้มเบอร์ 4 จะได้ค่าความสามารถในการคั้นผลส้มสูงสุดอยู่ในช่วง 366-1,091 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และการปรับความเร็วรอบ ทำให้ชุดคั้นสามารถทำการคั้นต่อเวลาได้เพิ่มสูงขึ้นและทำให้ความสามารถในการคั้นผลส้มมีค่าเพิ่มขึ้น การใช้ความเร็วรอบ 15 รอบต่อนาที ทำให้ความสามารถในการคั้นผลส้มสูงสุดในการคั้นผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเบอร์ 2, 3 และ 4 โดยมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นผลส้มอยู่ในช่วง 720-725 กิโลกรัมต่อชั่วโมง 905-909 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 1,052-1,091 กิโลกรัมต่อชั่วโมงตามลำดับ



รูปที่ 4 ความสามารถในการคั้นผลส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ที่ความเร็วรอบชุดคั้น 5 รอบต่อนาที



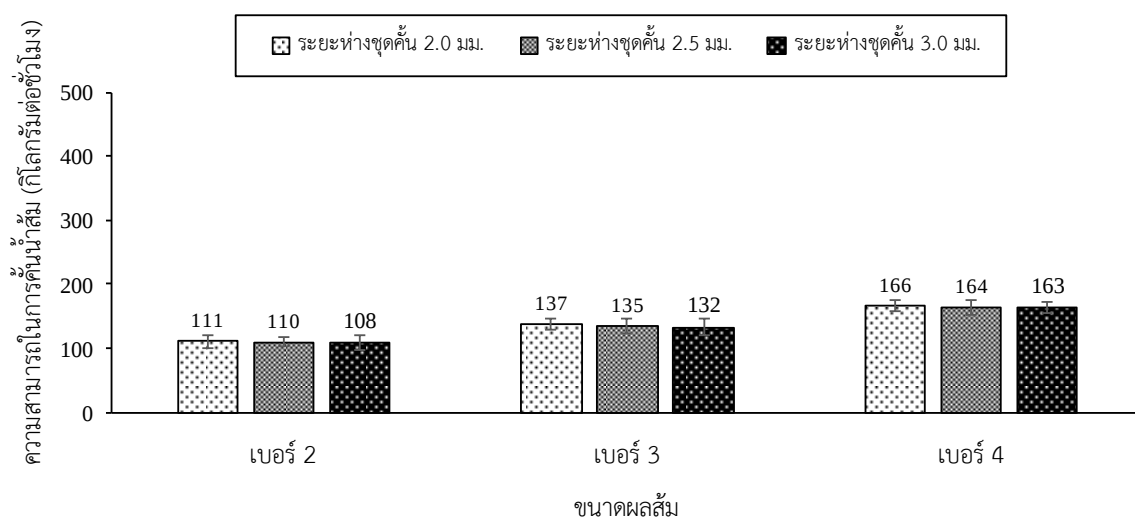
รูปที่ 5 ความสามารถในการคั้นผลส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ที่ความเร็วรอบชุดคั้น 10 รอบต่อนาที



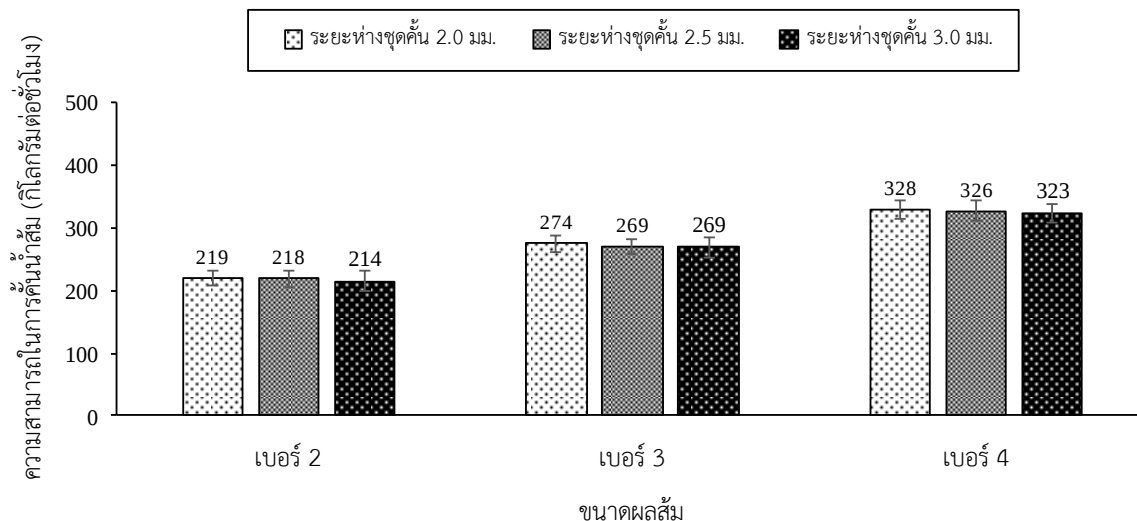
รูปที่ 6 ความสามารถในการคั้นผลส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ที่ความเร็วรอบชุดคั้น 15 รอบต่อนาที

4.1.2 ความสามารถการคั้นน้ำส้ม

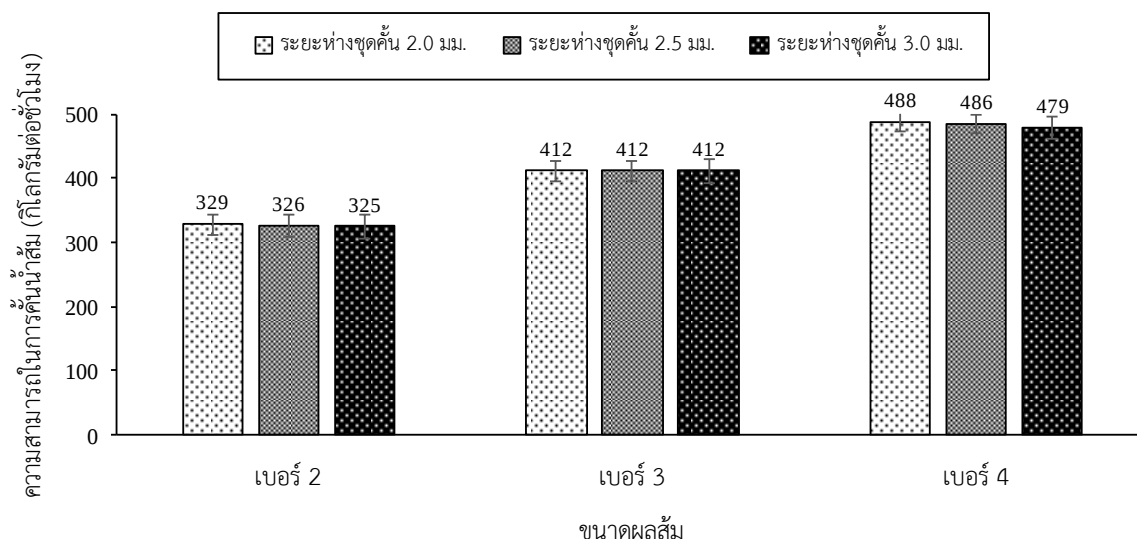
รูปที่ 7-9 แสดงผลการเปรียบเทียบระยะห่างชุดคั้นและขนาดผลส้มที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นน้ำส้มที่ความเร็วรอบชุดคั้น 5 รอบต่อนาที 10 รอบต่อนาที และ 15 รอบต่อนาที ผลการทดลองการปรับระยะห่างชุดคั้นให้มีความมากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการคั้นน้ำส้มมีค่าลดลง การคั้นผลส้มที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้ความสามารถในการคั้นน้ำส้มมีค่าสูงขึ้น โดยผลส้มเบอร์ 4 จะได้ค่าความสามารถในการคั้นน้ำส้มสูงสุดที่ 322-488 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การปรับความเร็วรอบเพิ่มสูงขึ้นทำให้ชุดคั้นสามารถทำการคั้นต่อเวลาได้เพิ่มขึ้น ในการทดลองปรับความเร็วรอบ 15 รอบต่อนาที ทำให้มีความสามารถในการคั้นน้ำส้มได้สูงสุด ผลการคั้นผลส้มเบอร์ 2, 3 และ 4 โดยมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นน้ำส้มอยู่ในช่วง 325-329 กิโลกรัมต่อชั่วโมง 412 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 479-488 กิโลกรัมต่อชั่วโมงตามลำดับ



