



การเปรียบเทียบการใช้พลังงานสำหรับการตัดแบบเพนดูลัมโดยการปรับมุมใบมีดสำหรับกระบวนการตัดกล้วย  
น้ำว้า

## Comparison of Pendulum Cutting Energy Usage for Cultivated Banana Cutting Process by Knife Angle Adjustment

จันทนา สันต์พร้อม<sup>1\*</sup>, พุฒิพงษ์ สวรรค์ดอน<sup>1</sup>, รัชนิกร โตเกิด<sup>1</sup>, ยงยุทธ์ เสียงดง<sup>2</sup>, อนุวัฒน์ นิสัยสุข<sup>1</sup>, วีรกุล มิกกลางแสน<sup>1</sup>  
Jantana Suntudprom<sup>1\*</sup>, Puttipong Sawandon<sup>1</sup>, Ratchaneekorn Tokerd<sup>2</sup>, Yongyout Seingdung<sup>2</sup>, Anuwat Nisaisuk<sup>1</sup>, Weerakul Meaklangsan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, นครราชสีมา, 30000

<sup>1</sup>Department of Post-Harvest and Processing Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Muang, Nakhonratchasima, 30000, Thailand

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, นครราชสีมา, 30000

<sup>2</sup>Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Muang, Nakhonratchasima, 30000, Thailand

\*Corresponding author: Tel: +66-9-3554-5881, E-mail: [xanta\\_na@yahoo.com](mailto:xanta_na@yahoo.com)

### บทคัดย่อ

กล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ที่นิยมทั่วไปของคนไทย เป็นผลไม้ที่รับประทานงานจึงทำให้มีการปลูกอยู่ทั่วทุกภาค ปริมาณกล้วยน้ำว้าที่มีมากจนล้นตลาดในบางฤดูกาล นำมาซึ่งการแปรรูปกล้วยน้ำว้า เช่น กล้วยฉาบ กล้วยตาก เครื่องมือส่วนใหญ่ที่ใช้แปรรูปกล้วยประกอบด้วยชุดใบมีดสำหรับฝานกล้วยที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา จากการสืบค้นข้อมูลงานวิจัยพบว่ายังขาดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพลังงานที่ใช้ในการตัดกล้วยในขณะที่มีการเคลื่อนที่แบบแกว่งหรือเพนดูลัม ซึ่งข้อมูลนี้ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเพื่อการออกแบบเครื่องมือเครื่องจักรแปรรูปอาหาร ด้วยเหตุนี้การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพลังงานที่ใช้ในการตัดกล้วยน้ำว้าแบบเพนดูลัมในการตัดจะมีการปรับใบมีด 5 ระดับ คือ 10 20 30 40 และ 50 degree โดยทุกระดับมุมมีดใช้ตัดกล้วยน้ำว้าที่มีระยะสุก 4 ระยะ คือ 2 4 6 และ 8 จากการศึกษาพบว่า กล้วยระยะที่ 2 4 6 8 ซึ่งมีความแน่นเนื้อ 15.8, 4.1, 3.6 และ 3.1 N ตามลำดับ เมื่อได้ทำการตัดเพนดูลัมพบว่า ผิวหน้าของกล้วยในระยะที่ 2 ไม่เรียบ ผิวหน้าตัดที่เรียบจะพบในตัวอย่างกล้วยที่ระยะสุก 4 6 และ 8 ค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการตัดแบบเพนดูลัมมีค่าแตกต่างกันและไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน สำหรับการตัดกล้วยทุกระยะสุก ค่าพลังงานตัดจำเพาะมีแนวโน้มต่ำ เมื่อตัดด้วยมีดมุม 10 degree และเมื่อตัดด้วยมีดมุม 20 degree มีพลังงานจำเพาะต่ำรองลงมา พลังงานจำเพาะในการตัดเพนดูลัมด้วยมีดมุม 30 degree มีแนวโน้มสูงที่สุด จากการทดลองอาจสรุปได้ว่าการตัดกล้วยน้ำว้าแบบเพนดูลัมด้วยมุมมีด 10 degree จะก่อให้เกิดพลังงานตัดจำเพาะที่น้อยที่สุด จากข้อมูลนี้สามารถนำไปประกอบการพิจารณาสร้างเครื่องมือแปรรูปอาหารที่ต้องทราบพลังงานตัดแบบที่มีการเคลื่อนที่ของใบมีดขณะเครื่องทำงานได้

