วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 29 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2567
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 29 (No.1) January – April 2024 บทความวิจัย

การออกแบบและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นผัก

Design and Performance Evaluation of Vegetable Shredder

วรลักษณ์ สุริวงษ์*, พัชราภรณ์ อินริราย, สุรินทราพร แสวงงาม, ธวัลรัตน์ สัมฤทธิ์, ทิพยรัตน์ คำภูมี และ ศรายุทธ มีบุญ

Voraluck Suriwong*, Patcharaporn Inrirai, Surintraporn Swaeng-ngam, Thawanrat Sumrit,

Thipyarat Khamphumee and Sarayut Meebun

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประเทศไทย

Food Engineering, Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Thailand

Received : 3 August 2023, Received in revised form : 5 December 2023, Accepted : 6 December 2023

Available online : 9 January 2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : เครื่องหั่นผักโดยทั่วไปถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการลดขนาดของผลผลิตทางการเกษตร การออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นผักเพื่อให้ได้รูปทรงที่สวยงามและมีคุณภาพเหมาะต่อการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพยังเป็นองค์ความรู้ที่ขาด ดังนั้น งานวิจัยนี้มีจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องหั่นผัก และศึกษาผลของความเร็วรอบของอินเวอร์เตอร์ต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นผัก

วิธีดำเนินการวิจัย : ศึกษาและคำนวนหาค่าที่สำคัญในแต่ละส่วนประกอบที่จะใช้ในการทำงานของเครื่องหั่นผัก จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพการหั่นของเครื่องหั่นผักต้นแบบที่พัฒนาขึ้นกับผักจำนวน 5 ชนิด คือ มันฝรั่ง แครอท หัวไชเท้า แตงกวา และหอมหัวใหญ่ ที่ความเร็วรอบ 500 600 700 และ 800 รอบต่อนาที จากค่าเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ อัตราการสูญเสียจากการหั่นที่คำนวณได้ รวมถึงกำลังการผลิตของเครื่องหั่นผัก

ผลการวิจัย : เครื่องหั่นผักที่ออกแบบมีส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ โครงสร้างเครื่อง จานใบมีด ฝาครอบจานใบมีด ช่องใส่วัตถุดิบ มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า และอินเวอร์เตอร์ 1 ตัว เมื่อทดสอบประสิทธิภาพการหั่นของเครื่องพบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการทำงานของเครื่องหั่นที่สภาวะต่าง ๆ อยู่ในช่วง 5.28±0.84 ถึง 19.15±1.89 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วรอบมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่หั่นได้ โดยผักแต่ละชนิดมีความเร็วรอบที่เหมาะสมในการหั่นที่ต่างกัน มันฝรั่ง แครอท และหอมหัวใหญ่ มีเปอร์เซ็นต์สูงที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที ในขณะที่หัวไชเท้าและแตงกวามีเปอร์เซ็นต์คุณภาพผ่านเกณฑ์สูงที่ความเร็วรอบ 600 และ 800 รอบต่อนาที ตามลำดับ ผลการศึกษากำลังการผลิตของเครื่องพบว่า การใช้เครื่องหั่นผักทำให้มีกำลังการผลิตมากกว่าการใช้กำลังคนในการหั่นผักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สรุปผลการวิจัย : เครื่องหั่นผักที่ออกแบบและสร้างนี้เหมาะสมกับการหั่นผักที่เน้นรูปทรงสวยงาม มีเนื้อสัมผัสแบบเนื้อเดียวกัน เช่น มันฝรั่ง แครอท และหัวไชเท้า จึงจะสามารถช่วยทุ่นแรงในการผลิตและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเปอร์เซ็นต์สูงที่จะผ่านเกณฑ์คุณภาพที่กำหนด

คำสำคัญ : ความเร็วรอบ ; ประสิทธิภาพ ; เครื่องหั่นผัก ; เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย

Abstract

Background and Objectives : Vegetable shredders were generally designed to be used to reduce the size of agricultural products. The design and development of vegetable shredder to get a beautiful shapes and quality suitable for further process in healthy products is still lacking knowledge. Therefore, this research was aimed to design and build a vegetable shredder and study the effect of rotational speed on the efficiency of the shredder.

Methodology : Study and calculate the important values for the main component of vegetable shredder. Then, five types of vegetables used to test the shredder performance were potato, carrot, radish, cucumber and onion with the rotational speeds of the inverter included 500, 600, 700 and 800 rpm. The loss percentage, the percentage passing the required quality criteria and the production capacity of vegetable shredder were determined.

Main Results : The vegetable shredder has the following main components: machine structure, blade plate, blade plate cover, raw material input slot, 0.5 hp electric motor and inverter (rotational speed device). The result showed that the loss percentage from the shredder's operation under various conditions was 5.28%±0.84 - 19.15%±1.89, and the different types of vegetables used different rotational speeds. The suitable rotational speed with a high percentage passing the required quality criteria in potato, carrot and onion was at 700 rpm, while the rotational speed at 600 and 800 rpm were suitable with radish and cucumber, respectively. In addition, the vegetable shredder had a significantly higher production capacity than the manpower to cut vegetables ($p<0.05$).

Conclusions : To save production costs and get high-quality products or high percentage pass the required quality criteria, the vegetable shredder designed and built in this research was suitable for chopping vegetables with good shapes and homogeneous textures, such as potatoes, carrots and radishes.

Keywords : rotational speed ; performance ; vegetable shredder ; percentage loss

***Corresponding author. E-mail** : s.voraluck@psru.ac.th

บทนำ

ประเทศไทยมีการทำการเกษตรเป็นอาชีพหลัก จึงทำให้มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก รวมถึงมีการนำผลผลิตที่ได้มาทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอาหารกันเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะผลผลิตพวกพืชผักที่จำเป็นต้องมีการนำไปแปรรูปเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่จำเป็นในการลดขนาดอย่างเครื่องหั่นผักมาใช้ในการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นก่อนส่งต่อไปขั้นตอนต่อไป (Akinnuli *et al.*, 2019) แต่เนื่องจากปัจจุบันมีการแข่งขันด้านการตลาดในอุตสาหกรรมอาหารเพิ่มสูงขึ้น จากสถานการณ์ด้านราคาสินค้าเกษตรและอาหารในตลาดโลก สะท้อนจากดัชนีราคาอาหารซึ่งจัดทำโดย Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) พบว่า ดัชนีราคาอาหารเฉลี่ยในปี 2565 อยู่ที่ระดับ 144.9 เพิ่มขึ้นจากปี 2564 ซึ่งเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 125.0 (เพิ่มขึ้นร้อยละ

15.9) ในทุกกลุ่มสินค้า และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในปี 2566 อย่างต่อเนื่อง โดย สศช. คาดว่า เศรษฐกิจไทยในปี 2566 นี้ จะขยายตัวในช่วงร้อยละ 3.0 – 4.0 เพิ่มขึ้นอีก การจะจำหน่ายผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอาหารให้ได้ราคาที่สูงขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูปจึงต้องมีคุณภาพสูงภายใต้ต้นทุนการผลิตที่ลดลงหรือคงที่ นอกจากนี้การแข่งขันด้านกำลังการผลิตโดยไม่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลงจึงเป็นความท้าทายสำหรับผู้ประกอบการด้านเกษตรและอาหารอย่างยิ่ง รวมถึงเพื่อช่วยลดการนำเข้าเครื่องจักรในการแปรรูปที่มีราคาแพงจากต่างประเทศ การพยายามออกแบบ และปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรจึงเป็นองค์ความรู้ที่ต้องได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

