

เครื่องกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียแบบหมุนเหวี่ยงเชิงมุม Angular Rotary Macadamia Nut Cracker Machine

คำรณ แก้วผัด^{1*} กนต์ธีร์ สุขตากจันทร์¹ ชาลิณี พิพัฒน์พิภพ¹ และ สิทธิศักดิ์ มุลณาศักดิ์¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

จังหวัดเชียงใหม่ 50300

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียขนาดเล็ก ซึ่งใช้หลักการแบบกลไกการกระแทกด้วยจานลูกกลิ้งหมุนเหวี่ยงเชิงมุมและสามารถกะเทาะกะลาผลแมคคาเดเมียได้ 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17-22, 23-28 และ 29-34 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยไม่จำเป็นต้องคัดแยกขนาดของผลก่อนนำเข้าเครื่อง ผลการทดลองพบว่าเครื่องกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียแบบหมุนเหวี่ยงเชิงมุมที่ได้สร้างขึ้นสามารถทำงานได้จริงตามวัตถุประสงค์การออกแบบ โดยมีประสิทธิภาพในการจำแนกขนาดเพื่อการกะเทาะผลแมคคาเดเมียที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 83% รวมทั้งมีกำลังการผลิตของเครื่องเท่ากับ 7.75 กิโลกรัม ต่อชั่วโมง ในส่วนของการแปรรูปผลิตภัณฑ์พบว่าน้ำหนักของเมล็ดแมคคาเดเมียที่ผ่านการกะเทาะมีค่าเท่ากับร้อยละ 29.75% ของผลแมคคาเดเมียทั้งหมดโดยส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 70.25% คือน้ำหนักของกะลา นอกจากนี้ยังพบว่าเมล็ดแมคคาเดเมียที่ผ่านการกะเทาะกะลาแล้วมีคุณภาพประเภทเต็มเมล็ดมีจำนวนร้อยละ 39% เมล็ดแมคคาเดเมียที่มีคุณภาพประเภทครึ่งเมล็ดมีจำนวนร้อยละ 44% และเมล็ดแมคคาเดเมียที่มีคุณภาพประเภทแตกไม่เป็นเมล็ดจำนวนร้อยละ 17% ตามลำดับ

คำสำคัญ: แมคคาเดเมีย เครื่องกะเทาะกะลาแมคคาเดเมีย เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

Abstract

This research aims to design and construct small-scale angular rotary macadamia nut cracker machine, using angular rotary striking mechanism. The proposed machine can crack 3 sizes of macadamia nuts 17-22, 23-28, and 29-34 millimeters diameter with no need for separation size before feeding into the machine. Results of the experiment showed that the proposed angular rotary macadamia nut cracker machine could be used exactly as designed. Its average efficiency in separating sizes before cracking was 83% with overall productivity of 7.75 kilograms per hours. With regard to cracking process, it was found that weight of the cracked macadamia nut was 29.75% of the whole macadamia fruit. The other 70.25% was weight of the shell. Furthermore, it was also found that, regarding quality of the cracked macadamia nuts, the whole-nut quality was 39%, the half-nut quality was 44% and the broken- nut quality was 17% respectively.

Keywords: Macadamia Nut; Macadamia Nut Cracker Machine; Postharvest Technology

* ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ kumron_72@hotmail.com โทร. 0 5389 2462

1. บทนำ

แมคคาเดเมีย (Macadamia) ดังแสดงในรูปที่ 1 เป็นไม้ยืนต้นจำพวกหนึ่งที่อยู่ในวงศ์ Protaceae ถูกตั้งโดยนักพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อว่า Friedrich Wilhelm Ludwig Leichhardt ค้นพบแมคคาเดเมียครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1843 ที่ประเทศออสเตรเลีย บริเวณอ่าวมอร์ตัน ใกล้ ๆ กับเมืองบริสเบน รัฐควีนส์แลนด์ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Macadamia Integrifolia* เป็นต้นไม้ประเภทนัทที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงจึงช่วยลดไขมันในเส้นเลือดได้ ไม่มีคอเลสเตอรอลยังสามารถสกัดน้ำมันเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางได้ช่วยเพิ่มความนุ่มชุ่มชื้นและความลื่นแก่ผิว นอกจากนั้นกะลาของเมล็ดยังสามารถนำมาเผาเป็นถ่านช่วยดูดกลิ่นและจับอนุภาคลิเธเรได้ดีอีกด้วย แมคคาเดเมียให้ผลผลิตดีเมื่อปลูกบนพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางระหว่าง 800-



รูปที่ 1 แมคคาเดเมียผลสด (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูง เชียงราย, 2558)

1,300 เมตร และเป็นพืชต้องการอุณหภูมิต่ำสุดที่ 9 องศาเซลเซียส สูงสุดไม่เกิน 32 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสจะกระตุ้นให้แมคคาเดเมียออกดอกได้ดีที่สุด (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูง เชียงราย, 2558)

