การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย แบบใช้แรงงานคน

Design and Development of a Manually Operated Macadamia Nut Cracker

วินิต ชินสุวรรณ (Winit Chinsuwan)*
สุเนตร โม่งปราณีต (Sunate Mongpraneet)**

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องกะเทาะแบบใช้แรงงานคนสำหรับกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย ผลการศึกษาพบว่าเครื่องกะเทาะแบบเกลียวอัดที่พัฒนาขึ้นมีแนวโน้มเหมาะสม เนื่องจากใช้งานได้สะดวก ใช้แรงในการกะเทาะน้อย และสามารถควบคุมความลึกในการกะเทาะได้ดี จึงทำให้ได้เนื้อในเต็มเมล็ดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สูง เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียแบบเกลียวอัดนี้ สามารถกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียชนิดคละได้ประมาณ 288 เมล็ดต่อชั่วโมง ส่วนการกะเทาะเพื่อให้ได้เนื้อในเต็มเมล็ดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สูง จะต้องทำให้เนื้อในล่อนออกจากกะลาก่อนการกะเทาะ และกะเทาะในตำแหน่งตามแนวขั้วเมล็ด

Abstract

The objective of this study is to develop an appropriate manually operated macadamia nut cracker. The results of the study indicate that the compressed screw cracker developed is promising due to its ease of operation, less force required for cracking and ease of cracking depth control which result in a high percentage of whole kernel recovery. The cracker developed can be used for cracking approximately 288 mixed size nuts per hour. In order to obtain a high percentage of whole kernel recovery, the kernels should be shaken loose from the shells before cracking. In addition cracking should be done in an axial direction of the nuts.

*รองศาสตราจารย์
**ผู้ช่วยวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

มะคาเดเมียเป็นไม้ผลกึ่งเมืองหนาว ประเทศไทยนำเข้ามาปลูกอย่างจริงจัง เมื่อปี 2527 (อำพล, 2532) โดยได้ทดลองปลูกมะคาเดเมียตามภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศ เพื่อศึกษาถึงพันธุ์ที่เหมาะสมตลอดจนคุณภาพเมื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาพบว่า มะคาเดเมียเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณพื้นที่ตั้งแต่ 16 องศาเหนือขึ้นไป และเป็นพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 500 เมตรขึ้นไป (ระเบียบ, 2539) ในขณะนี้ภาคเอกชนได้เริ่มให้ความสนใจปลูกมะคาเดเมียในเขตจังหวัดเชียงราย นครพนม เลย และสกลนคร รวมทั้งสิ้นประมาณ 2,000 ไร่ (ชาคริต, 2530; ลิว, 2536)

ปัจจุบันประเทศที่ปลูกมะคาเดเมียเป็นการค้ารายใหญ่คือ สหรัฐอเมริกาซึ่งปลูกมากในมลรัฐฮาวาย และออสเตรเลีย ในปี 2530 พื้นที่เพาะปลูกมะคาเดเมียทั่วโลกมีจำนวน 126,750 ไร่ โดยที่พื้นที่เพาะปลูก 54,750 ไร่หรือร้อยละ 43.2 อยู่ในสหรัฐอเมริกา ส่วนในออสเตรเลียมีพื้นที่เพาะปลูก 17,750 ไร่ หรือร้อยละ 14.0 สำหรับภาวะการตลาดในต่างประเทศของมะคาเดเมียนั้นมีความต้องการบริโภคสูงเกินกว่าปริมาณการผลิตมาตลอด ในปี 2530 มีความต้องการบริโภคมะคาเดเมีย 8,000 ตัน (เนื้อในไม่แปรรูป) แต่ผลิตได้เพียง 6,806 ตัน (เนื้อในไม่แปรรูป) โดยที่ผลผลิต 5,000 ตัน (เนื้อในไม่แปรรูป) หรือร้อยละ 73.5 ของผลผลิตทั้งหมดมาจากสหรัฐอเมริกา ส่วนในออสเตรเลียมีผลผลิต 982 ตัน (เนื้อในไม่แปรรูป) หรือร้อยละ 14.4 ของผลผลิตทั้งหมด (Gregory, 1987; Jodvalkis, 1987)