รูปที่ 7 ความสามารถในการคั้นน้ำส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ที่ความเร็วรอบชุดคั้น 5 รอบต่อนาที



รูปที่ 8 ความสามารถในการคั้นน้ำส้ม (ลิตรต่อชั่วโมง) ที่ความเร็วรอบชุดคั้น 10 รอบต่อนาที

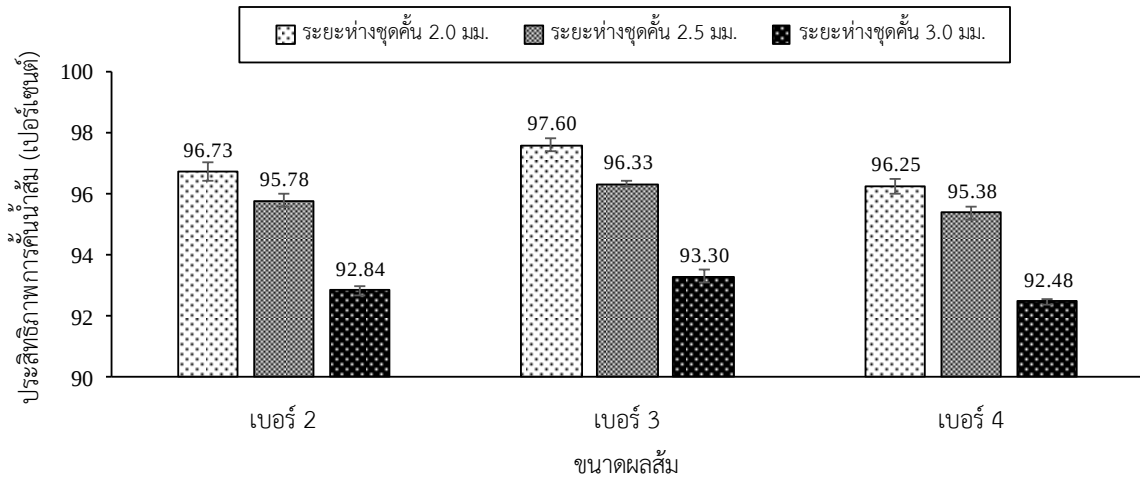


รูปที่ 9 ความสามารถในการคั้นน้ำส้ม (ลิตรต่อชั่วโมง) ที่ความเร็วรอบชุดคั้น 15 รอบต่อนาที

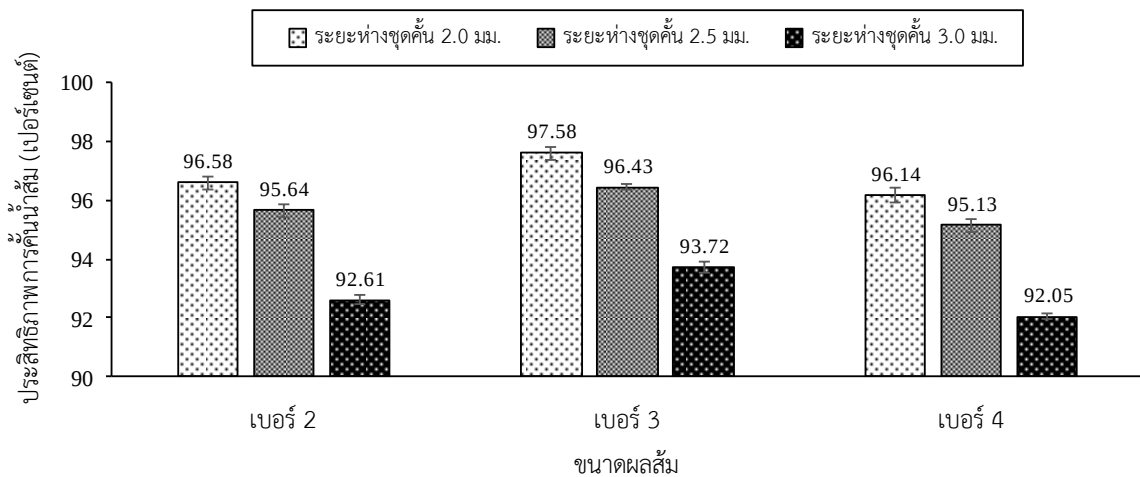
4.1.3 ประสิทธิภาพเครื่องคั้นน้ำส้ม

รูปที่ 10-12 แสดงผลการเปรียบเทียบระยะห่างชุดคั้นและขนาดผลส้มที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการคั้นน้ำส้ม ที่ความเร็วรอบชุดคั้น 5 รอบต่อนาที 10 รอบต่อนาที และ 15 รอบต่อนาที ผลการทดลองการใช้ความเร็วรอบที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นจะทำให้ชุดคั้นสามารถทำการคั้นต่อเวลาได้เพิ่มขึ้น แต่จะทำให้เวลาสำหรับการบีบคั้นเอาน้ำส้มออกจากเปลือกส้มลดลง ทำให้ยังมีน้ำส้มค้างอยู่ที่เปลือกส่งผลให้ประสิทธิภาพการคั้นลดต่ำลงและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มระยะห่างของชุดคั้นจะทำให้การบีบคั้นเอาน้ำส้มออกจากเปลือกส้มได้ลดต่ำลง ทำให้ประสิทธิภาพการคั้นมีค่าลดต่ำลง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ [8-11] ในภาพรวมการคั้นกับผลส้มเบอร์ 3 จะให้ประสิทธิภาพการคั้นสูงสุด เนื่องมาจากเป็นขนาดที่เหมาะสมกับหลุมคั้นและหัวคั้นมากที่สุดจึงทำให้สามารถคั้นเอาน้ำจากผลส้มได้ดีที่สุด

