

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกะเทาะเปลือกมะขาม

A Study of Factors Affecting Performance of a Tamarind Pod Cracking Machine.

วิทยา หนูช่างสิงห์^{1*} ธนภัทร มะณีแสง² ขวัญนิธิ คำเมือง³

^{1,2} สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

³ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: wittaya_992000@yahoo.com*

Wittaya Nuchangsing^{1*} Thanapat Maneesaeng² Kwanniti Khammuang³

^{1,2} Program in Production Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology,
Phetchabun Rajabhat University

³ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University

E-mail: wittaya_992000@yahoo.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกมะขามและเพื่อการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินงาน วัตถุประสงค์เพื่อกะเทาะเปลือกก่อนนำมะขามไปแปรรูป โดยที่ความเร็วในการกะเทาะของเครื่องจักรจะมากกว่าเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนในการลอก ซึ่งมะขาม 1 กิโลกรัมแรงงานคนจะใช้เวลาในการลอกเปลือกประมาณ 12 นาที ส่วนเครื่องจักรจะใช้เวลากะเทาะประมาณ 45 วินาที แต่จะมีเศษเปลือกติดปะปนกับเนื้อมะขามและบางฝักเปลือกยังฝังติดกับส่วนท้องมะขาม ส่งผลให้ต้องนำไปกะเปลือกที่ยังเหลืออยู่ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการประยุกต์ใช้การออกแบบและวิเคราะห์การทดลองแบบ 3^k แฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับเพื่อทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 10 ฝัก โดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อกะเทาะเปลือกจำนวน 2 ปัจจัย คือ การอบมะขามเพื่อลดความชื้นและขนาดฝักของมะขาม โดยพันธุ์ที่ใช้นำมาทำการทดลองคือพันธุ์ศรีชมภูทองปลิง ซึ่งเป็นหนึ่งในพันธุ์มะขามที่ได้รับความนิยมในการนำมาแปรรูป

คำหลัก มะขามหวาน การออกแบบการทดลอง เครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม

Abstract

This research concerned the design and construction of a tamarind pod cracking machine and experimentally attempted to find factors affecting its performance. The machine was designed to remove tamarind pod prior to processing and provide faster pod removing time than manual pod removing process. Based on an initial experiment of the machine, the rate of pod cracking was 44.94 second/kilogram but it was found that some of the resulting tamarind pulp still contained pod which must be removed. To improve the performance, the 3k factorial designed experiments were performed. Two factors were considered, namely temperature on moisture removal baking process and tamarind size. Sri chom poo tamarind which is one of the most favorable strain for processing was used in this study.