ในประเทศไทยแมคคาเดเมียปลูกได้ผลดีที่โครงการพัฒนาอtoyตุงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง) โดยผลิตได้มากประมาณ 60 ตันต่อปี โดยสร้างมูลค่าได้สูงถึงประมาณ 96,000,000 บาท ต่อปี นอกจากนี้ยังสามารถปลูกได้ดีในพื้นที่ดอยมูเซอ จังหวัดตาก เขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ และ ภูเรือ จังหวัดเลย พันธุ์ที่ปลูกได้ดีในประเทศไทยมีดังนี้คือ พันธุ์นัมเบอร์ 788 มีทรงต้นเป็นพุ่มกลมใบสีเขียวปานกลาง เมื่ออายุ 10 ปีให้ผลผลิตเฉลี่ย 21 กิโลกรัมต่อต้น ผลค่อนข้างใหญ่เฉลี่ย 141 ผลต่อหนึ่งกิโลกรัม หลังกะเทาะกะลาออกแล้วได้น้ำหนักเนื้อผลร้อยละ 37-40 พันธุ์นัมเบอร์ 856 มีลักษณะใบกว้างสีเขียวเข้มขอบใบมีหนามแหลมและแข็ง ผลค่อนข้างเล็กเฉลี่ย 174 ผลต่อกิโลกรัม ข้อเสียคือมีกะลาค่อนข้างหนาและให้ผลผลิตไม่สม่ำเสมอ จึงแนะนำให้ปลูกเพื่อนำละอองเกสรตัวผู้ไปใช้ในการผสมพันธุ์เท่านั้น และพันธุ์นัมเบอร์ 915 เป็นพันธุ์ที่ทนต่อลมพัดแรงและความแห้งแล้งได้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ อีกทั้งให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะเนื้อผลสูงถึงร้อยละ 36-40 สำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตแมคคาเดเมียมีระยะเวลาแตกต่างกันไปตามระดับความสูงของพื้นที่ปลูก ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นที่ปลูกเหนือระดับน้ำทะเล ช่วงออกดอก ช่วงเก็บเกี่ยว และอายุเก็บเกี่ยว (วัน) แมคคาเดเมียในประเทศไทย (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูง เชียงราย, 2558)

พื้นที่ปลูกเหนือระดับน้ำทะเล	ช่วงออกดอก	ช่วงเก็บเกี่ยว	อายุเก็บเกี่ยว (วัน)
800 ม.	พ.ย.-ก.ย.	มิ.ย.-ก.ย.	180-240
1,200 ม.	ก.ค.-ส.ค.	เม.ย.-พ.ค.	180-210
ต่ำกว่า 800 ม.	ธ.ค.-ก.พ.	ก.ค.-ก.ย.	180-210

วิธีการเก็บเกี่ยวผลแมคคาเดเมียใช้วิธีเขย่าต้นหรือใช้ไม้ตะขอสอยผลให้ร่วงลงพื้น หากให้ติควรรองรับด้วยตาข่ายไนลอนจากนั้นนำผลสดมาผ่านกระบวนการแปรรูปตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการแปรรูปผลแมคคาเดเมีย

1. นำผลเมล็ดแมคคาเดเมียทั้งลูกไปสีกะลาชั้นนอกออก
2. ทำการคัดขนาดผลแมคคาเดเมียที่สีเปลือกชั้นนอกออกแล้ว โดยคัดขนาดให้เหลือเพียงขนาดเดียวเท่านั้นคือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตรขึ้นไป
3. นำผลที่คัดขนาดแล้วไปผ่านกระบวนการ Water Sourcing คัดเอาเฉพาะผลแมคคาเดเมียที่จมน้ำเท่านั้น
4. ล้างผลแมคคาเดเมียที่จมน้ำไปพักไว้ในโซลโนไลต์ความเข้มข้นด้วยอากาศจนกว่าจะได้ปริมาณผลแมคคาเดเมียในโซลโนไลต์เพียงพอต่อการอบลดความชื้นแต่ละครั้ง
5. ทำการอบไล่ความชื้นเป็นเวลา 7 วัน โดยความชื้นที่เหมาะสมในการกะเทาะเปลือกคือ 5% (d.b.) (ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล, 2550)

6. ทำการกะเทาะกะลาชั้นที่ 2 ออก ด้วยเครื่องกะเทาะ หรือโดยการใช้แรงงานคน
7. คัดแยกเมล็ดแมคคาเดเมียโดยเลือกเฉพาะเมล็ดที่เต็มผลดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการบรรจุถุงเพื่อจำหน่ายต่อไป



รูปที่ 2 ผลผลิตเมล็ดแมคคาเดเมีย

จากขั้นตอนการแปรรูปเมล็ดแมคคาเดเมียพบว่าขั้นตอนของการกะเทาะกะลาชั้นที่ 2 ออก (กะลา) ปัจจุบันมีหลากหลายวิธี เช่น วิธีการของเกษตรกรคัด่อนทุบกะลาของผลแมคคาเดเมียให้แตกออกจากกันเพื่อให้ได้เมล็ดด้านใน วิธีการดังกล่าวนี้มีกำลังการผลิตที่ต่ำประมาณ 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อคน ส่วนวิธีการอีกแบบหนึ่งที่ใช้กันมากคือการใช้คีมบีบกะลาของผล แมคคาเดเมียให้แตกออกจากกันซึ่งมีกำลังการผลิตที่ต่ำกว่ามากคือประมาณ 3 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อคนเท่านั้น ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องจักรเพื่อใช้กะเทาะผลแมคคาเดเมียให้มีกำลังการผลิตที่สูงกว่าการใช้แรงงานคนทั้งที่มีกลไกการกะเทาะแบบกดอัด และกลไกแบบกระแทก เช่น งานวิจัยของ สนอง อมฤกษ์ และคณะ, 2552 และ ประพัฒน์ ทองจันทร์ และคณะ, 2554 ได้ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียโดยใช้กลไกกระแทกสำหรับการใช้งานของเกษตรกร ผลการวิจัยพบว่าเครื่องกะเทาะ