มะคาเดเมียเป็นไม้ยืนต้นที่เจริญเติบโตง่าย มีกิ่งก้านหนาแน่น และมีอายุยืนกว่าร้อยปี มีโรคและแมลงรบกวนน้อย อายุการให้ผลผลิตเชิงการค้ายาวนานประมาณ 40-50 ปี ถ้ามีการดูแลรักษาดีและสม่ำเสมอ (อำพล, 2532) เนื้อในมะคาเดเมียมีราคาแพงที่สุดในบรรดาเมล็ดพืชเคี้ยวมันด้วยกัน (ชาคริต, 2530; มะคาเดเมียนัท..., 2536) ราคาขายเนื้อในที่ไม่แปรรูปในตลาดต่างประเทศประมาณ 229 บาทต่อกิโลกรัม โดยคิดจากราคาขาย 10,000 เหรียญออสเตรเลียสำหรับเนื้อในไม่แปรรูป 1 ตัน (Gregory, 1987) สำหรับราคาขายปลีกเนื้อในที่อบหรือทอดโรยเกลือในตลาดต่างประเทศประมาณ 571 บาทต่อกิโลกรัม โดยคิดจากราคาขาย 80 บาท สำหรับกระป๋องบรรจุเนื้อใน 140 กรัม ส่วนราคาขายในประเทศประมาณ 1,200 บาทต่อกิโลกรัม (ระเบียบ, 2539) ในด้านคุณภาพของเนื้อในพบว่าเนื้อในมีคุณค่าทางอาหารสูงอุดมไปด้วยสารอาหารที่ให้แคลอรี่โดยเฉพาะน้ำมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตประมาณ 71-78, 8-10, และ 10-11% ตามลำดับ (ดำเกิง, 2528; ประเทืองศรี, 2532)

เมล็ดมะคาเดเมียส่วนใหญ่มีลักษณะกลมประกอบด้วยเปลือกนอก (Husk) ซึ่งมีสีเขียวอยู่ชั้นนอกสุด เปลือกที่อยู่ชั้นถัดมามีสีน้ำตาลเรียกว่า กะลา (Shell) และส่วนที่อยู่ชั้นในสุดคือ เนื้อใน (Kernel) ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้บริโภค (ดำเกิง, 2528) เมล็ดเมื่อแก่จัดจะร่วงจากต้น จากนั้นจึงรวบรวมเมล็ดที่ร่วง จากต้นเพื่อเก็บไว้ในที่ร่มประมาณ 2-3 วัน เปลือกนอกจะแตกและอ้าออก จากนั้นจึงเอาเปลือกนอกออกจากกะลา แล้วจึงนำเมล็ดไปอบลดความชื้นต่อไป

ขั้นตอนที่สำคัญในการแปรรูปมะคาเดเมียเพื่อการค้า ประกอบด้วยการลอกเปลือกนอก การอบแห้งเมล็ดทั้งกะลา การกะเทาะกะลา การแบ่งเกรด การอบแห้งเนื้อใน และการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนต่าง ๆ ดังกล่าวการ

กะเทาะกะลาเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด เนื่องจากมะคาเดเมียเป็นพืชที่มีกะลาแข็งมากและกะเทาะยาก การใช้วิธีการกะเทาะที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เนื้อในแตกหัก และขายได้ราคาต่ำ

แม้ว่าเครื่องกะเทาะมะคาเดเมียมีใช้ในประเทศที่มีการแปรรูปมะคาเดเมียเป็นอุตสาหกรรม เช่น ประเทศออสเตรเลียและสหรัฐอเมริกา แต่เป็นเครื่องที่มีขนาดใหญ่และมีราคาแพง เหมาะสำหรับการแปรรูปมะคาเดเมียเป็นจำนวนมาก จึงไม่เหมาะสำหรับประเทศไทยซึ่งการปลูกมะคาเดเมียกำลังอยู่ในระยะเริ่มต้น ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องกะเทาะขนาดเล็กสำหรับกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย

การทดสอบเครื่องกะเทาะที่มีอยู่ในปัจจุบันและเครื่องที่พัฒนาขึ้น

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินผลหารูปแบบหรือเครื่องกะเทาะที่มีแนวโน้มเหมาะสมกับการใช้งานซึ่งน่าจะได้รับการปรับปรุงและพัฒนาให้ใช้งานได้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการดังนี้

