



# การหาจุดที่ประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องย่อยขยะพลาสติกที่มีความเร็วรอบทำงานต่ำ

## The Most Effective Speed of Low Speed Plastic Waste Shredder Machine

ปวีณ สุขบรรเทิง<sup>1</sup>, ดวงฤดี ชูตระกูล<sup>2</sup>, ขวัญชัย หนาแน่น และ ราเชณ คณณะนา

Paween Sukbanthoeng<sup>1</sup>, Duangrudee Chutrakul, Kwanchai Nanan and Rachen Kanana

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เพชรบุรี 76000

Faculty of Engineering and Industrial Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi, 76000

\*Corresponding author; E-mail: paween.suk@mail.pbru.ac.th

Received: 02 May 2020 /Revised: 10 June 2020 /Accepted: June 2020

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยขยะพลาสติก มีวัตถุประสงค์เพื่อลดขนาดขยะพลาสติก และศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องย่อย โดยเครื่องย่อยมีขนาดกว้าง ยาว และสูง 300, 650 และ 1,000 มิลลิเมตร มีชุดใบมีดตัดและรับ 12 และ 13 ใบ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า ต่อเข้ากับเกียร์ทด 1:45 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลัง ชุดย่อยมีรูตะแกรง 9 และ 12 มิลลิเมตร ความเร็วรอบทดสอบที่ 27, 33, 40 และ 47 รอบต่อนาที ชนิดพลาสติกที่ใช้ทดสอบคือโพลีเอทิลีนเทเรพทาเลตและโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูงจากขวดน้ำดื่มทั่วไป ผลการทดสอบ (1) โพลีเอทิลีนเทเรพทาเลต ความเร็วรอบที่เหมาะสมอยู่ที่ 47 รอบต่อนาที รูตะแกรง 12 มิลลิเมตร ย่อยได้ 2.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพเท่ากับ 73 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (2) โพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง ความเร็วรอบที่เหมาะสมอยู่ที่ 27 รอบต่อนาที รูตะแกรง 12 มิลลิเมตร ย่อยได้ 2.11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพเท่ากับ 62 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

**คำสำคัญ:** เครื่องบดขยะพลาสติก โพลีเอทิลีนเทเรพทาเลต โพลีเอทิลีน

### Abstract

This research was to design and manufacture the plastic waste shredder machine which aimed to reduce the size of plastic waste and studied for the most effective speed of the shredder machine. The width, length and height of the shredder machine were 300, 650 and 1,000 mm respectively. The cutting blade kits consisted of 12 cutting blades and 13 stator blades respectively. One horsepower electric motor was connected to gear box 1:45 rpm. The sub kit consisted of 9 mm



and 12 mm screen diameters with testing rotational speed at 27, 33, 40 and 47 rpm. The types of plastic used in this experiment were polyethylene terephthalate and high-density polyethylene which were thicker than general drinking water bottles. The result showed that: firstly, the appropriate rotational speed of polyethylene terephthalate was at 47 rpm, 73% efficiency by weight from digested result 2.1 kg/hr by 12-mm screen diameter. Secondly, the appropriate rotational speed of high-density polyethylene was at 27 rpm, 73% efficiency by weight from digested result 2.1 kg/hr by 12-mm screen diameter.

**Keywords:** Plastic waste shredder machine, Polyethylene terephthalate, Polyethylene

## บทนำ

ในปัจจุบันพลาสติกที่ถูกใช้แล้วทิ้งมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะขวดพลาสติก ทำให้เป็นภาระในการจัดเก็บและการทำลาย ประกอบกับเป็นวัสดุที่ใช้เวลานาน (ประมาณ 500 ปี) ในการย่อยสลาย [1] การจำกัดขยะพลาสติกอย่างถูกต้องถือเป็นเรื่องที่สำคัญที่จะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมลพิษที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพของประชาชน หนึ่งในวิธีการกำจัดขวดพลาสติกนี้ เช่น การรีไซเคิลพลาสติกให้อยู่ในรูปแบบที่นำไปใช้งานต่อได้ ในกระบวนการนี้ จะต้องผ่านกระบวนการบดพลาสติกให้มีขนาดเล็กลง เพื่อเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการขึ้นรูปเม็ดพลาสติก ข้อมูลจากสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย (Thai Plastic Industries Association) สำหรับราคาเม็ดพลาสติก ช่วงวันที่ 1 มกราคม 2563-7 มิถุนายน 2563 ชนิดเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate: PET) มีราคาอยู่ที่ กิโลกรัมละ 31 บาท ส่วนพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene: HDPE) มีราคาอยู่ที่ กิโลกรัมละ 35.50 บาท [2]