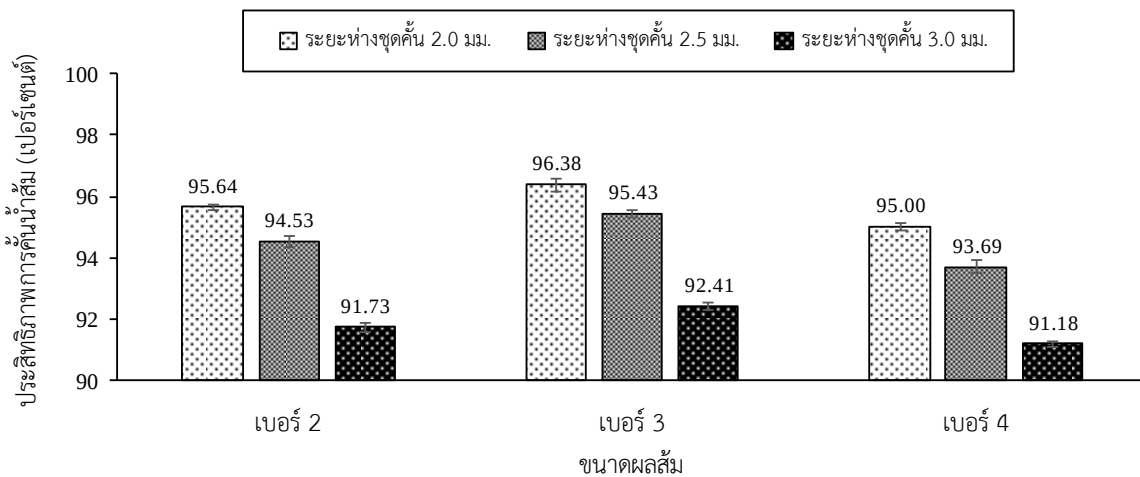
การปรับความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที ระยะห่างชุดคั่น 2 มิลลิเมตร และทำการคั่นกับผลส้มเบอร์ 3 จะทำให้มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการคั่นน้ำส้มสูงสุด 97.60 เปอร์เซนต์



รูปที่ 10 ประสิทธิภาพการคั่นน้ำส้ม (เปอร์เซ็นต์) ที่ความเร็วรอบชุดคั่น 5 รอบต่อนาที



รูปที่ 11 ประสิทธิภาพการคั่นน้ำส้ม (เปอร์เซ็นต์) ที่ความเร็วรอบชุดคั่น 10 รอบต่อนาที



รูปที่ 12 ประสิทธิภาพการคั่นน้ำส้ม (เปอร์เซ็นต์) ที่ความเร็วรอบชุดคั่น 15 รอบต่อนาที

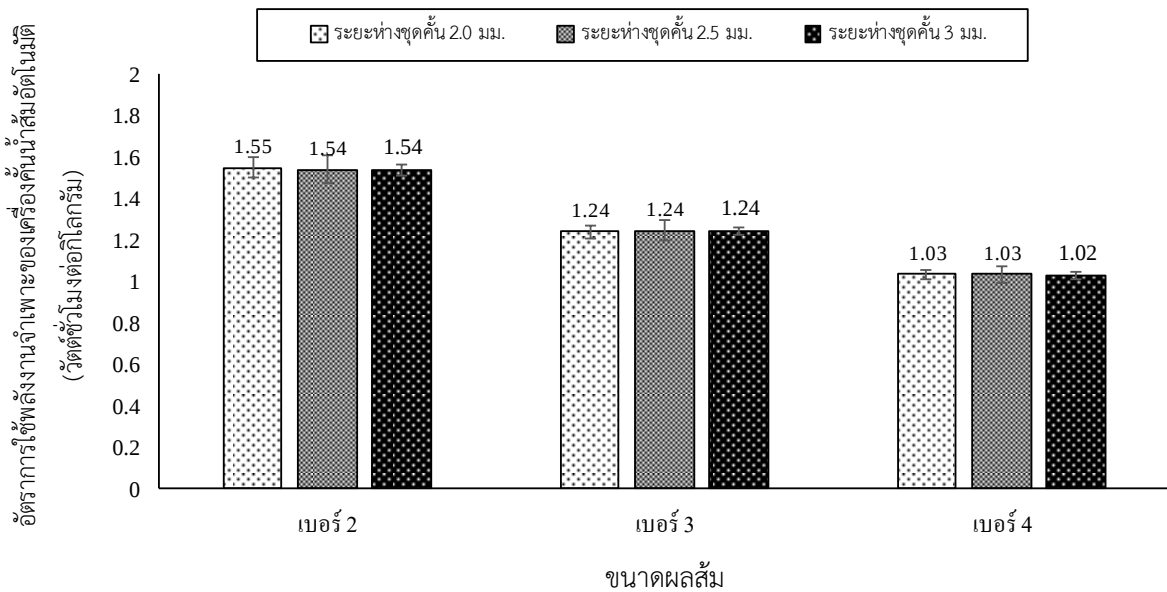
4.2 การวิเคราะห์ตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของเครื่องคั่นน้ำส้มอัตโนมัติ

จากการทดสอบสมรรถนะการแปรรูปน้ำส้มของเครื่องคั่นน้ำส้มต้นแบบด้วยการเปรียบเทียบระยะห่างชุดคั่น ขนาดผลส้มและความเร็วรอบชุดคั่น พบว่า เมื่อคำนึงถึงเฉพาะด้านความสามารถในการคั่นผลส้มและความสามารถในการคั่นน้ำส้ม การใช้ความเร็วรอบชุดคั่นที่สูง (15 รอบต่อนาที) และขนาดผลส้มที่ใหญ่ (เบอร์ 4) จะทำให้เครื่องคั่นน้ำส้มต้นแบบมีสมรรถนะด้านความสามารถในการคั่นผลส้มและความสามารถในการคั่นน้ำส้มสูงสุด แต่เมื่อคำนึงถึงด้านประสิทธิภาพการคั่นน้ำส้มนั้น การใช้ความเร็วรอบที่ต่ำ (5 รอบต่อนาที) ขนาดผลส้มที่พอดีกับหลุมคั่นและหัวคั่น (เบอร์ 3) และระยะห่างชุดคั่นที่น้อย (2 มิลลิเมตร) จะทำให้เครื่องคั่นน้ำส้มต้นแบบมีสมรรถนะด้านประสิทธิภาพการคั่นน้ำส้มสูงสุด แต่เมื่อคำนึงถึงทุกด้าน คือ ความสามารถในการคั่นผลส้มและความสามารถในการคั่นน้ำส้ม และประสิทธิภาพการคั่นน้ำส้มด้วยนั้น การใช้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 5 รอบต่อนาที เป็น 10 รอบต่อนาที จะทำให้ความสามารถในการคั่นผลส้มและความสามารถในการคั่นน้ำส้มมีค่าสูงสุด โดยที่ประสิทธิภาพการคั่นน้ำส้มไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจุดที่เหมาะสมสำหรับการปรับตั้งเครื่องคั่นน้ำส้มต้นแบบสำหรับการใช้งาน คือความเร็วรอบชุดคั่น 10 รอบต่อนาที ขนาดผลส้มเบอร์ 3 และระยะห่างชุดคั่น 2 มิลลิเมตร

4.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางพลังงานเครื่องคั่นน้ำส้มอัตโนมัติ

4.3.1 อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเครื่องคั่นน้ำส้มอัตโนมัติ