เครื่องกะเทาะที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องกะเทาะแบบใช้แรงคนที่เลือกมาเพื่อใช้ในการทดสอบครั้งนี้ เป็นเครื่องกะเทาะที่มีในประเทศไทยซึ่งสามารถกะเทาะเมล็ดได้เพียงครั้งละหนึ่งเมล็ด ประกอบด้วยเครื่องกะเทาะแบบคีมล็อค (รูปที่ 1) แบบร่องฟันก้างปลากดอัด (รูปที่ 2) และแบบใบมีดกดอัด (รูปที่ 3) เครื่องกะเทาะแบบคีมล็อค เป็นเครื่องที่สร้างขึ้นตามแบบที่มีใช้กันทั่วไปตามแหล่งทดลองปลูกมะคาเดเมียในประเทศไทย ส่วนเครื่องกะเทาะแบบร่องฟันก้างปลากดอัด เป็นเครื่องที่ได้รับความอนุเคราะห์เพื่อการทดสอบมาจากสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร เครื่องนี้เป็นเครื่องที่ผลิตจากประเทศนิวซีแลนด์ และเครื่องกะเทาะแบบใบมีดกดอัด เป็นเครื่องที่สร้างขึ้นตามแบบของกองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร แต่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงเครื่องกะเทาะดังกล่าวบางส่วน โดยเปลี่ยนใบมีดซึ่งมีรัศมีความโค้งของคม 2 ขนาด เป็นใบมีดซึ่งมีรัศมีความโค้งของคมเพียงขนาดเดียว คือมีรัศมีความโค้งของคม 20 มิลลิเมตร และมุมของคม 40 องศา นอกจากนี้ยังเปลี่ยนใบมีดชุดล่างเป็นหลุมรูปกรวยรองรับเมล็ด หลุมนี้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร และความลึกตำแหน่งกึ่งกลางหลุม 5 มิลลิเมตร และเพื่อให้สามารถบังคับความลึกของใบมีดกะเทาะได้จึงเพิ่มสกรูซึ่งมีระยะเกลียว 1.27 มิลลิเมตร (1/20 นิ้ว) สำหรับปรับความลึกของใบมีดกะเทาะ

เมื่อพิจารณาถึงการทำงานในระยะยาวซึ่งต้องการความสะดวกสบาย และความแม่นยำในการทำงาน จึงได้ปรับปรุงกลไกการอัดสำหรับเครื่องกะเทาะแบบใบมีดกดอัดเพื่อเปรียบเทียบการทำงานอีก 2 แบบ คือแบบเฟืองสะพาน (รูปที่ 4) และแบบเกลียวอัด (รูปที่ 5) สำหรับเครื่องกะเทาะแบบเฟืองสะพานมีส่วนประกอบสำคัญคือใบมีดกะเทาะที่มีรัศมีความโค้งของคม 20 มิลลิเมตร และมุมของคม 40 องศาซึ่งเป็นขนาดเดียวกับใบมีดที่ใช้สำหรับเครื่องกะเทาะแบบใบมีดกดอัด หลุมรูปกรวยรองรับเมล็ดซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร และความลึกตำแหน่งกึ่งกลางหลุม 5 มิลลิเมตร และสปริงสำหรับดันชุดใบมีดกลับ

ส่วนแบบเกลียวอัด มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ใบมีดกะเทาะที่มีรัศมีความโค้งของคม 20 มิลลิเมตร และมุมของคม 40 องศา ซึ่งเป็นขนาดเดียวกับใบมีดที่ใช้สำหรับเครื่องกะเทาะแบบ

ใบมีดกดอัด เกลียวอัดซึ่งมีระยะเกลียว 1.81 มิลลิเมตร (1/14 นิ้ว) และชุดบังคับการเลื่อนซึ่งประกอบด้วยเพลานำการเลื่อนซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.70 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) และปลอกบังคับการเลื่อนซึ่งเป็นเหล็กท่อกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเท่ากับขนาดเพลานำการเลื่อน

การดำเนินการทดสอบ

จากการเลือกและพัฒนาเครื่องกะเทาะเพื่อการทดสอบดังกล่าวข้างต้น จึงมีเครื่องกะเทาะเพื่อการทดสอบถึง 5 แบบ ซึ่งประกอบด้วยแบบคีมล็อค แบบร่องฟันก้างปลากดอัด แบบใบมีดกดอัด แบบเฟืองสะพาน และแบบเกลียวอัด ทดสอบเปรียบเทียบทั้งเมล็ดที่เนื้อในทั้งหมดถูกทำให้ล่อนและไม่ล่อนก่อนกะเทาะ โดยจัดแผนการทดลองเป็นแบบ 5 x 5 Latin Square ใช้ผู้กะเทาะ 5 คน ซึ่งไม่เคยมีประสบการณ์กะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียมาก่อน แต่ได้ให้ทดลองกะเทาะจนผู้กะเทาะสามารถใช้เครื่องกะเทาะทุกแบบได้ดี การทดสอบครั้งนี้ใช้อัตราการกะเทาะและปริมาณเนื้อในแตกหักเป็นค่าชี้ผล สำหรับอัตราการกะเทาะ ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างจำนวนเมล็ดทั้งหมดที่ถูกกะเทาะต่อหน่วยเวลาที่ใช้ในการกะเทาะ ส่วนปริมาณเนื้อในแตกหัก ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างจำนวนเนื้อในแตกหักที่กะเทาะได้ต่อจำนวนเมล็ดทั้งหมดที่ถูกกะเทาะ

