การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม
Design and Construction of the Tamarinds cracking Machine

วิทยา หนูช่างสิงห์ [1*] ธนภัทร มะณีแสง [2]
Wittaya Nuchangsing [1*] Thanapat Maneesaeng [2]
[1] อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
[2] ผู้ร่วมวิจัย สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
*E-mail : wittaya_992000@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม วัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการกะเทาะเปลือก ในการทดสอบกับมะขามจำนวน 100 ฝัก โดยแบ่งออกเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ฝัก จากการทดลองพบว่า ใช้เวลาเฉลี่ยในการกะเทาะเพียง 7 วินาทีต่อการกะเทาะ 10 ฝัก ซึ่งรวดเร็วกว่าเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนแกะ และเมื่อตรวจสอบร้อยละพื้นที่ที่เครื่องจักรสามารถกะเทาะเปลือกได้ พบว่าเครื่องจักรมีประสิทธิภาพในการกะเทาะเฉลี่ยร้อยละ 89 ของพื้นที่การกะเทาะทั้งหมด แต่ถึงความสามารถในการกะเทาะมีสูง แต่ก็ยังมีฝุ่นที่ติดมากับเนื้อมะขาม และมีมะขามที่ฉีกขาดจำนวน 3 ฝักจากมะขามทั้งหมด 100 ฝัก

คำสำคัญ : มะขามหวาน // การออกแบบการทดลอง // เครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม

Abstract

This research is design and construction of the tamarinds cracking machine. The aim of research is machine performance testing for a hundred pieces of tamarind. In experiment, which divided into 10 groups, each groups consist ten of tamarind. From the experiment, the machine can be a cracked ten of tamarind pods in average of 7 seconds, which faster than cracked from employee. Inspection percentage crack area, we found that the machine can be effective of percentage average of 89 in the total area however overall equipment effectiveness, but tamarinds covered with dust and fond 3 of Shredded tamarinds from hundred pieces.

Keywords : Sweet tamarind, experiment, Tamarinds cracking Machine

1. บทนำ

สินค้าทางการเกษตรมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยประเทศไทยเป็นฐานการผลิตสินค้าทางการเกษตร เนื่องจากลักษณะของภูมิประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติสูง จึงเอื้ออำนวยต่อการทำการเกษตรและยังได้ชื่อว่าเป็นศูนย์กลางแห่งอาหารของโลก โดยสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรหลากหลายชนิดออกมาสู่ผู้บริโภคภายในประเทศได้ตลอดทั้งปี อีกทั้งยังสามารถนำส่วนเกินที่เหลือจากการบริโภคภายในประเทศ ส่งออกเพื่อจำหน่ายในต่างประเทศ สามารถนำเงินตราเข้าประเทศเป็นจำนวนมาก สินค้าทางการเกษตรของไทยที่สำคัญคือผลไม้ ประเทศไทยอยู่ในอันดับ 2 ของประเทศที่มีการส่งออกผลไม้เมืองร้อนมากที่สุดทั่วโลก โดยจัดลำดับจากมูลค่าการส่งออกพบว่าประเทศจีนเป็นประเทศหนึ่งที่สำคัญ เนื่องจากเป็นผู้นำเข้า

ผลไม้เมืองร้อนจากทั่วโลกรายใหญ่ และเป็นประเทศที่สำคัญที่นำเข้าผลไม้จากประเทศไทย ซึ่งจากข้อมูลการนำเข้าและส่งออกในหมวดผลไม้ของกรมศุลกากรชี้ให้เห็นว่าหลังการเปิดเสรีการค้า (FTA) ไทยมีมูลค่าส่งออกไปจีนเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ย ร้อยละ 21 ต่อปี