การลดขนาด (Size reduction) แบ่งออกเป็น เครื่องบด เครื่องบด และเครื่องบดละเอียด มีหน้าที่ทำการลดขนาดวัสดุขนาดใหญ่ให้เล็กลงได้แก่ 1. เครื่องอัดหรือบีบ (Crusher) หยาบหรือละเอียด 2. เครื่องบด (Grinders-intermediate and fine) 3. เครื่องบดละเอียด (Ultra fine grinder) การออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยพลาสติกได้รับความสนใจในวงกว้าง โดยเห็นได้จากมีงานต้นแบบที่ได้รับการพัฒนา [3-5] ส่วนในประเทศไทย กุณฑล ทองศรี [6] ออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยพลาสติก เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยขวดพลาสติก และศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลกับการย่อยขวดพลาสติก โดยได้สร้างเครื่องย่อยขวดพลาสติกที่มีขนาดกว้าง 700 มิลลิเมตร ยาว 1,000 มิลลิเมตร และสูง 1,350 มิลลิเมตร โรเตอร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร มีโรเตอร์ 5 ตัว เครื่องย่อยขวดพลาสติกที่สร้างขึ้น มีชุดใบมีดย่อยขวดพลาสติกที่ประกอบขึ้นโดยใช้ใบมีดตัดทั้งหมด 15 ใบ และใบมีดรับ 2 ใบ ในการทดสอบได้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 4 แรงม้า เป็นเครื่องต้นกำลัง จากการทดสอบพบว่า เครื่องย่อยขวดพลาสติกมีความสามารถในการทำงานได้ดีที่สุดโดยที่ พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน เท่ากับ



4.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ขนาดรูตะแกรง 8 มิลลิเมตร และพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลตเท่ากับ 3.76 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ขนาดรูตะแกรง 8 มิลลิเมตร ชัชวาล ไชยเทพ และ นเรศ สมอคร [7] ได้ศึกษาเรื่อง เครื่องย่อยกิ่งไม้ เพื่อใช้ในการตัดย่อยกิ่งไม้สด ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า จากการทดลองใช้งานจริงพบว่า สามารถย่อยกิ่งไม้สดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20-25 มิลลิเมตร เศษหลังจากการตัดมีขนาดตามที่ต้องการคิดเป็นร้อยละ 91.4 โดยน้ำหนัก และได้กำลังในการผลิต ประมาณ 75 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ชูติมา ภิรมย์ภักดี และโชติวุฒิ อรุณประเสริฐ [8] ได้พัฒนาเครื่องย่อยขวดพลาสติกโดยเป็นการผลิตเครื่องต้นแบบ โดยการผลิตเครื่องที่มีลักษณะใกล้เคียงกับเครื่องที่ขายในท้องตลาด เมื่อทำการผลิตเสร็จแล้ว จึงทำการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่อง โดยการย่อยขวดพลาสติกประเภทขุน ประเภทใส และฝาขวดพลาสติก โดยทำการทดลอง โดยการปรับใบมีดต่างๆ เปลี่ยนขนาดรูตะแกรงกรอง ปรับรูปแบบของปล่องใส่ขวดพลาสติก โดยการทดลองดังกล่าวทำให้สามารถทราบถึงความสามารถในการทำงานของเครื่องที่มีในท้องตลาด รวมทั้งเครื่องที่ได้ทำการผลิต สามารถผลิตเครื่องที่มีราคาถูกกว่าท้องตลาดมากกว่า 50,000 บาท ในอัตรากำลังการผลิตที่ใกล้เคียงกับท้องตลาด พรเทพ พุ่มไม้ และวิฑูรย์ สกุนอก [9] ได้ออกแบบเครื่องย่อยพลาสติก ทดสอบการทำงานของเครื่องโดยการทดสอบ 3 ครั้ง คือ 1 ใส่ขวดพลาสติก 1 กิโลกรัม ได้พลาสติกที่ย่อยออกมาจำนวน 8 ซีด คิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 2 ใส่ขวดพลาสติก 1 กิโลกรัม ได้พลาสติกที่ย่อยออกมา 9 ซีด คิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ครั้งที่ 3 ใส่ขวดพลาสติก 1 กิโลกรัม ได้พลาสติกที่ย่อยออกมาจำนวน