คำสำคัญ: กล้วย, เพนดูลัม, มุมมีด, ระยะสุก, พลังงานตัด

### Abstract

Kluai "Namwa" is a general cultivated banana in Thailand which could be cultivated around the country. Therefore, there is a large quantity in the local markets. This situation leads to develop banana products such as deep fried banana, banana crisp and dry banana. The important process for banana processing is slicing or cutting process. However, the basic information of pendulum cutting energy is limited. This information could be used for design the food processing machineries. Therefore, this study was aimed to investigate the pendulum cutting energy. For study method, knives at 5 different degrees; 10, 20, 30, 40 and 50 were manufactured. Cultivated bananas were manipulated to ripen at room temperature for stages 2, 4, 6 and 8. This study found that there were differences among the energies using cutting ripe bananas. The firmness of cultivated banana were 15.8, 4.1, 3.6 และ 3.1 N respectively. Cutting surface showed uneven surface which mostly found from unripe sample.

On the hand, smoother surface was more likely to be found from riper sample. Results from pendulum cutting indicated that the specific energy did not have a specific trend. However, specific cutting energy for all cutting was lowest when cut with 10-degree knife and 20-degree knife. The highest specific cutting energy was found when sample was cut by 30-degree knife. Summary, it could be suggested that the lowest specific cutting energy could be produced when cut cultivated banana by the 10-degree knife. This information could be useful for manufacture food processing machinery.

Keywords: cultivated banana, pendulum, knife angle, ripening stage, cutting energy

## 1 บทนำ

เนื่องด้วยประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีสินค้าเกษตรมากมาย รัฐบาลจึงได้ประกาศให้มีการสนับสนุนให้เกิดธุรกิจชุมชนขึ้นเพื่อส่งเสริมอาชีพชุมชนหรือ OTOP กลัวยน้ำว่าเป็นอีกหนึ่งผลผลิตเกษตรที่ได้รับความนิยมมาก (อภิชาติและจันทรา, 2556)

เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของวัสดุเกษตร เช่น ผักและผลไม้ ซึ่งเป็นผลผลิตเกษตรที่ต้องการการให้ความสำคัญและปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเป็นอย่างดี เนื่องจากผักและผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากที่มีการเก็บเกี่ยวแล้ว เช่น การสุก (ทิพวรรณ, 2553; ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง, 2559) รวมถึงการเน่าเสียและเสื่อมภาพ เป็นต้น สำหรับกล้วยน้ำว่ามักพบมีการเก็บเกี่ยวในระยะที่กล้วยแก่เต็มที่แล้วแต่ยังไม่สุก ระยะการสุก คือ ระยะที่กล้วยน้ำว่ามีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและปฏิกิริยาทางชีวเคมีหลายอย่าง ดัชนีที่บ่งชี้ความบริบูรณ์ของผลไม้ (Maturity index) (นิธิยาและदनัย, 2548) การเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบทางเคมีของผลไม้ในระยะสุกได้แก่

### สีผิว

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุ (Pigment) ต่าง ๆ เช่น 1) การสูญเสียคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ซึ่งมีสีเขียวทำให้เกิดสีเหลือง 2) การพัฒนาของแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) ซึ่งมีสีเหลืองและสีส้ม และไลโคปีน (Lycopene) ที่มีสีแดง และแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) รงควัตถุสีแดงและสีน้ำเงิน

### รสชาติและกลิ่น

การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรต เช่น การเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล ทำให้ผลไม้มีความหวานเพิ่มมากขึ้น ช่วงที่ผลไม้มีการสุกปริมาณกรดอินทรีย์ลดลงทำให้ความเปรี้ยวลดลง รวมทั้งการเกิดขึ้นของสารหอมระเหยบางชนิด จึงทำให้มีกลิ่นหอม