มะขามหวานเป็นผลไม้ที่มีราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับราคาผลไม้ชนิดอื่น ปลูกง่าย โตเร็ว แข็งแรง ทนทานต่อสภาพอากาศที่แห้งแล้ง อีกทั้ง มะขามหวานเป็นผลไม้ชนิดเดียวของไทยที่ไร้คู่แข่งในตลาดโลก เพราะไม่มีประเทศไหนที่ปลูกได้ดีและรสชาติหวานเหมือนประเทศไทย ยิ่งไปกว่านั้นมะขามยังเป็นที่ต้องการของหลายประเทศ สามารถเก็บไว้ได้นานเป็นเดือน ซึ่งมะขามหวานเพชรบูรณ์ได้รับการจดทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Thai Geographical Indication) หรือตราสัญลักษณ์ GI จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์ ซึ่งสาเหตุที่มะขามหวานเพชรบูรณ์ได้ตรา GI นั้น เพราะสภาพดินฟ้าอากาศที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของเจ้าผลไม้ชนิดนี้ พันธ์มะขามที่นิยมปลูกกันมากเพราะสามารถขายได้ดีได้แก่ พันธุ์สีทอง พันธุ์ศรีชมภู พันธุ์ประกายทอง ถ้าหากพิจารณาข้อมูลของเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์พบว่าในปี 2555 จังหวัดเพชรบูรณ์มีพื้นที่ปลูกมะขามหวานประมาณ 50,524 ไร่ ปลูกมากที่สุดที่อำเภอเมือง อำเภอชนแดน และ อำเภอหล่มเก่า สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ถึง 32 ล้านกิโลกรัม (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์) มะขามหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้แก่ผู้ปลูกเป็นอย่างมาก จนทำให้มะขามหวานถูกใช้เป็นพืชสัญลักษณ์สำคัญประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งความหวานของมะขามมีชื่อเสียงจนมีผู้เรียกเมืองเพชรบูรณ์อีกชื่อหนึ่งว่าเป็นเมืองมะขามหวาน ไม่เพียงมะขามหวานฝักที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคแต่ผลิตภัณฑ์มะขามแปรรูปก็ยังเป็นที่นิยมทั้งในและต่างประเทศ ตัวอย่างเช่น มะขามอบแห้งไร้เมล็ด มะขามคลุก มะขามแช่อิ่ม เป็นต้น

จากข้อมูลของพานิชจังหวัดเพชรบูรณ์พบว่าผลิตภัณฑ์จากมะขามเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในต่างประเทศจำนวนมาก ในขั้นตอนการแกะเปลือกเป็นขั้นตอนที่สำคัญ โดยปกติผู้ประกอบการใช้วิธีการแกะเปลือกโดยใช้มือ ขั้นตอนนี้มักล่าช้า ฝุ่นละอองที่ติดมากับเปลือกมักจะปะปนกับเนื้อมะขาม เครื่องมือที่ใช้ในการแกะเปลือกมีลักษณะแหลมคม บ่อยครั้งที่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกมะขามเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณของเนื้อมะขาม เพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ลดขั้นตอนการผลิต ลดต้นทุนในการผลิต ที่สำคัญที่สุดคือทำให้เนื้อมะขามสะอาดและถูกหลักอนามัย ในงานวิจัยของ วิทยา และ ธนภัทร (2556) นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องกระเกาะเปลือกมะขามเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณของเนื้อมะขาม ซึ่งการทำงานของเครื่องจักรยังไม่สมบูรณ์มากนัก เนื่องจากยังไม่สามารถกะเทาะเปลือกได้อย่างเต็ม 100% รวมถึงยังมีเศษเปลือกและฝุ่นปะปนอยู่กับเนื้อมะขาม เนื้อมะขามฉีกขาดเนื่องจากความเร็วรอบที่สูง ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวในงานวิจัยชิ้นนี้จึงเป็นการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะมะขามที่สามารถปรับปรุงการทำงานเพื่อไม่ให้ฟักมะขามเกิดการฉีดขาดและลดการแตกละเอียดของเปลือกมะขาม รวมถึงการทำให้ส่วนประกอบของเครื่องจักรสามารถถอดประกอบได้ง่ายเพื่อทำความสะอาด

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาเครื่องกะเทาะมะขามหวานพันธุ์ศรีชมพูและทดสอบการทำงานของเครื่องจักร

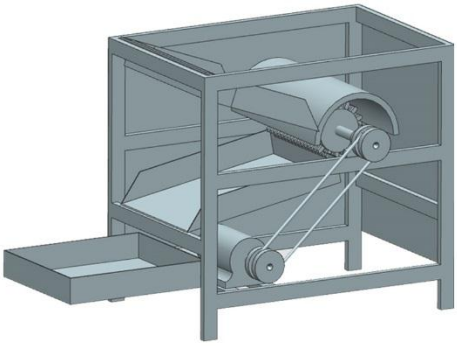
3. ขอบเขต

ศึกษาข้อมูลการผลิตมะขามแปรรูปจากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปมะขามไร่บุญคง เพื่อวิเคราะห์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตออกแบบเครื่องกะเทาะ จากนั้นทำการทดสอบการทำงานเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