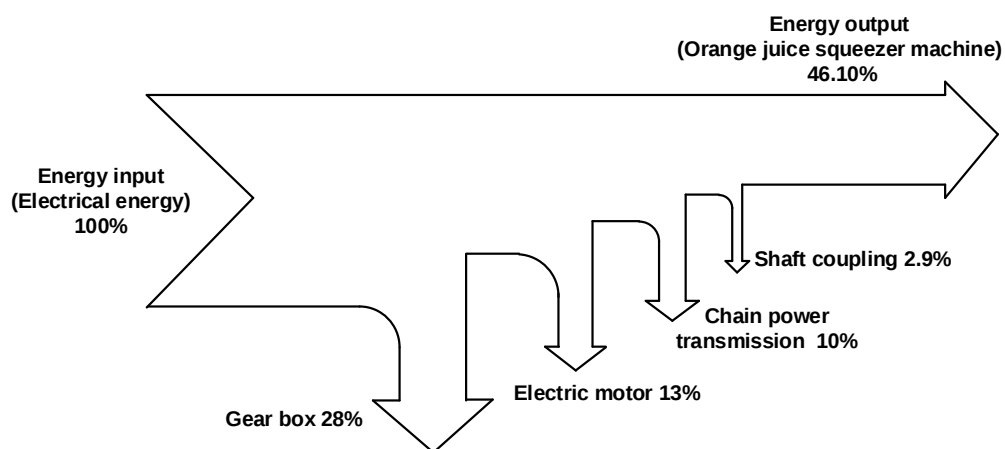
อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ คือ อัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยการคั่นผลส้ม ถือว่าเป็นหนึ่งในดัชนีวัดประสิทธิภาพทางพลังงานของระบบ รูปที่ 13 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยของเครื่องคั่นน้ำส้มอัตโนมัติ พบว่าความเร็วรอบชุดคั่นและขนาดผลส้มมีผลกระทบต่ออัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของเครื่องคั่นน้ำส้ม การใช้ผลส้มเบอร์ 4 ให้อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำสุดเนื่องจากผลส้มเบอร์ 4 มีขนาดใหญ่ทำให้น้ำหนักต่อผลมากที่สุดเมื่อนำมาหาอัตราความสิ้นเปลืองพลังงานซึ่งเปรียบเทียบกับน้ำหนักจึงได้ค่าต่ำที่สุด ในขณะที่ผลการปรับระยะห่างของชุดคั่นที่ระยะ 2.0 มิลลิเมตร 2.5 มิลลิเมตร 3.0 มิลลิเมตร ค่าอัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะแตกต่างกันน้อยมากเมื่อเทียบกับขนาดของผลส้ม ที่การปรับความเร็วรอบชุดคั่น 10 รอบต่อนาที ระยะห่างชุดคั่นระยะ 3.0 มิลลิเมตร ขนาดผลส้มเบอร์ 4 ให้อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำสุด 1.02 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม และที่ระยะห่างชุดคั่นระยะ 2.0 มิลลิเมตร เมื่อนำไปใช้กับขนาดผลส้มเบอร์ 2 ให้อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสูงสุด 1.55 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม



รูปที่ 13 อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ (วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม) ที่ความเร็วรอบชุดคั่น 10 รอบต่อนาที

4.3.2 ประสิทธิภาพทางพลังงานเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ

จุดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบ คือ จุดที่ความเร็วรอบชุดคั่น 10 รอบต่อนาที ขนาดผลส้มเบอร์ 3 และระยะทางชุดคั่น 2 มิลลิเมตร การหาประสิทธิภาพทางพลังงานรวมของเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบได้ใช้วิธีการหาโดยอ้อม คือการหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า ประสิทธิภาพของชุดคัปปลิงส่งผ่านเพลาลับ ประสิทธิภาพของชุดเกียร์ทดรอบ และประสิทธิภาพของชุดส่งกำลังด้วยโซ่ สามารถวิเคราะห์ได้เป็น 87 เปอร์เซ็นต์ 97.1 เปอร์เซ็นต์ 72 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ [12-15] เมื่อวิเคราะห์การนำเอาพลังงานไฟฟ้าไปใช้งานกับเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติจะเหลือพลังงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุด 46.10 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นกำลังงานได้ 343.90 วัตต์ รายละเอียดการวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางพลังงานเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางพลังงานของเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ

4.4 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ

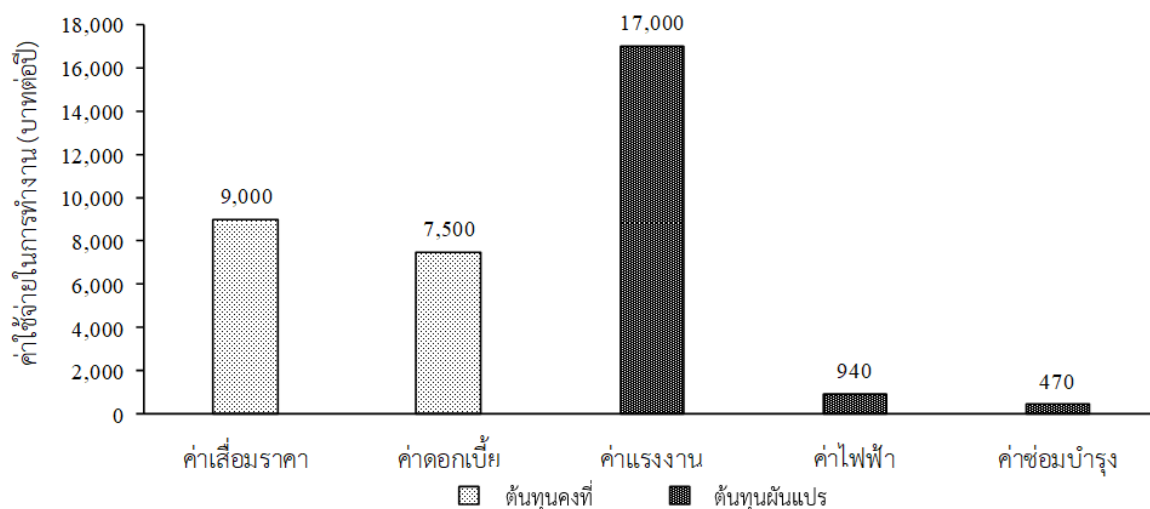
การวิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์จะประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ต้นทุนการแปรรูปน้ำส้ม ระยะเวลาคืนทุนและการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน โดยกำหนดให้ตัวแปรที่มีค่าดังต่อไปนี้ ราคาขายเครื่องคั้นน้ำส้ม (P) 100,000 บาท มูลค่าซาก (S) คิดที่ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาเครื่องคั้นน้ำส้ม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10,000 บาท อายุการใช้งาน (Y) คิดที่ 10 ปี ทำให้ได้ค่าเสื่อมราคา (D) 9,000 บาท ค่าดอกเบี้ย (I) คิดที่ 7.5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ทำให้ได้ค่าดอกเบี้ย 7,500 บาทต่อปี ค่าแรงงาน (L) 340 บาทต่อวัน คิดจากค่าแรงขั้นต่ำของจังหวัดเชียงใหม่ ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน ระยะเวลาการทำงานของเครื่องคั้นน้ำส้ม (h) คิดที่ 6 ชั่วโมงต่อวัน โดยคิดหักกลับเวลาไป 2 ชั่วโมงต่อวัน สำหรับใช้ในการจัดเตรียมเครื่อง การพักเบรกการทำงานของเครื่องและแรงงานคน รวมไปถึงการล้างทำความสะอาด ค่าไฟฟ้าคิดที่ 4.2 บาทต่อหน่วย เมื่อใช้กำลังมาจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า (746 วัตต์) ทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน จะได้ค่าไฟฟ้า (E) 18.8 บาทต่อวัน ค่าความสามารถในการคั้นผลส้ม (Cap) 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้จากการปรับตั้งเครื่องคั้นน้ำส้มที่ความเร็วรอบของชุดคั้น 10 รอบต่อนาที ระยะห่างชุดคั้น 2 มิลลิเมตร และขนาดผลส้มเบอร์ 3 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการใช้งานมากที่สุด จำนวนวันที่ปฏิบัติงานต่อปี (A) 50-300 วันต่อปี เพื่อเป็นการจำลองสถานการณ์ใช้งานของเครื่องคั้นน้ำส้มจากน้อยไปมาก อัตราค่ารับจ้างในการคั้นผลส้ม (CR) 1-4 บาทต่อกิโลกรัม ได้มาจากการเปรียบเทียบกับค่าจ้างการใช้แรงงาน คั้นส้มด้วยการคั้นด้วยมือที่สามารถคั้นส้มได้ 85-340 กิโลกรัมต่อวัน ใช้วิธีเส้นตรงในการคิดค่าเสื่อมราคา ไม่คิดค่าโรงเรือน ค่าภาษี และค่าประกัน [16] คิดค่าใช้จ่ายในปี 2566 เป็นฐานการคำนวณ ซึ่งมีตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวแปรการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ตัวแปรการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	ค่าที่ใช้	หน่วย
ราคาเครื่องคั้นน้ำส้ม (P)	100,000	บาท
มูลค่าซาก (S)	10	เปอร์เซ็นต์
อายุการใช้งาน (Y)	10	ปี
ค่าเสื่อมราคา (D)	9,000	บาทต่อปี
ค่าดอกเบี้ย (I)	7.5	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
ค่าแรงงาน (L)	340	บาทต่อวัน
อัตราค่าไฟฟ้า (e)	4.2	บาทต่อหน่วย
ค่าซ่อมบำรุง (M)	9.4 (50 % ของ E)	บาทต่อวัน
ระยะเวลาการทำงานของเครื่องคั้นน้ำส้ม (h)	6	ชั่วโมงต่อวัน
ความสามารถในการทำงานของเครื่องคั้นผลส้ม (Cap)	600	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
จำนวนวันที่ปฏิบัติงานต่อปี (A)	50-300	วันต่อปี
อัตราค่าจ้างในการคั้นน้ำส้ม (CR)	1-4	บาทต่อกิโลกรัม

