

การออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

Design and Fabrication of Straw Cutting Machine

ปณณวิชญ์ ทองคำ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์* รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ สุนัน ปานสาคร

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

Pannawit Thongkham Jaturong Langkapin* Roongruang Kalsirisilp Sunan Parnsakhorn

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology
Thanyaburi (RMUTT), Pathumthani 12110, THAILAND

*Corresponding author Email: jaturong.l@en.rmutt.ac.th

(Received: April 14, 2022; Revised: September 18, 2022 ; Accepted: September 29, 2022)

บทคัดย่อ

เครื่องตัดฟางข้าวถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดเวลาและแรงงานคนในการตัดฟางข้าวสำหรับนำฟางข้าวมาแปรรูปเป็นกระดาษ โดยเครื่องตัดฟางข้าวประกอบด้วย ชุดโครงสร้างเครื่อง ชุดป้อนลำเลียง ชุดใบมีดตัด และระบบส่งกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง โดยทดสอบที่ความเร็วของใบมีด 3.03, 6.27 และ 7.80 m/min และ มุมของใบมีด 25, 45 และ 65° ตามลำดับ ผลการทดสอบของเครื่องตัดฟางข้าวพบว่าความเร็วของใบมีดที่มีความสามารถในการทำงานที่ดีที่สุดคือ 7.80 เมตรต่อนาที และมีมุมของใบมีด 45° มีความสามารถในการตัดฟางข้าวเท่ากับ 8.39 kg/hr มีเปอร์เซ็นต์การตัดฟางข้าว 64.4% และมีการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.74 kW-hr ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเมื่อใช้เครื่องตัดฟางข้าว 2,000 ชั่วโมงต่อปี มีค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่อง 50.7 บาทต่อชั่วโมง มีระยะเวลาในการคืนทุน 10.12 เดือน จุดคุ้มทุนในการทำงาน 467.4 ชั่วโมงต่อปี และพบว่าเครื่องตัดฟางข้าวมีความสามารถในการทำงานมากกว่าแรงคนประมาณ 6.7 เท่า

คำสำคัญ: ฟางข้าว, การออกแบบ, เครื่องตัดฟางข้าว, เครื่องตัด

ABSTRACT

The straw cutting machine was designed and built to minimize the time and labor requirement in straw cutting for straw paper processing. The straw cutting machine consists of a set of machine structures, feeding unit, cutting blade unit, power transmission unit and a 1 hp electric motor which was used as a prime mover. The results of the prototype testing revealed that among the blade speeds of 3.03, 6.27, and 7.80 m/min and blade angles of 25, 45, and 65° respectively, the machine performed best at 7.80 m/min and blade angles of 45°, capable of running at 8.39 kg/hr. The percentage of cutting was 64.4% with power consumption was 0.74 kW-hr. Based on the analysis of engineering economics, it was found that the straw cutting machine worked 2,000 hours per year, with an average cost of 50.7 baht per hour. The payback period was 10.12 months and the break-even point of the machine was 467.4 hours per year. This prototype can work at least 6.7 times as fast as human labor.

Keyword: straw, design, straw cutting machine, cutter.

1. บทนำ

ข้าว เป็นเมล็ดของพืชในสกุลข้าวที่พบมากในเอเชีย ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Oryza sativa* ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งมีการปลูกมากที่สุดเป็นอันดับสองทั่วโลก รองจากข้าวโพด ข้าวเป็นธัญพืชสำคัญที่สุดในด้านโภชนาการและการได้รับแคลอรีของมนุษย์ เพราะข้าวโพดส่วนใหญ่ปลูกเพื่อจุดประสงค์อื่น มิใช่ให้มนุษย์บริโภค ทั้งนี้ ข้าวคิดเป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าที่มนุษย์ทั่วโลกบริโภค ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 64 ล้านไร่ ได้ผลผลิตข้าว 24 ล้านตัน [1] การปลูกข้าวนั้นเกิดขึ้นควบคู่ไปกับวัฒนธรรมไทยมากกว่า 5,500 ปีมาแล้ว โดยหลักฐานทางประวัติศาสตร์ที่สำคัญก็คือเครื่องปั้นดินเผาที่เป็นภาชนะไวใส่ข้าว ในสมัยสุโขทัย ศิลาจารึกยังถูกบันทึกไว้ด้วยข้อมูลที่ระบุถ้อยคำว่า "ในน้ำมีปลา ในนามีข้าว" นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญที่สุดในประวัติศาสตร์ก็คือการเปิดเสรีทางการค้ากับต่างประเทศ ในสมัยอยุธยา ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ข้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเป็นสินค้าส่งออกของประเทศไทยตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา [2] ซึ่งประเทศไทยนิยมปลูกข้าวสายพันธุ์ ข้าวหอมมะลิ ข้าวเหนียว ข้าวขาว และข้าวเพื่อสุขภาพสำหรับประเทศไทยข้าวที่ปลูกจะเป็นชนิด indica โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว นอกจากนี้พันธุ์ข้าวยังได้ถูกปรับปรุงและคัดสรรสายพันธุ์มาโดยตลอด จึงทำให้มีหลากหลายสายพันธุ์ทั่วโลกที่มีรสชาติและคุณสมบัติของข้าวที่แตกต่างกันออกไป โดยพันธุ์ข้าวไทยที่มีชื่อเสียงระดับโลกก็คือ ข้าวหอมมะลิ โดยข้าวที่มีคุณค่าทางอาหารสูงก็คือ ข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ ข้าวกล้องงอก และข้าวเสริมวิตามิน [3] ซึ่งหลังจากการเก็บเกี่ยวจะมีปริมาณฟางข้าวจำนวนมาก แต่การนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มคุณค่าและมูลค่าเชิงเศรษฐกิจนั้นมีจำนวนที่น้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจและเทคโนโลยีในการนำฟางข้าวมาใช้ประโยชน์ ส่งผลให้เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเผาทำลายฟางข้าว เพื่อการเตรียมดินทำนาปีต่อไป การเผาฟางข้าวทั้งของเกษตรกรนี้ทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าและมูลค่าเชิง