4. วิธีการดำเนินการ

มะขามหวานที่เรานำมาใช้ทดสอบการทำงานเป็นมะขามหวานพันธุ์ศรีชมพู ซึ่งวิธีการดำเนินการจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การออกแบบเครื่องกะเทาะมะขามและวิธีการทดลอง

4.1 การออกแบบเครื่องกะเทาะมะขาม



ภาพที่ 1 ระบบการทำงานของเครื่องกะเทาะมะขาม

การทำงานของเครื่องจักรจะอาศัยระบบส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังสายพานและส่งต่อกำลังไปที่ลูกกลิ้ง เมื่อเริ่มการทำงานผู้ใช้จะทำการนำมะขามไหลไปยังลูกกลิ้งกะเทาะเปลือก หลังจากนั้นเปลือกจะถูกกะเทาะออกจากฝักมะขาม ฝักมะขามที่ถูกกะเทาะเปลือกแล้วจะไหลและตกลงบนแผ่นรองรับฝักมะขาม ทำซ้ำกับมะขามจำนวน 10 ฝักเป็นการเสร็จสิ้นขั้นตอนในแต่ละกลุ่ม [1-2] ซึ่งในภาพที่ 1 ได้แสดงให้เห็นถึงระบบการทำงานของเครื่องกะเทาะมะขาม

4.2 วิธีการทดลอง

ในการทดลองเบื้องต้นจะใช้การทดลองใส่มะขามทีละฝักและทำการจับเวลา ในการจับเวลาผู้ทดลองจะเริ่มจับเวลาเมื่อมีการใส่มะขาม และเมื่อกะเทาะฝักมะขามตกลงบนถาดรับจะกดหยุดเวลา และเริ่มจับใหม่เมื่อมีการใส่มะขามในครั้งต่อไป ในการทดลองการจะแบ่งมะขามออกเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ฝัก ทำการทดลองซ้ำจำนวน 10 กลุ่ม [3] นำมะขามที่ได้มาเข้าเครื่องกะเทาะเปลือกทีละฝัก จากนั้นนำมะขามที่ได้มาตรวจสอบเพื่อหาร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะโดยใช้สมการที่ 1 [4]

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

<u>สัญลักษณ์ของตัวแปร</u>

p คือ ร้อยละพื้นที่ที่เปลือกมะขามถูกกะเทาะ

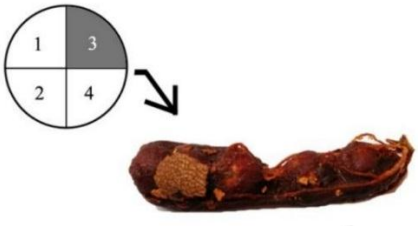
n คือ จำนวนเมล็ดทั้งหมดในฝักมะขาม

c คือ พื้นที่ส่วนที่ไม่ถูกกะเทาะ

k คือ จำนวนการแบ่งส่วนพื้นที่การกะเทาะเปลือกในแต่ละเมล็ด

ในการคำนวณจะตรวจสอบจากเปลือกที่หุ้มเนื้อมะขามที่เหลืออยู่หลังจากการกะเทาะ ตัวอย่างเช่น ถ้าหากมะขามทั้งหมดมีเมล็ด n เมล็ด โดยที่พื้นที่ที่เปลือกหุ้มอยู่ k ส่วน ดังนั้นทั้งฝักมะขามจะมีเปลือกหุ้มอยู่ทั้งหมด kn ส่วนของซึ่งเท่ากับ 100 % แต่ถ้าหากเครื่องจักรไม่สามารถกะเทาะเปลือกออกทั้งหมดได้ ให้คิดเป็นค่า c ใน k ส่วนที่หุ้มเปลือกเมล็ดนั้นอยู่ โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะกำหนดให้พื้นที่เปลือกที่หุ้มแต่ละเมล็ดมีแบ่งออกเป็น 4