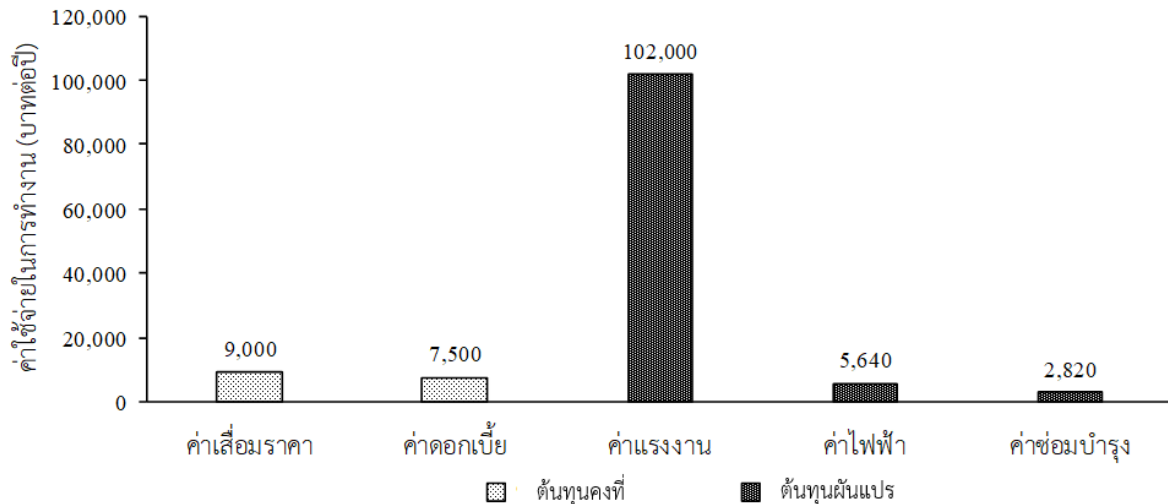
4.4.1 การวิเคราะห์ต้นทุนการแปรรูปน้ำส้ม

รูปที่ 15 ค่าใช้จ่ายในการทำงานประกอบไปด้วย ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) เพราะการที่จะประมาณค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในอนาคต จำเป็นต้องทราบว่าเมื่อปริมาณงานที่ทำเปลี่ยนแปลงไปต้นทุนจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ถ้าหากต้นทุนรายการนั้นไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อปริมาณงานเปลี่ยนไปต้นทุนนั้น คือ ต้นทุนคงที่ ถ้าต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายรายการใดมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีปริมาณงานที่เปลี่ยนไปจากเดิมต้นทุนนั้น คือ ต้นทุนผันแปร [17] สำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนการแปรรูปน้ำส้ม ต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาและค่าดอกเบี้ย ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามปริมาณการใช้งาน ส่วนต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าจ้างแรงงาน ค่าพลังงานไฟฟ้า และค่าซ่อมบำรุง ซึ่งแปรผันตามการใช้งานของเครื่องโดยในรูปที่ 14 ต้นทุนผันแปรจะใช้งานอยู่ที่ 50 วันต่อปี เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนอื่น ๆ พบว่าค่าแรงงานมีค่าใช้จ่ายในการทำงานสูงสุดที่ 17,000 บาทต่อปี และจะสูงขึ้นไปอีกเมื่อจำนวนวันใช้งานมากขึ้น



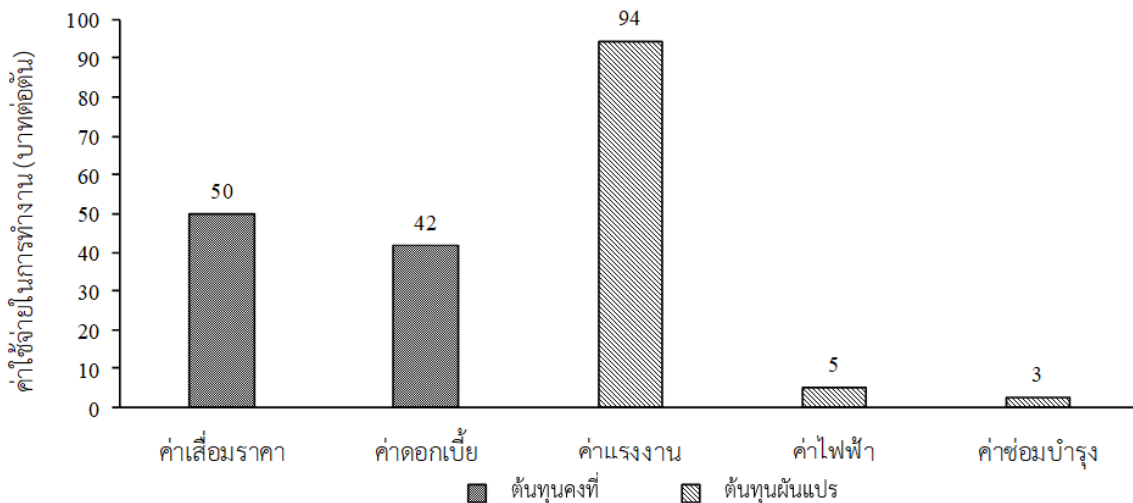
รูปที่ 15 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำงานต่อปีที่ 50 วันต่อปี

รูปที่ 16 เมื่อวันใช้งานเพิ่มขึ้นเป็น 300 วันต่อปี ต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาและค่าดอกเบี้ยนั้น ไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี ส่วนต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าจ้างแรงงาน ค่าไฟฟ้า และค่าซ่อมบำรุงนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะค่าแรงงาน มีค่าใช้จ่ายในการทำงานสูงสุดที่ 102,000 บาทต่อปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าแรงงานนั้นมีสัดส่วนที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายส่วนอื่นเป็นอย่างมาก ส่วนราคาขายของเครื่องคั้นน้ำส้ม เมื่อคิดเป็นค่าเสื่อมราคา ค่าดอกเบี้ย รวมไปถึงค่าไฟฟ้าและค่าซ่อมบำรุงนั้นมีสัดส่วนที่น้อยแสดงให้เห็นว่าเครื่องคั้นน้ำส้มนั้นมีราคาขายและค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องที่ไม่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรง

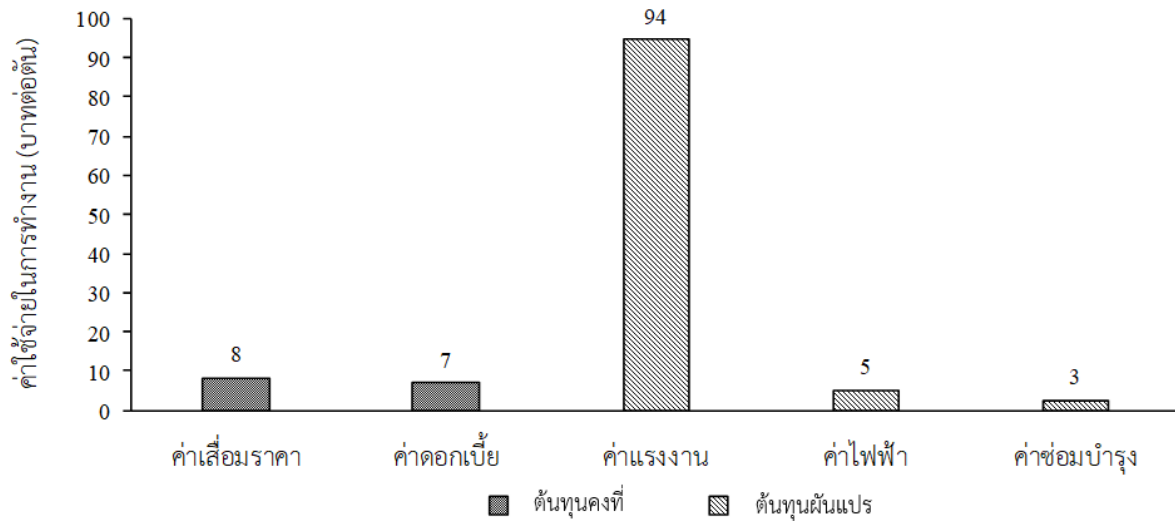


รูปที่ 16 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำงานต่อปีที่ 300 วันต่อปี

รูปที่ 17 และ 18 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำงานต่อน้ำหนักผลส้ม การเพิ่มวันใช้งานจาก 50 วันต่อปี เป็น 300 วันต่อปี จะทำให้ค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาและค่าดอกเบี้ยนั้นมีค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนักผลส้มลดลง เนื่องจากเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามปริมาณการใช้งาน เมื่อวันใช้งานเพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนักผลส้มลดลง ส่วนต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าจ้างแรงงาน ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าซ่อมบำรุง การเพิ่มวันใช้งานเป็น 300 วันต่อปี นั้นไม่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนักผลส้มลดลงและมีค่าเท่ากับวันใช้งานเป็น 50 วันต่อปี เนื่องจากต้นทุนผันแปรจะเปลี่ยนไปตามปริมาณการใช้งาน ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนักผลส้มอยู่แล้วจึงทำให้มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง

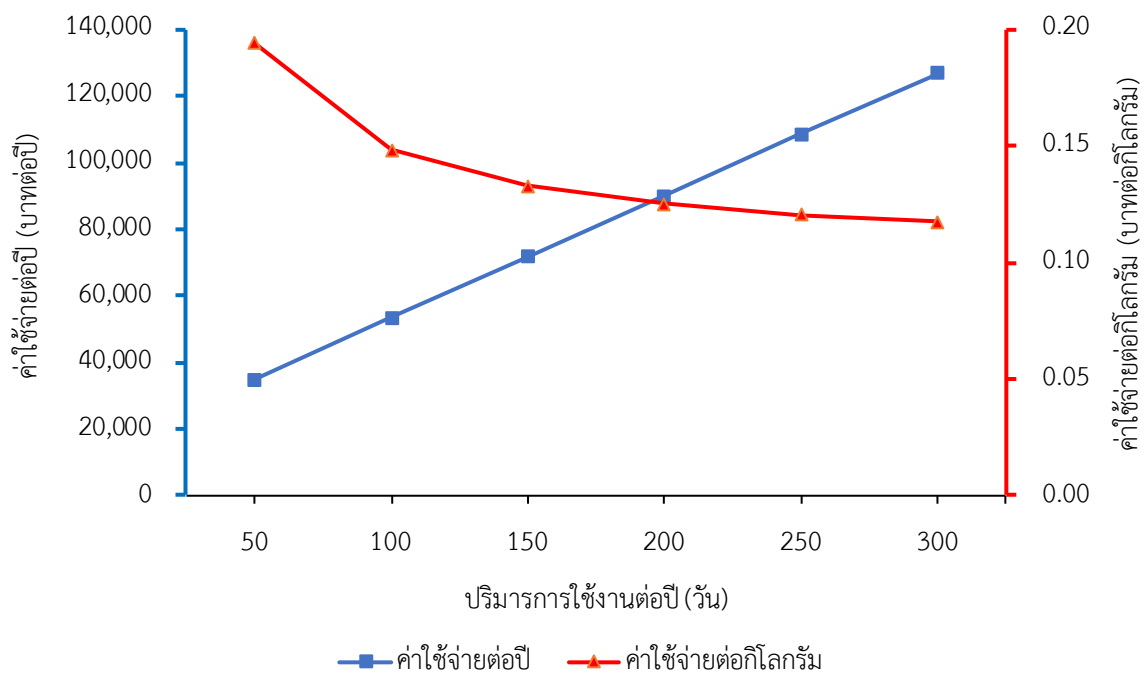


รูปที่ 17 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำงานต่อน้ำหนักผลส้มที่ 50 วันต่อปี



รูปที่ 18 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำงานต่อน้ำหนักผลส้มที่ 300 วันต่อปี

รูปที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายรวมและปริมาณการใช้งานแสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายในการทำงานต่อปีจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่ปฏิบัติงานต่อปีมีค่าอยู่ระหว่าง 34,910-126,960 บาทต่อปี แต่โดยรวมแล้วจะทำให้ค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนักการคั้นส้มผลสดลดลง [18] โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.12-0.19 บาทต่อกิโลกรัม

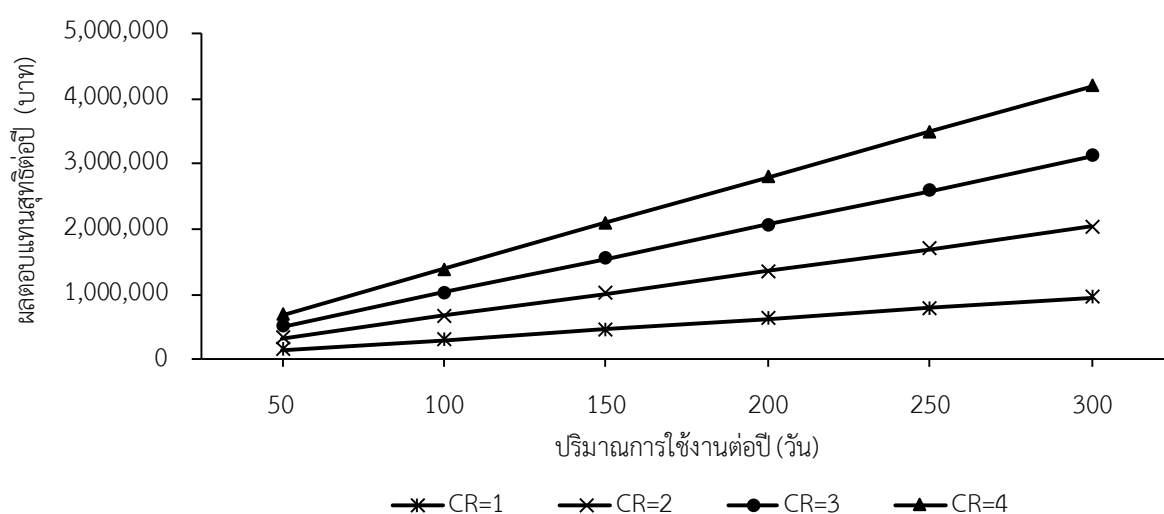


รูปที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายรวมและปริมาณการใช้งาน

4.4.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

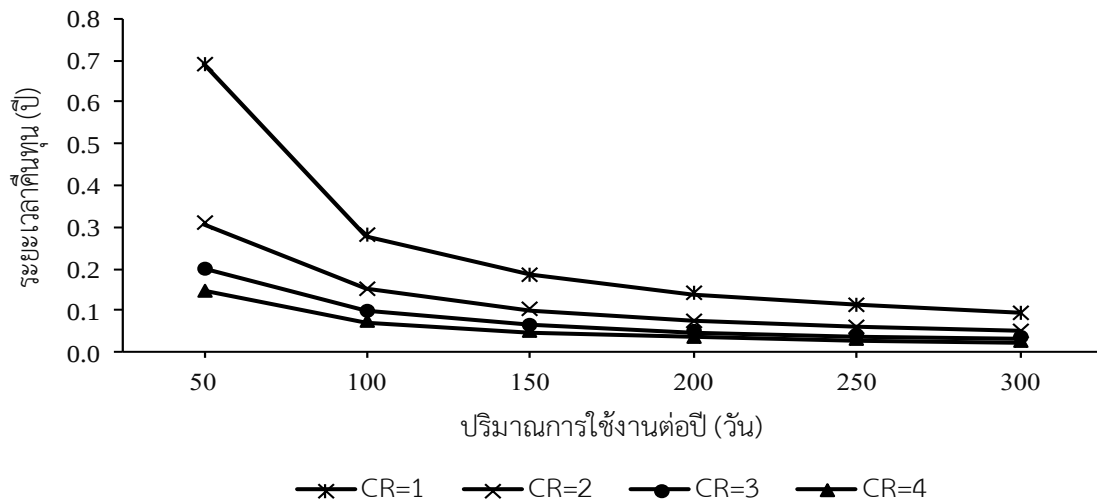
รูปที่ 20 ผลของปริมาณการใช้งานต่อปีและอัตราค่ารับจ้างในการคั้นผลส้มต่อผลตอบแทนสุทธิต่อปี โดยการจำลองสถานการณ์ใช้งานของเครื่องคั้นน้ำส้มจากน้อยไปมาก คือใช้จำนวนวันที่ปฏิบัติงาน

ต่อปี (A) 50-300 วันต่อปี การกำหนดอัตราค่าจ้างในการคั้นน้ำส้มจะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพเศรษฐกิจ ค่าจ้างแรงงานคนในการคั้นน้ำส้ม เป็นต้น ทั้งนี้อัตราค่าจ้างที่นำมาวิเคราะห์เป็นเพียงข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงานจริง ในที่นี้จะใช้อัตราค่าจ้างในการคั้นผลส้ม (CR) 1-4 บาทต่อกิโลกรัม ได้มาจากการเปรียบเทียบกับค่าจ้างการใช้แรงงานคั้นส้มด้วยการคั้นด้วยมือ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผลตอบแทนสุทธิจะมีค่าต่ำที่สุดที่ 145,090 บาทต่อปี เมื่อปริมาณการใช้งานต่อปีน้อยที่สุดคือ 50 วัน และอัตราค่าจ้างในการคั้นผลส้มน้อยที่สุดคือ 1 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อปริมาณการใช้งานต่อปี และอัตราค่าจ้างในการคั้นผลส้มเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลตอบแทนสุทธิเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน นั่นคือผลตอบแทนสุทธิจะแปรผันตรงกับปริมาณการใช้งานเครื่องต่อปี และอัตราค่าจ้างในการคั้นผลส้ม โดยมีค่าสูงสุดที่ 4,193,040 บาทต่อปี เมื่อปริมาณการใช้งานต่อปีสูงที่สุดคือ 300 วัน และอัตราค่าจ้างในการคั้นผลส้มสูงที่สุดคือ 4 บาทต่อกิโลกรัม



รูปที่ 20 ผลของปริมาณการใช้งานต่อปีและอัตราค่าจ้างในการคั้นผลส้มต่อผลตอบแทนสุทธิต่อปี

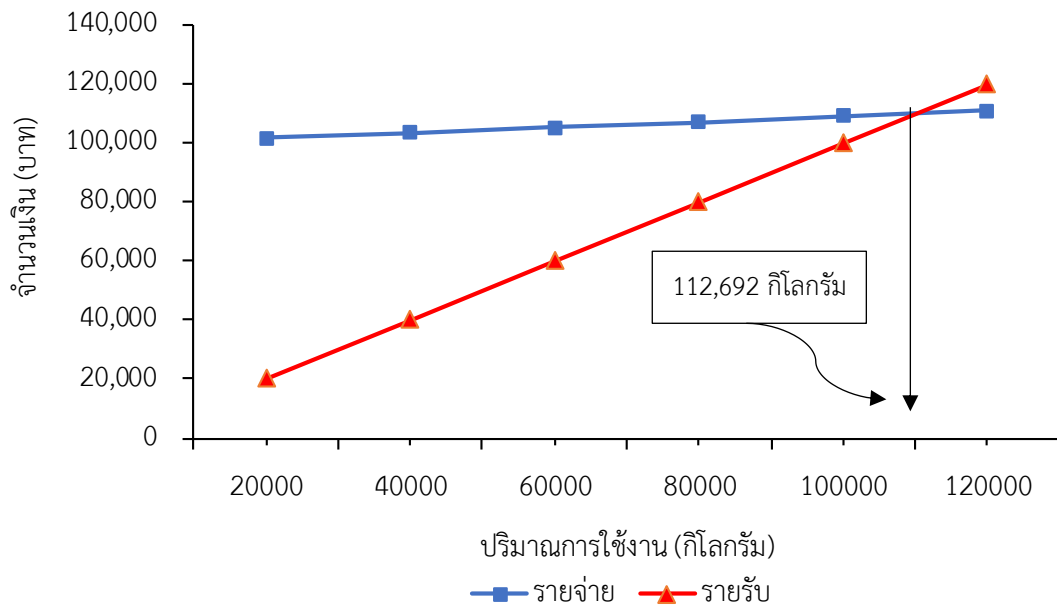
รูปที่ 21 แสดงระยะเวลาคืนทุนของการนำเครื่องคั้นผลส้มไปรับจ้างคั้น โดยระยะเวลาคืนทุนคืออัตราส่วนของเงินลงทุนต่อผลตอบแทนสุทธิที่ได้รายปี [19] การวิเคราะห์พบว่า การเพิ่มปริมาณการใช้งานต่อปีและการมีกำไรหรือเพิ่มอัตราค่าจ้างต่อหน่วยเพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนลดต่ำลง การใช้งานในช่วง 50-300 วันต่อปี และอัตราค่าจ้างอยู่ในช่วง 1-4 บาทต่อกิโลกรัม จะให้ระยะเวลาคืนทุนอยู่ในช่วง 0.02-0.68 ปี หรือ 7.3 -248 วัน การที่ระยะเวลาคืนทุนสามารถทำได้ในเวลาอันสั้นนั้นเกิดจากความสามารถในการคั้นผลส้มที่สูงมากคือ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนทำได้เพียง 10-42 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เนื่องมาจากตัวเครื่องถูกออกแบบให้สามารถทำการคั้นน้ำส้มได้ครอบคลุมทุกกระบวนการและเป็นไปอย่างอัตโนมัติ จึงทำให้สามารถคั้นน้ำส้มออกมาได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 21 ผลของปริมาณการใช้งานต่อปี และอัตราค่ารับจ้างในการค้นผลสัมต่อระยะเวลาดำเนินทุน