Keywords: Sweet tamarind, experimental, Tamarinds cracking Machine

1. บทนำ

มะขามหวานเป็นพืชสัญลักษณ์สำคัญของจังหวัดเพชรบูรณ์มาช้านาน ความหวานของมะขามทำให้มะขามของจังหวัดเพชรบูรณ์มีชื่อเสียงอย่างมาก จึงมีผู้เรียกเมืองเพชรบูรณ์อีกชื่อหนึ่งว่าเมืองมะขามหวาน เกษตรกรในจังหวัดเพชรบูรณ์นิยมปลูกมะขามหวานเพราะสามารถสร้างรายได้มากมายให้แก่ผู้ปลูก มะขามหวานพันธุ์ที่มีชื่อเสียงได้แก่ พันธุ์สีทอง พันธุ์ศรีชมพู พันธุ์ขันตี พันธุ์ประกายทอง พันธุ์อินทผาตัด พันธุ์หมื่นจง ฯลฯ ในงานวิจัยชิ้นนี้คณะผู้วิจัยได้พิจารณามะขาม พันธุ์ศรีชมพู ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ผู้ประกอบการมักนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น มะขามหวานไว้เมล็ด เครื่องสำอางและยา ซึ่งจากข้อมูลของจังหวัดเพชรบูรณ์พบว่าผลิตภัณฑ์จากมะขามเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในต่างประเทศจำนวนมาก ในขั้นตอนการแกะเปลือกผู้ประกอบการได้ใช้วิธีการแกะเปลือกโดยใช้มือ ซึ่งมักทำได้อย่างล่าช้าและมีฝุ่นละอองที่ติดมากับเปลือกมักจะปะปนกับเนื้อมะขาม อีกทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการแกะเปลือกมีลักษณะแหลมคมบ่อยครั้งที่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกมะขามเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณของเนื้อมะขาม เพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ลดขั้นตอนการผลิต ลดต้นทุนในการผลิต และที่สำคัญที่สุดคือทำให้เนื้อมะขามสะอาดถูกหลักอนามัย โดยที่ในหัวข้อที่ 2 จะเป็นการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง การออกแบบและหลักการทำงานของเครื่องกะเทาะมะขามจะอยู่ในหัวข้อที่ 3 หัวข้อที่ 4 เป็นการอธิบายปัญหาและวิธีการดำเนินงาน ผลการทดลองจะอยู่ในหัวข้อที่ 5 และจะกล่าวถึงผลสรุปและแนวทางในการพัฒนาในหัวข้อสุดท้าย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หากจะต้องนำเนื้อของผลิตผลทางการเกษตรใด ๆ มาใช้เป็นวัตถุดิบหรือเป็นส่วนผสมในการแปรรูป แต่ผลิตผลนั้นมีเปลือกห่อหุ้มอยู่ ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องนำเปลือกที่ห่อหุ้มออกก่อน ส่วนมากมักจะใช้วิธีการปอกด้วยมือ ส่งผลให้ทำได้อย่างล่าช้า ในบางครั้งทำให้ได้วัตถุดิบไม่เพียงพอต่อความต้องการ จากการสำรวจได้

พบว่ามีการวิจัยที่ศึกษาค้นคว้าหาเพื่อที่จะสร้างเครื่องมือที่จะนำมาใช้ทดแทนการปอกด้วยมือ เพื่อความสะดวกในการทำงาน ลดแรงงาน ระยะเวลา และต้นทุนในการผลิต ในงานวิจัยของ สุทธิชัย (2551) ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาเครื่องปอกมะละกอ โดยใช้มอเตอร์ส่งกำลัง 2 ตัว โดยตัวแรกใช้ส่งกำลังให้ชุดเพลลาขับเพื่อหมุนผลมะละกอไปหาชุดใบมีดและตัวที่ 2 ทำหน้าที่ส่งกำลังให้ชุดใบมีดปอกมะละกอ โดยได้มีการทดสอบเพื่อหาระยะห่างของตัวกันใบมีดและความเร็วรอบที่เหมาะสม จากผลการทดสอบพบว่าสามารถปอกมะละกอได้ 118 ผล/ชั่วโมง ในขณะที่ การปอกด้วยมือสามารถทำได้ประมาณ 70 ผล/ชั่วโมง มีงานวิจัยที่ได้ศึกษาผลผลิตทางการเกษตรที่เปลือกมีลักษณะแข็ง ตัวอย่างเช่นในงานวิจัยของ สมโภชน์และสมนึก (2547) ได้สร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดกระบอก โดยผู้วิจัยได้การศึกษาลักษณะของเม็ดกระบอกแต่ละพันธุ์ เพื่อที่จะหาตำแหน่งในการกะเทาะองศาใบมีดที่เหมาะสม และรูปแบบของเครื่องกะเทาะ ซึ่งพบว่าเครื่องประเภทใช้แรงกดอัดและแรงกระแทกสามารถกะเทาะเปลือกได้ดีที่สุด โดยวัดจากความสมบูรณ์ของเม็ดกระบอกที่มีอัตราการแตกหักที่ต่ำที่สุด ส่วนแนวแกนที่ใช้ในการกะเทาะคือแนวแกนตั้งและจุดที่กะเทาะคือส่วนปลายเมล็ดเนื่องจากใช้แรงกะเทาะต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเครื่องจักรสามารถกะเทาะได้ครั้งละ 1 เมล็ดเท่านั้น ในงานวิจัยของทนนท์ (2553) เป็นตัวอย่างของเครื่องกะเทาะเปลือกที่สามารถกะเทาะได้ครั้งละหลายๆ เมล็ด โดยที่งานวิจัยชิ้นนี้เป็นกรออกแบบเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกโดยใช้ลูกยาง 4 ลูก ซึ่งแต่ละลูกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตรที่มีการออกแบบให้หมุนในทิศทางตรงข้ามกันและความเร็วรอบไม่เท่ากัน โดยมีการทดสอบการใช้งานเพื่อหาอัตราป้อน ความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกยางทั้ง 4 ลูกที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่าเครื่องจักรสามารถกะเทาะเปลือกข้าวได้เต็มเมล็ด 72% และข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะอยู่ที่ 11% และพบว่าข้าวหักอยู่ที่ประมาณ 4% จะเห็นได้ว่าการตั้งค่าที่เหมาะสมเพื่อที่จะทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมีความจำเป็นมาก เทคนิคการออกแบบการทดลองถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักรเพื่อหาการตั้งค่าที่เหมาะสม

ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้วิธีการควบคุมการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระแล้วสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนอง ตัวอย่างเช่นในงานวิจัยของ ฐานันตร ชลิตต์ และกุลชาติ (2556) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3^2 เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของความเร็รรอบและขนาดช่องคายกาก ต่อการบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดพืช โดยได้ทดสอบกับเมล็ดพืช 5 ชนิดได้แก่ เมล็ดทานตะวัน เมล็ดงาขาว เมล็ดฟักทอง เมล็ดถั่วลิสง และ เมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งจากการทดลองทำให้ทราบว่าความเร็รรอบที่เพิ่มขึ้นสามารถทำให้ได้ปริมาณน้ำมันจากเมล็ดงาและถั่วเหลืองมากขึ้น ส่วนขนาดของช่องคายกากมีผลต่อปริมาณน้ำมันจาก เมล็ดงาขาว เมล็ดฟักทอง เมล็ดถั่วลิสงและเมล็ดถั่วเหลือง

3. การออกแบบเครื่องกะเทาะมะขาม

การทำงานของเครื่องจะอาศัยระบบส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังสายพานและส่งต่อกำลังไปที่ลูกกลิ้ง เมื่อเริ่มการทำงานผู้ใช้จะทำการเทมะขามลงถึงลำเลียงมะขามจะไหลไปยังลูกกลิ้งกะเทาะเปลือก หลังจากนั้นเปลือกจะถูกกะเทาะออกจากฝักมะขามและฝักมะขามที่ถูกกะเทาะเปลือกแล้วจะตกลงบนตะแกรง ตะแกรงจะสั่นเพื่อให้เศษเปลือกและฝักมะขามแยกออกจากกันก่อนฝักมะขามจะตกลงไปยังถังเก็บเป็นการเสร็จสิ้นขั้นตอน ซึ่งในรูปที่ 1 ได้แสดงให้เห็นถึงระบบการทำงานและเครื่องกะเทาะมะขามในรูปที่ 2



รูปที่ 1 ระบบการทำงานของเครื่องกะเทาะมะขาม

เนื่องจากเครื่องกะเทาะมะขามต้นแบบเครื่องนี้ไม่สามารถตั้งค่าหรือเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานของเครื่องจักรได้ ดังนั้นในการทดลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่อง จะใช้การเปลี่ยนแปลงปัจจัยควบคุมกับฝักของมะขามได้แก่ การลดความชื้นโดยการอบในเตาและการ

