

การออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยผสมผักตบชวากับปุ๋ยอินทรีย์

วีรศักดิ์ หมู่เจริญ^{1*}

weerasak.m@en.rmutt.ac.th^{1*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received	: 15-Feb-2022
Revised	: 28-Apr-2022
Accepted	: 6-May-2022

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยผสมผักตบชวากับปุ๋ยอินทรีย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำผักตบชวาซึ่งเป็นวัชพืชมานำมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยนำมาสับย่อยแล้วผสมกับปุ๋ยอินทรีย์เพื่อทำปุ๋ย ซึ่งเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ โครงสร้าง ชุดสับย่อยใช้ใบมีดหลักจำนวน 2 ใบทำมุม 30 องศา ใบมีดชุดย่อย 6 ใบ และชุดผสม ใช้เครื่องยนต์เบนซินเล็กขนาด 5.5 แรงม้า ร่วมกับชุดเกียร์ อัตราทด 1:60 เป็นต้นกำลังร่วมกับการผสมเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของชุดสับย่อย 550 750 และ 950 รอบต่อนาที ตามลำดับ เพื่อศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ จากการทดสอบพบว่าอัตราการสับย่อยและสมรรถนะของเครื่องจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบซึ่งเครื่องสับย่อยมีสมรรถนะสูงสุดที่ 950 รอบต่อนาที สามารถสับย่อยผักตบชวาได้ 16.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพของเครื่องคือ 92.8 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.71 ลิตรต่อชั่วโมง ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่าต้นทุนของการผลิตปุ๋ยผสมจากเครื่องสับย่อยผักตบชวาผสมปุ๋ยอินทรีย์คือ 0.243บาท/กิโลกรัม และมีระยะเวลาคืนทุน 2.9 ปี

คำสำคัญ: ผักตบชวา เครื่องสับย่อย เครื่องผสม

Design and Fabrication of Mixing and Chopping Machine for Water Hyacinth and Organic Fertilizer

Weerasak Moocharoen^{1*}
weerasak.m@en.rmutt.ac.th^{1*}

¹ Department of Agricultural Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received	: 15-Feb-2022
Revised	: 28-Apr-2022
Accepted	: 6-May-2022

Abstract

Design and Build a Water Hyacinth Mixing Shredder with Organic Fertilizer The objective is to bring water hyacinth, which is a weed, to use it to benefit by chopping it down and mixing it with organic fertilizer to make fertilizer. The prototype built has three main parts: the structure, the sub-chopper uses two main blades at a 30-degree angle, six sub-blades, and the blender uses a small 5.5-horsepower gasoline engine with a gear ratio. Computing 1:60 is the power source with the mix. Change the rotational speed of the sub chopper 550, 750 and 950 rpm, respectively. To study the performance of the prototype The test showed that the shredding rate and the performance of the machine increase with the rotational speed at which the shredder has a maximum efficiency of 950 rpm. It can chop 16.7 kg of water hyacinth per hour. The efficiency of the machine is 92.8 percent with a fuel consumption of 0.71 liters per hour. Engineering Economic Analysis It was found that the cost of production of compound fertilizer from water hyacinth shredder mixed with organic fertilizer was 0.243 baht/kg and has a payback period of 2.9 years.

Keywords: Water Hyacinth, Shredders, Mixer

1.บทนำ

ผักตบชวา ดังรูป ที่ 1 มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Eichhornia crassipes* Solms ชื่อสามัญว่า Water Hyacinth อยู่ในวงศ์ Pontederiaceae เป็นพืชน้ำประเภทยืดหยุ่นเดี่ยว เป็นพืชที่เจริญอยู่บนผิวน้ำ จัดเป็นประเภทลอยน้ำ (floating plant) โดยปกติรากจะไม่ยึดติดกับพื้นดินลอยน้ำได้โดยไม่ต้องมีที่ยึดเกาะ สามารถแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วมาก แผ่นใบคล้ายรูปหัวใจ เป็นมันหนา ก้านใบพองออกตรงช่องกลาง ภายในมีลักษณะเป็นรูพรุนช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้จึงถูกกระแสน้ำหรือน้ำพัดพาไปได้ไกล ๆ แต่ถ้าน้ำตื้นแล้วรากสามารถหยั่งยึดติดกับพื้นดินได้ลักษณะทรงต้น



รูปที่ 1 ลักษณะทั่วไปของผักตบชวา [1]