ผัก หมายถึง ผลิตผลทางพืชสวน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชล้มลุก มีบางชนิดแต่ไม่มากนักที่เป็นพืชยืนต้น หรือเป็นไม้เนื้ออ่อน ส่วนที่นำมาบริโภคจะเป็นส่วนของราก ลำต้น ใบ ดอกอ่อน เมล็ดอ่อน ผลอ่อน ผลแก่ โดยส่วนของพืชเหล่านี้จะมีน้ำ แร่ธาตุ และวิตามินที่จำเป็นแก่ร่างกาย ผักอาจใช้บริโภคสดหรือนำไปปรุงอาหาร เนื่องจากผักไม่มีรสหวานเหมือนผลไม้ และยังมีใยอาหารสูง ผักจึงเป็นวัตถุดิบสำคัญในการแปรรูปอาหาร แต่เนื่องจากประเทศไทยเป็นเมืองร้อนจึงส่งผลให้ผักมีอายุการเก็บรักษาสั้น เกิดการเน่าเสียได้ง่าย การนำไปแปรรูปเพื่อถนอมอาหาร ไม่ว่าจะเป็นการนำไปบรรจุกระป๋อง การทำแห้ง การแช่เยือกแข็ง การหมักดอง หรือการอบทอดกรอบด้วยเทคโนโลยีการแปรรูปในรูปแบบต่าง ๆ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเกษตร และอาหารในปัจจุบัน (Bunya-atichart, 2015) ทั้งนี้ก่อนที่จะนำพืชผักทางการเกษตรไปแปรรูปจำเป็นต้องมีการเตรียมวัตถุดิบ โดยการลดขนาดเป็นขั้นตอนที่สำคัญลำดับแรกในการเตรียมวัตถุดิบ สำหรับวัตถุดิบที่เป็นของแข็งจะใช้การบดและการหั่นเป็นวิธีการลดขนาดวัตถุดิบก่อนนำไปแปรรูป (Ezeanya, 2020)

ผักติดเปลือกที่อุดมไปด้วยประโยชน์ และสารอาหารนานาชนิด ได้แก่ มันฝรั่ง แครอท แตงกวา หอมหัวใหญ่ และหัวไชเท้า พืชทั้งห้าชนิดนี้จัดเป็นสุดยอด 5 ผักที่เป็นที่นิยมในกลุ่มคนรักสุขภาพในปัจจุบัน นิยมนำมารับประทานเป็นสลัด ผลิตภัณฑ์ผักอบกรอบ หรือไม่ว่าจะนำไปแปรรูปเป็นสารสกัดในผลิตภัณฑ์บำรุงผิวและเครื่องสำอางเพื่อช่วยสร้างผิวพรรณและสุขภาพที่ดี แต่การนำวัตถุดิบดังกล่าวมาหั่นเพื่อให้ได้รูปทรงที่สวยงามสำหรับนำไปแปรรูปยังทำได้ค่อนข้างยากในการที่จะควบคุมให้ได้ทั้งคุณภาพและเวลาที่ดีในการผลิต รวมถึงผักบางชนิดมีเนื้อสัมผัสเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น มันฝรั่ง แครอท หัวไชเท้า เป็นต้น แต่ผักบางชนิดมีเนื้อสัมผัสที่ต่างกัน เช่น ผักที่มีเมล็ดอย่างแตงกวา หรือผักที่มีเมล็ดแข็งอย่างมะระ เป็นต้น นอกจากนี้การใช้คนหั่นนอกจากจะได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพไม่เป็นไปตามที่ต้องการแล้ว ยังต้องใช้ระยะเวลานานในการหั่น โดยเฉพาะในฤดูกาลที่พืชผักมีปริมาณมากจนล้นตลาด ทำให้ผู้ประกอบการต้องทิ้งพืชผักสดที่เน่าเสียจากการนำมาแปรรูปไม่ทัน โดยเครื่องมือที่ใช้ลดขนาดสำหรับพวกพืชผักในปัจจุบัน ได้แก่ เครื่องบด เครื่องสับย่อย และเครื่องหั่น เพื่อช่วยผู้ประกอบการเพิ่มกำลังการผลิตในการหั่น เป็นการลดต้นทุนการผลิต และควบคุมคุณภาพของผักหลังหั่นให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด แต่ทั้งนี้เครื่องสับย่อยหรือเครื่องหั่นพืชที่มีการออกแบบในปัจจุบันล้วนแต่เน้นออกแบบเพื่อใช้ในการทุ่นแรงงานคนและลดขนาดชิ้นงานให้มีขนาดเล็กลงด้วยความเร็วที่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นเครื่องหั่นสมุนไพร เครื่องสับต้นกล้วย เครื่องสไลด์หน่อไม้ หรือเครื่องหั่นผักสมุนไพร (Promtha *et al*., 2019; Kamma *et al*., 2020; Kimapong, 2013; Surbkar *et al*., 2017; Tanwar *et al*., 2021) ซึ่งมีลักษณะของวัตถุดิบไม่เหมือนกับวัตถุดิบที่ทางผู้วิจัยกำลังสนใจศึกษา ดังนั้น การออกแบบและสร้างเครื่องหั่นที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการหั่นผักตระกูลเปลือกทั้ง 5 ชนิดให้ได้รูปทรงที่สวยงามมีคุณภาพเป็นไปตาม

เกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด จึงจะช่วยอำนวยความสะดวกและตรงตามความต้องการกับผู้ประกอบการ จึงเป็นที่มาสำหรับงานวิจัยนี้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นผัก โดยได้มีการออกแบบเครื่องหั่นผักโดยใช้แรงเหวี่ยงในการหั่นผัก และผัก 5 ชนิด ได้แก่ มันฝรั่ง แครอท หัวไชเท้า แตงกวา และหอมหัวใหญ่จะถูกนำมาศึกษาทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเพื่อหากำลังการผลิตของเครื่องหั่นผักที่เหมาะสมกับผักทั้ง 5 ชนิด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบและสร้างเครื่องหั่นผัก

ศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการออกแบบเครื่องหั่นผัก รวมทั้งข้อมูลสำหรับการคำนวณส่วนประกอบที่จะใช้ในการทำงานของเครื่องหั่นผัก อาทิเช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในการลดขนาด ระบบส่งกำลัง การเลือกใช้มอเตอร์ การคำนวณแรงบิด แรงเฉือน การเลือกใช้ชนิดใบมีด เป็นต้น ใช้โปรแกรม SOLIDWORKS (Applicad Public Company Ltd.) ในการออกแบบโครงสร้างของเครื่องหั่นผัก จานใบมีด ฝาครอบ และเพลา โดยมีการคำนวณหาโมเมนต์บิดที่กระทำกับเพลา (T) แล้วนำไปคำนวณหาความเร็วในการตัดชิ้นผัก (V_c) และกำลังของมอเตอร์ (P_m) รวมถึงอัตราทดเฟืองทด (n_2) แล้วจึงดำเนินการสร้างเครื่องหั่นผักภายใต้ข้อกำหนด Hygienic Designed Equipment และหลักการการออกแบบตามหลักสุขลักษณะที่ดีของเครื่องจักรกลอาหาร (Food and Drug Administration, 2020).

2. การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นผัก

เครื่องหั่นผักที่ออกแบบและสร้างขึ้นจะถูกนำมาทดสอบประสิทธิภาพการทำงานกับตัวอย่างผัก 5 ชนิด คือ มันฝรั่ง แครอท แตงกวา หัวไชเท้า และหอมหัวใหญ่ ผู้วิจัยจึงได้ทำการกำหนดคุณภาพของตัวอย่างผักที่จะทำการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องหั่นจากผักจำนวน 5 ชนิด แสดงดัง Figure 1 ลักษณะตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์ต้องเป็นแผ่น มีความหนา 1 – 2 mm และลักษณะตัวอย่างที่เป็นเศษแตกหัก ไม่เป็นแผ่น และมีความหนาน้อยกว่า 1 mm หรือหนามากกว่า 2 mm จะจัดเป็นลักษณะตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์ (วัดความหนาของผักหลังหั่นด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Caliper รุ่น MW100 range 0 - 150 mm 0.05 mm/6" x 1/128 inch)