เศรษฐกิจอย่างมากทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมามากมาย เช่น ทำให้พื้นที่เพาะปลูกเสื่อมโทรมเผาผลาญอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดิน ทำลายโครงสร้างดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชลงอย่างต่อเนื่องทุกปี ก่อให้เกิดเขม่าควัน เถ้า ฝุ่นละออง ก๊าซพิษ ส่งผลเสียต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้เกิดการเสียสมดุลธรรมชาติ อากาศร้อน ขึ้น เป็นต้น แล้วยังทำให้เกิดมลภาวะโลกร้อน ทำให้น้ำแข็งที่ขั้วโลกละลายอาจทำให้เกิดน้ำท่วมขึ้นได้ [4]

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยในการปลูกข้าวแต่ละครั้งย่อมมีฟางข้าวที่หลงเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก จะเผาทิ้งก็จะทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ และปัญหาอื่น ๆ อีกตามมา ดังนั้นจึงเกิดแนวความคิดในการทำกระดาดจากฟางข้าวโดยกลุ่มแม่บ้านแสงตะวัน ต. กระแซง อ.สามโคก จ.ปทุมธานี มีวิธีการทำกระดาดจากฟางข้าวดังนี้ โดยในขั้นตอนแรกในการทำคือ การตัดฟางข้าวให้มีขนาดประมาณ 1-2 นิ้ว ให้ได้ปริมาณพอสมควร หลังจากตัดฟางข้าวเสร็จแล้วก็นำฟางข้าวมาใส่หม้อที่ต้มน้ำไว้ แล้วใส่โซดาไฟลงไปต้มด้วย โดยจะทำการต้มฟางประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ฟางอ่อนตัวลง เมื่อฟางอ่อนตัวลงแล้ว ก็นำมาล้างมือออกด้วยความระมัดระวัง ให้ปลอดภัยก็ควรดูมืออย่างในการทำ หลังจากนั้นก็นำฟางที่ล้างสะอาดแล้วมาใส่ลงในเครื่องปั่น ใส่เข้าไปประมาณ 1 ถ้วยตวง แล้วจึงปั่น ปั่นฟางจนละเอียดแล้ว ก็นำมาใส่ลงในแบบที่ทำกระดาด เกลี่ยฟางให้เสมอกัน แล้วจึงไปตากแดดทิ้งไว้จนกระดาดแข็ง แล้วจึงลอกกระดาดออกจากแม่แบบ ก็จะได้กระดาดจากฟางข้าวแล้ว ซึ่งการทำกระดาดในแต่ละครั้งต้องใช้ฟางข้าวจำนวนมากทำให้ต้องสับฟางข้าวเป็นจำนวนมาก โดยในการทำนั้นจะต้องใช้มีดในการสับฟางข้าวและต้องสับฟางข้าวให้มีขนาดประมาณ 1-2 นิ้ว แล้วจึงนำฟางข้าวที่ตัดได้ไปทำในขั้นตอนต่อไป [5] ซึ่งจะเห็นได้ว่าจะต้องใช้แรงงานคนในการตัดฟางข้าวเป็นหลัก ดังรูปที่ 1 ทำให้มีความเสี่ยงต่อการถูกมีดบาดและมีอาการปวดเมื่อย ใช้เวลานานและใช้แรงงานในการตัดค่อนข้างมาก จึงเกิดแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าวเพื่อนำมาใช้ในการตัดฟางข้าว เพื่อลด

แรงงานคนและเวลาที่ใช้ในการตัดฟางข้าวลง โดยฟางข้าวที่ตัดได้จะถูกนำไปทำเป็นกระดาดจากฟางข้าว ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 การตัดฟางข้าวด้วยแรงงานคน



รูปที่ 2 กระดาดจากฟางข้าว [5]

1. วัตถุประสงค์

ออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดฟางข้าวเพื่อช่วยลดระยะเวลาและแรงงานในการตัดฟางข้าว ลดอันตรายที่เกิดจากการทำงาน และเพิ่มผลผลิตในการเตรียมวัสดุ ทำให้สามารถผลิตกระดาดจากฟางข้าวสำหรับชุมชนได้มากยิ่งขึ้น

2. วิธีดำเนินงาน

3.1 การออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดฟางข้าว

การศึกษาลักษณะกายภาพของฟางข้าว เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของฟางข้าวได้แก่ ขนาดความยาว

และเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบช่องใส่ฟางข้าว และการปรับตั้งต่าง ๆ ที่จำเป็นของการออกแบบและสร้างเครื่อง ซึ่งได้ออกแบบขนาดช่องใส่สำหรับฟางข้าว และระยะสำหรับการวางใบมีดตัดเพื่อให้สามารถใส่ฟางข้าวได้พอดีกับช่องลำเลียง

ศึกษาชุดใบมีดตัดที่เหมาะสม จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับฟางข้าว โดยส่วนมากเกษตรกรจะใช้กรรไกรกับมีดในการตัดฟางข้าว ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ชาวบ้านสามารถหาได้ทั่วไปตามท้องตลาดมาใช้ในการตัดฟางข้าว โดยในการตัดฟางข้าวจะต้องตัดให้ได้ฟางข้าวเป็นเส้นสั้น ๆ โดยฟางข้าวที่ตัดได้จะมีขนาดประมาณ 1-2 นิ้ว ดังรูปที่ 4 ดังนั้นเครื่องตัดฟางข้าวที่สร้างขึ้นจึงเลือกใช้วัสดุจากอะลูมิเนียมมาใช้ในการตัดฟางข้าว เพราะไม่เป็นสนิม มีน้ำหนักค่อนข้างเบา หาซื้อได้ตามท้องตลาด และสามารถตัดฟางข้าวขาดได้ค่อนข้างง่าย