### เนื้อสัมผัส

ระหว่างที่ผลไม้สุกมีการเปลี่ยนแปลงของชั้นของเนื้อเยื่อโดยการทำงานของ enzyme ที่มีตามธรรมชาติ ส่งผลให้ความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากการสลายตัวของสารประกอบเพกทิน (Pectin) จึงทำให้ผลไม้มีนุ่มลง เช่น กล้วย มะม่วง มะละกอ

การแปรรูปกล้วยน้ำว่าเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น กล้วยฉาบ กล้วยเบรคแตก เป็นต้น ผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว่าเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการส่งเสริม ทั้งยังเป็นธุรกิจที่ทำกันอย่าง

แพร่หลายในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร ส่วนประกอบหลักของเครื่องมือแปรรูปกล้วย คือ ใบมีด โดยที่ใบมีดนี้มีการเคลื่อนที่ขณะที่มีการตัดกล้วยในลักษณะเหวี่ยง ซึ่งเรียกว่า เพนดูลัม ในปัจจุบันข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพลังงานที่ใช้ในการตัดผลผลิตทางการเกษตรแบบเพนดูลัมมีจำนวนจำกัด (พงษ์ศักดิ์และกัมปนาท, 2557) ผลิตภัณฑ์กล้วยแต่ละประเภทจะใช้วัตถุดิบกล้วยที่มีคุณภาพต่างกัน เช่น กล้วยฉาบจะใช้กล้วยที่ค่อนข้างแข็ง ไม่สุกนิ่ม ในทางกลับกันกล้วยเบรคแตกมักนิยมใช้กล้วยที่มีเนื้อนิ่มและสุก เพื่อให้มีรสหวานในตัว โดยที่ข้อมูลนี้สามารถเป็นข้อมูลนำไปพัฒนา เครื่องมือ เครื่องจักร ในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไปได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาเปรียบเทียบพลังงานในการตัดกล้วยน้ำว่าแบบเพนดูลัมโดยการปรับมุมมีด

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ใช้กล้วยน้ำว่าที่มีขนาดผลที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีตำหนิจากการเข้าทำลายของโรคและแมลง ซื้อมาจากตลาดสุรนคร อ.เมือง จ. นครราชสีมา นำมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยให้มีระยะสุก 4 ระยะ คือ ระยะที่ 2 4 6 และ 8 (Figure 1) กล้วยจะถูกปอกเปลือกและถูกตัดในแนวขวาง 3 จุด คือ หัว กลาง ท้ายโดยใช้ตัวอย่างทดสอบ

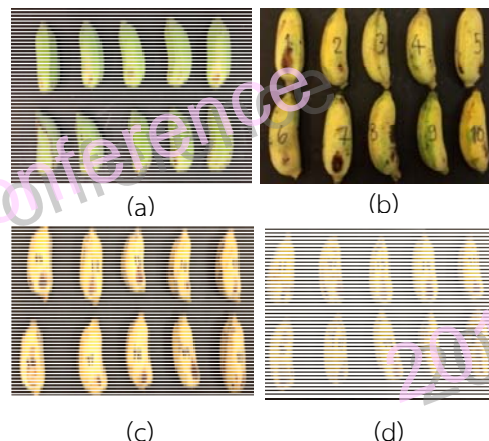


Figure 1 ripe cultivated banana at 4 different stages; (a) stage 2, (b) stage 4, (c) stage 6 and (d) stage 8.

### 2.2 การเป่ามีดและเครื่องตัดเพนดูลัม

ใบมีดตัดเพนดูลัมได้ถูกผลิตขึ้นจากเหล็กกล้าไร้สนิม โดยมีขนาด ก x ย x หนา คือ 50 x 150 x 3 mm และมีดได้ถูกทำให้มีมุม 10 20 30 40 และ 50 degree (Figure 2)

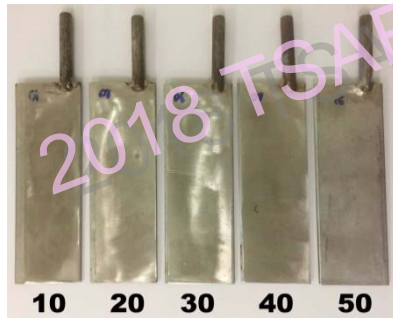


Figure 2 padulum knives with five different angles.