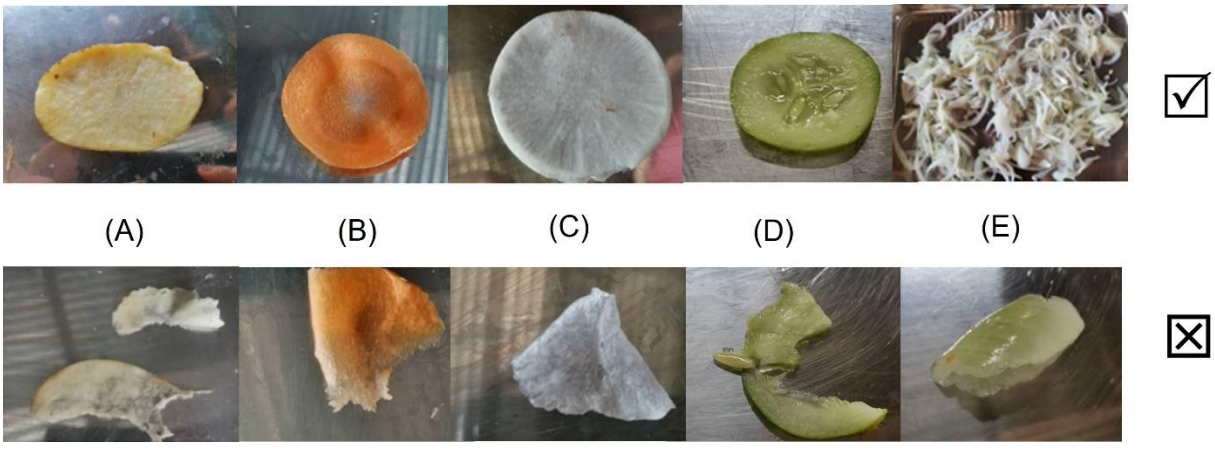

Figure 1 Characteristics of vegetable that pass the quality and out of specification criteria in (A) potato (B) carrot (C) radish (D) cucumber (E) onion

จากนั้นเตรียมวัตถุดิบที่จะทำการทดสอบทั้ง 5 ชนิด ๆ ละประมาณ 5 kg เพื่อใช้ในการทดสอบความเร็วรอบ 4 ระดับ คือ 500, 600, 700 และ 800 รอบต่อนาที และความเร็วควบคุมที่ใช้แรงงานคนหั่นด้วยมือ โดยใช้ตัวอย่างครั้งละ 300 g ในการทดสอบความเร็วรอบแต่ละครั้ง ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ บันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการหั่นผักแต่ละครั้ง และคัดแยกตัวอย่างที่หั่นได้ตามเกณฑ์กำหนดคุณภาพตัวอย่างที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องหั่นดัง Figure 1 จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพทั้งหมด และน้ำหนักตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์ เพื่อนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นผัก กำลังการผลิตของเครื่องหั่น เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์ เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ และอัตราการสูญเสียจากการทำงานของเครื่องหั่น

ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นผักได้ประยุกต์จากผลงานวิจัยของ Akachai Bualkee *(2018)* แสดงดังสมการที่ 1 – 4 ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์} = \frac{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์}}{\text{น้ำหนักหลังหั่น}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์} = \frac{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์}}{\text{น้ำหนักหลังหั่น}} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่กำลังการผลิตสามารถหาได้จากสมการที่ 3 และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4

$$\text{กำลังการผลิต} = \frac{\text{ปริมาณผลผลิตที่หั่นได้}}{\text{เวลา}} \quad (3)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักผักก่อนหั่น} - \text{น้ำหนักผักหลังหั่น}}{\text{น้ำหนักหลังหั่น}} \times 100 \quad (4)$$

3. การเขียนแบบและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องหั่นผักเป็นการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) แสดงข้อมูลการทดลองเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±S.D.) จากการทดลองจำนวน *3* ซ้ำ ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติด้วยวิธี ANOVA (Analysis of Variance) และวิเคราะห์ความแตกต่างของการทดลองด้วยวิธี DMRT (Duncan's new multiple's range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลการวิจัย

1. ผลของการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นผัก

ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นที่จำเป็นต้องการนำมาพิจารณาในการออกแบบเครื่อง ได้แก่ การออกแบบใบมีด ระบบการส่งกำลัง แรงที่ใช้ในการหั่น ความเร็วรอบของใบมีด รวมถึงเพื่อให้เครื่องหั่นผักมีประสิทธิภาพการ

หั่นตามความต้องการของกระบวนการผลิต จึงต้องมีการออกแบบโครงสร้างเครื่องหั่น และลักษณะใบมีด แรงที่ต้องใช้ในหั่นที่เหมาะสม รวมไปถึงการใช้วัสดุที่มีความทนทาน แข็งแรง ทนต่อความร้อน และมีความปลอดภัยสูงต่อการใช้งาน ออกแบบลักษณะเครื่องหั่นผักจากการกำหนดวัตถุที่ต้องการจะหั่น และลักษณะการหั่นของเครื่องหั่นผัก จากนั้นทำการวัดขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงของผักแต่ละชนิดที่จะใช้ในการทดสอบเครื่องหั่น เพื่อนำค่าที่ได้มาทำการออกแบบขนาดช่องป้อนวัตถุดิบ ทำการคำนวณหาโมเมนต์บิดที่กระทำกับเพลา (T) แล้วนำไปคำนวณหาความเร็วในการตัดชิ้นผัก (V_c) และกำลังของมอเตอร์ (P_m) รวมถึงอัตราทดเฟืองทด (n_2) ดังสมการที่ 5 – 8 (Buaklee, A., 2018; Inseemeesak & Lerkkowit, 2019)

$$T = \left(\frac{1}{2} m R^2\right)\left(\frac{a}{r}\right) \tag{5}$$

เมื่อ T = โมเมนต์บิดที่กระทำกับเพลา (N-m)
F = แรงที่กระทำกับระยะทาง
r = ระยะทาง

จากการคำนวณหาโมเมนต์บิดที่กระทำกับเพลา (N.m) ที่คิดจากระยะทาง จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าความเร็วตัด (m/min) และกำลังมอเตอร์ที่ต้องใช้ (Watt) พร้อมทั้งคำนวณหาอัตราเฟืองทด แล้วจึงจะได้ความเร็วรอบล้อตาม (รอบต่อนาที หรือ rpm) เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องในขั้นตอนต่อไป (Reddy & Raju, 2018)

$$V_c = \frac{\pi T N}{1000} \tag{6}$$

เมื่อ V_c = ความเร็วตัด (m/min) (หาร 1,000 เพื่อแปลงหน่วยเป็นเมตร)
D = เส้นผ่านศูนย์กลางของคัตเตอร์
N = ความเร็วรอบในการหมุนตัด (rpm)

$$P_m = \frac{2\pi T N}{60} \tag{7}$$

เมื่อ P_m = กำลังมอเตอร์ (kW)

$$n_2 = \frac{d_1 n_1}{d_2} \tag{8}$$

เมื่อ d_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ

d_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางล้อตาม

n_1 = ความเร็วล้อขับ

n_2 = ความเร็วบรอบล้อตาม

ภายหลังจากคำนวณหากำลังมอเตอร์ และความเร็วรอบในการหมุนตัด จึงทำการออกแบบโครงสร้างของเครื่องหั่นผัก โดยทำการออกแบบในส่วนของโครงเครื่องหั่นผัก จานใบมีด ฝาครอบด้านหน้าและหลัง และเพลา เริ่มจากการออกแบบจานใบมีดดัง Figure 2(A) จานใบมีดมีขนาด 40 cm ใบมีดมีขนาดกว้างและยาวเท่ากับ 9 และ 11 cm ตามลำดับ และออกแบบช่องสำหรับติดตั้งใบมีด 3 ช่อง เพื่อสามารถถอดออกเพื่อทำความสะอาดหรือเปลี่ยนใบมีด