เครื่องตัดฟางข้าว มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ โครงสร้างเครื่อง ชุดป้อนลำเลียง ชุดใบมีดตัด และระบบต้นกำลัง ซึ่งวิธีการออกแบบนั้นจะดำเนินการโดยรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับฟางข้าว รวมถึงการประยุกต์ใช้ความรู้และหลักการทางวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว หลังจากรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการศึกษาและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว การออกแบบจึงต้องมีการปรับระยะห่างของลูกกลิ้งที่จะใช้ในการลำเลียงฟางข้าว จึงต้องศึกษาลักษณะกายภาพของฟางข้าวรูปที่ 3 จากการศึกษาพบว่าฟางข้าวที่สั้นที่สุดจะมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 40 เซนติเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ประมาณ 2 มิลลิเมตร และฟางข้าวที่โตเต็มที่จะมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 80 เซนติเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 4 มิลลิเมตร จึงจำเป็นต้องออกแบบลูกกลิ้งเพื่อให้เหมาะสมกับฟางข้าวสำหรับการลำเลียงฟางข้าวไปยังใบมีดตัด ส่วนต้นกำลังที่จะทำการส่งกำลังไปยังกลไกต่าง ๆ นั้นเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นตัวส่งกำลัง [6] โดยใช้สมการสูตรการคำนวณหาค่ากำลังของมอเตอร์ 1 เฟส ได้จาก $P = (V \times I \times PF \times EFF) / 1000$ หลังจากคำนวณแล้วจะได้ค่าเท่ากับ 0.32 kW แปลงเป็นแรงม้าจะมีค่าเท่ากับ

0.43 แรงม้า ดังนั้นมอเตอร์ 1 แรงม้า จึงเพียงพอต่อการเป็นมอเตอร์ต้นกำลัง ในการส่งกำลังไปยังกลไกต่าง ๆ ซึ่งเครื่องตัดฟางข้าวจะมีชุดกลไกเจนีวาในการขับเคลื่อนลูกกลิ้งลำเลียง [7] โดยตัวกลไกเจนีวาที่สร้างขึ้นมาจะต่อเข้ากับชุดลูกกลิ้งลำเลียงฟางข้าว เพื่อให้ลูกกลิ้งลำเลียงฟางข้าวไปยังชุดใบมีดตัด โดยกลไกเจนีวาจะทำงานด้วยการหมุนไปหนึ่งครั้งก็จะรอบครั้งต่อไป โดยในแต่ละครั้งที่กลไกเจนีวาทำการหมุนก็จะทำให้ลูกกลิ้งลำเลียงหมุนตามไปด้วย และเมื่อลูกกลิ้งลำเลียงหมุนไปจะทำให้ฟางข้าวเคลื่อนที่ลงไปถึงตรงช่องใบมีดตัด ซึ่งใบมีดตัดจะถูกติดตั้งกับกลไก scotch yoke เพื่อให้ใบมีดเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมา [8] ใบมีดจะได้ทำงานได้ต่อเนื่อง และใบมีดก็จะทำการตัดฟางข้าวให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ โดยในการออกแบบใช้หลักการทางวิศวกรรม และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ และเขียนแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3 ลักษณะของฟางข้าวก่อนตัด

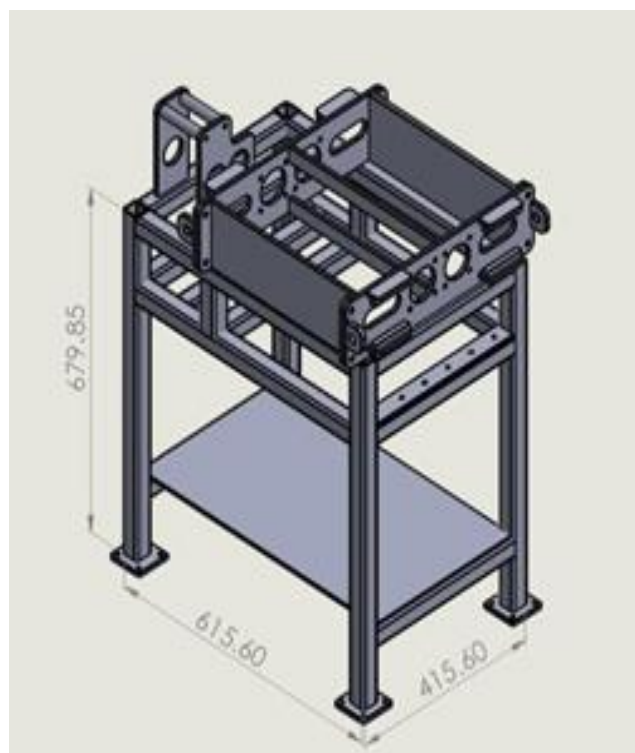
3.1.1 โครงสร้างเครื่อง

ทำหน้าที่เป็นโครงใช้เป็นที่ยึดให้กับ ระบบส่งกำลัง ชุดใบมีดและชุดป้อนลำเลียง ทำจากเหล็กกล่องขนาด 38×38×3.2 มิลลิเมตร นำมาตัดและประกอบ ให้มีขนาด

ความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 415 มิลลิเมตร 615 มิลลิเมตร 680 มิลลิเมตร มีลักษณะ ดังรูปที่ 5