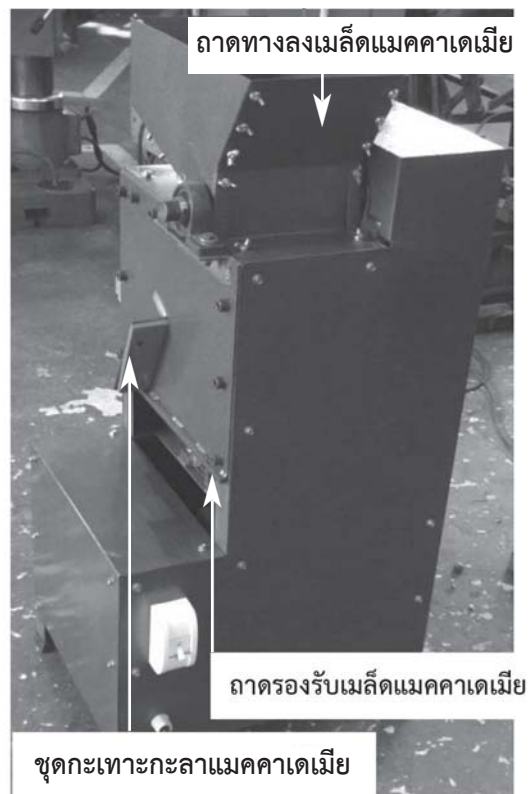
ที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นสามารถกะเทาะได้ เนื้อในเต็มเฉลี่ย 89.87 เปอร์เซ็นต์ กำลังการผลิต เฉลี่ย 5.20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในระดับอุตสาหกรรม เช่น ที่โครงการพัฒนาดอยตุง อันเนื่องมาจาก พระราชดำริ (มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง ในพระบรม ราชูปถัมภ์, 2558) ใช้เครื่องสีกะลาที่มีกำลังการผลิตประมาณ 2,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

จะเห็นได้ว่าวิธีการกะเทาะกะลาแมคคาเดเมีย ที่ได้นำเสนอข้างต้นส่วนใหญ่ที่ไม่รวมเครื่องจักร ระดับอุตสาหกรรมต้องใช้แรงงานคนในการบังคับ เครื่องมือสำหรับการกะเทาะ เช่น การใช้คีมบีบหรือ ใช้มือหมุน ล้อขับเคลื่อนกำลังเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ บีบกะลาแมคคาเดเมียจนแตก เป็นต้น ทำให้ เกิดความเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงาน รวมทั้งต้อง ทำการคัดขนาดของผลแมคคาเดเมียก่อนทำการ กะเทาะเปลือกเพื่อให้ง่ายต่อการปฏิบัติงาน ดังนั้น จึงเป็นที่มาของวัตถุประสงค์การออกแบบและสร้าง เครื่องกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียแบบหมุนเหวี่ยง เชิงมุมขนาดเล็กที่ใช้ต้นกำลังมอเตอร์แทนการ ใช้แรงงานคน โดยเครื่องกะเทาะดังกล่าวใช้หลัก การแบบกลไกการกระแทกด้วยจานลูกกลิ้งหมุน เหวี่ยงเชิงมุม โดยกลไกดังกล่าวนี้จะสามารถ กะเทาะกะลาแมคคาเดเมียได้ 3 ขนาดคือ ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 17-22, 23-28 และ 29-34 มิลลิเมตร โดยไม่จำเป็นต้องคัดแยก ขนาดของผลก่อนนำเข้าเครื่อง ซึ่งช่วยในการ ลดขั้นตอนการคัดขนาดรวมทั้งเป็นเครื่องจักร ที่มีต้นทุนการผลิตต่ำและมีกำลังการผลิตในส่วน ของการกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียได้มากกว่า 6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2. วิธีการทดลอง

2.1 การออกแบบและจัดสร้างเครื่องกะเทาะกะลา แมคคาเดเมียแบบหมุนเหวี่ยงเชิงมุม

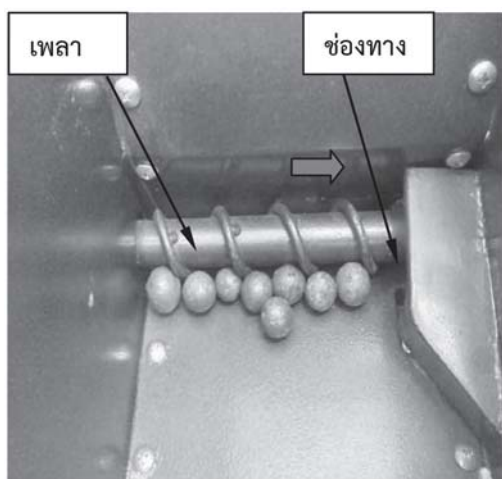
เครื่องกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียแบบหมุน เหวี่ยงเชิงมุมออกแบบให้ใช้ต้นกำลังมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า แรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 V AC มีส่วน ประกอบหลัก 3 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 3 ได้แก่ ถาดทางลงเมล็ดแมคคาเดเมีย ชุดกะเทาะกะลา แมคคาเดเมีย และถาดรับเมล็ดแมคคาเดเมีย โดย มีรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3 ส่วนประกอบหลักของเครื่องกะเทาะกะลา แมคคาเดเมียแบบหมุนเหวี่ยงเชิงมุม