1 กิโลกรัม คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ จากการหาค่าเฉลี่ย ทั้ง 3 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 90 หรือ 90 เปอร์เซ็นต์

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การย่อยพลาสติก จะใช้ชุดมอเตอร์ต่อเข้ากับแกนเพลลาที่ติดตั้งใบมีดตัด และมีใบมีดรับ ซึ่งเป็นลักษณะของการตัดเฉือน งานวิจัยนี้ได้สร้างต้นแบบเครื่องจักรสำหรับบดขยะพลาสติกให้มีขนาดเล็กโดยใช้หลักการย่อยโดยใช้ใบมีดตัดและใบมีดรับ โดยเพิ่มเกียร์ทดต่อเข้ากับมอเตอร์เพื่อเพิ่มแรงบิดในการตัดเฉือน ซึ่งเกียร์ทดจะให้ความเร็วรอบที่ต่ำเพื่อลดการสั่นสะเทือนและเสียงในการย่อย นอกจากนี้ยังเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าให้น้อยลงด้วย

## วิธีการวิจัย

### 1. ชุดทดสอบ

เครื่องย่อยขยะพลาสติกนี้มีขนาดกว้าง 300 มิลลิเมตร ยาว 650 มิลลิเมตร และสูง 1,000 มิลลิเมตร (ไม่รวมกรวยย่อย) มีชุดย่อยพลาสติกขนาดกว้าง 150 มิลลิเมตร ยาว 225 มิลลิเมตร และสูง 25 มิลลิเมตร ด้านในประกอบด้วย ใบมีดตัดทั้งหมด 12 ใบ ใบมีดครบ 13 ใบ แกนเพลลา มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร และสวมขัดด้วยเพลลาเหล็กเหลี่ยมเจาะรูยาว 225 มิลลิเมตร ตะแกรงเจาะรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 และ 12 มิลลิเมตร ในการทดสอบใช้ชุดมอเตอร์และเกียร์ทดรอบขนาด 1 แรงม้า แกนเพลลา 14 มิลลิเมตร 4 โพล (Pole) 1,250 รอบต่อนาที อัตราทด 1:45, ไฟ 380 โวลต์ 50-60 เฮิร์ตซ์เป็นเครื่องต้นกำลังตาม Figure 1



Figure 1. Plastic waste shredder machine

## 2. วิธีการดำเนินการทดสอบ

การเตรียมขวดพลาสติกสำหรับทดสอบ ดำเนินการดังนี้ 1. นำขวดพลาสติกโพลีเอทิลีน เทเรพทาเลต นำมาแยกฝาขวดออกจากขวดเนื่องจากเป็นพลาสติกต่างชนิดกัน 2. ทำความสะอาดขวดพลาสติก 3. ชั่งน้ำหนักของขวดพลาสติกกองละ 1 กิโลกรัม สำหรับการเตรียมเครื่องย่อยขวดพลาสติกดำเนินการ ดังนี้ ตรวจสอบความเรียบร้อยของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน เช่น สายไฟ สวิตช์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สวิตช์ชุดควบคุมความเร็วรอบ (อินเวอร์เตอร์) เศษพลาสติกที่ตกค้างอยู่ตามใบมีดตัดใบมีดรับ และตะแกรง ในส่วนการทดสอบมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ 1. ติดตั้งรูตะแกรงขนาด 12 มิลลิเมตร 2. เสียบ/ต่อ ปลั๊กไฟเข้ากับเต้าเสียบไฟ 3. เปิดสวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (เพื่อรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น) และเปิดสวิตช์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 4. ปรับ