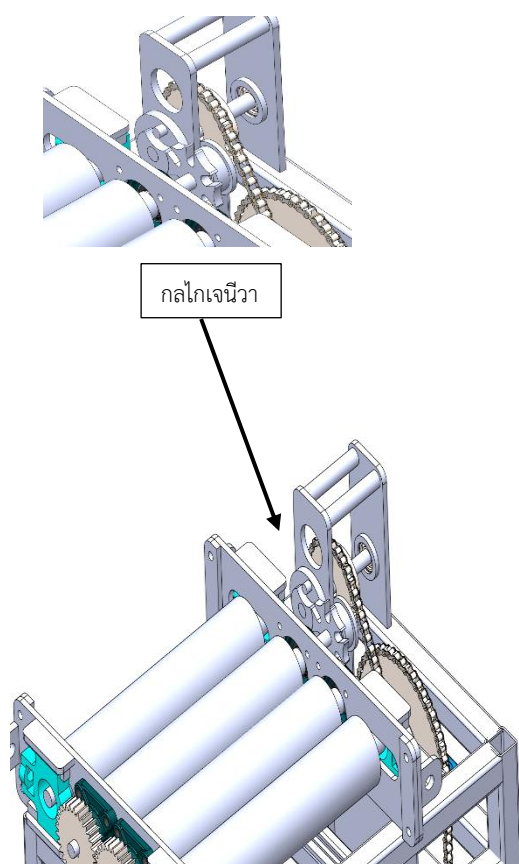
รูปที่ 4 ฟางข้าวที่ตัดได้ตามขนาดที่ต้องการ



รูปที่ 5 โครงสร้างเครื่อง

3.1.2 ชุดป้อนลำเลียง

ชุดป้อนลำเลียงฟางข้าว ใช้ในการป้อนฟางข้าวเข้าไปยังชุดใบมีดเพื่อให้ชุดใบมีด ตัดฟางข้าวให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ ชุดป้อนลำเลียงจะใช้กลไกเจนิวาในการทำงาน ซึ่งกลไกเจนิวา จะต่อเข้ากับเพลลาที่ติดอยู่กับชุดป้อนลำเลียง โดยเมื่อกลไกเจนิวาทำงาน ตัวลูกกลิ้งลำเลียงก็จะทำงานด้วย โดยลูกกลิ้งป้อนลำเลียงทำจากเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร จำนวน 4 ลูก ชุดป้อนลำเลียงและกลไกเจนิวามีลักษณะดังรูปที่ 6

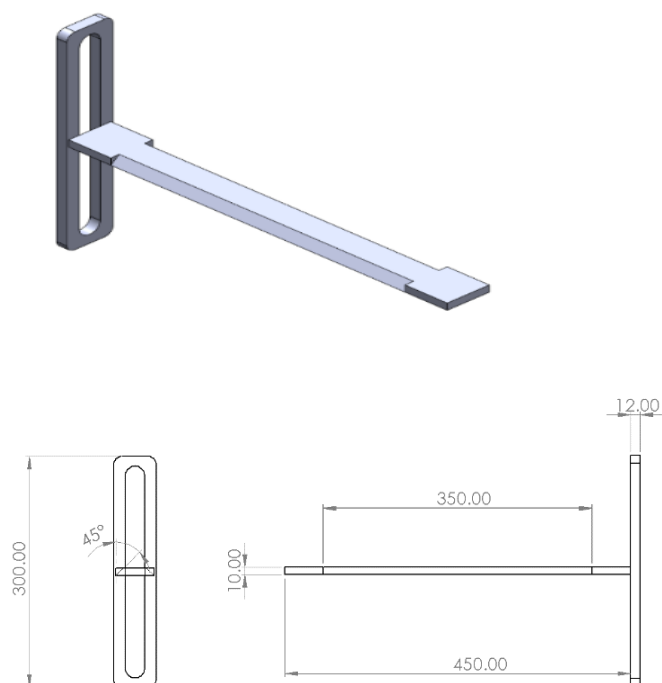
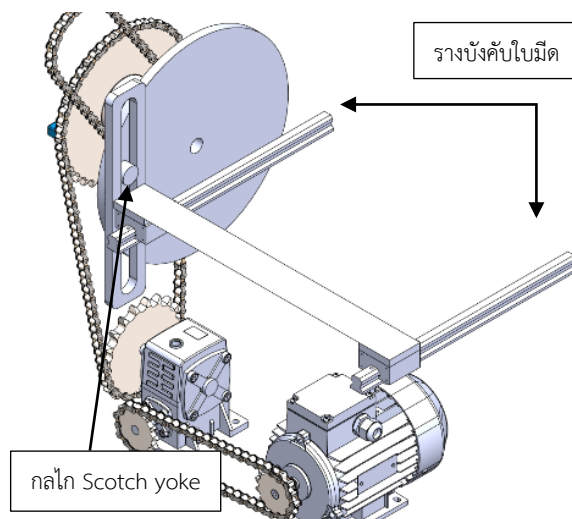


รูปที่ 6 ชุดป้อนลำเลียงและกลไกเจนิวา

3.1.3 ชุดใบมีดตัด

ชุดใบมีดใช้ในการตัดฟางข้าวให้ขาดออกจากกัน โดยการใช้ใบมีดเป็นตัวตัด ซึ่งใบมีดจะถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับการตัดฟางข้าว ใบมีดทำจากแผ่นอะลูมิเนียม โดยผ่านการควบคุมจังหวะในการตัด ด้วยกลไก scotch

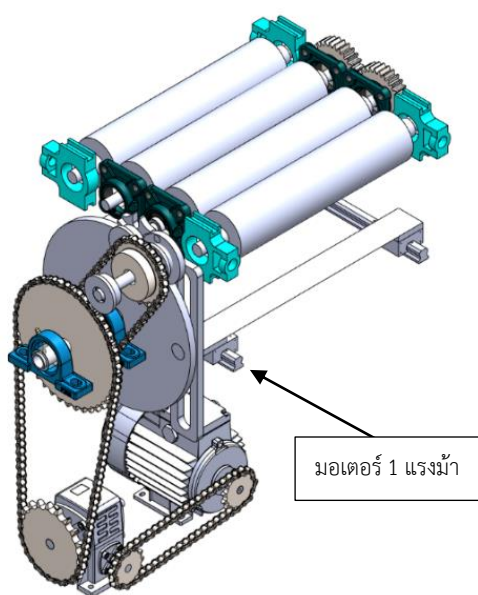
yoke โดยการออกแบบกลไกตัวนี้เพื่อให้ใบมีดเคลื่อนที่กลับไปและกลับมา จะทำให้ตัดฟางข้าวได้ต่อเนื่อง โดยตัวกลไกนี้จะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยจะมีรางบังคับยึดติดอยู่ที่หัวกับปลายใบมีดเพื่อให้ใบมีดเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ทำให้ได้ขนาดความยาวมาที่ต้องการ โดยชุดใบมีดมีลักษณะ ดังรูปที่ 7