การตัดเพนดูลัมนี้จะใช้เครื่องตัดเพนดูลัม (Figure 3) มีขนาด ก x ย x ส คือ 330 x 430 x 510 mm เครื่องประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 ส่วนฐาน ซึ่งมีน้ำหนักค่อนข้างมาก (50 kg) เพื่อรองรับแรงสั่นสะเทือนขณะตัด และส่วนที่ 2 คือ ส่วนแขนตัด แขนเพนดูลัมมีความยาว 240 mm โดยที่ปลายด้านบนต่อเข้ากับจานอ่อนองศา ส่วนปลายแขนด้านล่างจะต่อกับใบมีดตัด ก่อนตัดแขนถูกยกขึ้นที่  $\theta = 120$  degree เนื่องจากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าการตัดที่  $\theta = 120$  degree นี้ การตัดสมบูรณ์ทั้งรอยตัดและการตัดขาดจากกัน ใบมีดถูกปล่อยลงอย่างอิสระ เพื่อตัดวัสดุทดสอบจนขาด



Figure 3 pendulum cutting machine.

### 2.3 พลังงานจำเพาะ

พลังงานจำเพาะที่ใช้ในการตัดสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 (Visvanathan et al., 1996) พื้นที่หน้าตัดของวัสดุทดสอบหาได้โดยการใช้เครื่อง planimeter (Figure 4)

$$E_c = mgR(\cos\theta_c - \cos\theta) \quad (1)$$

$$\text{พลังงานจำเพาะ} = \frac{E_c}{\pi r^2} \quad (2)$$

เมื่อ  $E_c$  = พลังงานที่ใช้ในการตัดชิ้นงาน (J)  
 $r$  = รัศมีของเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุทดสอบ (mm)  
 $m$  = มวลของแขนเพนดูลัมและใบมีดตัด (kg)  
 $g$  = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ( $m\ s^{-2}$ )  
 $R$  = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของการหมุนและศูนย์กลางของแรงโน้มถ่วงของแขนเพนดูลัม (ณ ตำแหน่ง  $\theta = 120$  degree) (m)  
 $\theta$  = มุมยกเริ่มต้น (Degree)  
 $\theta_c$  = มุมยกของแขนเพนดูลัมหลังตัดชิ้นงาน (Degree)



Figure 4 planimeter for cutting surface area determination.

### 3 ผลและวิจารณ์

จากการเตรียมกล้วยทดสอบที่มีระยะสุกต่างๆ 4 ระยะ แล้วตัดด้วยเพนดูลัม พบว่าความแน่นเนื้อของกล้วยระยะที่ 1 ถึง 4 คือ  $15.8 \pm 2.6$   $4.1 \pm 0.7$   $3.6 \pm 0.1$  และ  $3.1 \pm 0.1$  N ตามลำดับ กล้วยถูกตัดขาดจากกันโดยสมบูรณ์และมีลักษณะหน้าตัดดัง table 1 พบว่า ผิวหน้าของกล้วยในระยะที่ 2 ไม่เรียบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อตัดด้วยมีดที่มีมุม 40 และ 50 degree ผิวหน้าตัดที่เรียบจะพบในตัวอย่างกล้วยที่ระยะสุก 4 6 และ 8 ในการตัดด้วยมุมมีดทั้ง 5 ระดับ กล้วยที่อยู่ในระยะสุกมาก ความแน่นเนื้อจะน้อยลงเนื่องจากการเสื่อมสลายของเพกตินซึ่งเป็นตัวเกาะยึดเนื้อเยื่อไว้ด้วยกัน เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยที่ค่อนข้างดิบ ส่งผลให้การตัดเกิดขึ้นได้ง่ายและไม่เปราะแตก ผิวหน้าตัดจึงมีความเรียบ