4.4.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

จุดคุ้มทุน หมายถึง จุดที่รายได้และรายจ่าย (ต้นทุน) เท่ากัน เพื่อให้สามารถศึกษาผลกระทบของผลกำไรหรือขาดทุนจากการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณการผลิตหรือขายและใช้ประโยชน์จากการตัดสินใจต่าง ๆ สามารถใช้สมการทางคณิตศาสตร์มาคำนวณและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุนและผลกำไร [17] ในที่นี้จะใช้อัตราค่ารับจ้างในการค้นผลสัม (CR) 1 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งจะทำให้ถึงจุดคุ้มทุนช้าที่สุด พบว่า จุดที่รายรับและรายจ่ายเท่ากันคือจุดที่เส้นกราฟตัดกันคือปริมาณการใช้งานที่ 112,692 กิโลกรัมจึงจะถึงจุดคุ้มทุน หรือ 187.82 ชั่วโมงการทำงาน (ความสามารถในการทำงานของเครื่องค้นน้ำส้ม 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 จุดคุ้มทุนของการใช้งานเครื่องค้นน้ำส้ม

5. สรุปผล

5.1 ความเร็วรอบของชุดคั้น ระยะห่างของชุดคั้น และขนาดผลส้ม มีผลต่อความสามารถในการคั้นผลส้ม ความสามารถในการคั้นน้ำส้ม ประสิทธิภาพการคั้น

5.2 การใช้เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติแบบหลายชุดคั้น ความเร็วรอบของชุดคั้น ระยะห่างของชุดคั้น และขนาดผลส้มที่เหมาะสมที่สุดคือ 10 รอบต่อนาที, 2 มิลลิเมตร และเบอร์ 3 ตามลำดับ

5.3 ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการแปรรูปน้ำส้ม ได้แก่ ความเร็วรอบของชุดคั้น ระยะห่างของชุดคั้น และขนาดผลส้ม ในการคั้นน้ำส้มในสภาวะที่เหมาะสมสูงสุดมีต้นทุนค่าใช้จ่ายต่อกิโลกรัมการคั้นผลส้มมีค่าอยู่ระหว่าง 0.12-0.19 บาทต่อกิโลกรัม

5.4 การใช้เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติแบบหลายชุดคั้น มีระยะเวลาคั้นทุนอยู่ในช่วง 0.02- 0.68 ปี (7.3-248.2 วัน) ส่วนจุดคุ้มทุนอยู่ที่ปริมาณการใช้งานที่ 112,692 กิโลกรัม หรือ 187.82 ชั่วโมง

5.5 เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติแบบหลายชุดคั้นนี้มีความเหมาะสมต่อผู้ประกอบการแปรรูปน้ำส้มเนื่องจากสามารถใช้งานได้ถูกต้องตามหลักสุขอนามัย ระบบการคั้นน้ำส้มเป็นไปอย่างอัตโนมัติและมีกำลังการผลิตน้ำส้มสูงจึงทำให้สามารถลดต้นทุนค่าแรงในการคั้นน้ำส้มได้มาก มีราคาค้นทุนของเครื่องที่ไม่แพงเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาคั้นทุนที่ทำได้อย่างรวดเร็ว

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (Postharvest Technology Innovation Center) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ทุนสนับสนุนงบประมาณการวิจัย คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตรและวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้อนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์และพื้นที่ในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] จุฑามาส อ่อนวิมล. (2547). ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสวนส้ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: เกษตรสาส์น.
- [2] Nnamdi, U. B., Oniyejiuwa, C. T., & Ogbuke, C. R. (2020). Review of orange juice extractor machines. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 5(5), 485-492.
- [3] สีนธนา สีนานุรักษ์. (2542). การแปรรูปผักและผลไม้. ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- [4] เสมอขวัญ ดันติกุล. (2549). การออกแบบสร้างและประเมินผลเครื่องคั้นน้ำส้มแบบจานหมุน. รายงานการวิจัยคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

- [5] Aviara, N. A., Lawa, A. A., Nyam, D. S., & Bamisaye, J. (2013). Development and performance evaluation of a multi-fruit juice extractor. *Global Journal of Engineering, Design and Technology*, 2(2), 16-21.
- [6] Aviara, N. A., Shittu, S. K., & haque, M. A. (2008). Development of a guna seed extractor. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.
- [7] Oje, K. (1993). Some engineering properties of thevetia nut. *Journal of Agricultural Engineering and Technology*, 1, 38-45.
- [8] กรุง จันทรศรี และสมภพ แก้วเอียน. (2545). การออกแบบและประเมินผลเครื่องคั้นน้ำส้ม. *โครงการงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้*.
- [9] ชนะทิศ วรเดชมงคล ญัฐกานต์ โฆสิตาภา นภดล แสงวนคร และวศิน สารวิทย์. (2542). เครื่องคั้นน้ำส้มแบบอัตโนมัติ. *โครงการงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*.
- [10] ทวีภูมิ ไคว้ตระกูล ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย และมิละคา เกื้อนมูลแสน. (2541). เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ. *โครงการงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*.
- [11] วรศิลป์ วจิประทับจิตร์ และวิชาญ วรณเลิศศรี. (2537). เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ. *โครงการงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*.
- [12] Ni, C. C. (2013). Potential energy savings and reduction of CO2 emissions through higher efficiency standards for polyphase electric motors in Japan. *Energy policy*, 52, 737-747.
- [13] Li, Z., Min, F., Xin, T., Zhao, X., Li, H., Chen, Z., ... & Chen, J. (2021). Investigation of the pump coupling efficiency of a side-pumping combiner based on tapered-fused method. *Optics Express*, 29(12), 17784-17794.
- [14] Magyar, B., & Sauer, B. (2014, August). Calculation of the efficiency of worm gear drives. In *Proceedings of International Gear Conference* (pp. 15-23).
- [15] Zhang, S. P., & Tak, T. O. (2020). Efficiency estimation of roller chain power transmission system. *Applied Sciences*, 10(21), 7729.
- [16] เพ็ญจันทร์ จริ่งจิตร์. (2552). การวิเคราะห์ต้นทุน-ปริมาณการผลิต-กำไร. *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต*. กรุงเทพฯ.
- [17] พชรินทร์ เป้าหิน. (2562). การวิเคราะห์ต้นทุนกิจกรรมและผลตอบแทนของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยอำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. *การค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้*.

- [18] ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล และวิสันต์ แก้วมณี. (2546). การศึกษาและออกแบบโมเดลชุดคั้นน้ำส้มโดยไม่ผ่านผลส้ม. โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- [19] พิชรินทร์ อินทมาส มณีรัตน์ ชัยสกุลนิยม พเนตร์ สุขสิงห์ และธีระ พงษ์บุญรักษา. (2565). การวิเคราะห์เชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาระดับครัวเรือน. Rattanakosin Journal of Science and Technology, 4(3), 47-56.