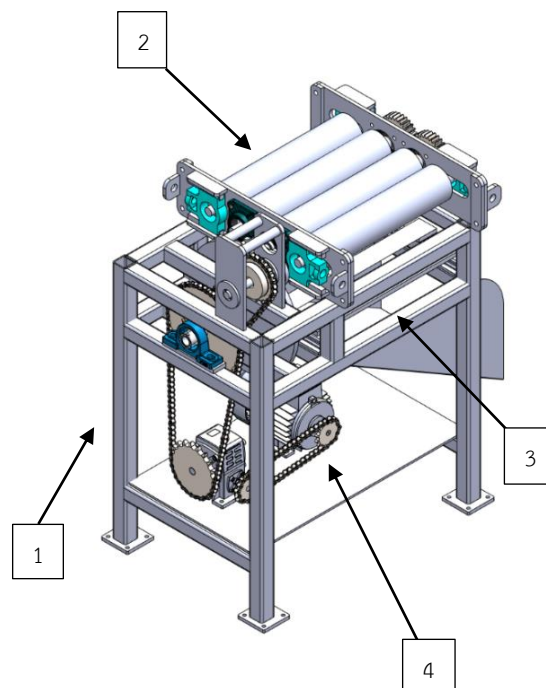
รูปที่ 7 ชุดใบมีดตัด

3.1.4 ชุดส่งกำลัง

ชุดระบบส่งกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง เพื่อถ่ายทอดกำลังไปยังเกียร์ทดขนาด 1:20 ด้วยโซ่ หลังจากนั้นส่งถ่ายกำลังไปยังชุดใบมีด และจากชุดใบมีดก็ถูกส่งต่อไปยังชุดลูกกลิ้งลำเลียงด้วยเฟืองและโซ่ เพื่อให้ชุดกลไกต่าง ๆ ทำงาน ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า ชุดส่งกำลังมีลักษณะ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ชุดส่งกำลัง



หมายเลข	รายละเอียด
1	โครงสร้างเครื่อง
2	ชุดป้อนลำเลียง
3	ชุดใบมีดตัด
4	ชุดส่งกำลัง

รูปที่ 9 การเขียนแบบทางวิศวกรรม

3.1.5 ผลการออกแบบเครื่องตัดฟางข้าว

รายละเอียดในการออกแบบเครื่องตัดฟางข้าว มีส่วนประกอบหลักคือ โครงสร้างเครื่อง ชุดป้อนลำเลียง ชุดใบมีดตัด และชุดส่งกำลัง โดยมีมอเตอร์ 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ในการถ่ายทอดกำลังไปยังกลไกต่าง ๆ ด้วยเฟืองและโซ่ เพื่อให้ชุดป้อนลำเลียง ได้ลำเลียงฟางข้าวไปยังชุดใบมีดตัด ด้วยกลไกเจนิวา โดยใบมีดตัดจะทำงานด้วยกลไก Scotch yoke ทำงานแบบกลับไปกลับมาเมื่อตัดฟางข้าวเสร็จแล้วก็จะไหลลงไปในช่องที่รองรับฟางข้าว โดยรายละเอียดการเขียนแบบทางวิศวกรรม แสดงดังรูปที่ 9 และเครื่องตัดฟางข้าวที่สร้างเสร็จแล้วแสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 เครื่องตัดฟางข้าวที่สร้างเสร็จแล้ว

3.2 วิธีการทดสอบ

การทดสอบเครื่องตัดฟางข้าวมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องดำเนินการทดสอบดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักของฟางข้าวให้น้ำหนักเท่า ๆ กันทุกการทดสอบ

2. สำหรับการทดสอบความสามารถในการตัดฟางข้าว จะใช้ฟางข้าวทดสอบครั้งละ 500 กรัม จะทำการชั่งน้ำหนักของฟางข้าวก่อนที่จะนำฟางข้าวเข้าเครื่องตัดฟางข้าว โดยการทดสอบจะใช้ฟางข้าวที่มีขนาดความยาวใกล้เคียงกันในการทดสอบ การทดสอบที่มีความเร็วใบมีดที่ต่างกัน 3 ความเร็วรอบของใบมีด โดยความเร็วใบมีดที่ใช้ในการทดสอบคือ 3.03, 6.27 และ 7.80 เมตรต่อนาที หรือที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 500 1,000 และ 1,500 รอบต่อนาที ตามลำดับ และทดสอบมุมของใบมีดในการตัดฟางข้าวโดยมุมของใบมีดที่ใช้ในการทดสอบคือ 25 องศา, 45 องศา และ 65 องศา ดังรูปที่ 11 พร้อมจับเวลาการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว คำนวณความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์ในการตัดฟางข้าว และการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

3. โดยการทดสอบจะเปิดเครื่องแล้วจึงนำฟางข้าวใส่ลงไปในช่องป้อน เพื่อให้ฟางข้าวถูกกล่าเลียงไปยังชุดใบมีดตัด และให้เครื่องทำการตัดฟางข้าวให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ โดยในแต่ละการทดสอบจะทำการทดสอบจากใบมีดที่มุม 25 องศา แล้วจึงเริ่มการทดสอบที่ความเร็วต่าง ๆ ที่ได้กำหนดเอาไว้ คือความเร็วใบมีด 3.03, 6.27 และ 7.80 เมตรต่อนาที หลังจากทดสอบความเร็วของใบมีดที่มุม 25 องศา เสร็จแล้ว จึงทำการถอดใบมีดอันเก่าออกแล้วนำใบมีดอันใหม่ที่ต้องการการทดสอบใส่เข้าไปแทน โดยจะทำการทดสอบทั้งหมด 5 ซ้ำ พร้อมจับเวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด ซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์ในการตัดฟางข้าว การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่อง