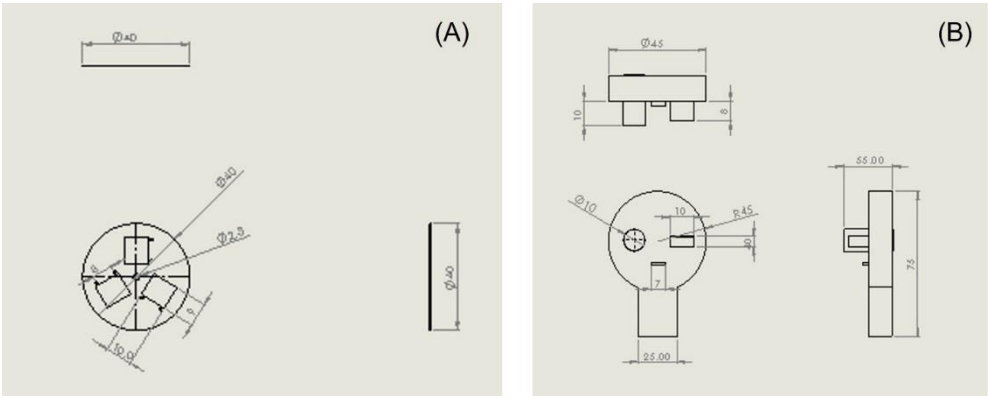

Figure 2 Schematic diagram of (A) blade plate (B) back cover and feed slot

Figure 2(B) แสดงแบบร่างฝาครอบจานใบมีดและช่องป้อนวัตถุดิบที่ออกแบบให้มีช่องสำหรับป้อนวัตถุดิบจำนวน 2 ช่อง และทำด้วยวัสดุสแตนเลส มีตัวล็อคฝาครอบจานใบมีดจำนวน 3 ตัว จากนั้นทำการวาดแบบร่างเครื่องหั่นผักด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS แสดงดัง Figure 3

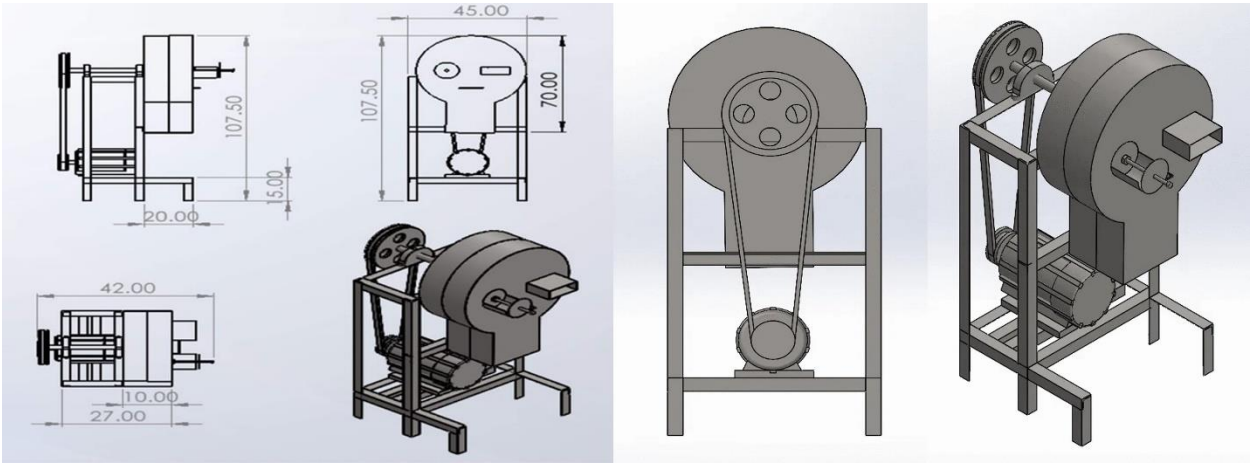

Figure 3 Schematic diagram of vegetable shredder

จากการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นผักจะได้เครื่องที่มีความกว้าง ยาว และสูง เท่ากับ 45, 65 และ 108 cm ตามลำดับ ประกอบด้วยช่องป้อนวัตถุดิบจำนวน 2 ช่องที่มีขนาดความกว้างและยาว เท่ากับ 10 x 8.20 cm มอเตอร์ไฟฟ้า 0.5 แรงม้า จำนวน 1 ตัว อินเวอร์เตอร์สำหรับปรับความเร็วรอบ 1 ตัว ดัง Figure 4

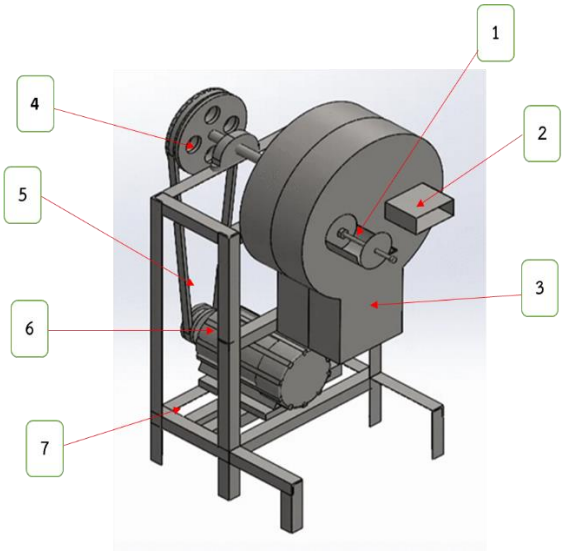

Figure 4 Schematic diagram of vegetable shredder

รายละเอียดส่วนประกอบของเครื่องหั่นผัก (Figure 4) แต่ละชิ้นส่วน มีดังนี้ หมายเลข 1) และ 2) คือ ช่องป้อนวัตถุดิบที่ 1 และ 2 หมายเลข 3) คือ ฝาครอบจานใบมีด หมายเลข 4) คือ มูเลย์ หมายเลข 5) คือ สายพาน หมายเลข 6) คือ มอเตอร์ไฟฟ้า 0.5 แรงม้า และหมายเลข 7) คือ โครงเครื่องหั่นผัก เมื่อได้ข้อมูลและโครงร่างจากการออกแบบเครื่องหั่นผักแล้ว จึงเข้าสู่ขั้นตอนการสร้างเครื่องหั่นผัก โดยในการสร้างเครื่องหั่นผักได้มีการนำแบบที่ออกแบบไว้ไปทำการสร้างชิ้นส่วนประกอบ อันได้แก่ จานใบมีดและแกนเพลา ช่องป้อนวัตถุดิบและที่ดันวัตถุดิบ และโครงเครื่องหั่นผัก (Figure 5) จนได้เครื่องหั่นผักที่ประกอบด้วยข้อมูลจำเพาะ อันได้แก่ ความเร็วรอบอยู่ในช่วง 500 – 800 รอบต่อนาที น้ำหนักเครื่องประมาณ 40 kg

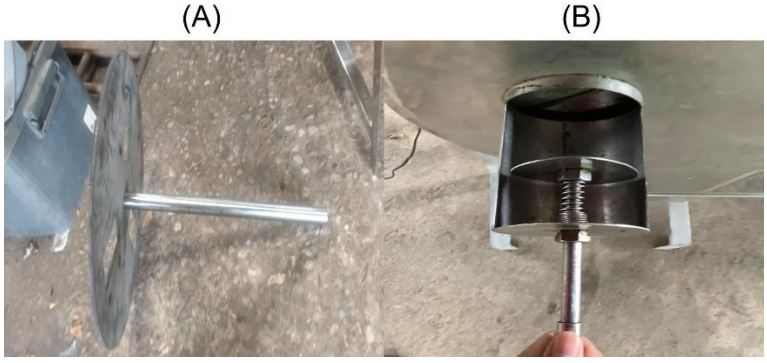

Figure 5 (A) Blade plate and (B) Axle shaft of vegetable shredder built

เครื่องหั่นผักที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะดัง Figure 6 จะมีลักษณะการทำงานโดยมอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า จะส่งกำลังไปที่จานใบมีดที่ออกแบบมาขนาด 40 cm ทำให้จานใบมีดเคลื่อนที่ในลักษณะหมุนเหวี่ยง เมื่อทำการป้อนวัตถุดิบผักเข้าทางช่องป้อนวัตถุดิบ ให้ทำการดันวัตถุดิบผักให้เคลื่อนที่เข้าหาใบมีดเพื่อให้เกิดการตัดผักออกมาเป็นขนาดชิ้นตามที่กำหนดไว้ กรณีเป็นแครอท แตงกวา และหัวไชเท้าให้ทำการป้อนวัตถุดิบในแนวนอนตามแนวช่องป้อนวัตถุดิบ (Figure 5(B)) แต่สำหรับมันฝรั่งและหอมหัวใหญ่สามารถป้อนชิ้นวัตถุดิบในแนวอิสระได้

Figure 6 Vegetable shredder designed and built

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นผัก

เครื่องหั่นผักที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นจะถูกนำมาทดลองหั่นกับตัวอย่างผักทั้ง 5 ชนิด เพื่อกำหนดลักษณะตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์กำหนดคุณภาพและไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดคุณภาพที่แต่ละสภาวะต่าง ๆ (Figure 7) ให้สอดคล้องกับเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดไว้ดัง Figure 1