ส่วน ($k=4$) ดังภาพที่ 2 ซึ่งเมล็ดมะขามจำนวน 5 เมล็ด ($k=5$) และเครื่องไม่สามารถเกาะเปลือกในเมล็ดที่ 2 ได้จำนวน 1 ส่วน ($c=1$) ซึ่งใช้สมการที่ 1 ในการคำนวณก็จะได้ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเท่ากับ 95 %



ภาพที่ 2 วิธีการตรวจสอบพื้นที่การกะเทาะเปลือกมะขาม

ที่มา : วิทยาและธนภัทร (2016)

5. ผลการวิจัย

ผลจากการทดลองนำเอามะขามจำนวน 10 กลุ่ม โดยที่แต่ละกลุ่มมีมะขามจำนวน 10 ฝัก มาทดสอบกับเครื่องจักรเพื่อหาร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ ตารางที่ 1 คือตัวอย่างผลลัพธ์จากการใช้เครื่องจักรในการกะเทาะเปลือกมะขาม ตารางที่ 1 ได้แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ยเท่ากับ 90 ซึ่งกล่าวได้ว่าเปลือกมะขามทั้งหมดร้อยละ 90 ถูกกะเทาะออกจากฝัก แต่ในฝักที่ 9 เกิดการฉีกขาดของเนื้อมะขามซึ่งมะขามฝักนั้นก็จะนำมาใช้ไม่ได้เช่นกัน ดังนั้นถึงเปลือกมะขามจะถูกกะเทาะออกเฉลี่ยร้อยละ 90 แต่ถึงอย่างไรก็ตามถ้าหากให้ฝักที่ 9 ฝักที่เกิดการฉีดขาดเป็นฝักที่เสีย มะขามฝักนั้นจะถูกคิดเป็นร้อยละการกะเทาะเท่ากับ 0 ทันที ดังนั้นประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรจะเหลือเพียงร้อยละ 82 เท่านั้น ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างมะขามที่กะเทาะเปลือกโดยใช้เครื่องจักร

ตารางที่ 1 ตัวอย่างผลลัพธ์การทดสอบการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกมะขามกลุ่มที่ 1

ลำดับ	จำนวนเมล็ด	พื้นที่ที่ไม่ถูกกะเทาะ	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะ	เนื้อมะขามฉีกขาด
1	7	6	79	
2	6	5	79	
3	5	1	95	
4	6	1	96	
5	7	2	93	
6	4	0	100	
7	6	1	96	
8	5	1	95	
9	6	5	79	✓
10	4	2	88	
		เฉลี่ย	90	

การทดลองจะเปรียบเทียบร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ยและเวลากะเทาะเฉลี่ยมะขามจำนวน 10 กลุ่ม หรือมะขามทั้งหมด 100 ฝัก ซึ่งผลลัพธ์ได้แสดงในตารางที่ 2 พบว่าประสิทธิภาพการกะเทาะของเครื่องกะเทาะที่ได้มีการปรับปรุงจากเครื่องเดิมสามารถกะเทาะมะขามได้ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 89 โดยที่

ประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุดจะอยู่ที่ร้อยละ 92 และต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 84 เนื่องจากมะขามกลุ่มนั้นมีการฉีกขาดของเนื้อมะขาม ส่วนเวลาในการกะเทาะมะขามจำนวน 10 ฝักจะใช้เวลากะเทาะเฉลี่ยเพียง 7 วินาที ซึ่งถือว่าเร็วมากถ้าหากเทียบกับการใช้มือแกะเปลือกมะขาม และพบว่ามีการฉีกขาดของเนื้อมะขามเพียง 3 ฝักจาก 100 ฝักเท่านั้น

ภาพที่ 3 มะขามที่ถูกกะเทาะเปลือกโดยเครื่องจักร

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์การทดสอบการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกมะขามทั้ง 10 กลุ่ม จำนวน 100 ฝัก

กลุ่มที่	ร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ย	เวลา (วินาที)	จำนวนมะขามที่ฉีกขาด
1	90	8.16	-
2	89	5.89	-
3	90	6.43	-
4	92	6.52	-
5	92	7.84	-
6	88	7.69	1
7	84	6.04	1
8	86	5.90	1
9	92	7.90	-
10	91	7.72	-
เฉลี่ย	89	7.00	0.3