รูปที่ 11 ใบมีดที่ใช้ในการทดสอบ ที่มีมุมใบมีดต่างกัน

1) ความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว
คำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$C_c = \frac{W_1}{t} \quad (1)$$

เมื่อ C_c = ความสามารถในการตัดฟางข้าว
(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

W_1 = น้ำหนักฟางข้าวที่ตัดได้ตาม
ขนาด (กิโลกรัม)

t = เวลาที่ใช้ในการทำงาน (ชั่วโมง)

2) เปอร์เซ็นต์ในการตัดฟางข้าวที่ตัดได้ตาม
ขนาดที่ต้องการ คำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$C_t = \frac{W_1}{W} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ C_t = เปอร์เซ็นต์การตัดฟางข้าว (%)

W_1 = น้ำหนักของฟางข้าวที่ตัดได้ตาม
ขนาด (kg)

W = น้ำหนักของฟางข้าวทั้งหมด

3) อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการที่ (3) [9]

$$P = \frac{IVt}{1000} \quad (3)$$

เมื่อ P = การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า
(kW-hr)

I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t = เวลา (ชั่วโมง)

4) วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์วัตถุดิบประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานจุดคุ้มทุน และวิเคราะห์หาระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่อง วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการใช้งาน โดยพิจารณาจาก เกษตรกรซื้อเครื่องแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องตัดฟางข้าวเท่ากับ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการใช้งานของเครื่อง อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับประกันภัย ค่าภาษี ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องไปทำงานตามสถานที่ต่าง ๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนแปรผันซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการทำงาน ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำงานร่วมกับเครื่อง ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมแซม เป็นต้น

(1) ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) คำนวณได้จากสมการที่ (4) [10]

$$D = \left(\frac{P-S}{L}\right) \quad (4)$$

เมื่อ D = ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

P = ราคาเครื่องจักร (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

L = อายุการใช้งาน (ปี)

(2) ค่าดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาสในการลงทุนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5) [10]

$$I = \frac{(P+S)}{2} i \quad (5)$$

เมื่อ I = ค่าดอกเบี้ย (บาท/ปี)

P = ราคาเครื่องจักร (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ยทศนิยม

(3) ระยะเวลาในการคืนทุน (Pay Back Period, PBP)

เป็นการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรว่ามีระยะเวลานานเท่าไร เมื่อลงทุนในเครื่องจักรไปแล้วจะได้ผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะเวลาที่ปีคำนวณได้จากสมการที่ (6) [11]

$$PBP = \frac{P}{R} \quad (6)$$

เมื่อ PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

P = ราคาเครื่องจักร (บาท)

R = กำไรสุทธิต่อปี (บาท/ปี)

(4) จุดคุ้มทุน (Break Even Point)

จุดคุ้มทุนในการทำงานของเครื่องคือจุดที่รายได้และรายจ่ายจากการใช้เครื่องมีค่าเท่ากัน หรือจุดที่ไม่ก่อให้เกิดผลกำไร คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่กับผลต่างระหว่างอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายผันแปร ดังสมการที่ (7) [11]

$$BEP = \frac{F_c}{B-VC} \quad (7)$$

เมื่อ BEP = จุดคุ้มทุน (ชั่วโมง/ปี)
 F_c = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท/ปี)
 B = อัตราการรับจ้าง (บาท/ชั่วโมง)
 VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท/ชั่วโมง)

(5) ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Total Cost)

ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องตัดฟางข้าว ได้แก่ ผลรวมค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปร คำนวณได้จากสมการที่ (8) [11]

$$TC = \frac{F_c}{X} + VC \quad (8)$$

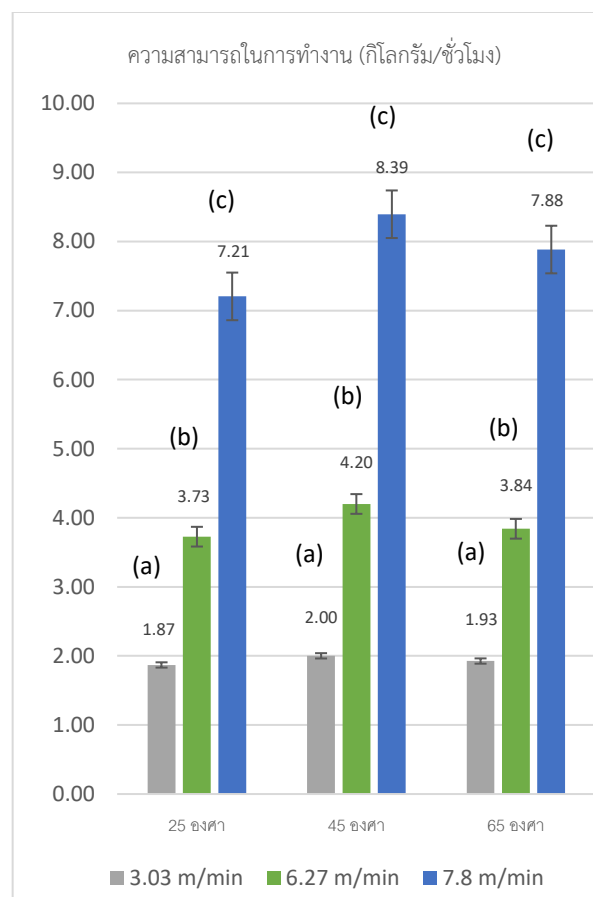
เมื่อ TC = ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (บาท/ชั่วโมง)
 F_c = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท/ปี)
 X = ชั่วโมงการทำงานต่อปี (ชั่วโมง)
 VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท/ชั่วโมง)