2.1.1 ถาดทางลงเมล็ดแมคคาเดเมีย

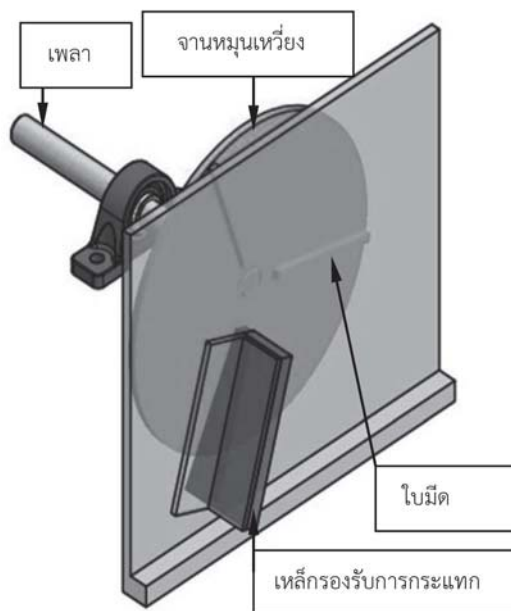
รูปที่ 4 แสดงรูปด้านบนของถาดทางลงเมล็ดแมคคาเดเมีย ซึ่งทำหน้าที่เป็นช่องบรรจุเมล็ดแมคคาเดเมียที่ต้องการกะเทาะเพื่อลำเลียงลงสู่ชุดชุดกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียต่อไป โดยใช้หลักการลำเลียงด้วยเพลาสกรูขนาด 25 มิลลิเมตร ระยะพิทช์ของสกรูเท่ากับ 25 มิลลิเมตร และขนาดความสูงของฟันสกรูเท่ากับ 6 มิลลิเมตร เมล็ดแมคคาเดเมียจะถูกลำเลียงอย่างต่อเนื่องลงสู่ชุดกะเทาะกะลาอย่างต่อเนื่องครั้งละ 1 เมล็ด ด้วยความเร็วการหมุนเพล่า 70 รอบต่อนาที



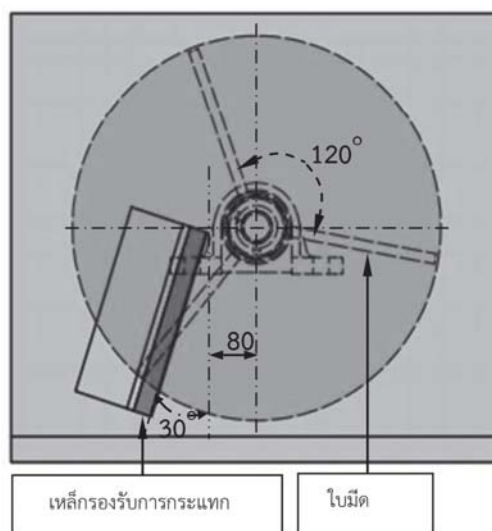
รูปที่ 4 ถาดทางลงเมล็ดแมคคาเดเมีย

2.1.2 ชุดกะเทาะกะลาแมคคาเดเมีย

รูปที่ 5 แสดงส่วนประกอบของชุดกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียประกอบด้วยเพล่าขับที่ถูกส่งกำลังด้วยพูลเลย์จากมอเตอร์ต้นกำลังที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ส่วนปลายของเพล่าขับเชื่อมประกอบเข้ากับจานหมุนเหวี่ยงเชิงมุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร ด้านหน้าจานหมุนเหวี่ยงเชิงมุมออกแบบให้มีใบมีดกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียจำนวน 3 ใบมีด



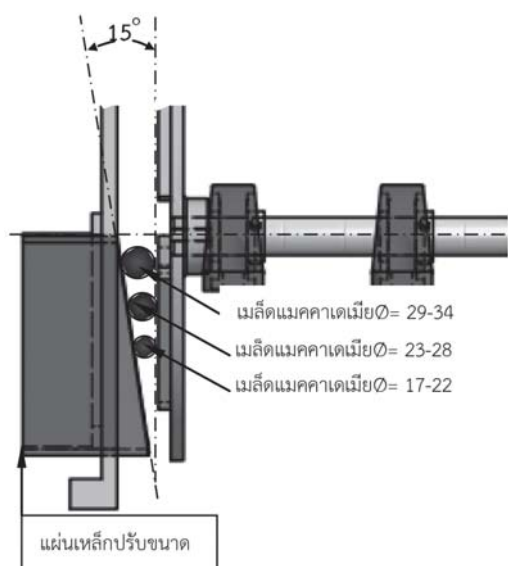
รูปที่ 5 ส่วนประกอบของชุดกะเทาะกะลาแมคคาเดเมีย



รูปที่ 6 รูปด้านหน้าของชุดกะเทาะกะลาแมคคาเดเมีย

ใบมีดกะเทาะถูกเชื่อมประกอบเข้ากับจานหมุนเหวี่ยงเชิงมุมซึ่งทำมุม 120° ตามแนวรัศมี ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยจะทำให้หน้าที่กระแทกเมล็ดแมคคาเดเมียเข้ากับแผ่นเหล็กรองรับการกระแทกที่ติดตั้งอยู่กับบริเวณผนังด้านหน้าของเครื่อง โดย

การกระแทกดังกล่าวจะทำให้เกิดการแตกของกะลาแมคคาเดเมียและเม็ดที่อยู่ภายในถูกแรงเหวี่ยงหลุดออกจากกะลาในเวลาเดียวกัน สำหรับแผ่นเหล็กรองรับการกระแทกนี้ถูกติดตั้งที่ระยะห่างจากศูนย์กลางของจาน 80 มิลลิเมตร และทำมุม 30° กับแนวแกน



รูปที่ 7 รูปด้านบนของชุดกะเทาะกะลาแมคคาเดเมีย

นอกจากนี้ ชิ้นส่วนแผ่นเหล็กรองรับการกระแทกยังทำหน้าที่เป็นช่องปรับขนาดให้เครื่องสามารถกะเทาะเมล็ดแมคคาเดเมียได้ 3 ขนาดในเวลาเดียวกันได้แก่ช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17-22, 23-28 และ 29-34 มิลลิเมตร ตามลำดับ หลักการดังแสดงในรูปที่ 7 คือ ชิ้นส่วนแผ่นเหล็กรองรับการกระแทกถูกออกแบบให้ประกอบทำมุมเอียง 15° กับจานหมุนเหวี่ยงเชิงมุม ซึ่งจะทำให้เมล็ดแมคคาเดเมียที่มีขนาดเล็กจะถูกกะเทาะในส่วนด้านล่างสุด ส่วนเมล็ดแมคคาเดเมียที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มากขึ้นจะถูกกะเทาะในส่วนของช่องมุมเอียงถัดขึ้นมาด้านบนตามลำดับ