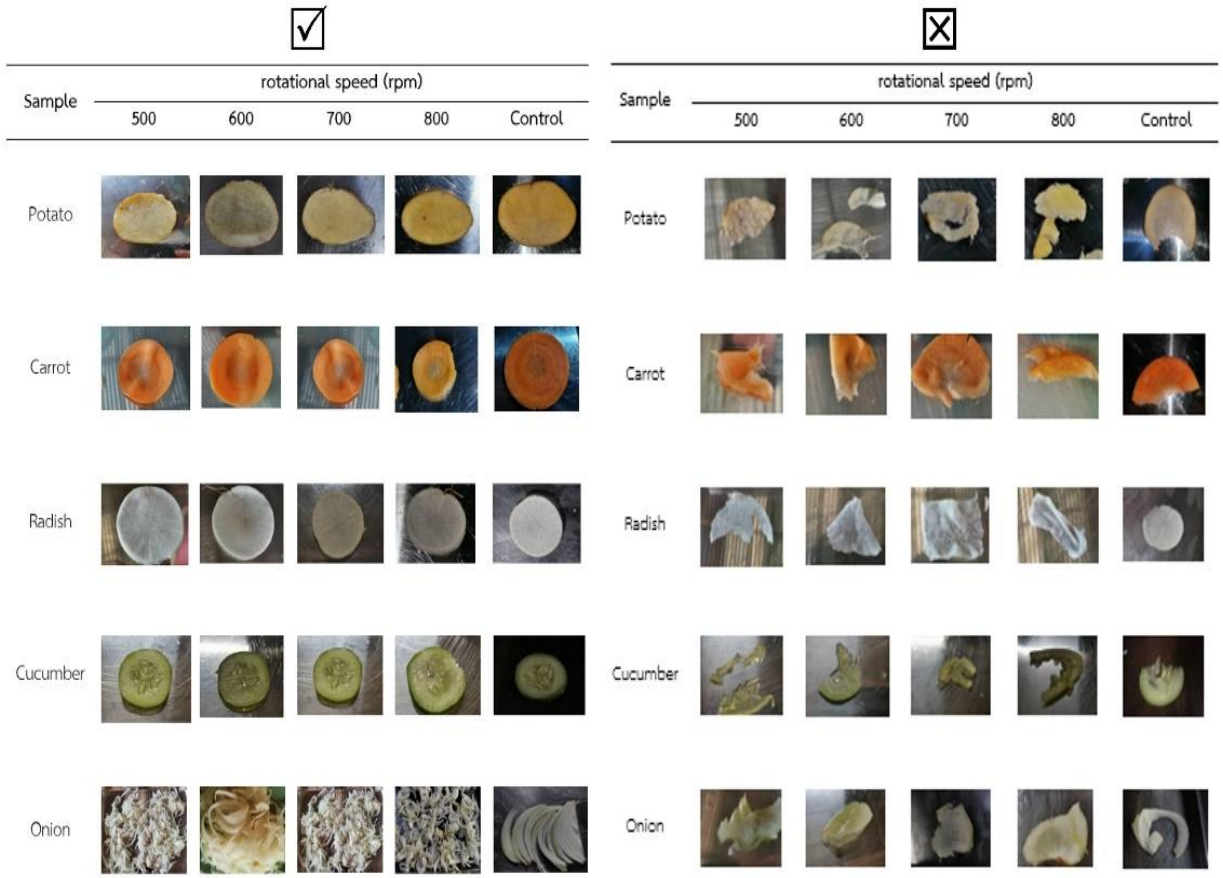

Figure 7 Characteristics of vegetable that pass the quality and out of specification criteria in each speed (A) potato (B) carrot (C) radish (D) cucumber (E) onion

Table 1 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื่องจากการทำงานของเครื่องหั่นที่สภาวะต่าง ๆ พบว่า ที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที แตงกวามีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 15.14±0.81 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับผักชนิดอื่น ๆ เช่นเดียวกับที่ความเร็วรอบที่ 600, 700 และ 800 รอบต่อนาที ที่แตงกวามีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมากที่สุดเท่ากับ 16.11±0.47, 19.15±1.89 และ 17.14±0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่มันฝรั่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้อยที่สุดในทุกความเร็วรอบการตัดของใบมีด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 5.28±0.84 ถึง 6.62±0.96 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียไม่ได้แปรผันตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น การกำหนดสภาวะความเร็วในการตัดของใบมีดให้เหมาะสมกับผักแต่ละชนิดจะเป็นการลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของผลผลิตได้ดีที่สุด

Table 1 Percentage of defect loss from cutting comparing between by man and vegetable shredder.

Rotational speed (rpm)	Potato	Carrot	Radish	Cucumber	Onion
Control	1.44±0.76$^{*, B}$	1.12±0.55$^{*, C}$	3.38±1.77$^{*, D}$	2.96±0.24$^{*, D}$	4.92±4.55$^{*, C}$
500	5.28±0.84$^{e, A}$	9.16±0.77$^{c, A}$	7.26±0.24$^{d, C}$	15.14±0.81$^{a, C}$	13.02±1.79^{b,BA}
600	6.62±0.96$^{d, A}$	8.52±0.41$^{c, A}$	6.46±0.88$^{d, C}$	16.11±0.47$^{a, CB}$	13.86±0.70$^{b, BA}$
700	5.71±0.19$^{c, A}$	4.93±0.46$^{c, B}$	9.34±1.37$^{b, B}$	19.15±1.89$^{a, A}$	12.04±1.59$^{a, B}$
800	5.98±0.19$^{c, A}$	5.73±0.81$^{c, B}$	12.49±0.73$^{b, A}$	17.14±0.38$^{a, B}$	16.75±1.39$^{a, A}$

Note : 1) a-c difference letter in same row and A-E difference letter in same column were significant difference by Duncan's New Multiple Range Test at confident percentage of 95% ($p \leq 0.05$)

2) * means non-significant difference ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์หลังการหั่นที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ (Figure 8) พบว่า ที่ความเร็วรอบการหั่น 700 รอบต่อนาที มีค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มากที่สุดในตัวอย่างมันฝรั่ง แครอท และหอมหัวใหญ่ มีค่าเท่ากับ 84.50±1.07 87.40±0.30 89.50±0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 8(A), Figure 8(B) และ Figure 8(E)) ในขณะที่หัวไชเท้าให้ค่าเฉลี่ยที่ผ่านเกณฑ์มากที่สุดเท่ากับ 85.11±0.81 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที (Figure 8(C)) และแตกต่างกับตัวอย่างของแตงกวาที่ให้ค่าเฉลี่ยที่ผ่านเกณฑ์มากที่สุดเท่ากับ 70.88±0.46 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบการหั่นเท่ากับ 800 รอบต่อนาที (Figure 8(D)) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ผักแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการกำหนดสภาวะความเร็วในการตัดชิ้นที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อสัมผัสของผักแต่ละชนิดไป

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากกำลังการผลิตที่ได้ในการหั่นผักแต่ละชนิดแล้ว พบว่าเมื่อความเร็วรอบของเครื่องเพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Figure 9) โดยกำลังการผลิตในการหั่นผักแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป ที่ความเร็วรอบการหั่นสูงสุดที่ 800 รอบต่อนาที สามารถหั่นหอมหัวใหญ่ได้มากที่สุดถึง 70.96 kg/h รองลงมาคือ มันฝรั่ง แตงกวา หัวไชเท้า และแครอท โดยมีค่ากำลังการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 57.90, 46.18, 44.90 และ 39.35 kg/h ตามลำดับ นอกจากนี้การใช้เครื่องหั่นผักจะทำให้กำลังการผลิตมากกว่าการใช้คนหั่นในผักทุกชนิดที่ทำการทดสอบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากการใช้คนหั่นผักในปริมาณที่มาก จึงต้องใช้เวลานานในการหั่น ผู้หั่นจึงมีความเมื่อยล้า กำลังการหั่นก็ไม่สม่ำเสมอ แม้ว่าจะทำให้ค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มากกว่าการใช้เครื่องหั่น แต่กำลังการผลิตต่ำมากเมื่อเทียบกับการใช้เครื่องหั่น ดังนั้น การใช้เครื่องหั่นแต่ก็ยังสามารถได้ผลผลิตที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานที่กำหนดเฉลี่ย 70 – 85 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าเป็นทางเลือกที่ดีมากกว่าสำหรับผู้ประกอบการ