การศึกษานี้พบว่าพลังงานจำเพาะสำหรับการตัดแบบเพนดูลัมของกล้วยทดสอบทุกระยะสุกไม่มีแนวโน้มที่แน่นอน (Table 1) สำหรับการตัดกล้วยทุกระยะสุก ค่าพลังงานตัดจำเพาะมีแนวโน้มต่ำ เมื่อตัดด้วยมีดมุม 10 degree และเมื่อตัดด้วยมีดมุม 20 degree มีพลังงานจำเพาะต่ำรองลงมา พลังงานจำเพาะในการตัดเพนดูลัมด้วยมีดมุม 30 degree มีแนวโน้มสูงที่สุด สำหรับพลังงานจำเพาะจากการตัดกล้วยระยะสุกที่ 2 และ 4 ด้วยมีดมุม 40 degree มีค่าน้อยกว่าค่าพลังงานจำเพาะในการตัดกล้วยที่ระยะ 6 และ 8 แต่พลังงานจำเพาะในการตัดด้วยมีดมุม 50 degree จะมีค่าต่ำ สำหรับการตัดกล้วยทดสอบที่มีระยะ 4 และ 6 แต่จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อตัดกล้วยที่ระยะ 2 และ 8



Table 1 surface area of sample after pendulum cutting.

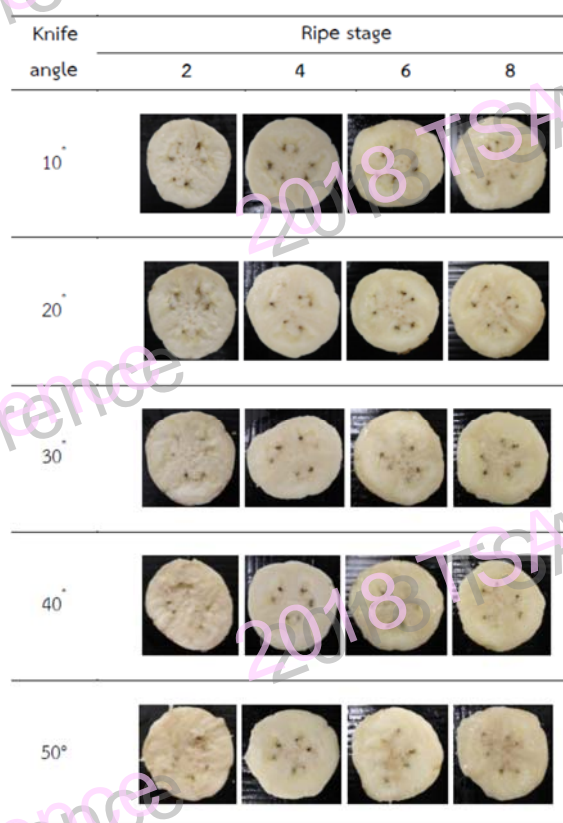


Table 2 specific cutting energy for cultivated banana at four different ripe stages.

Knife angle	Ripe stage							
	2		4		6		8	
	Cutting <sup>a</sup> surface area (cm <sup>2</sup> )	Specific <sup>a</sup> energy (J cm <sup>-2</sup> )	Cutting <sup>a</sup> surface area (cm <sup>2</sup> )	Specific <sup>a</sup> energy (J cm <sup>-2</sup> )	Cutting <sup>a</sup> surface area (cm <sup>2</sup> )	Specific <sup>a</sup> energy (J cm <sup>-2</sup> )	Cutting <sup>a</sup> surface area (cm <sup>2</sup> )	Specific <sup>a</sup> energy (J cm <sup>-2</sup> )
10°	9.1±0.1	0.110±0.007	8.9±0.2	0.120±0.008	10.6±1.2	0.086±0.009	8.2±0.7	0.121±0.011
20°	7.9±1.0	0.131±0.016	9.3±0.1	0.129±0.007	8.9±0.4	0.108±0.012	7.8±0.5	0.128±0.012
30°	7.0±0.2	0.154±0.019	9.3±0.2	0.129±0.017	8.2±0.1	0.164±0.014	9.4±0.6	0.140±0.015
40°	7.8±0.7	0.118±0.024	9.1±0.1	0.111±0.011	8.0±0.3	0.163±0.007	8.1±0.1	0.144±0.012
50°	7.9±0.7	0.150±0.05	9.6±0.4	0.095±0.017	7.2±0.1	0.094±0.022	7.4±0.6	0.152±0.037

<sup>a</sup> Numbers in columns were means ± standard deviations.