6. สรุปและเสนอแนะ

6.1 สรุป

ในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นปรับปรุงเพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการกะเทาะเปลือกมะขาม โดยได้นำข้อเสนอและแนวทางในการปรับปรุงจากงานวิจัยของ วิทยา และ ธนภัทร (2556) ที่ได้เสนอการออกแบบและสร้างเครื่องกระเกาะเปลือกมะขาม แต่เครื่องจักรยังทำงานได้ไม่สมบูรณ์มากนัก เนื่องจากยังไม่สามารถกะเทาะเปลือกได้อย่างเต็ม 100% ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการนำเอาข้อบกพร่องของเครื่องจักรเดิมเพื่อทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การออกแบบเป็นการปรับปรุงโครงสร้างให้เพื่อให้ง่ายต่อการถอดเพื่อทำความสะอาด เครื่องสามารถปรับความเร็วรอบได้ และลูกกลิ้งแบบใหม่เพื่อให้สามารถกะเทาะเปลือกได้ดียิ่งขึ้น จากการทดสอบเครื่องกับมะขามจำนวน 100 ฝักและมีการแบ่งออกเป็น 10 กลุ่ม เพื่อหาประสิทธิภาพการทด

งานของเครื่องจักรโดยวัดจากร้อยละพื้นที่ที่ถูกกะเทาะเฉลี่ยและเวลาในการกะเทาะ ซึ่งพบว่าเครื่องจักรมีประสิทธิภาพในการกะเทาะอยู่ที่ร้อยละ 89 และใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 7 วินาทีกับมะขามจำนวน 10 ฝัก มีมะขามที่เนื้อฉีกขาดจากการกะเทาะเพียง 3 ฝักจากทั้งหมด 100 ฝักเท่านั้น

6.2 ข้อเสนอแนะ

ถึงร้อยละพื้นที่ของเปลือกมะขามที่ถูกกะเทาะออกจะสูงถึงร้อยละ 90 ของพื้นที่ทั้งหมด แต่เนื้อมะขามที่ได้ก็ยังมีฝุ่นจากการกะเทาะติดอยู่เล็กน้อย และเนื่องจากมะขามที่นำมากะเทาะมีลักษณะฝักและปัจจัยที่มีความแตกต่างกัน บางฝักอาจมีความคดงอ เมล็ดไม่เท่ากัน หรือความชื้นที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การควบคุมมาตรฐานการกะเทาะยังทำได้ยาก ส่วนปัญหาการฉีกขาดของเนื้อมะขามจะขึ้นอยู่กับความชื้นของมะขามที่นำมาทดลองและความเร็วรอบที่เร็วเกินไป ดังนั้นควรหาความเร็วรอบในการกะเทาะที่ทดให้เกิดการฉีกขาดน้อยที่สุด ซึ่งเครื่องจักรสามารถปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ 3 ระดับ ในการทดสอบครั้งนี้ทดลองกับความเร็วระดับกลาง เหลืออีก 2 ระดับที่ยังไม่ได้ทดสอบ ในการทำทดสอบครั้งต่อไปอาจนำเครื่องจักรไปทดสอบกับขนาดฝักมะขาม และพันธุ์มะขามที่มีความแตกต่างกัน ยิ่งไปกว่านั้นเครื่องจักรยังถูกออกแบบมาให้สามารถติดตั้งเครื่องดูดฝุ่นจากกระบวนการกะเทาะ แต่การทดสอบครั้งนี้ยังไม่มีการติดตั้ง ดังนั้นการลดฝุ่นที่เกาะติดอยู่กับเนื้อมะขามหลังจากการกะเทาะและความเร็วรอบที่เหมาะสมกับมะขามแต่ละพันธุ์นั้นยังคงเป็นความท้าทายในการทำการวิจัยในครั้งต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล 1”, ครั้งที่ 3 ,พศ. 2536, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กทม.

[2] วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล 2”, ครั้งที่ 2 , พศ. 2535, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กทม.

[3] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ เหลืองไพบูลย์ พงศ์ชนัน. (2551). การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพ: ท็อป.

[4] วิทยา หนูช่างสิงห์ และ ธนภัทร มะณีแสง, “การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกะเทาะเปลือกมะขาม,” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ สมุทรปราการ ประเทศไทย, 30-31 ตุลาคม 2557