สวิตช์ชุดควบคุมความเร็วรอบ (อินเวอร์เตอร์) ที่ความถี่ 40 เฮิรตซ์ 5. ป้อนขวดพลาสติก โดยใช้ขวดในการทดสอบชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต่อการทดสอบ 1 ครั้ง โดยทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง จับเวลาและบันทึกผล 6. ปรับสวิตช์ชุดควบคุมความเร็วรอบ (อินเวอร์เตอร์) ที่ความถี่ 50, 60 และ 60 เฮิรตซ์ จากนั้นทำซ้ำข้อห้า 7. ปิดสวิตช์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า และถอดปลั๊กไฟ 8. เปลี่ยนรูตะแกรงเป็นขนาด 9 มิลลิเมตร จากนั้นดำเนินการข้อ 2 ถึง 7 ตามลำดับ 9. นำผลที่ได้มาคำนวณความสามารถในการทำงานจริง เปอร์เซ็นต์การย่อย พลังงานจำเพาะในการย่อย และต้นทุนในการย่อย 1 กิโลกรัม

## 3. ค่าชี้ผลในการศึกษา

ในการศึกษาค่าชี้ผลการศึกษาแก่ความสามารถในการทำงานจริง เปอร์เซ็นต์การย่อย เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลังการย่อย

### 1. ความสามารถในการทำงานจริง

ความสามารถในการทำงานจริง (kg/hr) =  $\frac{\text{น้ำหนักของขวดพลาสติกที่ย่อยได้ทั้งหมด(kg) / เวลาที่ใช้ทั้งหมด (hr)}}{}$  (1)

2. เปอร์เซ็นต์การย่อย (%) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างผลต่างของพลาสติกที่ย่อยได้กับพลาสติกที่ได้หลังการย่อย เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

เปอร์เซ็นต์การย่อย =  $\frac{\text{พลาสติกที่ย่อยได้ (kg) / พลาสติกทั้งหมดก่อนการย่อย(kg)}}{}$  × 100 (2)

3. ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการย่อย (Specific Energy Consumption)

SEC =  $\frac{P \cdot t}{1000 \cdot (m_b - m_a)}$  (kJ/kg) (3)



โดย  $P = \sqrt{3} \times I \times V \times \cos \theta$  (W)  
 $I$  = กระแสไฟฟ้า (A)  
 $V$  = แรงดันไฟฟ้า (V)  
 $t$  = เวลา (s)  
 $m_b$  = มวลก่อนย่อย (kg)  
 $m_a$  = มวลที่ย่อยได้ (kg)  
 $\cos \theta$  = ค่าตัวประกอบกำลัง

#### 4. ต้นทุนในการย่อย 1 กิโลกรัม

ต้นทุน = ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh)/1 kg  
 (kWh) (4)

โดย ปริมาณการใช้ไฟฟ้า =  
 $(P/1000) \times$  เวลา (hr) ที่ ใช้ย่อย  
 พลาสติก 1 kg

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### 1. ผลการทดสอบการหาค่าลังการผลิตรวมและประสิทธิภาพของเครื่องย่อยขยะพลาสติก

การทดสอบการหาค่าลังการผลิตรวมโดยการนำขวดพลาสติก ซึ่งขวดพลาสติกประกอบด้วยพลาสติกสองชนิด คือ ส่วนตัวขวดเป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลต และฝาขวดเป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง นำมาย่อยในขนาดรูตะแกรง 2 ขนาด ได้แก่ ขนาดรูตะแกรง 9 มิลลิเมตร และขนาดรูตะแกรง 12 มิลลิเมตร และความเร็วรอบที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ ความเร็วรอบ 27 รอบต่อนาที ความเร็วรอบ 33 รอบต่อนาที ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที และความเร็วรอบ 47 รอบต่อนาที ตามลำดับ ได้ผลทดสอบแสดงดัง Table 1

Table 1. Results from determination of production capacity and efficiency of plastic waste shredder machine at rotational speed 27, 33, 40 and 47 rpm for polyethylene terephthalate plastic (PET)

Rotational speed (rpm)	Screen diameter (mm)	Production capacity (kg/hr)	Efficiency by weight (%)
27	9	0.32	45
	12	1.01	62
33	9	0.41	48
	12	1.32	65
40	9	0.64	51
	12	1.58	69
47	9	0.72	53
	12	2.28	75