เมล็ดมะคาเดเมียที่ใช้ทดสอบเป็นเมล็ดขนาดกลางของชนิดผิวขรุขระ มีจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม 211 เมล็ด และมีอัตราส่วนน้ำหนักโดยเฉลี่ยของเมล็ดดิบทั้งกะลาต่อเนื้อ ใน 4.23:1 เมล็ดดังกล่าวถูกอบลดความชื้นก่อนการกะเทาะด้วยอุณหภูมิเริ่มต้น 41 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน แล้วเพิ่มเป็น 51 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน ซึ่งเป็นวิธีที่แนะนำโดยสุภัทรา (2535) เนื่องจากปริมาณเมล็ดมีจำนวนจำกัด จึงใช้เมล็ดเพียง 25 เมล็ดต่อการทดสอบในแต่ละครั้ง

ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบเปรียบเทียบและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ชี้ให้เห็นว่า โดยทั่วไปอัตราการกะเทาะและปริมาณเนื้อในแตกหักที่ได้จากเรื่องแต่ละแบบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นอัตราการกะเทาะที่ได้จากการทดสอบที่กระทำกับเมล็ดซึ่งเนื้อในไม่ล่อนก่อนกะเทาะ ซึ่งให้ผลแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยตารางที่ 1 ชี้ให้เห็นว่าเครื่องกะเทาะแบบร่องฟันก้างปลากดอัด และแบบใบมีดกดอัดให้อัตราการกะเทาะสูงกว่าแบบอื่น การที่เครื่องกะเทาะแบบเกลียวอัดให้อัตราการกะเทาะต่ำกว่าแบบร่องฟันก้างปลากดอัด และแบบใบมีดกดอัดสำหรับเมล็ดที่เนื้อในไม่ล่อนก่อนกะเทาะ เนื่องจากใช้เวลามากในการหมุนเกลียวอัดเพื่อกะเทาะ อีกทั้งต้องกะเทาะซ้ำหลายครั้ง เพื่อที่จะทำให้กะลาแยกออกจากกัน เมื่อพิจารณาถึงการล่อนหรือไม่ล่อนของเนื้อในก่อนกะเทาะจะเห็นได้ว่า การกะเทาะเมล็ดที่เนื้อในไม่ล่อนก่อนกะเทาะมีอัตราการกระเทาะโดยเฉลี่ยประมาณ 118 เมล็ดต่อชั่วโมง ซึ่งหากทำให้เนื้อในล่อนก่อนกะเทาะ อัตราการกะเทาะโดยเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นประมาณ 28% ทั้งนี้เนื่องจากมีเนื้อในติดกะลาภายหลังการกะเทาะในปริมาณที่น้อย ผู้กะเทาะจึงใช้เวลาในการแคะเนื้อในน้อยลง ซึ่งเป็นผลทำให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้น

สำหรับปริมาณเนื้อในแตกหักภายหลังการกะเทาะนั้น แม้ว่าเครื่องทุกแบบที่ทดสอบให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีข้อสังเกตที่สำคัญคือ การกะเทาะเมล็ดซึ่งเนื้อในไม่ล่อนก่อนกะเทาะจะได้ปริมาณเนื้อในแตกหักถึงประมาณ 90% ซึ่ง

หากทำให้เนื้อในล่อนก่อนกะเทาะ ปริมาณเนื้อในแตกหักจะลดลงเหลือประมาณ 38% ดังนั้นหากจะกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียให้ได้ผลดีต้องทำให้เนื้อในล่อนก่อนกะเทาะ

เมื่อพิจารณาถึงความสะดวกในการใช้งาน พบว่า เครื่องกะเทาะแบบคีมล็อคสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกและมีราคาต่ำ (ประมาณ 400 บาท) สามารถควบคุมความลึกของใบมีดกะเทาะได้ดี ทำให้ได้ปริมาณเนื้อในเต็มเมล็ดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สูง แต่ไม่มีความสะดวกสบายในการทำงาน ทั้งนี้เพราะต้องประคองให้รอยตะเข็บของเมล็ดตรงกับแนวคมใบมีด รวมทั้งต้องปรับเกลียวที่ด้ามจับเกือบทุกครั้งที่ ทำงาน ส่วนเครื่องกะเทาะแบบร่องฟันก้างปลากดอัดนั้นมีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่องเพื่อทำงาน แต่ไม่มีความสะดวกสบายในการทำงาน เพราะแขนบีบของเครื่องกะเทาะกว้างเกินกว่าจะบีบด้วยมือเพียงมือเดียวได้ ต้องใช้สองมือบีบ ทำให้ควบคุมความลึกของใบมีดกะเทาะได้ยาก จึงได้ปริมาณเนื้อในแตกหักเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สูง นอกจากนี้ยังมีราคาสูง (ประมาณ 2,000 บาท) เมื่อเทียบกับเครื่องกะเทาะทั้ง 5 แบบ

ส่วนแบบใบมีดกดอัดนั้น ให้อัตราการกะเทาะค่อนข้างสูงเพราะกลไกของแขนกดกะเทาะอยู่ในลักษณะที่ทำให้การกะเทาะเกิดขึ้นได้เร็ว แต่การบังคับความลึกของใบมีดกะเทาะทำได้ลำบาก ถึงแม้จะมีสกรูช่วยปรับความลึกแต่ในทางปฏิบัติเมล็ดมีขนาดแปรปรวนมาก สกรูปรับความลึกจึงไม่ได้ช่วยให้การทำงานดีขึ้น ทำให้เนื้อในแตกหักเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สูง ในขณะที่เครื่องกะเทาะแบบเฟืองสะพานนั้นมีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกันกับแบบใบมีดกดอัด แต่มีขนาดและน้ำหนักมากกว่า รวมทั้งมีราคาของเครื่องสูงกว่า สำหรับเครื่องกะเทาะแบบเกลียวอัดนั้นมีความสะดวกสบายในการทำงาน ใช้แรงในการกะเทาะน้อย สามารถควบคุมความลึกของใบมีดกะเทาะได้ดี ทำให้ได้เนื้อในเต็มเมล็ดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สูง โดยที่ให้อัตราการกะเทาะไม่ต่ำกว่าแบบอื่นทางสถิติ ในกรณีที่เนื้อในล่อนก่อนการกะเทาะ ดังนั้นหากพิจารณาถึงการทำงานในระยะยาวซึ่งต้องการความสะดวกสบาย และความแม่นยำในการทำงาน เครื่องกะเทาะแบบนี้น่าจะเป็นแบบที่เหมาะสม ซึ่งหากได้รับการปรับปรุงก็จะเป็นแบบที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

การปรับปรุงและทดสอบเครื่องกะเทาะแบบเกลียวอัด

การปรับปรุง

การปรับปรุงเครื่องกะเทาะแบบเกลียวอัดเน้นถึงการปรับปรุงระยะเกลียว เพื่อลดระยะเวลาในการหมุนเกลียวอัดในขณะทำการกะเทาะ ซึ่งทำโดยการเพิ่มระยะพิตช์ของเกลียวอัดจากเดิม 1.81 มิลลิเมตร (1/14 นิ้ว) เป็นระยะ 3.63 มิลลิเมตร (1/7 นิ้ว)

การทดสอบเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องกะเทาะแบบเกลียวอัดกับแบบคีมล็อค

เมล็ดที่ใช้ทดสอบเป็นชนิดผิวเรียบ ประกอบด้วยเมล็ดขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เป็นจำนวน 20.60, 66.27, และ 13.12 % ของจำนวนเมล็ดคละ ตามลำดับ สำหรับเมล็ดขนาดใหญ่พิเศษมีปริมาณน้อยจนไม่สามารถดำเนินการทดสอบได้ เมล็ดที่ใช้ในการทดสอบนี้ได้รับการอบลดความชื้น โดยใช้อุณหภูมิเริ่มต้น 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน และเพิ่มอุณหภูมิทุก ๆ 2 วัน เป็น 46, 48, และ 52 องศาเซลเซียส ตาม

ลำดับ (ดำเกิง, 2535; ระเบียบ, 2539) ส่วนการทำให้เนื้อในล่อนออกจากกะลา กระทำโดยกระแทกถุงเมล็ดกับพื้นแข็งเพื่อทำให้เนื้อในส่วนใหญ่ล่อนออกจากกะลา การทดสอบครั้งนี้ใช้เมล็ดที่มีน้ำหนักต่อเมล็ดและจำนวนเมล็ดที่ใช้ในการทดสอบแต่ละครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 2

ค่าชี้ผลการทดสอบได้แก่ อัตราการกะเทาะและคุณภาพเนื้อใน สำหรับอัตราการกะเทาะแสดงในรูปจำนวนเมล็ดที่ถูกกะเทาะและน้ำหนักเนื้อในที่กะเทาะได้ต่อระยะเวลาที่กะเทาะ ส่วนคุณภาพของเนื้อในพิจารณาถึงปริมาณเนื้อในเต็มเมล็ดสมบูรณ์ ปริมาณเนื้อในเต็มเมล็ดไม่สมบูรณ์ ปริมาณเนื้อในแตกครึ่งสมบูรณ์ ปริมาณเนื้อในแตกครึ่งไม่สมบูรณ์ และปริมาณเนื้อในแตกหลายชิ้น โดยแสดงทั้งในรูปเปอร์เซ็นต์โดยจำนวนและโดยน้ำหนักเนื้อในที่กะเทาะได้

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลชี้ให้เห็นว่า เครื่องกะเทาะแบบเกลียวอัดภายหลังการปรับปรุงระยะเกลียว และแบบคีมล็อค เมื่อกะเทาะเมล็ดโดยแบ่งหรือไม่แบ่งขนาดก่อนกะเทาะ ให้อัตราการกะเทาะและคุณภาพเนื้อในภายหลังการกะเทาะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้เพราะในความเป็นจริงผู้กะเทาะพยายามคัดเมล็ดซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกันมากะเทาะก่อน เพื่อให้ไม่ต้องปรับระยะการกดกะเทาะเกือบทุกครั้ง สำหรับการกะเทาะเมล็ดขนาดคละ เครื่องกะเทาะแบบเกลียวอัดสามารถกะเทาะได้ประมาณ 288 เมล็ดต่อชั่วโมง (ตารางที่ 3)

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาต่าง ๆ ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียแบบเกลียวอัดที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้น เป็นเครื่องกะเทาะประเภทใช้แรงงานคนในการทำงาน ที่มีผลการทำงานทั้งในด้านอัตราการกะเทาะ และคุณภาพของเนื้อในภายหลังการกะเทาะอยู่ในเกณฑ์ที่ดี พร้อมทั้งช่วยผ่อนแรงและลดความเมื่อยล้าในการทำงาน ดังนั้นหากพิจารณาถึงการกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อม ดังเช่นการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ซึ่งส่วนใหญ่ยังคงใช้แรงงานคนเป็นหลัก ประกอบกับจำนวนผลผลิตมะคาเดเมียในประเทศที่ยังมีไม่มากนัก จะเห็นได้ว่าเครื่องกะเทาะแบบเกลียวอัดเป็นเครื่องที่มีแนวโน้มเหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามการกะเทาะเพื่อให้ได้เนื้อในเต็มเมล็ดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สูง จะต้องทำให้เนื้อในล่อนออกจากกะลาก่อนการกะเทาะ และควรกะเทาะในตำแหน่งตามแนวขั้วเมล็ด ซึ่งเป็นตำแหน่งของรอยตะเข็บตามธรรมชาติของเมล็ด

คำขอบคุณ

ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

ชาคริต จุลกะเสวี. 2530. **เพื่อชีวิตที่ดีขึ้น เล่มที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**

ดำเกิง ชาลีจันทร์. 2528. **มะคาเดเมียพืชเคี้ยวมันที่ควรหันมามอง. กสิกร** 58 (6): 469-476.

ดำเกิง ชาลีจันทร์. 2535. **มะคาเดเมีย : พืชสู่อนาคต.** เอกสารวิชาการประจำปี 2535. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ประเทืองศรี สินชัยศรี. 2532. **การวิเคราะห์คุณภาพของผลมะคาเดเมียที่ปลูกในประเทศไทย.** เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการมะคาเดเมียเพื่อพัฒนาเป็นพืชอุตสาหกรรม ณ สมาคมวาย เอ็ม ซี เอ เชียงราย, 26-27 กันยายน.

มะคาเดเมียนัท หน้าตาใหม่ของพืชเศรษฐกิจเชียงราย. 2536. **ไทยรัฐ** 24 (กุมภาพันธ์).

ระเบียบ โชติอำไพ. 2539. การเก็บเกี่ยวและการแปรรูปมะคาเดเมียอย่างถูกวิธี. **เทคโนโลยีชาวบ้าน** 36 (8): 64

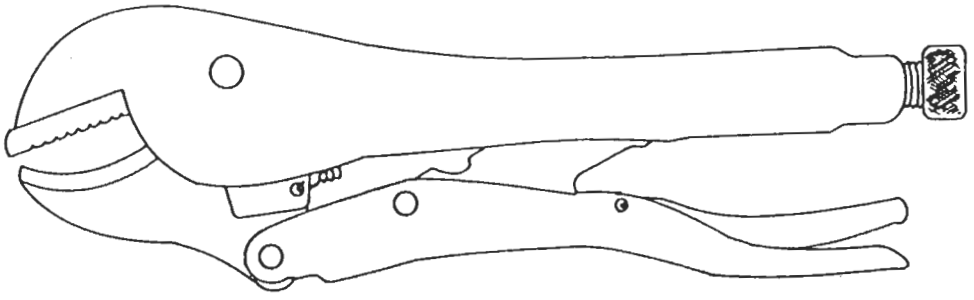
ลิว, พอล. 2536. สัมภาษณ์. เชียงใหม่. 13 กุมภาพันธ์.

สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. 2535. สัมภาษณ์. กรุงเทพฯ. 1 มีนาคม.

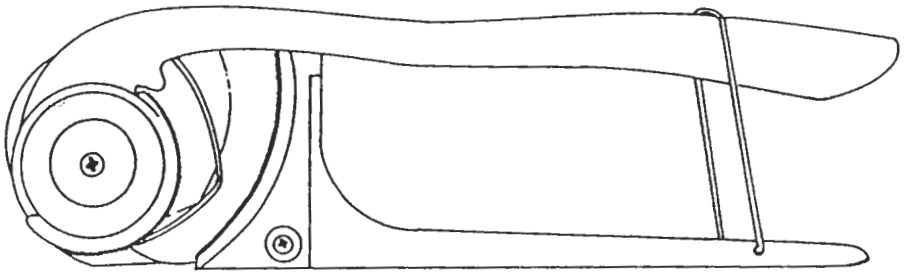
อำพล เสนาณรงค์. 2532. มะคาเดเมียพืชความหวังใหม่ของไทย. กสิกร 62(5): 462-465

Gregory, G.R. 1987. Second Australian Macadamia Research Workshop Opening Address. Proceedings of the Second Australian Macadamia Research Workshop. Bangalow, N.S.W., 15-19 September.

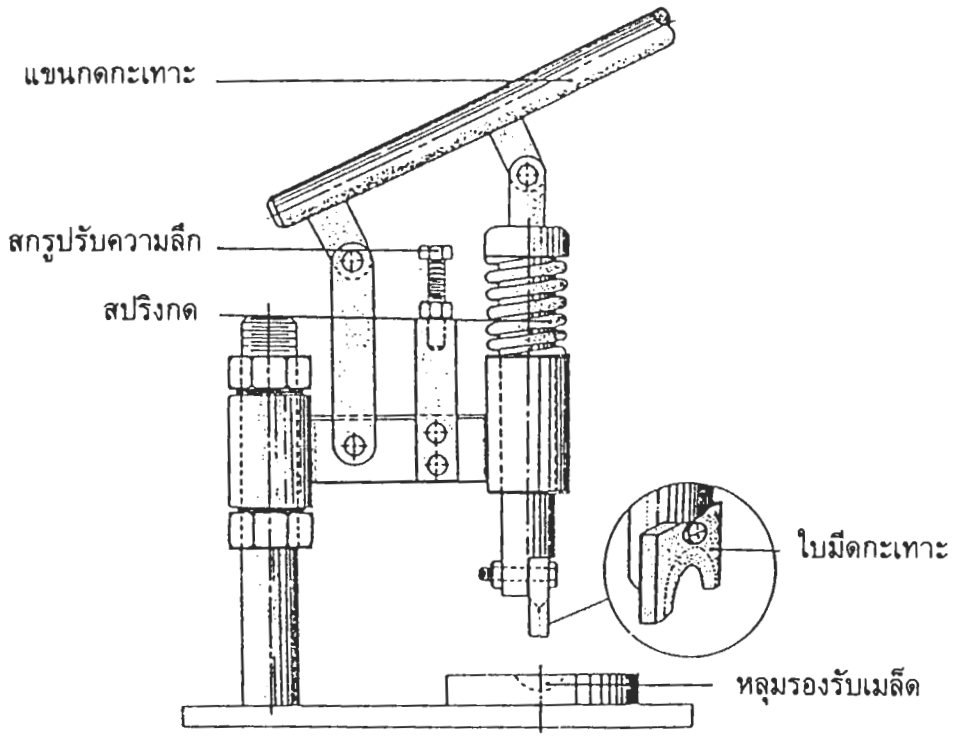
Jodvalkis, J. 1987. Growing Macadamia Nuts Better-Industry Overview/Marketing Prospect. Proceedings of the Second Australian Macadamia Research Workshop. Bangalow, N.S.W., 15-19 September.



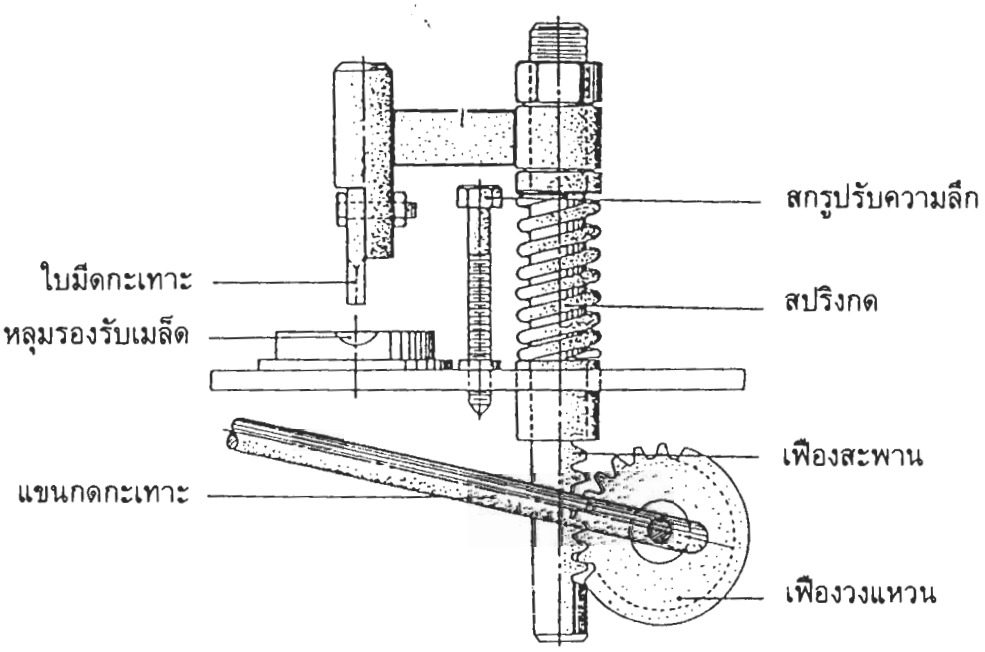
รูปที่ 1 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียแบบคีมล็อค