หลังจากที่เมล็ดแมคคาเดเมียถูกกะเทาะแล้ว ส่วนของกะลาและเม็ดแมคคาเดเมียจะหลุดออกจากกันและตกลงสู่ถาดรับเมล็ดแมคคาเดเมียที่อยู่ด้านล่างของชุดกะเทาะเมล็ดแมคคาเดเมีย

2.1.3 ถาดรับเมล็ดแมคคาเดเมีย

รูปที่ 8 แสดงถาดรองรับเมล็ดแมคคาเดเมีย และส่วนกะลาที่ผ่านกะเทาะให้หลุดออกจากกัน ซึ่งจะตกลงมารวมกันในถาดโลหะขนาด $50 \times 25 \times 15$ มิลลิเมตร โดยออกแบบให้เป็นลักษณะลิ้นชักอยู่ด้านใต้ของชุดกะเทาะกะลาแมคคาเดเมีย

2.2 การออกแบบการทดลอง

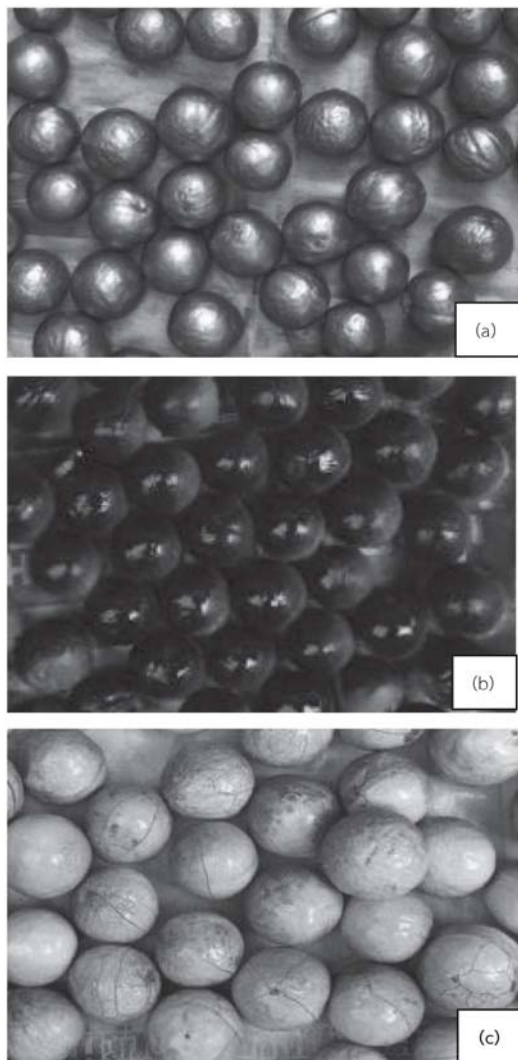


รูปที่ 8 ถาดรองรับเมล็ดแมคคาเดเมีย

2.2.1 วัสดุทดลอง

ผลแมคคาเดเมียที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นผลที่ผ่านการอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นให้เหลือ 5% (d.b.) (ชาลิตา บรมพิชัยชาติกุล, 2550) และได้ทำการแยกขนาดออกเป็น 3 ขนาด จากนั้นเคลือบสีระบุประเภทตามขนาด ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17-22 มิลลิเมตรเคลือบสีทอง (น้ำหนักเฉลี่ย 5.5 กรัมต่อลูก) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23-28 มิลลิเมตรเคลือบสีดำ (น้ำหนักเฉลี่ย 7 กรัมต่อลูก) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 29-34 มิลลิเมตร

เคลือบสีขาว (น้ำหนักเฉลี่ย 7.7 กรัมต่อลูก)
 ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลแมคคาเดเมียขนาด Ø17-22 มิลลิเมตร (a)
 Ø23-28 มิลลิเมตร (b) และ Ø29-34 มิลลิเมตร
 (c)

2.2.2 การหาประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะ กะลาแมคคาเดเมีย

2.2.2.1 ความสามารถในการจำแนกการ กะเทาะผลแมคคาเดเมียแต่ละขนาด

การหาความสามารถในการจำแนกการ
 กะเทาะของเครื่องกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียทำ
 โดยการนำผลแมคคาเดเมียแต่ละประเภทมาผสม
 กันในจำนวนลูกที่เท่ากัน จากนั้นนำไปกะเทาะใน
 เครื่องที่สร้างขึ้นเพื่อหาว่าเครื่องสามารถกะเทาะ
 กะลา แมคคาเดเมียได้ทุกเกรดตามสมมุติฐานและ
 หลักการที่ได้ออกแบบไว้ โดยกำหนดให้การทดสอบ
 การกะเทาะแต่ละครั้งใช้ผลแมคคาเดเมียประเภ
 ติละ 100 ลูก รวม 3 ประเภทเท่ากับ 300 ลูก
 น้ำหนักรวมเฉลี่ย 2 กิโลกรัม สำหรับการทดสอบ
 การกะเทาะทำทั้งหมด 10 ครั้งและรายงานผลการ
 ทดลองจากค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

2.2.2.2 การหาประสิทธิภาพการกะเทาะผล แมคคาเดเมีย

การหาประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะกะลา
 แมคคาเดเมียแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การหากำลังการ
 ผลิตของเครื่องที่สร้างขึ้นโดยการหาเวลาเฉลี่ยของ
 การกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียจากกลุ่มตัวอย่าง
 ทั้ง 10 ครั้งของการทดลองในหัวข้อ 2.2.2.1 และ
 การหาคุณภาพของเมล็ดแมคคาเดเมียแต่ละขนาด
 ที่ผ่านการกะเทาะแล้วซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณ
 ดังต่อไปนี้คือ เมล็ดแมคคาเดเมียเต็มเมล็ด เมล็ด
 แมคคาเดเมียครึ่งเมล็ด และเมล็ดแมคคาเดเมีย
 แตกไม่เป็นเมล็ด