ขนาดของกล้วยทอดสออาจส่งผลต่อค่าพลังงานจำเพาะในการตัดเพนดูลัม กล่าวคือกล้วยทอดสอที่มีผลใหญ่อาจมีพื้นที่หน้าตัดมากกว่ากล้วยที่มีผลเล็ก แต่จะมีพลังงานจำเพาะในการตัดน้อยกว่ากล้วยที่มีผลเล็ก เนื่องจากพลังงานจำเพาะเป็นค่าพลังงานต่อหน่วยพื้นที่

จากการศึกษาพบว่าพลังงานจำเพาะในการตัดแบบเพนดูลัมด้วยมีดมุม 10 degree มีแนวโน้มน้อยกว่าการตัดด้วยมีดที่มีมุมมากกว่านั้น อาจเป็นไปได้ว่าที่มีดมุม 10 degree จะมีแรงเสียดทานเนื่องจากตัวใบมีดขณะตัดน้อยกว่า ส่งผลให้พลังงานตัดต่อพื้นที่น้อยตามไปด้วย ปัจจัยอีกประการที่มีผลต่อการตัดเพนดูลัมคือ ความแน่นเนื้อของกล้วยทอดสอในแต่ละระยะสุก อาจเป็นไปได้ว่ากล้วยทอดสอที่มีเนื้อสัมผัสที่นิ่มขณะสุก เนื้อเยื่อมีลักษณะเปื่อยนุ่ม อาจยังเป็นการเพิ่มแรงเสียดทานขณะตัดได้เช่นกัน

#### 4 สรุป

จากการทดลองอาจสรุปได้ว่าการตัดกล้วยน้ำว้าแบบเพนดูลัมด้วยมีดมุม 10 degree จะก่อให้เกิดพลังงานตัดจำเพาะที่น้อยที่สุด จากข้อมูลนี้สามารถนำไปประกอบการพิจารณาสร้างเครื่องมือแปรรูปอาหารที่ต้องทราบพลังงานตัดแบบที่มีการเคลื่อนที่ของใบมีดขณะเครื่องทำงานได้

#### 5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.เมือง จ.นครราชสีมา ให้ความอนุเคราะห์การศึกษาวิจัยครั้งนี้

#### 6 เอกสารอ้างอิง

พงษ์ศักดิ์ นาใจคง และ กัมปนาท ถ่ายสูงเนิน. 2553. การวิจัยตัวแปรที่เหมาะสมของการผ่านกล้วยเบรคแตก. รายงานฉบับสมบูรณ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นครราชสีมา.

อภิชาติ ศรีสะอาด และ จันทรา อู่สุวรรณ. 2556. กล้วยเศรษฐกิจเงินล้าน. กรุงเทพมหานคร. บริษัท นาคา อินเทอร์เน็ตมีเดีย จำกัด.

ทิพวรรณ ทองสุข (2553). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและเทคนิคการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผักผลไม้แปรรูป. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, vol. 29 (4), Oct-Dec, pp. 456-469.

นิธิยา รัตนพานนท์ และ ดนัย บุญเกียรติ (2548). การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์

ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง. ระยะการสุก. 2559. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.foodnetworksolution.com>, เข้าดูเมื่อวันที่ 11/01/2561.

Visvanathan, R., Sreenarayanan, V.V. and Swaminathan, K.R. 1996. Effect of Knife Angle and Velocity on the Energy Required to Cut Cassava Tubers. (pp. 99-102). Journal of Agricultural Engineering 12 Dec 1996. Seattle Washington.