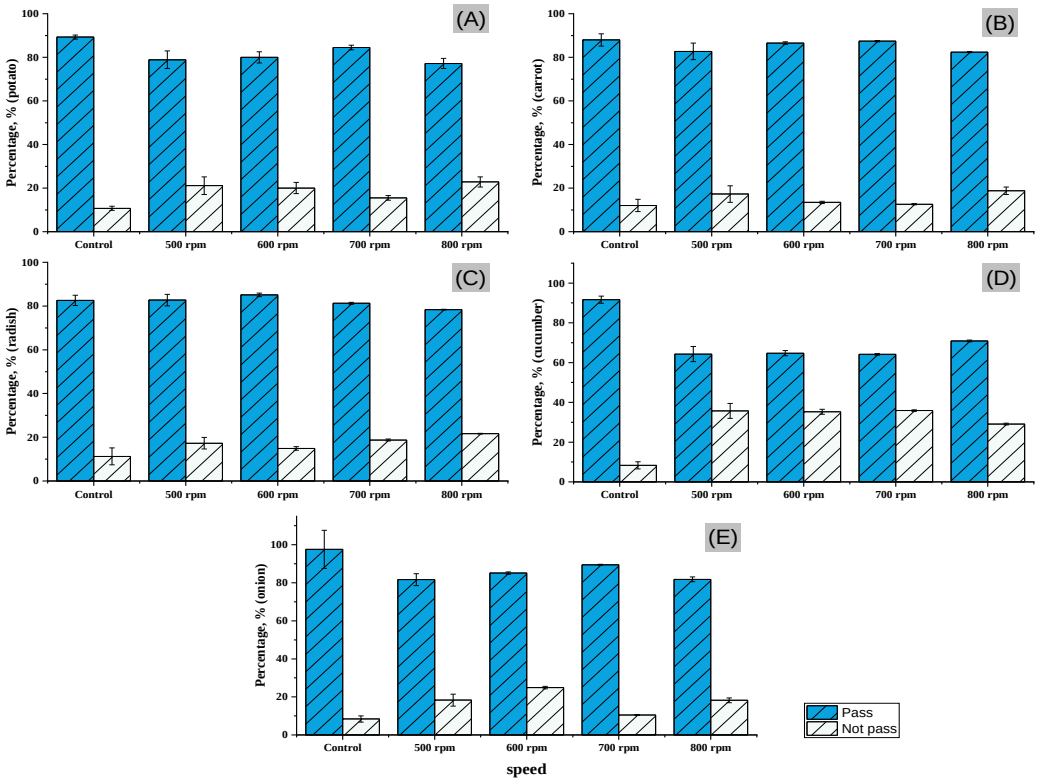

Figure 8 Percentage of quality pass and out of specification in different rotational speed in (A) potato (B) carrot (C) radish (D) cucumber (E) onion

ในขณะที่การหั่นด้วยคนแสดงเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์เฉลี่ยที่ผ่านเกณฑ์ค่อนข้างมากกับผักทุกชนิดที่นำมาทดสอบ อยู่ในช่วงระหว่าง 82.59 – 97.61 เปอร์เซ็นต์ แต่กำลังการผลิตค่อนข้างต่ำ อยู่ในช่วง 4.26 – 11.01 kg/h โดยเฉพาะกับผักที่มีเนื้อสัมผัสที่เป็นเนื้อเดียวกันอย่างมันฝรั่ง แครอท และหัวไชเท้าที่จะมีกำลังการผลิตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.76 – 11.01 kg/h การหั่นจะค่อนข้างง่ายกว่าการหั่นผักที่มีเมล็ดและมีเนื้อสัมผัสแตกหักได้ง่ายอย่างแตงกวา และหอมหัวใหญ่ ในขณะที่การหั่นด้วยเครื่องหั่นผักให้กำลังการผลิตสูงมากเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 14.84 – 70.96 kg/h และให้ผลผลิตที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ผ่านเกณฑ์สูงเช่นเดียวกัน การนำเครื่องหั่นผักมาใช้ในการทุ่นแรงให้กับผู้ประกอบการจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในสภาวะการแข่งขันสูงในปัจจุบัน

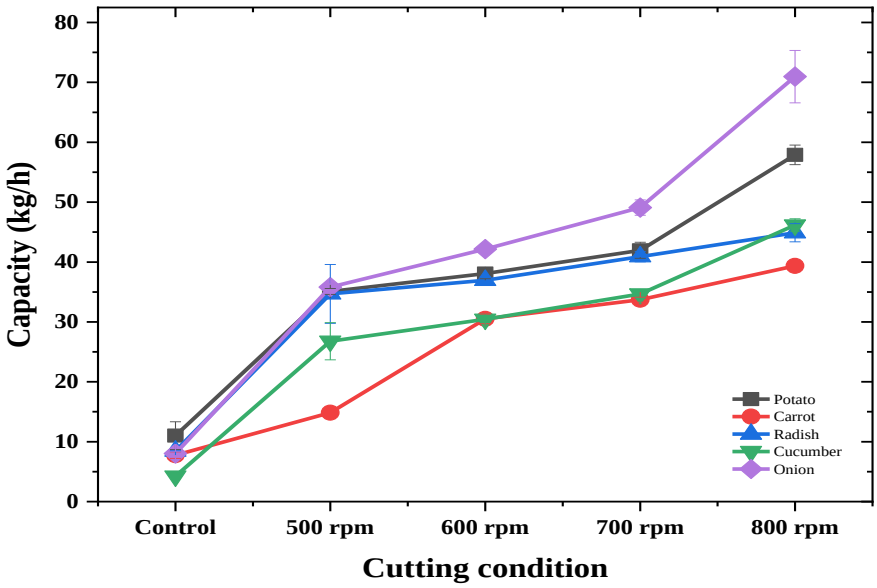

Figure 9 Capacity of vegetable shredder (kg/h) in different samples and conditions

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นผักสำหรับหั่นผักมีเปลือกทั้ง 5 ชนิด มีขั้นตอนการดำเนินงานตั้งแต่การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของวัสดุ การศึกษาหาข้อมูลการประกอบเครื่องที่สำคัญ การหาข้อมูลในการคำนวณและเขียนแบบโครงร่างเครื่อง การสร้างเครื่องตามข้อกำหนดที่สำคัญ รวมถึงมีการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเพื่อเกษตรกรหรือผู้ประกอบการจะได้นำเครื่องหั่นผักที่ทำการสร้างและออกแบบไปใช้งานได้จริงตรงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งจากการกำหนดขั้นตอนงานและการหาข้อมูลเป็นการออกแบบและวางแผนการดำเนินงานสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่าน ๆ มา อาทิเช่น งานวิจัยของ Kamma *et al.* (2020) ที่มีการลำดับขั้นตอนการทำงานในการออกแบบและพัฒนาเครื่องสับขนาดเล็กสำหรับใช้ในการตัดพืช 7 ชนิด ได้แก่ ต้นตะไคร้ ใบตะไคร้ ใบเตย ผักบุ้งไทย หญ้าปักกิ่ง เปลือกเสาวรส และเปลือกส้มโอ ที่ความเร็วรอบใบมีดตัด 500 – 900 รอบต่อนาที เพียงแต่การเลือกออกแบบลักษณะของใบมีด การเลือกใช้กำลังมอเตอร์นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบที่จะนำมาหั่น สำหรับงานวิจัยนี้ที่มีเป้าหมายในการหั่นผักที่ไม่มีเส้นใย เน้นในการลดขนาดผักให้มีขนาดเล็กลง จึงต้องใช้ใบมีดที่ทำให้ได้ชิ้นงานที่สวยงาม โดยจะพิจารณาได้จาก Table 1 ที่แม้จะเลือกความเร็วรอบที่ 700 รอบต่อนาที ที่เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุด แต่ก็ยังให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียกับผักแต่ละชนิดแตกต่างกันไป โดยผักที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นเนื้อเดียวกันอย่างมันฝรั่ง แครอท และหัวไชเท้า จะพบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียอยู่ในช่วง 4.93 – 9.34 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แตงกวาและหอมหัวใหญ่จะพบของเสียมากถึง 12.04 – 19.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ Kamma *et al.* (2020) ที่ทำการออกแบบเครื่องสับที่ใช้ตัดพืชสมุนไพรที่ใช้ใบมีดยาว 160 mm จำนวน 23 ใบ และเน้นการตัดให้ได้ความเร็วในการตัดแต่ไม่เน้นเรื่องของคุณภาพ หรือจะเป็นงานวิจัยของ Promtha *et al.* (2019) ที่มีการลำดับขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา

เครื่องหั่นสับต้นกล้วยที่คล้ายกับงานวิจัยนี้ แต่มีวัตถุประสงค์และวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นสับต้นกล้วยที่พัฒนาขึ้นแตกต่างกัน โดยจากงานวิจัยของ Promtha *et al.* (2019) มีการออกแบบเครื่องหั่นต้นกล้วยที่เน้นให้มีขนาดเล็กและช่วยทุ่นแรงคน ไม่ได้เน้นส่วนของชิ้นงานที่มีลักษณะสวยงามหรือให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพตามที่มาตรฐานกำหนดจึงทำให้ได้ประสิทธิภาพเครื่องสูงถึง 95.32 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบหั่นต้นกล้วยในเวลา 1 นาที ในขณะที่ที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที ของเครื่องหั่นผักที่ออกแบบในงานวิจัยนี้ ได้ค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มากที่สุดอยู่ในช่วง 84.50 – 89.50 เปอร์เซ็นต์

ในการออกแบบเครื่องหั่นผักได้ออกแบบลักษณะเครื่องจากการกำหนดชนิดวัตถุที่ต้องการหั่น และลักษณะการหั่นของเครื่องหั่นผัก แล้วทำการวัดขนาดความกว้าง ยาว และสูงของผักแต่ละชนิดที่จะนำมาทดสอบประสิทธิภาพเครื่องหั่นเพื่อนำค่าที่วัดได้มาใช้ในการออกแบบช่องป้อนวัตถุดิบ นอกจากนี้มีการคำนวณหากำลังของเครื่อง หาค่าโมเมนต์บิดที่กระทำกับเพลา คำนวณหาค่าความเร็วในการตัดของใบมีด กำลังของมอเตอร์ และอัตราเฟืองทด อ้างอิงหลักการคำนวณจากงานวิจัยของ Reddy & Raju (2018) และ Inseemeesak & Lertkowit (2019) ที่มีการคำนวณสัดส่วนความเร็วรอบของเครื่องและโมเมนต์บิดที่กระทำกับเพลาเพื่อผลิตกำลังมอเตอร์ ดังสมการที่ 5 – 8 เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องหั่นย่อยกระดาษ และหน่อไม้ดองแบบเส้นและแบบแผ่น เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ที่มีการคำนวณพารามิเตอร์ที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่องเพื่อนำมาเขียนแบบชิ้นส่วนประกอบเครื่องตั้งแต่โครงสร้างของเครื่อง จานใบมีด ฝาครอบด้านหน้าและด้านหลัง เพลา จนได้ขนาดของจานใบมีดที่มีขนาด 40 cm มีช่องสำหรับติดตั้งใบมีด 3 ช่อง และใบมีดมีความยาว 11 cm กว้าง 9 cm คำนวณหากำลังของมอเตอร์จากแรงที่กระทำสัมผัสกับเพลา ทำให้เพลาหมุนด้วยความเร็วรอบ 500, 600, 700 และ 800 รอบต่อนาที โดยใช้กำลังมอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า (ได้จากการคำนวณสมการที่ 7) รวมทั้งมีการออกแบบให้ถูกต้องตามหลักการหลักการการออกแบบตามหลักสุขลักษณะที่ดีของเครื่องจักรกลอาหาร โดยให้ใบมีดสามารถถอดออกเพื่อทำความสะอาดหรือเปลี่ยนใบมีดได้ และใช้วัสดุสแตนเลสทำในส่วนของฝาครอบจานใบมีดจนได้เครื่องหั่นที่มีความสูง 108 cm ยาว 65 cm และกว้าง 45 cm มีช่องป้อนวัตถุดิบขนาด 10 x 8.2 cm จำนวนสองช่อง ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า และติดตั้งอินเวอร์เตอร์สำหรับปรับความเร็วรอบได้ 4 ระดับจำนวน 1 ตัว โดยหลักการออกแบบเครื่องหั่นผักนี้มีหลักการออกแบบคล้ายกับเครื่องหั่นหน่อไม้ดองที่ใช้อินเวอร์เตอร์ในการควบคุมความเร็วรอบ โดยเครื่องหั่นหน่อไม้มีการกำหนดอัตราความเร็วรอบของใบมีดตัดที่ 400 – 800 rpm ทำให้ได้หน่อไม้ดองแบบเส้นที่มีความหนา 3 mm (Inseemeesak & Lertkowit, 2019) เครื่องหั่นผักที่ทำการออกแบบแล้วถูกสร้างขึ้นเพื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพการหั่นกับผักจำนวน 5 ชนิด คือ มันฝรั่ง แครอท หัวไชเท้า แตงกวา และหอมหัวใหญ่ ผลการทดสอบพบว่า เมื่อทำการทดสอบหั่นผักด้วยเครื่องหั่นผัก แตงกวามีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 15.14±0.81 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับผักชนิดอื่น ๆ เช่นเดียวกับที่ความเร็วรอบที่ 600, 700 และ 800 รอบต่อนาที ที่แตงกวามีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมากที่สุดเท่ากับ 16.11±0.47, 19.15±1.89 และ 17.14±0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่มันฝรั่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้อยที่สุดในทุกความเร็วรอบการตัดของใบมีด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 5.28±0.84 ถึง 6.62±0.96 เปอร์เซ็นต์ เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากมันฝรั่ง แครอท และหัวไชเท้า เป็นผักที่มีเนื้อสัมผัสเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีเส้นใย จึงง่ายต่อการตัดขาด