2.2.2.3 การหั่นน้ำหนักเมล็ดแมคคาเดเมีย ภายหลังการกะเทาะจากกะลา

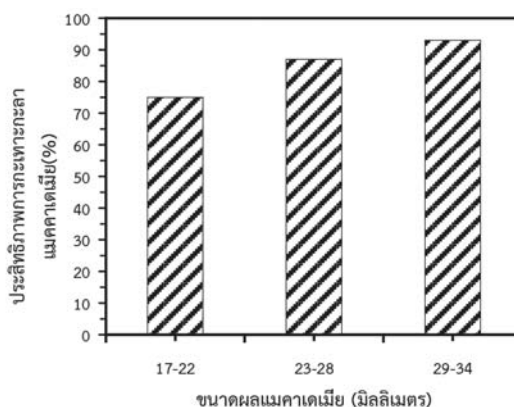
ในขั้นตอนนี้ทำโดยการชั่งน้ำหนักของกะลาแมคคาเดเมียเปรียบเทียบกับเมล็ดแมคคาเดเมียที่ผ่านการกะเทาะแล้ว เพื่อหาน้ำหนักผลผลิตเมล็ดแมคคาเดเมียที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยใช้น้ำหนักของเมล็ดแมคคาเดเมียทุกประเภท (เมล็ดแมคคาเดเมียเต็มเมล็ด เมล็ดแมคคาเดเมียครึ่งเมล็ด และเมล็ดแมคคาเดเมียแตกไม่เป็นเมล็ด) มาคำนวณเทียบกับน้ำหนักของกะลาแมคคาเดเมียของกลุ่มตัวอย่างชุดเดียวกัน โดยผลการทดลองรายงานผลเป็น เปอร์เซนต์น้ำหนักของเมล็ดแมคคาเดเมียเปรียบเทียบกับน้ำหนักของกะลาแมคคาเดเมียที่ถูกแยกออกจากกัน

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ความสามารถในการจำแนกการกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียแต่ละขนาด

รูปที่ 10 แสดงผลการทดลองประสิทธิภาพในการจำแนกขนาดผลแมคคาเดเมียขณะที่ถูกกะเทาะในเครื่องกะเทาะผลแมคคาเดเมียที่ได้จัดสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ จะเห็นได้ว่าเครื่องจักรสามารถจำแนกการกะเทาะผลแมคคาเดเมียได้ทุกขนาด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเครื่องจักรสามารถกะเทาะผลแมคคาเดเมียได้ทุกขนาด กล่าวคือในการทดลอง ผลแมคคาเดเมียขนาด 17-22 มิลลิเมตร ถูกกะเทาะจำนวน 75 ผลในจำนวน 100 ผล (75% ถูกกะเทาะ) เช่นเดียวกับผลแมคคาเดเมียขนาด 23-28 มิลลิเมตร และขนาด 29-34 มิลลิเมตร ถูกกะเทาะ 87% และ 97% ตามลำดับ หรือค่าเฉลี่ยโดยรวมของประสิทธิภาพในการจำแนกขนาดเพื่อการกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียเท่ากับ 83% ซึ่ง

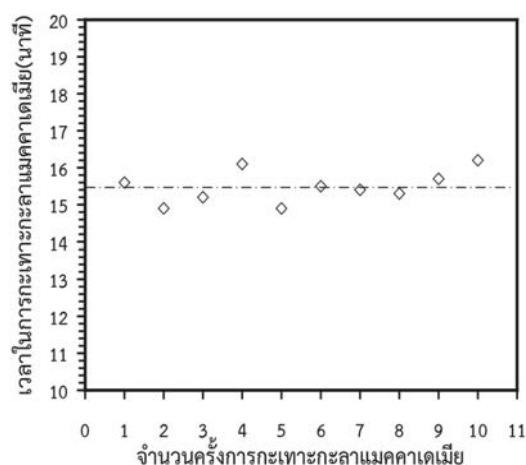
เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกะเทาะแต่ละขนาดพบว่าผลแมคคาเดเมียที่มีขนาดใหญ่มีแนวโน้มที่จะถูกกะเทาะมากกว่าผลแมคคาเดเมียที่มีขนาดเล็ก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลแมคคาเดเมียที่มีขนาดเล็กมีน้ำหนักเบาว่าผลแมคคาเดเมียที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นการที่ผลขนาดเล็กจะตกลงสู่ชุดกะเทาะส่วนล่างที่สุดจึงมีโอกาที่จะถูกแรงปะทะจากมวลของผลแมคคาเดเมียที่ถูกกะเทาะและแตกออกก่อนหน้านั้นพาให้เคลื่อนที่เบี่ยงเบนจากแนวการกะเทาะได้



รูปที่ 10 ประสิทธิภาพในการจำแนกขนาดการกะเทาะของเครื่องกะเทาะกะลาแมคคาเดเมีย

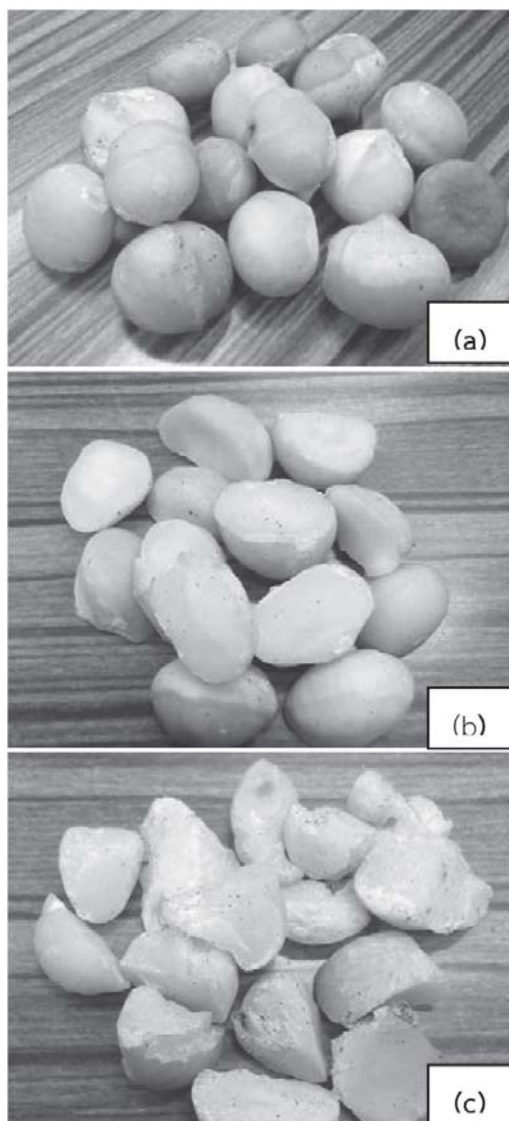
3.2 ประสิทธิภาพการกะเทาะกะลาแมคคาเดเมีย

รูปที่ 11 แสดงผลการทดลองเพื่อหาค่าลังการผลิตของเครื่องกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ พบว่าเวลาเฉลี่ยของการกะเทาะกะลาเท่ากับ 15.48 นาทีของการทดลองกะเทาะเปลือกกะลาทั้งหมด 10 ครั้งการทดลอง โดยแต่ละครั้งของการทดลองใช้ผลแมคคาเดเมีย 2 กิโลกรัม (จำนวน 300 ลูก 3 ประเภท(สี) ประเภทละ 100 ลูก) ดังนั้นกำลังการผลิตของเครื่องเท่ากับ 7.75 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

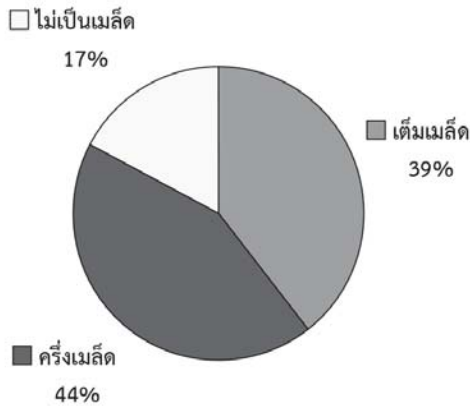


รูปที่ 11 เวลาเฉลี่ยของการกะทะกะลาแมคคาเดเมีย 10 ครั้ง ครั้งละ 2 กิโลกรัม

คุณภาพของเมล็ดแมคคาเดเมียที่ผ่านการกะทะกะลาออกแล้วสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือผลเมล็ดแมคคาเดเมียเต็มเมล็ด (a) เมล็ดแมคคาเดเมียครึ่งเมล็ด (b) และเมล็ดแมคคาเดเมียแตกไม่เป็นเมล็ด (c) ตามลำดับดังแสดงรูปที่ 12 ผลการทดลองพบว่า ผลเมล็ดแมคคาเดเมียที่มีคุณภาพประเภทเต็มเมล็ดมีจำนวน 39% เมล็ดแมคคาเดเมียที่มีคุณภาพประเภทครึ่งเมล็ดมีจำนวน 44% และเมล็ดแมคคาเดเมียที่มีคุณภาพประเภทแตกไม่เป็นเมล็ดจำนวน 17% ตามลำดับดังแสดงในรูปผลการทดลองที่ 13 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมล็ดแมคคาเดเมียที่มีคุณภาพประเภทเต็มเมล็ดและครึ่งเมล็ดรวมกันมีปริมาณรวมกันเท่ากับ 83% ซึ่งเป็นคุณภาพที่สามารถยอมรับได้ ทั้งนี้เนื่องจากคุณภาพของเมล็ดแมคคาเดเมียทั้งสองประเภทนี้มีราคาผลผลิตที่ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 12 เมล็ดแมคคาเดเมียเต็มเมล็ด (a) เมล็ดแมคคาเดเมียครึ่งเมล็ด (b) และเมล็ดแมคคาเดเมียแตกไม่เป็นเมล็ด (c)



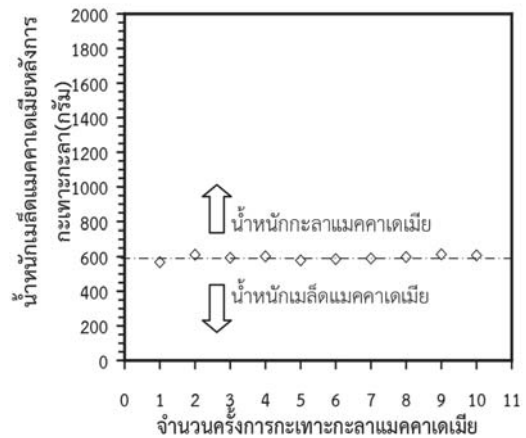
รูปที่ 13 อัตราส่วนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ของคุณภาพเมล็ดแมคคาเดเมียทั้ง 3 ประเภทได้แก่ เมล็ดแมคคาเดเมียเต็มเมล็ด เมล็ดแมคคาเดเมียครึ่งเมล็ด และเมล็ดแมคคาเดเมียแต่ไม่เป็นเมล็ด