คัดขนาดของฝักมะขามเท่านั้น



รูปที่ 2 เครื่องกะเทาะมะขาม

4. วิธีการดำเนินการดำเนินงาน

4.1 การทดลองเบื้องต้น

ในการทดลองเบื้องต้นคณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม ครั้งละ 1 กิโลกรัม จำนวน 10 ครั้ง แต่เนื่องจากการทดลองเบื้องต้นไม่มีการคัดขนาดมะขาม ดังนั้นมะขามแต่ละกิโลกรัมจะมีจำนวนฝักไม่เท่ากัน จากการทดสอบพบว่าเครื่องจักรสามารถกะเทาะมะขามได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องหยุดการทำงานของเครื่อง และทุกฝักถูกกะเทาะทั้งหมด แต่เนื้อมะขามทั้งหมดยังมีเศษเปลือกและฝักที่ติดมากับเปลือกมะขามปะปนอยู่ ซึ่งจากผลการทดสอบเบื้องต้นทำให้ทราบว่าความชื้นของมะขามส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะ เนื่องจากถ้าหากมะขามมีความชื้นมากๆ จะทำให้เศษเปลือกและฝักไปเกาะปะปนกับเนื้อมะขาม และมะขามที่มีขนาดฝักที่สั้นกว่าพื้นที่ของการกะเทาะเปลือกจะมากกว่าฝักที่ยาวกว่า

4.2 การออกแบบการทดลอง

จากข้อมูลดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงนำผลการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3^2 ฝักมะขามที่นำมาทดสอบคือพันธุ์ศรีชมพูทองปลิง เนื่องจากเป็นพันธุ์มะขามหวานที่ผู้ประกอบการนิยมนำไปแปรรูป และด้วยลักษณะเฉพาะที่มีคุณสมบัติเป็นมะขามฝักดิ่งหรือฝักตรง เปลือกค่อนข้างบางทำให้สามารถกะเทาะได้ง่าย ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษามีทั้งหมด 2 ปัจจัยประกอบด้วย ขนาดฝักและอุณหภูมิการอบมะขามเพื่อลดความชื้น โดยแต่ละปัจจัยมีการกำหนดระดับของปัจจัยไว้ 3 ระดับ ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่พิจารณาและระดับปัจจัย

ปัจจัย	ระดับ		
	ต่ำ	กลาง	สูง
ขนาดฝักมะขาม (จำนวนเมล็ด)	3 - 5	6 - 7	8 - 11
อุณหภูมิการอบมะขาม (องศาเซลเซียส)	ไม่มี การอบ	100	125

4.3 วิธีการทดลอง

ในการทดลองจะทำการทดลองใส่มะขามครั้งละฝัก และสังเกตการกะเทาะของมะขาม โดยได้แบ่งการทดลอง ออกเป็นกลุ่มละ 10 ฝักทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง โดยมี ขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. คัดขนาดตามความยาวของฝักมะขามจำนวน 3 ขนาดคือจำนวน 3-6-6-7 และ 8-11 เมล็ด
2. นำกลุ่มฝักมะขามที่ต้องอบเพื่อลดความชื้นไปอบ ในเตาอบที่อุณหภูมิแต่ละระดับตามที่กำหนดไว้ โดยใช้ เวลาการอบที่ 10 นาที เนื่องจากถ้าอบนานเกินไปมะขาม จะแห้งและไหม้จนเกินไป
3. นำมะขามที่ได้มาเข้าเครื่องกะเทาะเปลือกที่ละฝัก และนำผลจากการกะเทาะที่ได้จากการวิเคราะห์พื้นที่ของ มะขามที่ถูกกะเทาะเปลือกและคิดออกมาเป็นร้อยละของ พื้นที่ที่เปลือกที่ถูกกะเทาะสมการที่ 1

5. ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 ตัวอย่างผลลัพธ์ของเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม

ลำดับ	อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ (องศาเซลเซียส)	จำนวน เมล็ด	ส่วนพื้นที่ ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ ที่ถูกกะเทาะ	ปนเปื้อน		หมายเหตุ
					ใช่	ไม่	
1	100	4	3	81.25	✓		
2	100	5	2	90.00	✓		
3	100	5	1	95.00	✓		เนื้อมะขามฉีกขาด
4	100	5	0	100.00	✓		
5	100	4	1	93.75	✓		เนื้อมะขามฉีกขาด
6	100	5	1	95.00	✓		เนื้อมะขามฉีกขาด
7	100	5	3	85.00	✓		
8	100	5	3	85.00	✓		
9	100	4	2	87.50	✓		
10	100	5	4	80.00	✓		

$$p = 100 - \left(\frac{c \times 100}{k \times n} \right) \quad (1)$$

สัญลักษณ์ของตัวแปร

p คือ ร้อยละพื้นที่ที่เปลือกมะขามถูกกะเทาะ

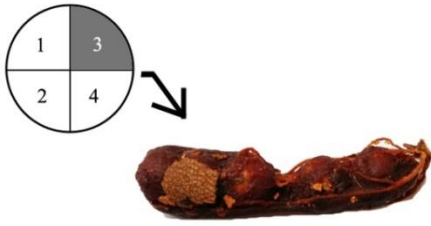
n คือ จำนวนเมล็ดทั้งหมดในฝักมะขาม

c คือ พื้นที่ส่วนที่ไม่ถูกกะเทาะ

k คือ จำนวนการแบ่งส่วนพื้นที่ในแต่ละเมล็ด

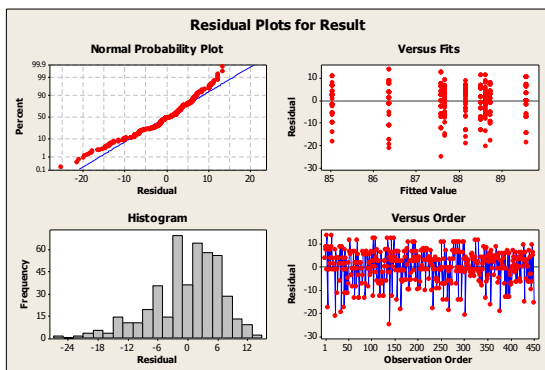
โดยคำนวณจากเปลือกที่หุ้มเนื้อและเมล็ดมะขาม ถ้า มะขามมีเมล็ดทั้งหมด n เมล็ด พื้นที่เปลือกที่หุ้มเมล็ด จะถูกแบ่งออกเป็นเมล็ดละ k ส่วน ดังนั้นทั้งฝักมะขามจะมีเปลือกหุ้มอยู่ทั้งหมด kn ซึ่งเท่ากับ 100% และถ้าหาก เครื่องไม่สามารถกะเทาะเปลือกได้หมดทำให้มีเศษ เปลือกติดอยู่ที่เนื้อมะขามจะคิดเป็นค่า c ใน k ส่วน ของแต่ละเมล็ด งานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการพิจารณาการแบ่ง พื้นที่เปลือกที่หุ้มอยู่ในแต่ละเมล็ดเป็นออกเป็น 4 ส่วน ($k = 4$) ตัวอย่างเช่นในรูปที่ 3 ฝักมะขามมีเมล็ดจำนวน 5 เมล็ด ($n = 5$) และเครื่องไม่สามารถกะเทาะเปลือกได้ ทั้งฝัก ทำให้เหลือเศษเปลือกในเมล็ดที่ 2 อยู่ 1 ส่วน ($c = 1$)

4. นำฝักมะขามที่กะเทาะแล้วมาตรวจสอบพื้นที่การ กะเทาะ บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 3 วิธีการพิจารณาประสิทธิภาพการแกะมะขาม

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างผลการทดลองเครื่องแกะทะเลเลือกมะขาม ซึ่งหลังจากการทดลองตามปัจจัยที่ได้ระบุไว้ตารางที่ 1 ได้ครบถ้วนแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการทดสอบความถูกต้องและวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรม Minitab 14 ดังรูปที่ 4 ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบแจกแจงแบบปกติและมีอิสระต่อกัน