จาก Table 1 ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบทั้ง 4 ระดับ (27, 33, 40 และ 47 รอบต่อนาที) ที่ตะแกรงเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 และ 12 มิลลิเมตร วัสดุทดสอบใช้พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลต พบว่าความเร็วรอบที่เหมาะสมอยู่ที่ 47 รอบต่อนาที ที่ตะแกรงเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ได้กำลังการผลิต 2.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และได้ประสิทธิภาพ 75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ส่วนความเร็วที่ทำให้กำลังการผลิตและประสิทธิภาพต่ำสุดคือ ความเร็วรอบที่ 27 รอบต่อนาที ที่ตะแกรงเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร ได้กำลังการผลิต 0.32 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และได้ประสิทธิภาพ 45 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น รูตะแกรงมีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้กำลังการผลิตและประสิทธิภาพมีค่าเพิ่มขึ้น



**Table 2.** Results from determination of production capacity and efficiency of plastic waste shredder machine at rotational speed 27, 33, 40 and 47 rpm for high density polyethylene (HDPE)

Rotational speed (rpm)	Screen diameter (mm)	Production capacity (kg/hr)	Efficiency by weight (%)
27	9	0.70	35
	12	1.25	45
33	9	0.85	40
	12	1.50	50
40	9	1.01	45
	12	1.80	55
47	9	1.20	50
	12	2.16	60

จาก Table 2 ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบทั้ง 4 ระดับ (27, 33, 40 และ 47 รอบต่อนาที) ที่ตะแกรงเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 และ 12 มิลลิเมตร วัสดุทดสอบพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง พบว่าความเร็วรอบที่เหมาะสมอยู่ที่ 47 รอบต่อนาที ที่ขนาดรูตะแกรง 12 มิลลิเมตรได้กำลังการผลิต 2.16 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และได้ประสิทธิภาพ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และ พบว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังการผลิตและประสิทธิภาพมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนความเร็วที่ทำให้กำลังการผลิตและประสิทธิภาพต่ำสุดคือ ความเร็วรอบที่ 27 รอบต่อนาที ที่ตะแกรงเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร ได้กำลังการผลิต 0.70 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และได้ประสิทธิภาพ 35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น รูตะแกรงมีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้

กำลังการผลิตและประสิทธิภาพมีค่าเพิ่มขึ้นเหมือนกับกรณีพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทอร์พทาเลต

จากการทดสอบพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ได้ความเร็วรอบที่เหมาะสมเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ เมื่อความเร็วรอบมากขึ้น กำลังการผลิตและประสิทธิภาพโดยน้ำหนักก็มากขึ้น สำหรับสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพต่ำ ได้วิเคราะห์จากการทดลองแล้วพบว่า ที่ความเร็วรอบสูงสุดที่ไม่ทำให้เครื่องย่อยสั่นสะเทือน (47 รอบต่อนาที) ไบเม็ดสับสามารถตัดเฉือนขวดพลาสติกได้นานกว่าความเร็วรอบที่ 40, 33 และ 27 รอบต่อนาที เมื่อเทียบในเวลาที่ใช้เท่ากัน ทำให้เศษพลาสติกที่ได้มีปริมาณมากกว่าและไหลลงสู่รูตะแกรง ส่วนพลาสติกที่ตกค้างจะอยู่บริเวณปากรูตะแกรง ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่ารู 1-2 มิลลิเมตร ทำให้ไม่สามารถไหลผ่านรูตะแกรงได้ อีกสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพต่ำ คือ ขนาดรูของตะแกรงเล็ก (9 มิลลิเมตร) พบว่า เศษพลาสติกตกค้างอยู่บริเวณปากรูตะแกรงปริมาณมาก เนื่องจากเศษที่ถูกย่อยสลายใหญ่มีพื้นที่มากกว่าขนาดรูตะแกรงจึงทำให้เศษของพลาสติกไม่สามารถไหลลงสู่ตะแกรงได้ และเมื่อนำผลการทดสอบเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาด้านกำลังการผลิต พบว่ากำลังการผลิตที่เหมาะสม (ที่ขนาดรูตะแกรง 12 มิลลิเมตร ได้กำลังการผลิต 2.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทอร์พทาเลต) มีค่าน้อยกว่ากำลังการผลิต (ที่ขนาดรูตะแกรง 8 มิลลิเมตร 3.76 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทอร์พทาเลต) ของงานวิจัยของ กุณฑล ทองศรี [6] ทั้งนี้เพราะขนาดของมอเตอร์ที่ใช้มีขนาดแตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยของ กุณฑล ทองศรี ใช้มอเตอร์ขนาด 4 แรงม้า มีกำลังมากกว่างานวิจัยนี้ 3 แรงม้า และขนาดเศษพลาสติกที่ได้จะขึ้นอยู่กับ จำนวนของไบเม็ด