4. ผลการศึกษา

4.1 ความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว

จากผลการทดสอบเครื่องตัดฟางข้าวมีความสามารถในการตัดฟางข้าวเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของใบมีดตัดที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความเร็วใบมีดตัดคือ 3.03, 6.27 และ 7.80 เมตรต่อนาที และมุมใบมีด 25°, 45° และ 65° จากรูปที่ 12 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การตัดที่ดีที่ความเร็ว ใบมีด 7.80 เมตรต่อนาที และมีมุมใบมีดอยู่ที่ 45 องศา จะมีความสามารถในการตัดอยู่ที่ 8.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และจะมีความสามารถในการตัดที่น้อยที่สุดอยู่ที่ความเร็ว ใบมีด 3.03 เมตรต่อนาที และมุมใบมีดอยู่ที่ 25 องศา คือ 1.87 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะเห็นว่าความสามารถในการตัดฟางข้าวได้ดีที่สุดคือมุม 45 องศา เนื่องจาก 25 องศา มีมุมของใบมีดที่น้อยเกินไป กับมุม 65 องศา มีมุมค่อนข้างที่จะ

มากจนเกินไปจึงทำให้ตัดฟางข้าวขาดไม่หมด หรืออาจจะขึ้นอยู่กับความเร็วของใบมีด ยิ่งมีความเร็วใบมีดสูงก็จะทำให้ความสามารถในการตัดฟางข้าวมีมากด้วยเช่นกัน

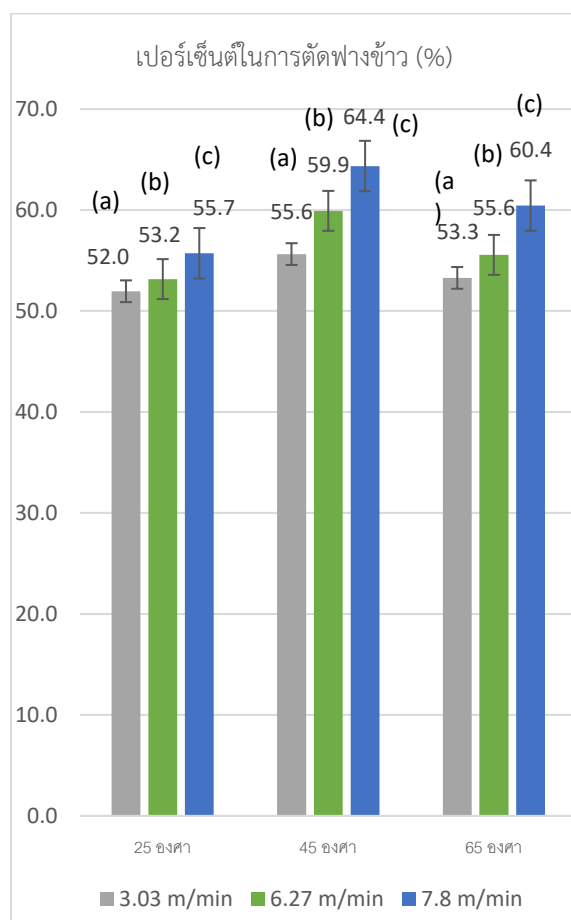


รูปที่ 12 ความสามารถในการทำงานของเครื่อง
abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.2 เปอร์เซ็นต์ในการตัดฟางข้าว

จากผลการทดสอบเครื่องตัดฟางข้าวมีเปอร์เซ็นต์การตัดฟางข้าวเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของใบมีดตัดที่เพิ่มขึ้น โดยจากรูปที่ 13 มีเปอร์เซ็นต์การตัดที่ดีที่สุดมี ความเร็ว ใบมีด 7.80 เมตรต่อนาที และมีมุมใบมีดอยู่ที่ 45 องศา จะมีเปอร์เซ็นต์การตัดอยู่ที่ 64.4 % และเปอร์เซ็นต์การตัดที่น้อยที่สุดคือ 52.0 % มีความเร็วใบมีด 3.03 เมตรต่อนาที และมีมุมใบมีดคือ 25 องศา โดยในการตัดที่ดีที่สุดจะมีเปอร์เซ็นต์การตัดอยู่ที่ 64.4% ดังนั้นจะมีส่วนที่ตัดไม่ได้

ตามขนาดอยู่อีก 35.6% จึงต้องนำส่วนตัดไม่ได้ตามขนาด
ป้อนเข้าไปใหม่หรืออาจจะใช้กรรไกรในการตัดฟางข้าวที่
ตัดไม่ได้ตามขนาด เพื่อตัดให้ได้ตามที่ต้องการ



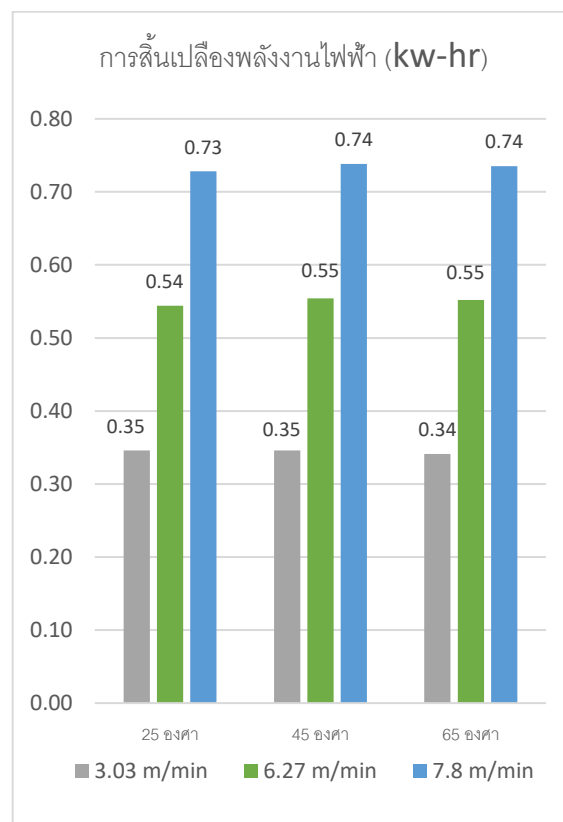
รูปที่ 13 เปอร์เซ็นต์ในการตัดฟางข้าว

abc อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสถานะทดสอบแสดงความ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.3 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