ออกดอกปลายฤดูหนาวถึงต้นฤดูร้อน และแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วจนกลายเป็นวัชพืชที่ร้ายแรงในแหล่งน้ำทั่วไป ผักตบชวาเป็นพืชที่มีความสามารถพิเศษในการสร้างโครงสร้างที่กว้าพีชอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น ในพื้นที่หนึ่งไร่ ผักตบชวาสามารถสร้างสารอินทรีย์ (แห้ง) ได้ถึง 24 ตันต่อปี เราสามารถสังเกตการยึดของก้านใบหรือไหลภายในเวลา 1 ชั่วโมง จึงเป็นสาเหตุทำให้ผักตบชวาระบาดแผ่กระจายอาณาเขตในแหล่งน้ำได้อย่างรวดเร็วกว่าพืชชนิดอื่นๆ ผักตบชวาเป็นวัชพืชที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยขวางทางน้ำในแม่น้ำลำคลอง อีกทั้งยังมีผลต่อสัตว์น้ำเนื่องจากผักตบชวาที่มีความหนาแน่นจะไปปิดบังแสงแดดทำให้น้ำตามแหล่งนั้นขาดออกซิเจนส่งผลให้เกิดการเน่าเสีย ซึ่งกระทบต่อสัตว์น้ำโดยตรง การนำผักตบชวามาใช้ให้เกิดประโยชน์จำเป็นจะต้องมี

การสับย่อยเพื่อลดขนาดลงก่อน โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสับย่อย เช่น เครื่องย่อยใบไม้กิ่งไม้ [2] ออกแบบ 3 ส่วนได้แก่ ชุดป้อนวัตถุดิบเข้า, ชุดหั่นตัด ย่อยประกอบด้วยใบมีดตัดและหัน 2 ใบ มุมคมตัด 30 องศา ติดตั้งในแนวรัศมีและชุดใบมีดย่อยเชื่อมติดตายตัวแบบฟันปลา จำนวน 3 ชุดๆละ 12 ใบ วางทำมุม 120 องศา มุมคมตัด 70 องศา หมุนด้วยความเร็วรอบ 360 รอบต่อนาที และชุดส่งกำลังใช้เครื่องยนต์ 4 จังหวะขนาด 9 แรงม้า ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่อง พบว่าเครื่องสามารถย่อยใบไม้สดขนาด 100-200 มิลลิเมตร ได้น้ำหนักเฉลี่ย 18.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ย่อยใบไม้แห้งขนาด 100-200 มิลลิเมตรได้น้ำหนักเฉลี่ย 13.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ย่อยกิ่งไม้สดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 40 มิลลิเมตร ได้น้ำหนักเฉลี่ย 60.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ย่อยกิ่งไม้แห้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 40 มิลลิเมตร ได้น้ำหนักเฉลี่ย 42.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และใช้วิธีการประเมิน แบบ IOC ทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องจากผู้เชี่ยวชาญ 15 ท่าน มีความเห็นสอดคล้องกันว่าเครื่องที่สร้างขึ้นมีคุณภาพและประสิทธิภาพในการย่อยใบไม้ กิ่งไม้ ได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย แต่ยังไม่ได้ออกแบบเพื่อให้กิ่งไม้ที่ถูกสับย่อยเพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการอื่นต่อไปได้ งานวิจัยเครื่องหั่นผักตบชวา [3] ซึ่งออกแบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรม Auto CAD ใช้มอเตอร์ 2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ที่ความเร็วรอบ 450 รอบต่อนาทีและมีชุดใบมีด 2 ชุดวางห่างกันเป็นระยะ 5 ซม. หมุนเพื่อหั่นผักตบชวา ผลการทดลองพบว่าเครื่องต้นแบบนี้สามารถหั่นผักตบชวาเฉลี่ย 18.8 กิโลกรัมภายในเวลา 5 นาที ทดสอบ 5 ครั้ง มีเศษผักตบชวาที่มีขนาดไม่เกิน 5 ซม. เฉลี่ย 7.88 กิโลกรัม (42.15 เปอร์เซ็นต์) และเศษผักตบชวาที่มีขนาดเกิน 5 ซม. เฉลี่ย 10.92 กิโลกรัม (57.85 เปอร์เซ็นต์) แต่ก็ยังพบว่าไม่ได้ออกแบบเพื่อให้ผักตบชวาที่ถูกสับย่อยเพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ต่อไปได้ การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ [4] มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงาน ช่วยประหยัดเวลาและแรงงานคนในการย่อยและอัด ประกอบด้วย 4 ส่วน

คือ โครงเครื่องชุดย่อยหญ้า ชุดอัดหญ้าและระบบ ถ่ายทอดกำลัง ใช้มอเตอร์ 4 แรงม้า เป็นต้นกำลังใน การทำงานของเครื่อง ทดสอบที่ความเร็วรอบ 870 รอบ ต่อนาที โดยศึกษามุมองศาใบมีด 3 ระดับเพื่อหามุม องศาที่ดีที่สุด ผลทดสอบพบว่า ที่มุมองศา 5 องศา เป็น มุมที่ใบมีดกระทำกับหญ้าได้ดีที่สุด ความสามารถของ เครื่อง 127.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าการใช้พลังงาน ไฟฟ้าเฉลี่ย 3.8 กิโลวัตต์ชั่วโมงและผลการวิเคราะห์ทาง เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่า จุดคุ้มทุนในการทำงานที่ 374 ชั่วโมงต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 0.63 ปี จากการ ทำงาน 600 ชั่วโมงต่อปี ก็ยังพบว่าไม่ได้ออกแบบเพื่อให้ หญ้าที่ถูกสับย่อยและอัดหญ้าเพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบ ในกระบวนการผสมกับสารอาหารของสัตว์ต่อไปได้ เช่นกัน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเรื่อง การออกแบบและ สร้างเครื่องสับย่อยเศษพืชในครัวเรือน [5] ซึ่งมี วัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาเศษวัสดุจากครัวเรือนหลังใช้ ทำอาหาร มีขนาดไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ ทางเกษตรกรรมและพลังงานทดแทนจำเป็นต้องทำให้ ขนาดเล็กลง โดยใช้หลักการของแรงเฉือนและทดสอบ สมรรถนะการตัดวัสดุ ด้วยการออกแบบการทดลองเพื่อ หาความเหมาะสมของความเร็วรอบ 5 ค่า และความชัน ของเศษวัสดุที่มีต่อร้อยละของวัสดุที่ถูกตัดให้มีขนาด เล็กได้ พบว่า ที่ความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องคือ 763 รอบต่อนาที สามารถตัดวัสดุได้ขนาดเล็ก 46.2- 120.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมงคิดเป็นร้อยละ 65.0 อยู่ใน ระดับดีซึ่งมากกว่า ร้อยละ 50 เป็นไปตามวัตถุประสงค์ การออกแบบ และ ค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้เท่ากับ 0.001-0.003 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม ก็ยังพบว่า ไม่ได้ออกแบบเพื่อให้เศษพืชในครัวเรือนที่ถูกสับย่อย เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผสมกับปุ๋ย อินทรีย์ต่อไปได้ การออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อย ผักตบชวา[6] ใช้เครื่องยนต์เกษตรชนิดเบนซินขนาด 6.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ออกแบบใบมีดจำนวน 2 ใบ ติดตั้งตรงข้ามกันมีขนาดมีความกว้าง 73 มิลลิเมตร ความยาว 180 มิลลิเมตร ทำมุม 5 องศากับหัวสับชนิด จานกลม โดยความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสับ ย่อยผักตบชวา เท่ากับ 2,000 รอบต่อนาที เวลาเฉลี่ย ในการสับย่อยเท่ากับ 28.65 วินาที มีขนาดของ

ผักตบชวาที่ถูกสับย่อย เฉลี่ยเท่ากับ 13.45 มิลลิเมตร สมรรถนะสูงสุดของเครื่องมีค่าเท่ากับ 628.27 กิโลกรัม ต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด เท่ากับ 96.46 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าขนาดชิ้นส่วนของ ผักตบชวาที่ผ่านการสับย่อยด้วยเครื่องสับย่อย ผักตบชวาที่ออกแบบมีขนาดน้อยกว่า 4 เซนติเมตร สามารถนำไปทำปุ๋ยหมักได้ แต่ก็ยังพบว่าไม่ได้ออกแบบ เพื่อให้ผักตบชวาที่ถูกสับย่อยเพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบใน กระบวนการผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ในทันที เครื่องหั่นย่อย สลายทางปาล์ม[7] พบว่าการทำงานของเครื่องนี้มี ประสิทธิภาพมาก มีใบมีดจำนวน 4 ใบมีด อยู่บนโครง แกนเพลาลูกผ่านศูนย์กลาง 1.2 นิ้ว ความกว้างของ ใบมีด 95 มิลลิเมตรความยาวของพื้นที่ในการตัดหรือ ความยาวของใบมีด 240 มิลลิเมตร และตัวใบมีดจะมี การชุบแข็ง ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ก่อนที่จะมีการตัดจะมีตัวบดก่อนเพื่อกระแทกให้ทาง ปาล์มขนาดเล็กลง เพื่อจะช่วยให้ในการตัดทางปาล์ม ง่ายขึ้น ในการใช้เครื่องนี้ในการย่อยสลายทางปาล์ม จะ เป็นการช่วยทุ่นแรงและประหยัดเวลาได้เยอะกว่าการ ใช้คนในการสับทางปาล์มแต่ก็ยังพบว่าไม่ได้ออกแบบ เพื่อผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ในทันทีเช่นกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมี แนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยผสม ผักตบชวากับปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลด ขนาดผักตบชวาให้เล็กลงพร้อมเข้าสู่กระบวนการผสม เพื่อทำปุ๋ยหมัก[8] เนื่องจากปัญหาการทำปุ๋ยอินทรีย์คือ ถ้าใช้ผักตบชวาที่มีขนาดเป็นกอใหญ่ซึ่งโครงสร้าง ประกอบด้วย น้ำ 70-80 เปอร์เซ็นต์ มาทำเป็นส่วนผสม กับปุ๋ยอินทรีย์ ต้องใช้เวลาหลายเดือนจึงจะใช้เป็นปุ๋ยได้ ซึ่งถ้าใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรมาลดขนาดของ ผักตบชวาจะสามารถลดระยะเวลาในการผลิตปุ๋ย อินทรีย์ที่มีส่วนผสมของผักตบชวาลงได้ อีกทั้งจะเป็น การช่วยกำจัดวัชพืชที่ส่งผลกระทบต่อแม่น้ำลำคลอง เป็นการนำผักตบชวามาสรางมูลค่าเพิ่มด้วยต้นทุนต่ำ และลดงบประมาณของหน่วยงานราชการที่ต้องเสียไป กับการกำจัดผักตบชวาอีกด้วย

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องต้นแบบ

2.1.1 ศึกษาปัญหาและขั้นตอนในการลดขนาดผักตบชวาสด

ศึกษาถึงปัญหาและข้อมูลในการลดขนาดผักตบชวาสดของเกษตรกรในการนำมาผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อใช้วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม จากการศึกษาข้อมูลในการทำปุ๋ยผสมพบว่าขนาดของผักตบชวาสดจะมีผลต่อระยะเวลาการทำปุ๋ยผสมอินทรีย์ ซึ่งถ้าขนาดของผักตบชวามีขนาดใหญ่จะทำให้ต้องใช้เวลาในการหมักเพื่อทำปุ๋ยผสมอินทรีย์นาน ดังนั้นเพื่อลดเวลาในการทำปุ๋ยผสมอินทรีย์ จึงจำเป็นต้องสับลดขนาดของผักตบชวาสดลง

2.1.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผักตบชวาสด

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของผักตบชวาสด ซึ่งพบว่ามีลักษณะต้นและใบ รูปทรงคล้ายทรงกรวยโคนจะใหญ่เรียวเล็กไปหาส่วนใบ ดังรูปที่ 2



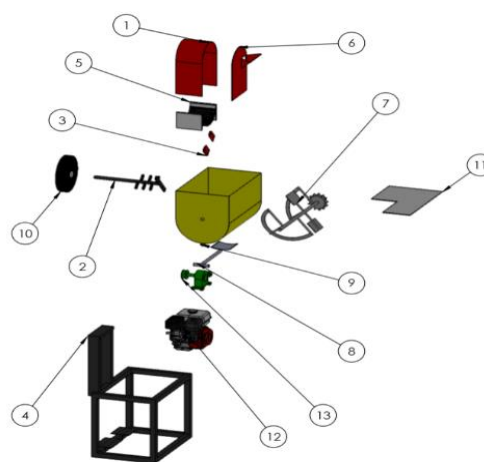
รูปที่ 2 ลักษณะลำต้นของผักตบชวาสด

เมื่อหั่นลำต้นแบบตามขวางลำต้นจะมีลักษณะเป็นเส้นใยคล้ายฟองน้ำ เป็นรูปวงรี สีของผักตบชวามีสีเขียวตรงปลายลำต้นหรือก้าน การศึกษาลักษณะทางกายภาพของผักตบชวาสด ได้แก่ ความยาวของลำต้น หรือก้าน ใบ ความกว้างลำต้นบริเวณโคนต้นและปลายลำต้นด้านที่ติดใบ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ ผลการศึกษาผักตบชวาสดจากคลองรังสิตพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางที่โคนต้นมีค่าเฉลี่ย 2.8

เซนติเมตร บริเวณปลายมีค่าเฉลี่ย 0.9 เซนติเมตร และความยาวก้านใบ 70.5 เซนติเมตร โดยจะนำข้อมูลนี้ไปใช้ออกแบบและสร้างเครื่อง

2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยและผสมผักตบชวาสด

ข้อมูลจากหัวข้อ 2.1 ถูกใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยในการออกแบบก่อนที่จะสร้างเครื่องเพื่อหาขนาดและความเหมาะสมในการติดตั้งชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆของเครื่อง แบบของเครื่องแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องสับย่อยและผสมผักตบชวาสดที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ

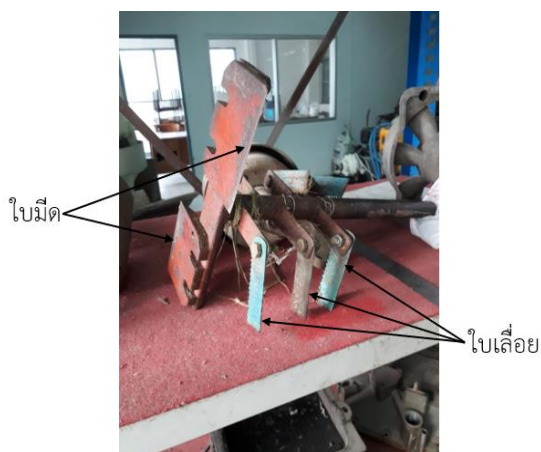
ตารางที่ 1 ชิ้นส่วนเครื่องสับย่อยและผสมผักตบชวาสด

หมายเลขชิ้นส่วน	ชื่อชิ้นส่วน	หมายเลขชิ้นส่วน	ชื่อชิ้นส่วน
1	กล่องชุดตัด	8	แผ่นกันถังผสม
2	แกนใบมีด	9	ถังผสม
3	ใบมีด ชนิด AUG 11	10	พู่เลย์ 10 นิ้ว
4	โครงเครื่อง	11	ฝาปิดถังผสม
5	ตะแกรงกรอง	12	เครื่องยนต์เล็ก เบนซิน ดิตพู่เลย์ 3.5 นิ้ว
6	ฝาปิดชุดตัด	13	เกียร์ทด (อัตราทด 1 : 60)
7	แกนผสม		



รูปที่ 4 เครื่องสับย่อยและผสมผักตบชวาสด

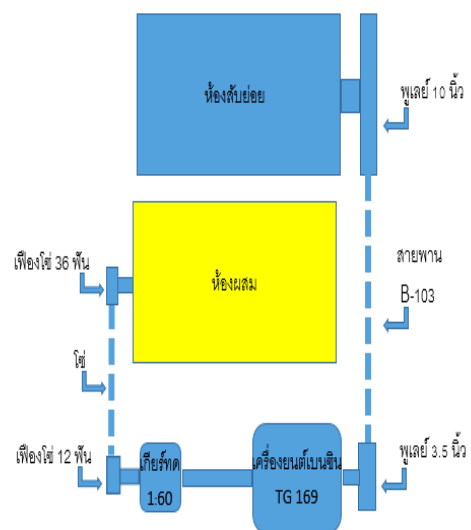
เนื่องจากในการลดขนาดผักตบชวาสดจะกระทำครั้งละหลายๆต้นเพื่อความรวดเร็วในการทำงาน ดังนั้นช่องที่ใส่ผักตบชวาสดที่ออกแบบและสร้างจึงกำหนดขนาด 240 x 90 x 60 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4 ใบมีดที่ใช้ตัดเฉือนผักตบชวาสด ใช้ใบมีด 2 ใบ ซึ่งติดกับแกนเพลลา ใบมีดทั้งสองจะวางทำมุมกัน 180 องศาในแนวรัศมี ใบมีดแต่ละใบทำมุม 30 องศา กับแนวระนาบเพื่อลดแรงต้านและเพิ่มแรงตัดเฉือนผักตบชวา มีการเสริมใบตีแบบฆ้อน (Hammer mill) ซึ่งสร้างขึ้นจากใบเลื่อยเล็กฝั่มละ 3 ใบทำมุม 90 องศา กับแกนเพลลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสับย่อย ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ใบมีดตัดเพื่อลดขนาดผักตบชวาสด

การทำงานของเครื่องสับย่อยและผสมผักตบชวาสด เริ่มจากนำลำต้นผักตบชวาสดใส่ลงไปทางช่องป้อน ของเครื่องซึ่งใช้ต้นกำลังจากเครื่องยนต์เกซตร ชนิดเบนซิน 5.5 แรงม้า ส่งกำลังผ่านมูเลย์ขับ 9.0 เซนติเมตร (3.5 นิ้ว) โดยสายพานร่อนวี ชนิด B-103 ยาว 270 เซนติเมตร (103 นิ้ว) ไปยังมูเลย์ตาม 25 เซนติเมตร (10 นิ้ว) ของแกนเพลลาใบมีด ในอัตราทด 2.85 ใบมีดทั้งสองจะหมุนในแนวตั้งและตัดเฉือนผักตบชวาสดเมื่อถูกลดขนาดแล้วจะตกลงผ่านช่องตะแกรงขนาด 2 ตารางเซนติเมตร ลงถังผสมด้านล่างของเครื่องเพื่อผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ ถังผสมนี้จะมีใบกวนคลุกเคล้าให้ผักตบชวาสดที่ถูกลดขนาดแล้วผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งแรงที่ใช้กวนผสมมาจากต้นกำลังเดียวกันกับที่ลดขนาดของผักตบชวาสด

2.3 องค์ประกอบกลไกการสับ ย่อย และผสมปุ๋ยอินทรีย์



รูปที่ 6 กลไกการสับ ย่อย และผสมปุ๋ยอินทรีย์

2.4 วิธีการทดสอบ

การทดสอบเครื่องสับย่อยและผสมผักตบชวาสด เพื่อหาสมรรถนะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่อง โดยทดสอบที่ความเร็วรอบของเพลลาขับใบมีด 550 750 และ 950 รอบต่อนาที รอบละ 3 ครั้ง วิธีทดสอบเป็นดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับทดสอบ ได้แก่ เครื่องวัดความเร็วรอบ นาฬิกาจับเวลา ไม้บรรทัด ภาชนะบรรจุ และตาชั่งน้ำหนัก

2) เดินเครื่องลดขนาดผักตบชวาสด ใช้เครื่องมือวัดความเร็วรอบ (Hand tachometer) วัดความเร็วรอบที่เพลาชับใบมีด เพื่อให้ได้ความเร็วรอบ 550 รอบต่อนาทีทดสอบ 3 ครั้ง

3) นำผักตบชวาสดหนัก 300 กรัม ใส่ลงในช่องบ่อนขณะเครื่องทำงานด้วยความเร็วบ่อนด้วยมือบันทึกผล น้ำหนักผักตบชวาที่ย่อยผ่านตะแกรงต่อเวลา

4) ทำการตรวจสอบคุณภาพของขนาดผักตบชวาสดบันทึกผล ขนาดผักตบชวาที่ถูกสับรูดผ่านตะแกรงขนาด 2 ตารางเซนติเมตร

5) บันทึกปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตรต่อชั่วโมง)

6) ทำการทดสอบตามข้อ 2 ถึง 5 โดยปรับความเร็ว 750 และ 950 รอบต่อนาที ตามลำดับ

7) นำผลการทดสอบมาคำนวณค่าสมรรถนะของเครื่องสับย่อยผักตบชวาสด ประสิทธิภาพการลดขนาดผักตบชวาสดที่ความเร็วรอบต่างๆ และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบต่างๆ

7.1 สมรรถนะของเครื่องสับย่อยผักตบชวาสด

$$= \frac{\text{น้ำหนักผักตบชวาที่บ่อน (กิโลกรัม)}}{\text{เวลาการทำงาน (ชั่วโมง)}} \quad (1)$$

7.2 ประสิทธิภาพประสิทธิภาพการลดขนาดผักตบชวาสด ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

$$= \frac{\text{น้ำหนักผักตบชวาสดที่ผ่านตะแกรงร่อน (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักผักตบชวาที่บ่อน (กิโลกรัม)}} \times 100 \quad (2)$$

7.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบต่างๆ

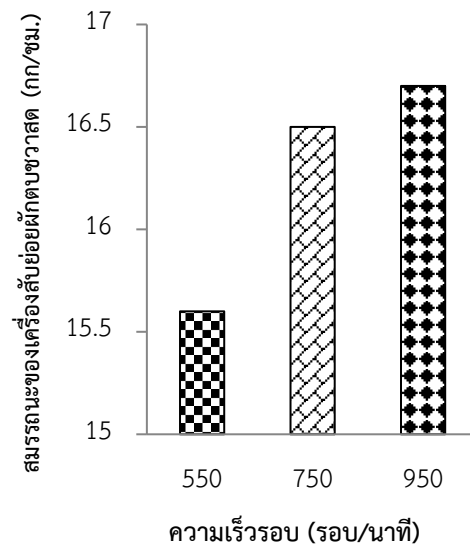
$$= \frac{\text{ปริมาตรก่อนการใช้ - ปริมาตรหลังการใช้ (ลิตร)}}{\text{เวลา (ชั่วโมง)}} \quad (3)$$

3. ผลและวิจารณ์

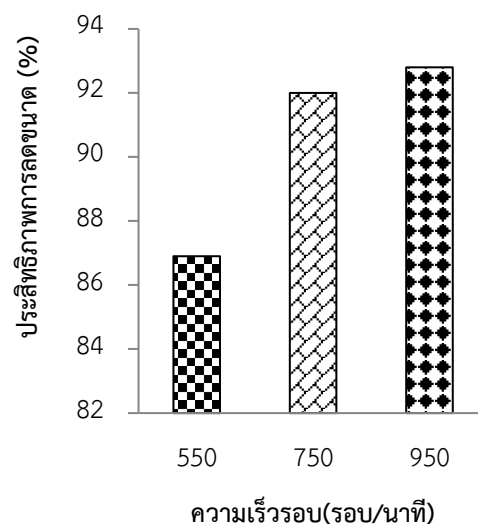
3.1 ผลการทดสอบเครื่องสับย่อยและผสมผักตบชวา

จากการทดสอบพบว่า ปริมาณผักตบชวาสดที่ถูกลดขนาด โดยใช้เครื่องยนต์และเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบเป็น 550 750 และ 950 รอบต่อนาที มี

ความสามารถในการลดขนาดเฉลี่ยผักตบชวาสดได้ 260 276 และ 278.3 กรัมต่อนาที (15.6 16.5 และ 16.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 สมรรถนะของเครื่องสับย่อยผักตบชวาสด



รูปที่ 8 ประสิทธิภาพการลดขนาดผักตบชวาสดที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

จะเห็นว่า ถ้าใช้ความเร็วสูงขึ้น จะทำให้ใบมีดของเครื่องลดขนาดผักตบชวาสดได้มากขึ้นเป็นผลเนื่องจากใช้ความเร็วรอบมากขึ้น ดังนั้นที่ความเร็วรอบ 550 750 และ 950 รอบต่อนาที สามารถลดขนาดผักตบชวาสดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 86.9 92 และ 92.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 9 ส่วนที่ถูกสับย่อยไม่ผ่านตะแกรง 2 ตร.ซม.



รูปที่ 10 ส่วนที่ถูกสับย่อยผ่านตะแกรง 2 ตร.ซม.

3.2 ผลการทดสอบเครื่องผสมผักตบชวากับปุ๋ยอินทรีย์

จากการทดสอบเครื่องผสมผักตบชวากับปุ๋ยอินทรีย์ ที่ความเร็วรอบ 550 750 และ 950 รอบต่อนาที พบว่าเวลาที่เครื่องผสมใช้เพื่อการเข้ากันได้ดีคือ 45 30 และ 18 วินาที ตามลำดับ โดยผสมปุ๋ยอินทรีย์ในสัดส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก หลังจากสับย่อยปล่อยลงถังผสมแล้ว สังเกตจากสายตาพบว่าการผสมเข้ากันได้ดีในทุกรอบความเร็ว ซึ่งวัสดุทั้งสองชนิดจะพลิกตัวและผสมกันได้อย่างทั่วถึงเป็นผลให้ปุ๋ยผสมมีคุณภาพดีขึ้น[8]



รูปที่ 11 ปุ๋ยผสมระหว่างผักตบชวาสับกับปุ๋ยอินทรีย์

3.3 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เกษตรชนิดเบนซินที่ใช้เป็นต้นกำลัง พบว่าที่ความเร็วรอบ 550 750 และ 950 รอบต่อนาที มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.54 0.625 และ 0.71 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์

3.4 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ [9]

ต้นทุนในการสร้างเครื่องพิจารณาจากค่าใช้จ่ายและการทำงานของเครื่องจากต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน ดังนี้

3.4.1 ต้นทุนคงที่ จากสมการค่าเสื่อมราคาต่อปี แบบ straight line method

$$\text{ค่าเสื่อมราคา, } DP = (P-S)/L \quad (4)$$

พิจารณา : ต้นทุนทรัพย์สิน (P) = 15,000 บาท อายุการใช้งานของเครื่อง (L) 5 ปี ให้มูลค่าซาก (S) ของเครื่องย่อยผสมผักตบชวากับปุ๋ยอินทรีย์ คงเหลือ 10 % ของราคาต้นทุนเครื่อง เท่ากับ 1,500 บาท แทนค่าในสมการ (4) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสื่อมราคา} &= (15,000 - 1,500) / 5 \\ \text{เท่ากับ } 2,700 \text{ บาท} \\ \text{ค่าเสียโอกาสหรือค่าดอกเบี้ย(ต่อปี),} &= \\ &((P+S)/2) \times (i/100) \end{aligned} \quad (5)$$

แทนค่าในสมการ (5) จะได้ว่า

ค่าเสียโอกาสหรือค่าดอกเบี้ย(ต่อปี)
 $((15,000 + 1,500) / 2) \times (5 / 100) = 412.5$ บาทต่อปี
 หมายเหตุ ใช้อัตราดอกเบี้ยธนาคารพาณิชย์ (i) ร้อยละ 5.0 ต่อปี
 รวมต้นทุนคงที่ต่อปี คือ ค่าเสื่อมราคา + ค่าเสียโอกาสหรือค่าดอกเบี้ย = $2,700 + 412.5 = 3,112.5$ บาทต่อปี

3.4.2 ต้นทุนแปรผัน

ประกอบด้วยค่าบำรุงรักษา และค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ใช้ไม่คิดค่าแรงงาน เนื่องจากสร้างเครื่องเพื่อช่วยในการทำงานให้ง่ายขึ้นและแก้ปัญหการย่อยที่มีปริมาณมาก ค่าบำรุงรักษา คิดเฉลี่ยวันละ 30 บาทต่อวัน ทำงาน 100 วัน คิดเป็น $30 \times 100 = 3,000$ บาทต่อปี รวมต้นทุนแปรผันต่อปี คือ ค่าบำรุงรักษา + ค่าน้ำมันเบนซิน = $3,000 + 36,500 = 39,500$ บาทต่อปี

3.4.3 รวมต้นทุนดำเนินงาน

ทั้งหมด

ในหนึ่งปีคือ
 ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนแปรผัน = $3,112.5 + 39,500 = 42,612.5$ บาทต่อปี

3.4.4 คำนวณต้นทุนต่อหน่วย

การผลิต

เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกกระบวนการผลิต เครื่องทำงานวันละ 4 ชั่วโมง (ทำงาน 1 ปี หรือ 365 วัน หรือคิดเป็น 1,460 ชั่วโมง เครื่องย่อยผักตบชวาผสมปุ๋ยอินทรีย์เฉลี่ยได้ 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ $(42,612.5 \text{ บาท}) / (1,460 \text{ ชั่วโมง} \times 120 \text{ กิโลกรัมต่อชั่วโมง}) = 0.243$ บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นต้นทุนของการผลิตปุ๋ยผสมจากเครื่องย่อยผักตบชวาผสมปุ๋ยอินทรีย์ต่อ 1 กิโลกรัม เท่ากับ 0.243 บาท ระยะเวลาในการคืนทุน

เท่ากับ ต้นทุนดำเนินงานทั้งหมด (บาท)ต่อผลประโยชน์สุทธิ ที่ได้รับจากการทำงานใน 1 ปี จะได้ว่า $[42,612.5 / (1,460 \times 120)] \times 12 = 2.9$ ปี

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

4.1 การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยผักตบชวาผสมปุ๋ยอินทรีย์ ตัวเครื่องประกอบด้วยโครงสร้างมีขนาด $760 \times 780 \times 1,065$ มิลลิเมตร เป็นที่ติดตั้ง ชุดย่อย ชุดผสม และ ใช้เครื่องยนต์เกเซอร์ไทเกอร์ รุ่น TG 169 ผลิตในประเทศไทย ขนาด 5.5 แรงม้า ส่งกำลังโดยใช้สายพานไปยังชุดย่อยและชุดผสมปุ๋ยอินทรีย์ ใบมีดทำจากเหล็ก AUD 11 ขนาด 60×100 มิลลิเมตร คมตัดเดี่ยวทำมุม 30 องศาับระนาบ จำนวน 2 ชุด ประสิทธิภาพการย่อยที่ความเร็วรอบทดสอบที่ 550 750 และ 950 รอบต่อนาที ได้เฉลี่ยที่ 90.57% ทั้ง 3 ความเร็วรอบ สามารถลดขนาดเฉลี่ยผักตบชวาสดได้ 16.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงานของเครื่องผสมผักตบชวากับปุ๋ยอินทรีย์ อยู่ที่เวลาเฉลี่ย 31 วินาทีต่อ 1 รอบการผสม อัตราการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินเฉลี่ยที่ 0.625 ลิตรต่อชั่วโมง ต้นทุนการผลิตปุ๋ยผสมจากเครื่องย่อยผักตบชวาผสมปุ๋ยอินทรีย์ ต่อ 0.243 บาท/กิโลกรัม ระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 2.9 ปี

4.2 ข้อเสนอแนะควรออกแบบใบมีดใหม่เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการย่อยวัชพืชชนิดอื่น ที่มีขนาดใหญ่และแข็งขึ้น เช่น กาบกล้วย ต้นรูปฤษี และกิ่งกระถินเพื่อเป็นอาหารสัตว์ หรือส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานเกษตรต่อไป เพื่อส่งเสริมอาชีพกับผู้สูงอายุและคนชรา นอกจากนี้ควรติดตั้งระบบป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคลให้มากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ ธีระพงษ์ ควรคำนวณ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ทั้งงบประมาณ สถานที่ และบุคลากรในสังกัด เพื่องานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Thepjan S and Thong Aram A. Design and construction of water hyacinth and organic fertilizer. [engineering project report]. Pathumthani: Rajamangala University of Technology Thanyaburi; 2018. (In Thai)
- [2] PanLuang C, Nualma S, and Tesswat A. Leaf and branch shredding machine [engineering project report]. Cholburi: Burapha University; 2011. (In Thai)
- [3] Kamron C, Chunchay W, Krudngean W, and Meesri A water hyacinth shredders machine. [engineering project report]. Bangkok: Rajamangala University of Technology Krungthep; 2013. (In Thai)
- [4] Luengpipatsorn N, Kalsirisilp R, and Langkapin J. Development of animal feed shredding and compressing machine. The 18th TSAE National Conference and the 10th TSAE International Conference; TSAE 2017. Bangkok: Thai Society Of Agricultural Engineering ; 2017;144-9. (In Thai)
- [5] Kamma S. Design and construction of a household shredder. Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal. 2018;11(1):82-95. (In Thai)
- [6] Kassanuk T, Phasinam K. Design and construction of water hyacinth chopper. RMUTI JOURNAL Science and Technology. 2020;(3):59-68. (in Thai)
- [7] Muksan C, Whangkuenklang V. Plant multi purpose shreddermounted PTO tractor. Acad Pediatr. Forthcoming 2019.
- [8] Wongs V. editors. Composting and using Water Hyacinths [Internet]. Suphanburi: Suphanburi Land Development Station; [cited 2022 April 3]. Available from: <http://r01.ddd.go.th/spb/>.
- [9] Yaemphuan, P. Engineering Economy. Bangkok: SE-Ed. Public Co. Ltd; 2005. (in Thai)