ผลการทดลองด้านคุณภาพของผลแมคคาเดเมียที่ผ่านการกะเทาะกะลาออกแล้วมีข้อจำกัดในส่วนของเปอร์เซ็นต์คุณภาพเต็มเมล็ดที่ปัจจุบันทำได้ 39% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลไกการกะเทาะด้วยใบมีดทำให้เมล็ดหลุดออกจากกะลาแล้วตัวเมล็ดอาจกระแทกกับจานหมุนอีกครั้งหนึ่งจึงแยกออกจากกัน ดังนั้นควรพัฒนาวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงเพื่อป้องกันการกระแทกโดยตรงกับจานหมุนซึ่งทางคณะวิจัยคาดว่าจะใช้วัสดุยางธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยต่อไป

3.3 น้ำหนักเมล็ดแมคคาเดเมียภายหลังการกะเทาะจากกะลา

รูปที่ 14 แสดงผลการทดลองค่าน้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดแมคคาเดเมียเทียบกับน้ำหนักกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียในการทดลอง 10 ครั้ง ครั้งละ 2 กิโลกรัมของกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน ผลการ

ทดลองพบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดแมคคาเดเมียมีค่าเท่ากับ 595 กรัม และน้ำหนักของกะลามีค่าเท่ากับ 1405 กรัม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าน้ำหนักของเมล็ดแมคคาเดเมียคิดเป็น 29.75% ของผลแมคคาเดเมียก่อนการกะเทาะและส่วนที่เหลืออีก 70.25% คือน้ำหนักของกะลานั้นเอง



รูปที่ 14 น้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดแมคคาเดเมียเทียบกับน้ำหนักกะเทาะกะลาแมคคาเดเมีย ในการทดลอง 10 ครั้ง ครั้งละ 2 กิโลกรัม

4. สรุป

4.1 เครื่องกะเทาะกะลาแมคคาเดเมียแบบหมุนเหวี่ยงเชิงมุมที่ได้สร้างขึ้นสามารถทำงานได้จริงโดยสามารถกะเทาะผลแมคคาเดเมียได้ 3 คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17-22, 23-28 และ 29-34 มิลลิเมตร โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการคัดขนาดมาก่อน

4.2 ประสิทธิภาพในการจำแนกขนาดเพื่อการกะเทาะผลแมคคาเดเมียของเครื่องที่สร้างขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83% และที่กำลัการผลิตของเครื่องเท่ากับ 7.75 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

4.3 ผลเมล็ดแมคคาเดเมียที่ผ่านการกะเทาะ
กะลาแล้วมีคุณภาพประเภทเต็มเมล็ดมีจำนวน 39%
เมล็ดแมคคาเดเมียที่มีคุณภาพประเภทครึ่งเมล็ดมี
จำนวน 44% และเมล็ดแมคคาเดเมียที่มีคุณภาพ
ประเภทแตกไม่เป็นเมล็ดจำนวน 17% ตามลำดับ

4.4 น้ำหนักของเมล็ดแมคคาเดเมียคิดเป็น
29.75% ของผลแมคคาเดเมียก่อนการกะเทาะและ
ส่วนที่เหลืออีก 70.25% คือน้ำหนักของกะลา

4.5 การพัฒนาต่อยอดงานวิจัยนี้โดยการ
พัฒนาวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงเพื่อป้องกันการ
กระแทกโดยตรงกับจานหมุนของเมล็ดแมคคาเดเมีย
ซึ่งทางคณะวิจัยคาดว่าจะใช้วัสดุยางธรรมชาติมา
ประยุกต์ใช้ อันจะช่วยเพิ่มคุณภาพเมล็ดแมคคา-
เดเมียประเภทเต็มเมล็ดให้มากกว่า 39%

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ โครงการยกระดับปริญญานิพนธ์
เป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการ
วิชาการสู่ชุมชน (HRL: Hands-on Researcher
Large) ฝ่ายวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลล้านนางบประมาณประจำปี 2557 ที่ให้
การสนับสนุนทุนวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูง เชียงราย.
วันสืบค้น 26 ตุลาคม 2558.[ออนไลน์].
เข้าถึงได้จาก: www.kasetdoichang.com
ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล, บัญชา พิชัยบัณฑิตกุล,
และวิทวัส ไชยวงศ์.(2550). ปัจจัยที่มีผล
ต่อการกะเทาะเปลือกถั่วแมคคาเดเมียโดยใช้
แรงอัด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 38(5)
(พิเศษ): 349-352.
- ประพัฒน์ ทองจันทร์, สมอง อมฤกษ์, และ วิบูลย์
ช่างเรือ. (2554). การพัฒนาเครื่องกะเทาะ
เมล็ด มะคาเดเมียโดยใช้กลไกกระแทก
สำหรับการใช้งานของเกษตรกร. วารสาร
วิทยาศาสตร์เกษตร. 42(3) (พิเศษ): 454-
457.
- มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง ในพระบรมราชูปถัมภ์. วันสืบค้น
26 ตุลาคม 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
[http://www.maefahluang.org/index.
php?option=com_flexicontent&view=it
ems&cid=68&id=105&Itemid=92&lang
=th](http://www.maefahluang.org/index.php?option=com_flexicontent&view=items&cid=68&id=105&Itemid=92&lang=th)
- สมอง อมฤกษ์, ชัยวัฒน์ เผ่าสันตตพาศิษฐ์, สมเดช
ไทยแท้ และ ประพัฒน์ ทองจันทร์. (2552).
วิจัยและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียว
มะคาเดเมีย. การประชุมวิชาการอารักขา
พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 9. โรงแรมสุโขทัย แกรนด์
จังหวัดอุบลราชธานี.