จากการทดสอบพบว่าที่ความเร็วใบมีด 3.03 เมตร
ต่อวินาที จะใช้กระแสน้อย เมื่อคำนวณหาอัตราการใช้
สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจึงมีค่าต่ำ และที่ความเร็วใบมีด
6.27 เมตรต่อวินาที จะใช้กระแสไฟฟ้าในระดับปานกลาง
และที่ความเร็วใบมีด 7.80 เมตรต่อวินาที จะใช้กระแส
ไฟฟ้าในระดับสูง แต่ถ้าเทียบกับประสิทธิภาพในการ
ทำงานแล้วถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและมีอัตราในการตัดฟาง
ข้าวที่สูงที่สุด จึงนำเอาค่าของอัตราการใช้สิ้นเปลืองพลังงาน

ไฟฟ้าของความเร็วใบมีด 7.80 เมตรต่อวินาที ไปคำนวณหา
ค่าไฟฟ้าในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ต่อไป



รูปที่ 14 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

4.4 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์

จากการทดสอบพบว่า เครื่องตัดฟางข้าวที่ได้ออกแบบ
และพัฒนาขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน
ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง 66,000 บาท การสิ้นเปลือง
พลังงานไฟฟ้าคิดที่มากที่สุด 0.74 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
พิจารณาค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท (อ้างอิงจากการไฟฟ้า
นครหลวง) รวมค่าไฟฟ้า 4.44 บาทต่อชั่วโมง เมื่อ
กำหนดให้เครื่องทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน ทำงานปีละ 250 วัน
ค่าแรงงานในการควบคุมเครื่อง 300 บาทต่อวัน หรือ
ประมาณ 37.5 บาทต่อชั่วโมง ค่าบำรุงรักษา 20 บาท
ชั่วโมงการทำงานของเครื่อง 2,000 ชั่วโมงต่อปี ผลการ
วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องตัดฟางข้าว

พบว่า มีค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่อง 50.7 บาทต่อชั่วโมง จุดคุ้มทุนในการทำงาน 467.4 ชั่วโมงต่อปี มีระยะเวลาในการคืนทุน 10.12 เดือน

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องตัดฟางข้าวโดยใช้ค่าชี้ผลทางการศึกษา คือ ความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว เพอร์เซ็นต์การตัดฟางข้าว การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าเครื่องตัดฟางข้าวมีความสามารถที่ดีที่สุดในการทำงานคือ 8.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วใบมีด 7.80 เมตรต่อนาที และมีมุมใบมีดที่ 45° โดยมีเพอร์เซ็นต์ในการตัดฟางข้าวอยู่ที่ 64.4% เนื่องจากเพอร์เซ็นต์ความในการตัดฟางข้าวมีเพอร์เซ็นต์ที่ค่อนข้างต่ำ จึงจำเป็นต้องนำฟางข้าวใส่เข้าไปในเครื่องเพื่อทำการตัดฟางข้าวอีกครั้ง หรือนำฟางข้าวที่ตัดไม่ได้ตามขนาดนำมาตัดด้วยกรรไกรหรือมีด เพื่อให้ได้ฟางข้าวตามขนาดที่ต้องการ มีการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าประมาณ 0.74 กิโลวัตต์-ชั่วโมง อยู่ที่ความเร็วใบมีด 7.80 เมตรต่อนาที เครื่องตัดฟางข้าวนี้มีความสามารถในการทำงานมากกว่าแรงงานคน 6.7 เท่า และจะมีระยะเวลาคืนทุน 10.12 เดือน หรือ 0.84 ปี และจุดคุ้มทุน 467.4 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการตัดด้วยแรงงานคน ซึ่งเครื่องตัดฟางข้าวสามารถทำงานได้รวดเร็ว และต่อเนื่องช่วยประหยัดเวลาและแรงงานคนในการตัดฟางข้าว รวมทั้งสามารถพัฒนาให้ใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไปในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก “ทุนนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาพื้นที่ ประเภทร่วมทุน” ประจำปีงบประมาณ 2563 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี รวมทั้งภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบต่างๆ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ricethailand. (2021, March 20). Rice [Online]. Available: www.ricethailand.go.th/main.php
- [2] KU. (2021, August 30). Rice is life [Online]. Available: <https://dna.kps.ku.ac.th>
- [3] Pollution Control Department. (2021, April 6). Information and services [Online]. Available: www.pcd.go.th
- [4] Wangithok. (2021, May 27). Campaign to reduce the burning of rice straw [Online]. Available: <https://www.wangithok.go.th>
- [5] Suphanburi Provincial Livestock Office. (2021, April 15). Straw products [Online]. Available: <http://pvlo-spr.dld.go.th>
- [6] Ai-corporation. (2021, May 17). What-is-a-motor [Online]. Available : <https://www.ai-corporation.net>
- [7] Hmong. (2021, August 10). Geneva mechanism [Online]. Available: https://hmong.in.th/wiki/Geneva_drive
- [8] J. Langkapin, Theory of agricultural machinery. 3rd ed. Bangkok: Triple Education Co., Ltd, 2015.
- [9] H. W. Beaty, *Hand Book of Electric Power Calculation*. New York: McGraw Hill, 1984.
- [10] A. W. Stonier, *A Text Book of Economic Theory*. New York: Longman, 1980.
- [11] D. Hunt, *Farm Power and Machinery Management*. Waveland Press, 2016.