จากกันเมื่อโดนใบมีดตัด หรือเป็นผักที่มีลักษณะแบบ Homogeneous texture (Sakulruk, 2542) ซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากแตงกวาที่มีเมล็ดอยู่ด้านในผล หรือหอมหัวใหญ่ที่มีเนื้อเปลือกหลายชั้น การตัดให้ขาดในครั้งเดียวจึงมีโอกาสที่ใบมีดจะทำให้ชิ้นเนื้อเกิดการแตกหักและฉีกขาดได้สูงกว่า ดังนั้น การออกแบบเครื่องหั่นผักจึงต้องพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพและเนื้อสัมผัสของผักแต่ละชนิดเป็นสำคัญ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kanjana *et al.* (2010) ที่มีการพัฒนาเครื่องหั่นข่าสำหรับทำข่าแห้งจากเครื่องหั่นตะไคร้ของ Angkanasangmanee *et al.*(2004) โดยเบื้องต้นที่มีการหั่นตะไคร้แบบหั่นตรงและหั่นเฉียงให้มีความหนา 2 – 5 mm แต่ไม่สามารถใช้เครื่องหั่นดังกล่าวมาใช้ในการหั่นข่าได้ เนื่องจากต้องการชิ้นแผ่นข่าที่มีขนาดใหญ่กว่าชิ้นตะไคร้ จึงต้องทำการออกแบบเครื่องหั่นสำหรับหั่นข่าขึ้นมา แต่ก็ยังพบปัญหา เมื่อทำการหั่นข่าด้วยความเร็วรอบการตัด 200 รอบต่อนาที เครื่องเกิดการสะดุดขณะที่ใบมีดหั่นที่เหง้าข่า จึงต้องปรับความเร็วของใบมีดให้เร็วขึ้นเป็น 300 รอบต่อนาที เพื่อให้สามารถตัดเหง้าข่าให้ขาดและได้ชิ้นข่าที่มีความหนาสม่ำเสมอกัน ดังนั้น การออกแบบและสร้างเครื่องหั่นผักให้เหมาะสมและสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้จึงจำเป็นต้องพิจารณาลักษณะของผักชนิดนั้น ๆ เป็นสำคัญ นอกจากนี้การกำหนดความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับผักแต่ละชนิดมีความจำเป็นเช่นกัน โดยผลการศึกษาความเร็วรอบที่ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มากที่สุดมีความแตกต่างกันไปในผักแต่ละชนิด โดยมันฝรั่ง แครอท และหอมหัวใหญ่ มีค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มากที่สุดเท่ากับ 84.50±1.07% 87.40±0.30% 89.50±0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบการหั่นที่ 700 รอบต่อนาที ในขณะที่หัวไชเท้าให้ค่าเฉลี่ยที่ผ่านเกณฑ์มากที่สุดเท่ากับ 85.11±0.81 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที และแตกต่างกับตัวอย่างของแตงกวาที่ให้ค่าเฉลี่ยที่ผ่านเกณฑ์มากที่สุดเท่ากับ 70.88±0.46 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบการหั่นเท่ากับ 800 รอบต่อนาที ซึ่งจะเห็นได้ว่า ผักแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการกำหนดสภาวะความเร็วในการตัดชิ้นที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อสัมผัสของผักแต่ละชนิดไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ezeanya, N.A. (2020) ที่ทำการออกแบบและสร้างเครื่องสไลด์ผักให้กับเกษตรกร และทำการทดสอบประสิทธิภาพการหั่นกับมันฝรั่งไอริช แครอทและหอมหัวใหญ่ ผลการศึกษาพบว่า มันฝรั่งให้ค่าตัวอย่างผ่านเกณฑ์ที่สูงที่สุดเท่ากับ 87.6 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบการหั่นเพียง 58 รอบต่อนาที แต่กลับทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผ่านเกณฑ์คุณภาพของหอมหัวใหญ่ต่ำที่สุดเท่ากับ 60.7 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบเดียวกัน จึงต้องมีการกำหนดสภาวะการหั่นที่เหมาะสมสำหรับผักแต่ละชนิด เพื่อให้ได้กำลังการผลิตสูงที่สุดและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอดีที่สุดสำหรับเกษตรกร

สรุปผลการวิจัย

เครื่องหั่นผักที่ออกแบบและสร้างเหมาะกับการหั่นผักที่เน้นรูปทรงหลังการหั่นที่มีความสวยงาม และมีเนื้อสัมผัสแบบ Homogeneous texture หรือเป็นผักที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น มันฝรั่ง แครอทและหัวไชเท้า หรืออีกนัยหนึ่งคือ เครื่องหั่นผักที่สร้างขึ้นไม่เหมาะสมกับการหั่นผักประเภท Heterogeneous texture ผักที่มีลักษณะเนื้อต่างกัน ได้แก่ ผักที่เมล็ดอ่อน คือ แตงกวา เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย และเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดคุณภาพสูง สำหรับการทดสอบที่สภาวะการหั่นที่ความเร็วต่าง ๆ นั้นมีผลต่อกำลังการผลิต เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นสามารถหั่นผักได้ปริมาณที่มากขึ้น และความเร็วรอบที่เปลี่ยนไปมีผลต่อคุณภาพของการหั่นโดยมันฝรั่ง แครอท และหอมหัวใหญ่ ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการหั่นที่

ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที หัวไชเท้ามีความเร็วรอบที่เหมาะสมในการหั่นที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที และแตงกวาเหมาะสมในการหั่นที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที นอกจากนี้มีข้อควรระวังในการใช้งานเครื่องหั่นผัก ได้แก่ ห้ามนำมือไปสัมผัสกับสายฉนวนหรือสายไฟ เพราะจะเกิดอันตรายจากไฟฟ้าลัดวงจรได้ ต้องปิดฝาครอบจานใบมีดและล็อคฝาครอบจานใบมีดให้แน่นก่อนทำการเปิดเครื่องหั่น ขณะที่เครื่องหั่นผักกำลังทำงานควรใช้ที่ดันวัตถุดิบในการดันวัตถุดิบเข้าหาใบมีดเท่านั้น ไม่ควรใช้มือดันวัตถุดิบเข้าหาใบมีดโดยตรง เมื่อเสร็จสิ้นการใช้งานเครื่องหั่นผัก ควรปิดเครื่องและรอให้เครื่องดับสนิทก่อนจึงเปิดฝาครอบจานใบมีดออก และควรทำความสะอาดเครื่องหั่นผักทุกครั้งหลังใช้งาน ซึ่งเครื่องหั่นผักที่ออกแบบมาสามารถถอดตัวเครื่องออกล้างและประกอบอุปกรณ์ได้ตามหลักการการออกแบบตามหลักสุขลักษณะที่ดี (Hygienic Designed Equipment) ของเครื่องจักรกลอาหาร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ และเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับทำการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงผ่านไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Akachai Buaklee. (2018). *Design and Fabrication of Lotus Leaves Cutting Machine*, Master's thesis, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Bangkok. (in Thai)

Akinnuli, B.O., Ojo, O.O., Caleb, O.O. and Okeyedun, K.A. (2019). Design and Simulation of A Vegetable Shredding and Washing Machine. *International Journal of Excellence Innovation and Development, 2*(3), 33 – 41.

Angkanasangmanee, B., Phongphan, P. and Keeratidnaikun, W. (2003). *Design and Development of lemon grass cutting machine*. Master's thesis, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. (in Thai)

Bunya-atichart, K. (2015). Postharvest Management and Effects on Quantity and Quality losses of Leafy Vegetables. *Princess of Naradhiwas University Journal, 7*(3), 147-158. (in Thai)

Ezeanya, N.C. (2020). Development and Performance Evaluation of a Slicing Machine for Selected vegetables. *Greener Journal of Physical Sciences, 6*(1), 1 – 9.

Food and Drug Administration. (2020). Notification of the Ministry of Public Health (No. 420) of B.E. 2563 (2020) Issued by the Virtue of the Food Act of B.E. 2522 (1979). *Title: Food Production Processes, Production Equipment/ Utensils and Storage Practices.* Bangkok; Thailand.

Inseemeesak, B. and Lertkowit, P. (2019). Design and Fabrication of a Strip and Slice Pickled Bamboo Shoot Slicing Machine. *SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, 5*(2), 25-34. (in Thai)

Kamma, S., Singmuang, C. and Thongsawatwong, P. (2020). Design and Development of an Agricultural Material and Fruit Peel Shredder Machine. *Thai Agricultural Research Journal, 38*(1), 58 – 67. (in Thai)

Kanjana, B., Sirikatitham, P. and Fakthong, M. (2010). Development of Galingale Slicing Machine for Producing Dried Galingale for Agriculturalists in Post- flooding Areas in Uttaradit Province. *Journal of Community Development Research, 3*(2), 3 – 9. (in Thai)

Kimapong, K. (2013). Design and development of Bamboo Shoots Peeling Machine. *The 9th National Kasetsart University Kamphaeng Saen Conference, (6 – 7 Dec 2012)*, 9 – 15.

Nit Sakulruk. (1998). *Plant physiology*. 2nd edition. Chiang Mai: Faculty of Agricultural Production, Maejo University. (in Thai)

Promtha, T., Patitan, S., Phodokmai, A. and Suprompitak, W. (2019). Design and Development of Banana Tree Shredding Machine. *1st National Conference in Science, Technology and Innovation 2019, (20 Apr 2019)*, 173 – 177.

Reddy, S. and Raju, T. (2018). Design and Development of mini plastic shredder machine. In *IOP conference series: materials science and engineering, 455*(1), 012119, 1-7.

Surbkar, S., Hiruansthiporn, B., Tantikul, S. and Surbkar, R. (2017). Determining the Cutting Force of Agricultural Products. *Engineering Journal Chiang Mai University, 24*(2), 11 – 22. (in Thai)

Tanwar, S., Jain, SK. and Rathore, NS. (2021). Evaluation of techno-economic feasibility of the developed multipurpose vegetable slicer cum shredder. *The Pharma Innovation Journal, 10*(4), 224 – 226.