ตัด ไบมีดรับ และระยะห่างระหว่างไบมีดตัดกับไบมีดรับ ซึ่งงานวิจัยของกฤษณ ทองศรี ได้ใช้ไบมีดตัดจำนวน 15 ไบ และไบมีดรับจำนวน 2 ไบ ส่วนงานวิจัยนี้ใช้ไบมีดตัดจำนวน 12 ไบ และไบมีดรับจำนวน 13 ไบ ซึ่งลักษณะการออกแบบแตกต่างกัน ทำให้ผลทดสอบที่ได้มีค่าแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบด้านประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมอยู่ที่ 75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ขนาดรูตะแกรง 12 มิลลิเมตร พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต มีค่าน้อยกว่างานวิจัยของ พรเทพ พุ่มไม้ และวิฑูวัส สุกุลนอก [9] ซึ่งมีประสิทธิภาพ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เพราะขนาดของกำลังของมอเตอร์ ขนาดของไบมีดตัดและไบมีดรับ และระยะห่างระหว่างไบมีดตัดกับไบมีดรับ ทำให้ผลทดสอบที่ได้มีค่าแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบด้านราคาของเครื่องย่อยพลาสติก สำหรับงานวิจัยนี้มีต้นทุนในการสร้างเครื่องย่อยราคาถูกกว่าตามท้องตลาด 10,000-20,000 บาท ใน อัตรากำลังการผลิตที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชุตติมา ภิรมย์ภักดี และชิตวิฑูฒิ อรุณประเสริฐ [8] ที่สามารถผลิตเครื่องที่มีราคาถูกกว่าท้องตลาดมากกว่า 50,000 บาท ใน อัตรากำลังการผลิตที่ใกล้เคียงกับท้องตลาด

## 2. ผลการทดสอบความละเอียดของเศษพลาสติกย่อยแล้ว

จากผลการทดสอบในเรื่องของความละเอียดของเศษพลาสติกที่ย่อยแล้ว จากการสังเกตของพบว่าที่ขนาดรูตะแกรง 9 มิลลิเมตร จะมีความละเอียดมากกว่า ถึงแม้ว่าพลาสติกจะต่างชนิดกัน แต่รูตะแกรงอีกขนาดคือ 12 มิลลิเมตร จะมีความละเอียดน้อยกว่า และขนาดใหญ่กว่า แต่จะใช้เวลาน้อยกว่ารูตะแกรง

ขนาดเล็ก ซึ่งรูปร่างของชิ้นพลาสติกที่ทำการย่อยแล้ว จะไม่มีลักษณะที่ตายตัว จะมีหลายรูปร่าง หลายขนาด โดยเฉลี่ย รูตะแกรงขนาด 9 มิลลิเมตร พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต จะมีขนาดเฉลี่ย 100 ตารางมิลลิเมตร ส่วน พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง มีขนาดเฉลี่ย 100 ตารางมิลลิเมตร และรูตะแกรงขนาด 12 มิลลิเมตร พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต จะมีขนาดเฉลี่ย 150 ตารางมิลลิเมตร ส่วนพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง มีขนาดเฉลี่ย 150 ตารางมิลลิเมตร

จากผลทดสอบที่ได้นำมาเปรียบเทียบขนาดของพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต สำหรับงานวิจัยนี้มีขนาดเฉลี่ย 100 ตารางมิลลิเมตร ที่ขนาดรูตะแกรง 9 มิลลิเมตร และ 150 ตารางมิลลิเมตร ที่ขนาดรูตะแกรง 12 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่างานวิจัย กฤษณ ทองศรี [6] ทั้งนี้เพราะขนาดของรูตะแกรงของงานวิจัยนี้มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของรูตะแกรงของกฤษณ ทองศรี ซึ่งใช้รูตะแกรงขนาด 8 มิลลิเมตร เศษพลาสติกมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 35 ตารางมิลลิเมตร และปัจจัยอื่นๆ อีกเช่น ความเร็วรอบไบมีด คุณสมบัติทางกายภาพของพลาสติก ความหนาของไบมีด ความคมของไบมีด ชนิดของวัสดุไบมีด และระยะห่างระหว่างไบมีดรับกับไบมีดตัด

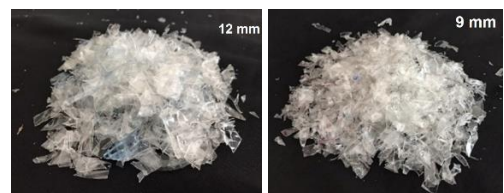
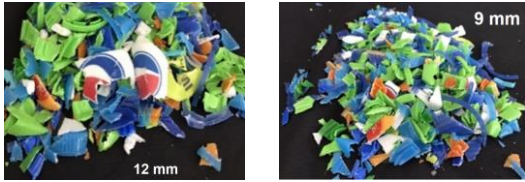


Figure 2. Characteristic of polyethylene terephthalate plastic (PET) obtained from shredding by 9-mm diameter mesh filter and 12-mm diameter mesh filter





**Figure 3.** Characteristic of high density polyethylene (HDPE) obtained from shredding by 9-mm diameter mesh filter and 12-mm diameter mesh filter

### 3. ผลการทดสอบการหาพลังงานจำเพาะในการย่อย

การหาค่าพลังงานจำเพาะเพื่อแสดงให้เห็นถึงพลังงานที่ใช้ในการย่อย โดยตัวแปรหลักที่มีผลต่อการใช้พลังงาน คือ ชั่วโมงการทำงาน จำนวนของเศษพลาสติกที่ย่อยได้ ผลการคำนวณแสดงใน Table 3 และ Table 4

**Table 3.** Result from determination of specific energy for shredding at rotational speed 27, 33, 40 and 47 rpm for polyethylene terephthalate plastic (PET)

Rotational speed (rpm)	Screen diameter (mm)	Specific energy consumption (kJ/kg)
27	9	289
	12	407
33	9	274
	12	387
40	9	262
	12	367
47	9	232
	12	341

**Table 4.** Result from determination of specific energy for shredding at rotational speed 27, 33, 40 and 47 rpm for high density polyethylene (HDPE)

Rotational speed (rpm)	Screen diameter (mm)	Specific energy consumption (kJ/kg)
27	9	228
	12	209
33	9	225
	12	202
40	9	225
	12	196
47	9	212
	12	176

### 4. ผลการทดสอบการหาต้นทุนในการย่อย 1 กิโลกรัม

ในการคำนวณค่าไฟฟ้าได้ใช้ระบบประมาณค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [10] ในการประมาณค่าไฟเบื้องต้น ซึ่งสูตรการคำนวณดังกล่าวมีผลตั้งแต่ว่าค่าไฟฟ้าประจำเดือน พฤศจิกายน 2561 จนถึงปัจจุบัน หรือจนกว่าจะมีประกาศเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน โดยเลือกประเภท 1.1 บ้านที่อยู่อาศัย (อัตราปกติ) ผลการคำนวณประกอบด้วยปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการย่อย 1 กิโลกรัม และ ค่าไฟในการย่อย 1 กิโลกรัม เทียบกับความเร็วรอบ และขนาดของรูตะแกรงต่าง ๆ แสดงใน Table 5 และ Table 6



Table 5. Result from determination of shredding cost for 1kg of polyethylene terephthalate plastic (PET) at rotational speed 27, 33, 40 and 47 rpm.

Rotational speed (rpm)	Screen diameter (mm)	Unit power for 1 kg (kWh/kg)	Cost for 1 kg (baht/kg)
27	9	0.98	11.10
	12	0.30	9.48
33	9	0.77	10.60
	12	0.24	9.34
40	9	0.61	10.22
	12	0.21	9.26
47	9	0.45	9.86
	12	0.14	9.10

Table 6. Result from determination of shredding cost for 1 kg of high density polyethylene (HDPE) at rotational speed 27, 33, 40 and 47 rpm.

Rotational speed (rpm)	Screen diameter (mm)	Unit power for 1 kg (kWh/kg)	Cost for 1 kg (baht/kg)
27	9	0.55	10.08
	12	0.33	9.55
33	9	0.44	9.81
	12	0.26	9.38
40	9	0.36	9.62
	12	0.21	9.26
47	9	0.28	9.43
	12	0.15	9.12

จาก Table 5-6 ผลการทดสอบการหาต้นทุนในการย่อย 1 กิโลกรัม ที่ความเร็วรอบทั้ง 4 ระดับ (27, 33, 40 และ 47 รอบต่อนาที) ที่ตะแกรงเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 และ 12 มิลลิเมตร วัดสุ

ทดสอบใช้พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต และพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง พบว่าต้นทุนในการย่อย 1 กิโลกรัม ที่ความเร็วรอบสูงขึ้น ต้นทุนในการย่อย 1 กิโลกรัมจะลดลง เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงขึ้นทำให้มวลที่ได้จากการย่อยมีค่าเพิ่มขึ้น (กำลังการผลิตต่อชั่วโมงมีค่าเพิ่มขึ้น) เนื่องจากใบมีดลับสามารถตัดเฉือนขวดพลาสติกและฝาขวดพลาสติกได้นานกว่าความเร็วรอบที่ 40, 33 และ 27 รอบต่อนาที เมื่อเทียบในเวลาที่เท่ากัน ทำให้ได้เศษพลาสติกมากกว่า ค่าไฟฟ้าที่ความเร็วรอบสูงจึงลดลง และจากการวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการย่อยของความเร็วแต่ละระดับ พบว่ามีปริมาณกำลังไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเป็นความเร็วรอบต่ำ ส่งผลให้ต้นทุนในการย่อย 1 กิโลกรัม ของความเร็วรอบที่สูงขึ้นมีค่าลดลง

### สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบกำลังการผลิตประสิทธิภาพของเครื่องย่อยขยะพลาสติก พลังงานจำเพาะในการย่อย และต้นทุนในการย่อย 1 กิโลกรัม

1. พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต พบว่าความเร็วรอบที่ 47 รอบต่อนาที และรูตะแกรงขนาด 12 มิลลิเมตร เหมาะสมในการทำงานมากที่สุด มีกำลังการผลิต 2.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพ 75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีพลังงานจำเพาะในการย่อย 341 กิโลจูลต่อกิโลกรัม และมีต้นทุนในการย่อย 9.10 บาท/กิโลกรัม

2. พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง พบว่าความเร็วรอบที่ 47 รอบต่อนาที และรูตะแกรงขนาด 12 มิลลิเมตร เหมาะสมในการทำงานมากที่สุด มีกำลังการผลิต 2.16 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มี



ประสิทธิภาพ 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีพลังงาน  
จำเพาะในการย่อย 176 กิโลจูลต่อกิโลกรัม และมี  
ต้นทุนในการย่อย 9.12 บาท/กิโลกรัม

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีที่  
ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย นอกจากนี้ยัง  
ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่สนับสนุน  
เครื่องมืออุปกรณ์การวิจัยจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จตาม  
วัตถุประสงค์ที่วางไว้ทุกประการ

### เอกสารอ้างอิง

1. Akash, B., Christina, P., Darshan, K. and Manoj, S. 2019. Plastic waste management by mechanical shredder machine. *IJARIIIE*. 5(2): 3218-3233.
2. สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย. สรุปราคาเม็ดพลาสติก. [online] available: <https://www.tpia.org/index.php>. 2563.
3. David, A. and Joel, O.O. 2018. Design and construction of a plastic shredder machine for recycling and management of plastic wastes. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 9( 5): 1379-1385.
4. Reddy, S. and Raju, T. 2018. Design and development of mini plastic shredder machine. *ICAAMM: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 455: 1-6.

5. Nikitha Sri, N., Supriya K., Tamanjeet Singh, Ravi Kiran, T. and CH Ranga Rao. 2020. Design and manufacture of Portable Automatic Plastic Shredder. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 7(5): 1793-1797.
6. กุณฑล ทองศรี. 2550. การออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยพลาสติก. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
7. ชัชวาล ไชยเทพ และนเรศ สมอคร. 2543. เครื่องย่อยกิ่งไม้. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
8. ชูติมา ภิรมย์ภักดี และโชติวุฒิ อรุณประเสริฐ. 2548. เครื่องย่อยขวดพลาสติก. วิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
9. พรเทพ พุ่มไม้ และวิฑูวัส สกุนอก. 2552. เครื่องย่อยขวดพลาสติก. กรุงเทพมหานคร: โรงเรียนเทคโนโลยีไออาร์พีซี.
10. ระบบประมาณการค่าไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [online] available: <https://www.pea.co.th/webapplications/EstimatBill/index.html>. 2563.