รูปที่ 4 Residual Plots ของการทดลอง

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในการทดลอง

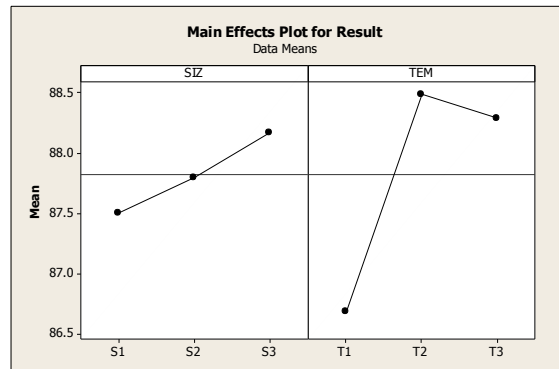
การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากผลการทดลอง						
Source	D	Seq F	Adj SS	Adj MS	F	P
SIZ	2	33.17	33.17	16.59	0.36	0.701
TE	2	288.98	288.98	144.49	3.10	0.046
SIZ*TE	4	429.10	429.10	107.27	2.30	0.058
Error	441	2.05E+4	2.05	46.68		
Total	449	2.13E+4				

* SIZ คือ ขนาดฝักมะขาม

* TE คือ อุณหภูมิในการอบมะขาม

จากการผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 3 พบว่าที่ความเชื่อมั่น 95% หรือค่า P-value ต่ำกว่า 0.05 การลดความชื้นโดยการอบมะขามเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองที่นัยสำคัญทางสถิติ

ในส่วนของการหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทดลองของวิธีการแก้ปัญหา ใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบสมบูรณ์ การประมวลผลจะใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ซึ่งถ้าหากค่า P-value ในตารางมีค่าน้อยกว่า 0.05 เพื่อแสดงให้เห็นว่าปัจจัยนั้นมีผลต่อการทดลองที่นัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 5 Main Effects Plots ของการทดลอง

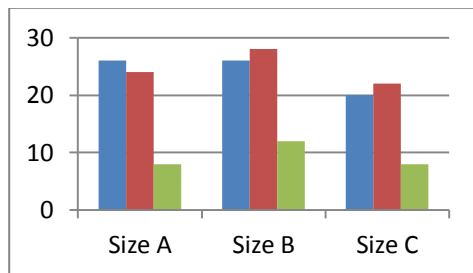
ซึ่งหากวิเคราะห์จาก Main Effects Plots ในรูปที่ 5 พบว่าควรกำหนดให้ใช้อุณหภูมิในการอบมะขามเพื่อลดความชื้นที่ 100 องศาเซลเซียส และใช้ขนาดฝักที่มีขนาดยาวที่สุด (8-11 เมล็ด) จึงจะได้พื้นที่การแกะที่ เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ประมาณ 88-89.5% จากพื้นที่ทั้งหมด แต่ถึงอย่างไรก็ตามการแกะทะเลเลือกมะขามก็ยังไม่ สมบูรณ์มากนักเพราะยังมีเศษเปลือกมะขามติดอยู่ รวมถึงยังมีฝุ่นเกาะที่เนื้อมะขามอยู่ที่ 98% มะขามทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง

5. สรุปและแนวทางในการศึกษา

5.1 สรุป

งานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องแกะทะเลเลือกมะขามเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณของเนื้อมะขาม เพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ลดขั้นตอนการผลิต ลดต้นทุนในการผลิต และทำให้เนื้อมะขามสะอาดถูกหลักอนามัย รวมถึงการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการแกะทะเลเลือกมะขาม 2 ปัจจัย ประกอบด้วย การคัดขนาดของมะขามและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบมะขามเพื่อลดความชื้น โดยการประยุกต์ใช้วิธีการการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3² อุณหภูมิใน