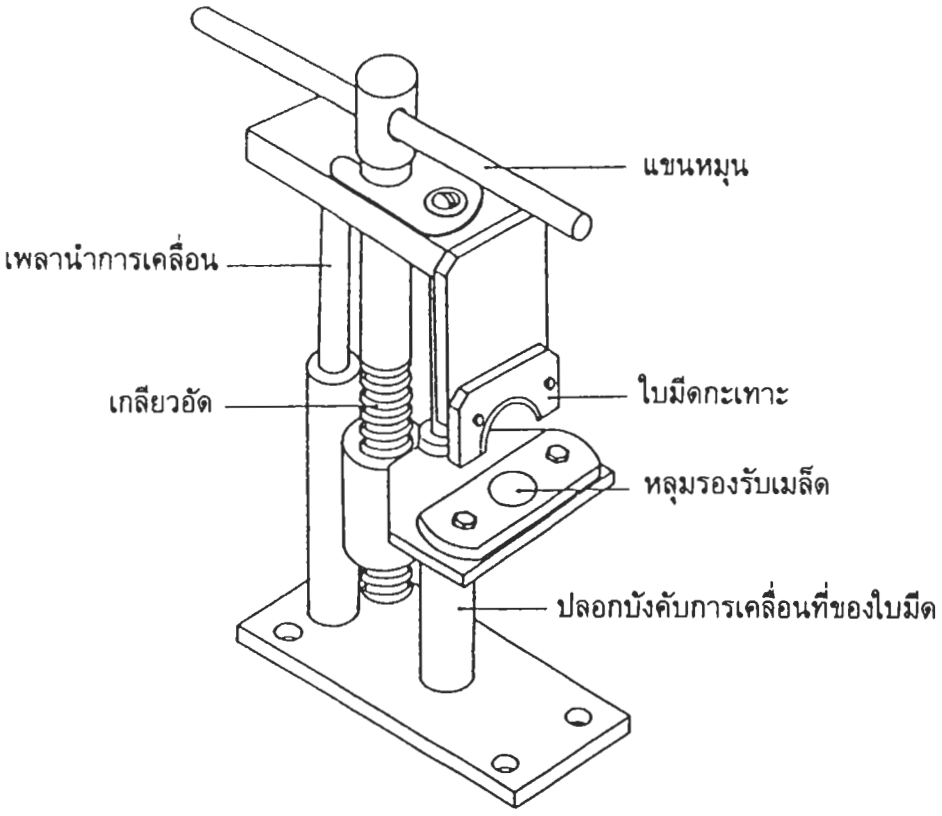
รูปที่ 2 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียแบบร่องฟันก้างปลากดอัด



รูปที่ 3 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียแบบใบมีดกดอัดภายหลังการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียแบบเฟืองสะพาน



รูปที่ 5 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียแบบเกลียวอัด

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการกะเทาะและปริมาณเนื้อในแตกหัก สำหรับการกะเทาะเมล็ดซึ่งเนื้อในถูกทำให้ล่อนและไม่ล่อนก่อนกะเทาะ โดยใช้เครื่องกะเทาะแบบใช้แรงคน 5 แบบ

แบบเครื่องกะเทาะ	อัตราการกะเทาะ (เมล็ด/ชม.)		ปริมาณเนื้อในแตกหัก (%)	
	เนื้อในล่อน	เนื้อในไม่ล่อน	เนื้อในล่อน	เนื้อในไม่ล่อน
แบบคีมล็อค	146.2 a	109.0 a	33.6 a	88.8 a
แบบร่องฟันก้างปลากดอัด	152.8 a	139.2 b	46.4 a	90.4 a
แบบใบมีดกดอัด	169.4 a	128.8 b	41.6 a	92.0 a
แบบเฟืองสะพาน	159.0 a	110.2 a	35.6 a	91.2 a
แบบเกลียวอัด	127.0 a	102.0 a	32.8 a	89.2 a

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5% (LSD 0.05 = 18.16 เมล็ด/ชม.)*