การอบมีผลต่อการทดลอง ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ควรใช้อุณหภูมิในการอบมะขามเพื่อลดความชื้นที่ 100 องศาเซลเซียส และใช้ขนาดฝักที่มีขนาดยาวที่สุด (8-12 เมล็ด) เพื่อที่จะได้พื้นที่การกะเทาะที่เหมาะสมมากที่สุด แต่ถึงอย่างไรก็ตามการทำงานของเครื่องจักรก็ยังไม่สมบูรณ์มากนักเนื่องจากยังไม่สามารถกะเทาะเปลือกได้อย่างเต็ม 100% รวมถึงยังมีเศษเปลือกและฝุ่นจากกระบวนการทำงานที่ปะปนอยู่กับเนื้อมะขาม สาเหตุอันเนื่องมาจากที่เนื้อมะขามยังมีความชื้นอยู่ ยิ่งไปกว่านั้น ถ้าหากฝักมะขามที่มีความชื้นมากๆ ก็จะส่งผลให้เนื้อมะขามฉีกขาด ซึ่งจากการทดลองพบว่าที่มะขามที่ไม่มีการอบเพื่อลดความชื้นและมะขามที่อบเพื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิ 100 °C มีอัตราการฉีกขาดฝักมะขามที่ใกล้เคียงกัน แต่ถ้าหากอบเพื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิ 125 °C อัตราการฉีกขาดของฝักมะขามก็จะลดลงดังแผนภูมิในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงอัตราการฉีกขาดของฝักมะขาม

แต่ถึงอย่างไรก็ตามถ้าหากอบมะขามจนเนื้อมะขามแห้งจนเกินไปก็จะทำให้สูญเสียคุณภาพของเนื้อมะขามทำให้ไม่สามารถนำไปแปรรูปได้ รวมถึงเปลือกมะขามก็จะยิ่งติดแน่นขึ้นทำให้ไม่สามารถกะเทาะออกได้

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการศึกษา

เนื่องจากว่าเครื่องกะเทาะมะขามต้นแบบเครื่องนี้ไม่สามารถตั้งค่าหรือเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานของเครื่องจักรได้ ดังนั้นในการออกแบบการทดลองจะไม่สามารถกำหนดปัจจัยที่จะพิจารณาได้หลากหลายเท่าที่ควร โดยเฉพาะความเร็วรอบที่มากเกินไปอาจจะทำให้การกะเทาะไม่สมบูรณ์และทำให้ฝักมะขามฉีกขาด อีกหนึ่งปัญหาที่สำคัญคือมีฝุ่นและเปลือกมะขามปะปนกับเนื้อมะขามซึ่งทำให้ยังไม่สามารถนำเนื้อมะขามไปใช้แปรรูปได้ ซึ่งอาจแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการติดตั้งเครื่องดูดฝุ่นและ

เปลือกออกกระหว่างที่เครื่องทำงานแต่อาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นจากเดิมทั้งค่าอุปกรณ์และค่าใช้ไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุทธิชัย บุญสงนาถ. 2551. การสร้างและพัฒนาเครื่องปกกมะละกอ.วิทยานิพนธ์ คบ.ม. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, พิษณุโลก
- [2] สมโภชน์ สุตาจันทร์ และ สมนึก ชูศิลป์.2547. การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก.วารสารวิจัย ม.ช.
- [3] ฐานันดร อรกิจ, ชลิตต์ มธุรสมนตรี, กุลชาติ จุลเพ็ญ 2556. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดพืชด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวคู่โดยการออกแบบการทดลอง. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมอุตสาหการแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17, ชลบุรี, ประเทศไทย, 16-18 ตุลาคม 2556
- [4] ทนนท์ รัตนรวมการ (10 สิงหาคม 2010). เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยาง 4 ลูก. สืบค้นเมื่อ 22 เมษายน 2557, จาก http://ird.rmuti.ac.th/download_document/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%A1%E0%B8%97%E0%B8%A3%E0%B8%AD.%E0%B8%97%E0%B8%99%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B9%8C.pdf
- [5] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ เหลืองไพบุลย์ พงศ์ชนัน. 2551. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพฯ: ท็อป.
- [6] ปารามศ ชูติมา.2545. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย