

# โครงการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับเกษตรกร

## Designed of Macadamia Nut Cracker at Farm Level

สนอง อมฤกษ์<sup>1/</sup> ประพัฒน์ ทองจันทร์<sup>1/</sup> และ วุฒิพล จันทร์สระคู<sup>2/</sup>

<sup>1/</sup> ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

<sup>2/</sup> ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับเกษตรกรแบบใช้แรงคนในการทำงาน เครื่องกะเทาะแบบใช้แรงคนมีหลายแบบ แต่แบ่งเป็น 2 หลักการ คือ หลักการบีบอัด (pressing) และหลักการกระแทก (impact) เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียที่ใช้หลักการกระแทกสามารถทำการกะเทาะได้เร็วกว่า ได้เนื้อในเต็มเมล็ดสูงกว่า และเนื้อในสะอาดปราศจากเศษกะลา โดยการทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ผลการทดสอบได้เนื้อในเต็มเมล็ด 80.7 เปอร์เซ็นต์ เนื้อในแตก 19.3 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วในการกะเทาะ 4.07 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ภายหลังการปรับปรุงเครื่อง ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องกะเทาะแรงคน 2 แบบ คือ ค้อน และเครื่องบีบ ที่จังหวัดเชียงราย เลย และเพชรบูรณ์ ผลการทดสอบ พบว่า การใช้ค้อนสามารถกะเทาะได้เนื้อในเต็มเมล็ด 67.73 เปอร์เซ็นต์ เนื้อในแตก 32.27 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการกะเทาะ 4.68 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การใช้เครื่องบีบ สามารถกะเทาะได้เนื้อในเต็มเมล็ด 62.87 เปอร์เซ็นต์ เนื้อในแตก 37.13 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วในการกะเทาะ 3.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การใช้เครื่องกระแทก สามารถกะเทาะได้เนื้อในเต็มเมล็ด 89.87 เปอร์เซ็นต์ เนื้อในแตก 10.13 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการกะเทาะ 5.20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่การใช้งาน 2,777 กิโลกรัมต่อปี มีโรงงานผลิตและจำหน่าย 1 ราย จำหน่ายไปแล้ว 10 เครื่อง

คำหลัก : เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย มะคาเดเมีย

### คำนำ

มะคาเดเมีย เป็นไม้ผลยืนต้นประเภทไม่ผลัดใบ จัดเป็นพืชเคี้ยวมันหรือ nut มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Macadamia integrifolia* Maiden and Betche อยู่ในวงศ์ Proteaceae ลำต้นสูงตั้งตรง ทรงพุ่มลักษณะคล้ายปิรามิด ใบมีลักษณะเหมือนดอกห้วกลับ ใบแก่สีเขียวเข้ม ขอบใบมีหนามเล็กน้อย ออกดอกเป็นช่อ ดอกเล็ก ๆ สีขาวห้อยระย้า กลิ่นหอมมาก ผลมะคาเดเมียเป็นลูกกลมๆ ขนาดประมาณ 1 นิ้ว เปลือกนอกสีเขียว (ภาพที่ 1) เมื่อกากเปลือกนอกออกจะเป็นเมล็ด สีน้ำตาลเข้ม ลักษณะแข็งมากเรียกว่า “นัท” เมื่อกะเทาะกะลาสีน้ำตาลออกจะเป็นเนื้อในสีขาวนวลอมเหลือง รสชาติอร่อย มัน กรอบ สามารถนำมาบริโภคหรือสกัดน้ำมัน (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2538) ประเทศที่ผลิตมะคาเดเมียมากที่สุดในขณะนี้ คือ สหรัฐอเมริกา และนิวซีแลนด์ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2541)

ประเทศไทยเริ่มศึกษาและทดลองปลูกมะคาเดเมียในปี พ.ศ. 2496 ซึ่งองค์การยูเอม ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ส่งเมล็ดพันธุ์มะคาเดเมียมาให้กรมกสิกรรมของไทยในสมัยนั้น ทดลองปลูกที่สถานีกสิกรรมบางกอกน้อย จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดเชียงใหม่เมื่อปีพ.ศ. 2511 เจ้าของไร่ธาระมิงค์ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ และปลัดกระทรวงเกษตรของไทย ได้ขอพันธุ์มะคาเดเมียจากฮาวายเป็นผลสำเร็จ และได้นำมา

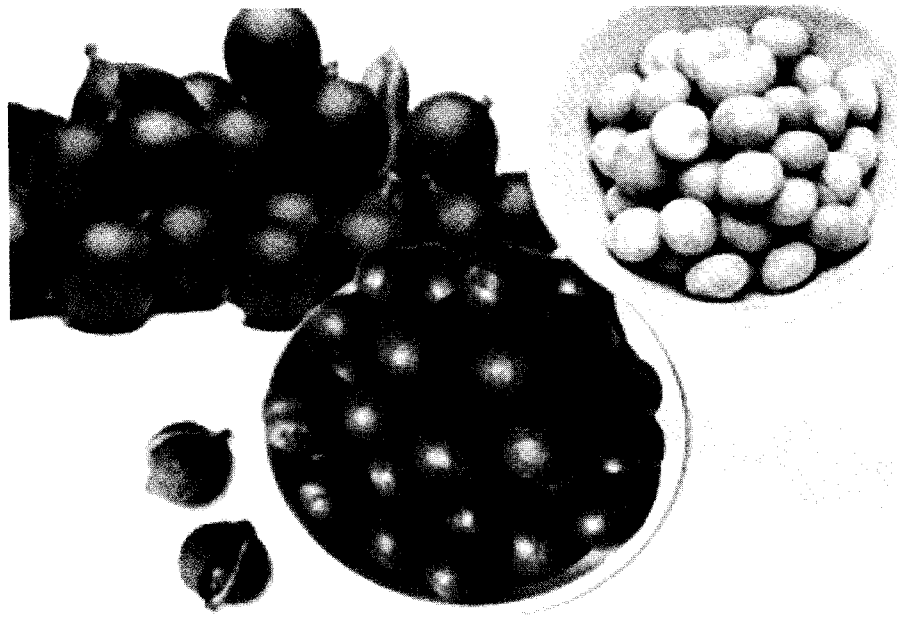
ปลูกพืชตระกูลมะเขือเทศในโรงเรือนแบบ จันทรคติ ปี พ.ศ. 2527 กรมวิชาการเกษตรได้ขอผู้เชี่ยวชาญจาก ออสเตรเลียมาช่วยแนะนำหาวิธีการและสัหะระการเลี้ยงจำวนมะเขือเทศเพื่อทดลองปลูก ทั้งนี้เนื่องจาก พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงเล็งเห็นถึงศักยภาพของมะเขือเทศที่สามารถจะพัฒนาเป็นพืชเศรษฐกิจ งานโครงการหลวงจึงเริ่มที่บนดอยบวกห้าและดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ซึ่งมีอากาศหนาวเย็นตลอดปี (ภายหลัง เรียกว่าสวนสองแสน) โดยเป็นสถานีวิจัยทดลองปลูกพืชเมืองหนาวและขยายพันธุ์ รวมทั้งส่งเสริมให้ชาวเขาเข้าไป ปลูกเพื่อสร้างอาชีพ ทางเลือกที่ยั่งยืน ทดแทนการปลูกฝิ่นเดิม ซึ่งมะเขือเทศเป็นพืชที่อยู่ในโครงการนี้ รวมทั้งเป็น พืชเศรษฐกิจในโครงการพัฒนาดอยตุงด้วย นอกจากนี้มีหน่วยงานหลายแห่งที่ศึกษาวิจัยเพื่อคัดเลือกพันธุ์ เช่น ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถานีทดลองพืชสวนฝาง โครงการศูนย์ศึกษาพัฒนา อันเนื่องมาจากพระราชดำริห้วยฮ่องไคร้ เป็นต้น (ศิริบุญ, 2552)

พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกมะเขือเทศ ควรสูงจากระดับน้ำทะเลไม่น้อยกว่า 700 เมตร มีแหล่งน้ำที่ สามารถให้น้ำได้ตลอดปี ดินเป็นดินโปร่งระบายน้ำได้ดี มีความเป็นกรด-ด่าง 5.5-6.5 สภาพอากาศ ควรมีช่วง อุณหภูมิ 10-25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 70 และปลูกไม้บังลมไว้ด้วยเนื่องจากมะเขือเทศมีเนื้อไม้ ที่เปราะหักง่าย ต้นมะเขือเทศจะสูงประมาณ 12-15 เมตร ให้ผลผลิตเชิงการค้าเมื่อ อายุ 7-10 ปี และให้ผลทุกปี จันทรคติอายุ 50 ปี เมื่อเริ่มออกผลต้องรออีก 6 เดือนจึงจะแก่จัดแล้วร่วงลงมาที่โคนต้น (ดำเกิง, 2538)

การเก็บผลผลิตจากต้นอาจใช้วิธีกะเทาะกะลาแล้วชิมดูเนื้อใน หากไม่มีรสหวาน มีเพียงรสขาคัดมัน ก็ สามารถเก็บเกี่ยวได้ แต่ส่วนใหญ่จะเก็บตามโคนต้นเพราะเมื่อเมล็ดแก่จัดจะร่วงลงมา การรับประทานเนื้อในต้องใช้ เครื่องกะเทาะเปลือกเขี้ยวออกก่อน ซึ่งจำเป็นจะต้องรีบกะเทาะภายใน 24 ชั่วโมงเนื่องจากจะเกิดความร้อนขึ้น ภายในทำให้เนื้อในมีคุณภาพไม่ดีจนถึงเกิดเป็นราที่เนื้อในเมล็ดได้ หลังการกะเทาะเปลือกเขี้ยวแล้วควรตากหรือผึ่ง กะลา 2-3 วัน จากนั้น ก่อนการกะเทาะกะลาต้องนำไปอบเพื่อให้เนื้อในแห้งและคลอนจะช่วยให้การกะเทาะกะลา ได้เนื้อในเมล็ดเต็มจึงเข้าเครื่องกะเทาะกะลา จากนั้นนำเนื้อในไปคัดแยกเมล็ดไม่ต้อออกแล้วทำการคัดเกรด (จำรอง, 2538)

มะเขือเทศเป็นถั่วเปลือกแข็งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงจึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั่วโลก ผลการ ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของมะเขือเทศแห้งในสหรัฐอเมริกา มีดังนี้ ความชื้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำมัน 78.2 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 9.2 เปอร์เซ็นต์ แป้ง 10.0 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 0.37 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.17 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 0.12 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.04 เปอร์เซ็นต์ และโซเดียม 0.01 เปอร์เซ็นต์ (ศิริบุญ, 2552)

การเก็บเกี่ยวบนที่สูงออกดอกช่วง พฤศจิกายน - ธันวาคม และ กรกฎาคม - สิงหาคม อายุตั้งแต่ ดอกบานถึงแก่ประมาณ 6-9 เดือน ขึ้นกับบริเวณปลูกยิ่งสูงยิ่งเก็บช้า มะเขือเทศเมื่อแก่ปกติผลจะร่วงลงพื้น วิธี เก็บเกี่ยวอาจใช้วิธีเขย่าต้น หรือใช้ไม้ตะขอสอยผลที่แก่ให้ร่วงลงพื้นได้ด้วย หากให้ดีควรรองรับด้วยตาข่ายในลอน ก่อนเมล็ดตกบนพื้นดินจะช่วยให้เก็บเมล็ดได้ง่ายและคุณภาพเนื้อในมีคุณภาพดี ผลผลิตหลังปลูก 4-5 ปี เริ่มให้ ผลผลิตปีแรก 1-3 กิโลกรัมต่อต้น และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทุกปี 10 ปีขึ้นไป ให้ผลผลิต 20-30 กิโลกรัมต่อต้น อายุ 20 ปี ขึ้นไป 40-60 กิโลกรัมต่อต้น อายุให้ผลผลิตยาวนานไม่น้อยกว่า 50 ปี ขึ้นอยู่กับการดูแลรักษา หลังเก็บผลต้องนำ ไปกะเทาะเปลือกเขี้ยวข้างนอกออก เพราะถ้าผลกองรวมซ้อนกันมาก จะเกิดความร้อนทำให้เนื้อในคุณภาพไม่ดี การเก็บเมล็ดหลังกะเทาะเปลือกเขี้ยวออกแล้ว ควรผึ่งแดดหรือในที่ที่มีลมพัดสะดวก ควรวางบนตะแกรงเป็นชั้นๆ เพื่อลดความชื้นขณะรอส่งขายการขยายผลผลิตอาจกลายเป็นเมล็ดที่เพาะ ความชื้นประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ หรือจะกะเทาะกะลาออกเพื่อขายเนื้อใน ซึ่งจะต้องนำกะลาไปอบตากแห้งขึ้นก่อนการกะเทาะ การอบลดความชื้น โดยการนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 38, 42, 46, 48 และ 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 5 วัน การเพิ่มอุณหภูมิ อย่างช้า ๆ จะช่วยให้เนื้อในกะลามีคุณภาพดี มีสีน้ำตาล ความชื้นที่เหลือที่อบแห้งเหมาะสำหรับการกะเทาะกะลา และการเก็บรักษาคือ 1-1.5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิและเวลา 25-42 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1-2 วัน การอบมะเขือเทศ



ภาพที่ 1 ผลมะคาเดเมียประกอบด้วยเปลือกเขียว กะลาสีน้ำตาล เนื้อในสีขาวนวล

#### กระบวนการแปรรูปมะคาเดเมีย มี 5 ขั้นตอนที่สำคัญ

1. การกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมีย ทำได้ 2 วิธี คือ การลอกเปลือกเขียวแบบเกษตรกรจะใช้การทุบด้วยไม้หรือค้อนให้เปลือกเขียวแตกและแยกจากกะลา และวิธีกะเทาะเปลือกเขียวด้วยเครื่องกะเทาะแบบใช้ต้นกำลัง

เครื่องกะเทาะเปลือกเขียว ประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 3 ส่วน คือ 1 ชุดเกลียวกะเทาะ 2 ชุดแผ่นกดเมล็ด 3 ชุดถ่ายทอดกำลัง เครื่องกะเทาะเปลือกเขียวที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่พัฒนาขึ้นใหม่ สามารถกะเทาะแยกเปลือกเขียวได้สูงสุด 99.5 เปอร์เซ็นต์

2. การอบลดความชื้นมะคาเดเมีย ถ้าเป็นโรงงานขนาดใหญ่จะใช้ไซโลในการอบและเก็บเมล็ดกะลามะคาเดเมีย แต่ถ้าเป็นเกษตรกรรายย่อยอาจใช้เตาอบแบบที่มีใช้กันทั่วไป เช่น เตาอบแบบตู้อบลมร้อน(Hot air oven) เครื่องอบแบบกระบะที่ใช้อบลำไย ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง หรือถ้าไม่มีเครื่องอบแห้ง อาจใช้การตากแดดจัดหลายแดดก็สามารถลดความชื้นเนื้อในได้ระดับหนึ่ง

3. การคัดขนาดเมล็ดมะคาเดเมีย การคัดขนาดเมล็ดมะคาเดเมียก่อนการกะเทาะกะลา ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกะเทาะสูงขึ้นทั้งการกะเทาะแบบใช้แรงคนหรือการกะเทาะด้วยเครื่องต้นกำลัง ในการกะเทาะแบบใช้แรงคน ขนาดที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ความหนาและค่าแรงกะเทาะใกล้เคียงกันก็จะทำให้ผู้กะเทาะใช้แรงกวดหรือกระแทกได้เหมาะสมสำหรับแต่ละกลุ่มขนาด สำหรับการกะเทาะแบบใช้ต้นกำลังหรือระดับอุตสาหกรรม ยังมีความจำเป็นต้องทำการคัดขนาดเพราะจะช่วยให้การกะเทาะเมล็ดมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ได้เนื้อในเต็มเมล็ดมากขึ้น แต่ปัจจุบันยังไม่มีเครื่องคัดขนาดสำหรับเมล็ดมะคาเดเมียโดยตรง เกษตรกรจึงใช้เครื่องคัดขนาดลำไยแบบตะแกรงหมุนในการคัดขนาด

4. การกะเทาะกะลามะคาเดเมีย แบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ใช้แรงคน และแบบใช้ต้นกำลังขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า กะลามะคาเดเมียมีความแข็งมากเทียบเท่ากับเซรามิก การจะกระทำให้กะลามะคาเดเมียแตกด้วยการกดอัดโดยตรงจะต้องใช้แรงกระทำ เฉลี่ย 2,300 นิวตัน

เครื่องกะเทาะกะลามะคาเดเมียแบบใช้แรงคน มีมากมายหลายแบบ แต่แบ่งเป็น 2 หลักการ คือ หลักการที่ 1 ใช้การบีบอัด (pressing) หลักการที่ 2 ใช้การกระแทก (impact)

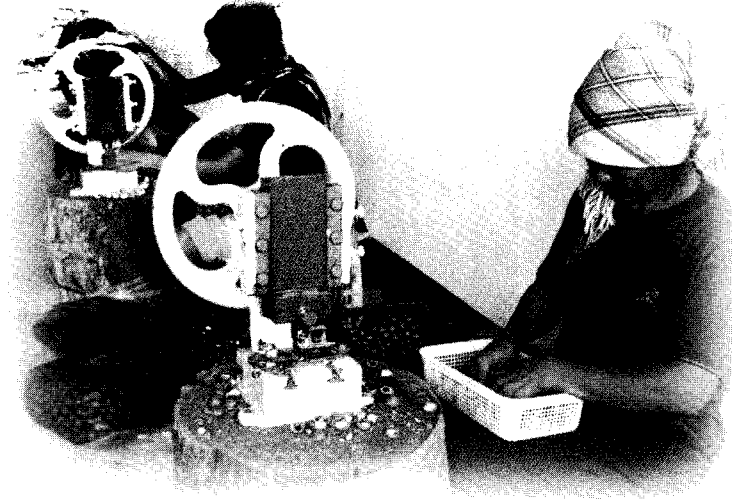
5. การแยกเนื้อในคัตเกรด ภายหลังจากกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียจะทำการแยกเปลือกออก นำเนื้อในมาคัตเกรดด้วยคน แยกเป็นเนื้อในเต็มเมล็ด เนื้อในแตกครึ่ง และเนื้อในแตกเป็นชิ้นเล็ก

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะกะลามะคาเดเมียแบบใช้แรงงานคนให้สามารถทำงานได้เนื้อในเมล็ดเต็มไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และมีความสามารถในการทำงานไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

### วิธีดำเนินการ

1. ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ได้ทำการสร้างและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับเกษตรกรขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานของเกษตรกรรายย่อยที่มีวัตถุประสงค์และกำลังการผลิตไม่มาก เป็นเครื่องที่ทำงานง่าย ใช้แรงในการกะเทาะกะลาน้อย สามารถทำงานได้ต่อเนื่องไม่เมื่อยล้ามีความสามารถในการกะเทาะเนื้อในเต็มเมล็ดสูง 80-90 เปอร์เซ็นต์ ความสำคัญอีกประการคือเนื้อในที่ได้จะมีเพียงเมล็ดเต็มและเมล็ดครึ่งเท่านั้น ไม่มีเศษเป็นเลี้ยวหรือชิ้นเล็ก เนื้อในค่อนข้างสะอาดปราศจากเศษของกะลาฝังปนในเนื้อ ดังแสดงในภาพที่ 2



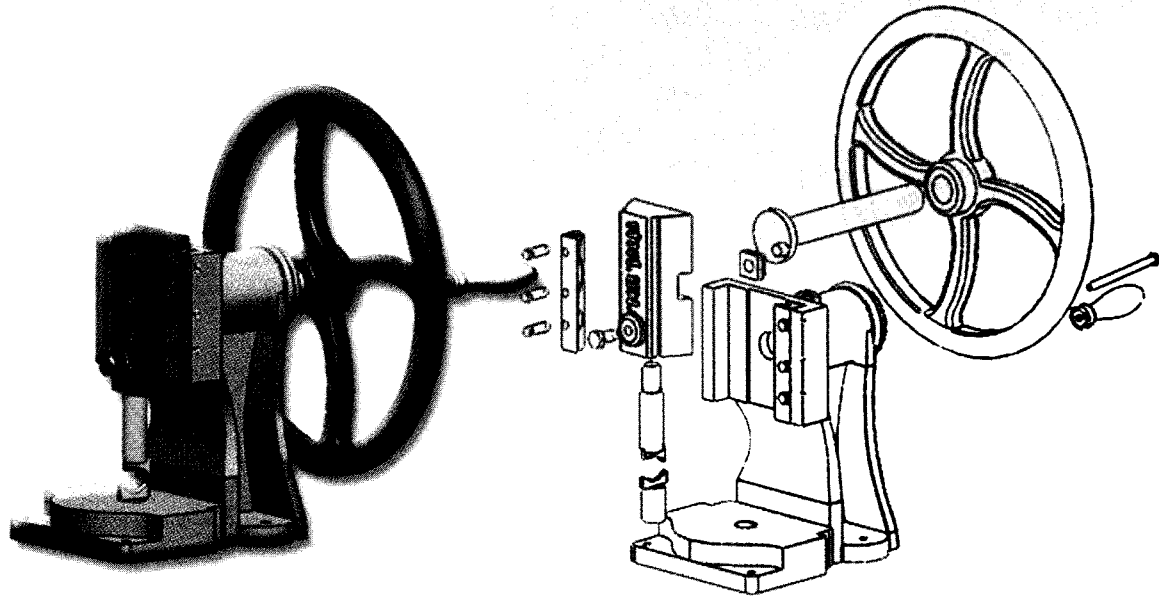
ภาพที่ 2 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับเกษตรกร

การกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย (macadamia cracker) การกะเทาะกะลามะคาเดเมียด้วยเครื่องกะเทาะระดับเกษตรกร เป็นการกะเทาะด้วยแรงคน โดยการจับหมุนล้อที่มีน้ำหนักสมดุลกับตุ้มถ่วงใบมีด ทำให้การทำงานไม่ต้องออกแรงมาก เมื่อใบมีดบนเคลื่อนลงด้วยความแรงเล็กน้อย กระแทกตรงแนวร้าวของเมล็ดซึ่งวางอยู่กับใบมีดล่าง ทำให้กะลามะคาเดเมียแตกออกเป็น 2 ซีก เหมือนการผ่าออกเท่าๆ กัน เมื่อกะลาแตกออก แรงกระทำจะน้อยลงผู้ทำการกะเทาะก็จะรู้สึกได้ การหยุดระยะส่งใบมีดบนก็จะทำให้ใบมีดไม่สัมผัสเนื้อในเมล็ด ทำให้ได้เนื้อในเต็มเมล็ดอย่างสมบูรณ์ ความสามารถในการกะเทาะได้เนื้อในเต็มเมล็ดสูงๆ เกิดจากความชำนาญซึ่งได้จากการกะเทาะประจำ

โครงสร้างของเครื่องกะเทาะมะคาเดเมียระดับเกษตรกร ประกอบด้วย

- |                          |                    |                    |
|--------------------------|--------------------|--------------------|
| 1. ตัวแทนเครื่อง         | 2. ไบมีดล่าง       | 3. ไบมีดบน         |
| 4. ประกับต้อน้ำหนักมีดบน | 5. ต้อน้ำหนักมีดบน | 6. ลูกเลื่อน       |
| 7. เพลาส่งกำลัง          | 8. พวงมาลัย        | 9. มือหมุนพวงมาลัย |

ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างของเครื่องกะเทาะมะคาเดเมียระดับเกษตรกร

ตัวแทนเครื่อง ตัวเครื่องกะเทาะทำด้วยเหล็กหล่อขึ้นรูป มีส่วนเป็นรับล่าง เสารับแรงและกระบอก เพลานวนอนเชื่อมติดเป็นชิ้นเดียว มีรูสำหรับยึดติดกับขาหรือโต๊ะเพื่อนั่งทำงานได้สะดวก

ไบมีดล่าง ทำด้วยเหล็กแข็งพิเศษ เจียรเป็นรูปไบมีดโค้งรองรับเมล็ด เชื่อมติดกับเหล็กเพลลา 1 นิ้ว ยึดติดกับฐานล่างของแทนโครงเครื่องกะเทาะ

ไบมีดบน ทำด้วยเหล็กแข็งพิเศษ เจียรเป็นรูปไบมีดโค้งมีปลายแหลมกลางโค้ง เชื่อมติดกับเหล็กเพลลา ยึดกับต้อน้ำหนักมีดบนแนวมีดขนาดเท่ากับไบมีดล่าง

ประกับต้อน้ำหนักมีดบน ประกับเป็นเหล็กประกบกับต้อน้ำหนักมีดบน เหมือนเป็นขอกันให้ต้อน้ำหนักมีดบนเคลื่อนขึ้นลงได้อย่างคล่องตัวในแนวตั้ง ผิวด้านในตัวประกับมีร่องน้ำมันสำหรับหล่อลื่นผิวสัมผัสระหว่างประกับกับต้อน้ำหนักมีดบน

ต้อน้ำหนักมีดบน ทำด้วยเหล็กหล่อชุบแข็งที่ผิวสัมผัสด้านประกับตัวเครื่อง รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู มีนอตยึดไบมีดบนด้านหน้า ด้านหลังมีร่องสำหรับลูกเลื่อน

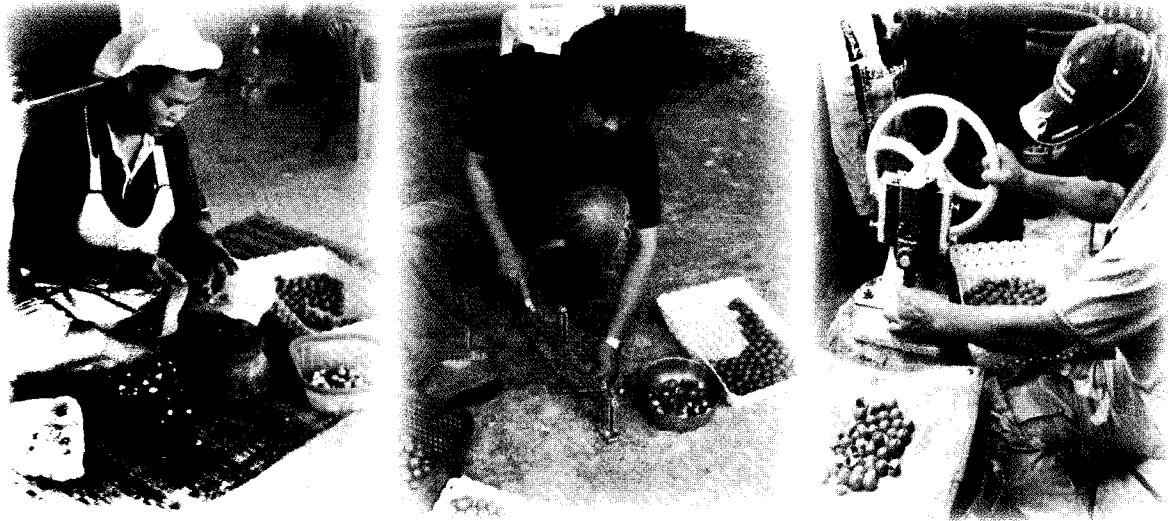
ลูกเลื่อน ทำด้วยเหล็กแข็งพิเศษชุบผิวแข็ง รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ตรงกลางมีรูสวมรับกับตอมเพลาส่งกำลัง ทำหน้าที่คล้ายลูกเบี้ยวโดยเปลี่ยนการหมุนรอบเพลลาในแนวอนเป็นการเคลื่อนขึ้นลงในแนวตั้งของต้อน้ำหนักมีดบน

เพลาส่งกำลัง ทำด้วยเหล็กหล่อชุบผิวแข็ง ด้านหน้ามีตุมเยื้องศูนย์ ส่งกำลังขับเคลื่อนจากพวงมาลัย ผ่านเพลลาไปขับเคลื่อนให้ยกและกดต้อน้ำหนักมีดบน

พวงมาลัย ทำด้วยเหล็กหล่อ รูปทรงเหมือนพวงมาลัยรถยนต์ ทำหน้าที่เป็นต้อน้ำหนักขับเคลื่อนเพลาส่งกำลัง ด้วยหลักสมดุลต้อน้ำหนักหน้าและหลังทำให้การกะเทาะทำได้ง่าย ใช้แรงน้อย

มือหมุนพวงมาลัย เป็นด้ามไม้สักกลึงกลมพอดีกับการจับกำมือ ยึดแกนล้อกับขอบพวงมาลัย เพื่อให้การจับหมุนพวงมาลัยทำได้คล่องแคล่วถนัดมือ

2. ทำการทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียของเกษตรกรแบบใช้ค้อนทุบ และเครื่องแบบบีบอัด ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ทดสอบเปรียบเทียบการกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียที่กลุ่มแปรรูปมะคาเดเมีย บ้านบ่อเหมืองน้อย ตำบลแสงภา อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย

#### สถานที่และสถานที่

เริ่มต้น กุมภาพันธ์ 2553 สิ้นสุด เมษายน 2554

สถานที่ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ อำเภอมือง จังหวัดเชียงใหม่  
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น  
กลุ่มเกษตรกรแปรรูปผลผลิตการเกษตร บ้านดอยช้าง อำเภอนาหว้า จังหวัดเชียงราย  
สวนภูเรือวโนทยาน(ซาโตเดอเลย์) อำเภอกุเรือ จังหวัดเลย  
กลุ่มแปรรูปผลผลิตการเกษตร บ้านบ่อเหมืองน้อย ตำบลแสงภา อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย  
ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ อำเภอนาหว้า จังหวัดเพชรบูรณ์

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 1. การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับเกษตรกร

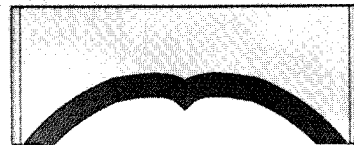
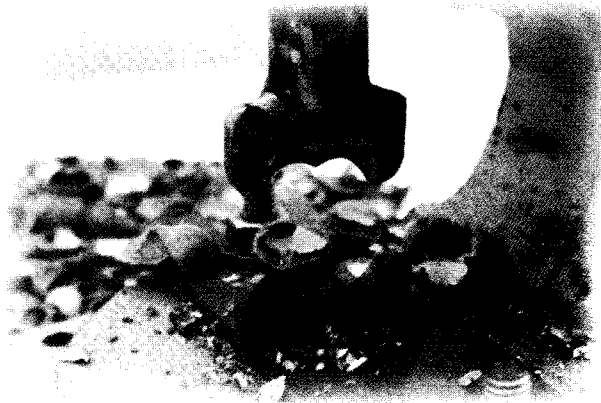
หลังจากได้ต้นแบบเครื่องแล้ว ได้ทำการทดสอบเบื้องต้น การกะเทาะกะลามะคาเดเมียที่ผ่านการอบแห้งแล้ว เป็นเมล็ดคละขนาดและคละสายพันธ์ กำหนดการทดสอบ 2 ครั้งๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 1

จากผลการทดสอบเบื้องต้นในตารางที่ 1 การทดสอบครั้งที่ 1 ทำ 5 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 731.24 กรัม ต่อเมล็ดมะคาเดเมีย 100 เมล็ด หรือประมาณ 137 เมล็ดต่อกิโลกรัม ผลการกะเทาะได้เนื้อในเต็มเมล็ดเฉลี่ย 82 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดแตก 18 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงาน 3.95 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การทดสอบครั้งที่ 2 ทำ 5 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 713.54 กรัม ต่อเมล็ดมะคาเดเมีย 100 เมล็ด หรือ

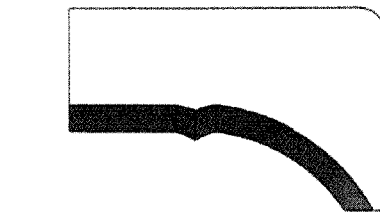
ประมาณ 140 เมล็ดต่อกิโลกรัม ผลการกะเทาะได้เนื้อในเต็มเมล็ดเฉลี่ย 79.40 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดแตก 20.60 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงาน 4.19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

รวมเฉลี่ยจากการทดสอบเบื้องต้นทั้ง 2 ครั้ง ได้เนื้อในเต็มเมล็ด 80.7 เปอร์เซ็นต์ เนื้อในแตกซีก 19.3 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงาน 4.07 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

หลังจากการทดสอบเบื้องต้นพบปัญหาเกี่ยวกับการปฏิบัติงานในขณะกะเทาะ กล่าวคือใบมีดต้นแบบ ดังภาพที่ 5 เวลานำเมล็ดเข้าไปอาจจะเกิดอุบัติเหตุได้ จึงได้ทำการปรับปรุงลักษณะโค้งของใบมีดบนและใบมีดล่าง ให้ทำงานได้ดียิ่งขึ้น ทำเมล็ดเข้าและออกจากแนวกะเทาะได้ง่ายขึ้นและปลอดภัยมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ลักษณะของใบมีดกะเทาะบนและล่างต้นแบบ



ภาพที่ 6 ลักษณะของใบมีดกะเทาะบนและล่างปรับปรุงใหม่

## 2. การทดสอบและเปรียบเทียบการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับเกษตรกร

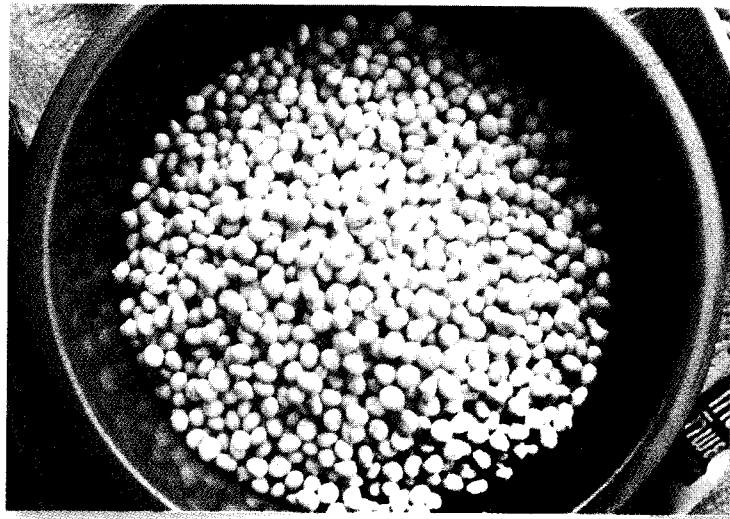
หลังการทดสอบเบื้องต้นและได้ปรับปรุงใบมีดกะเทาะให้เหมาะสมยิ่งขึ้นแล้วได้ทำการทดลองซ้ำอีก 4 ครั้งๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด โดยเป็นการทดสอบเปรียบเทียบการทำงานกับเครื่องกะเทาะอีก 2 แบบ คือ ค้อน และเครื่องบีบ ภาพการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 7, 8 และ 9



ภาพที่ 7 ทดสอบเปรียบเทียบการกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียที่บ้านดอยช้าง อำเภอวารี จังหวัดเชียงราย



ภาพที่ 8 ทดสอบเปรียบเทียบการกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียที่สวนภูเรือวโนทยาน(ชาโตเดอเลย์) อำเภอภูเรือ จังหวัดเลย



ภาพที่ 9 เนื้อในมะคาเดเมียที่กะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะ สะอาดปราศจากเศษของกะลา



ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับเกษตรกรแบบกระแทก 4 ครั้ง ใน 3 จังหวัด คือ จังหวัดเชียงราย เลย และเพชรบูรณ์ พบว่าความสามารถในการกะเทาะสูงที่สุดคือ 92 เปอร์เซ็นต์ ต่ำที่สุดคือ 88.6 เปอร์เซ็นต์ เนื้อในแตกเป็น 2 ซีก น้อยที่สุด 8 เปอร์เซ็นต์ สูงที่สุด 11.4 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถการกะเทาะเฉลี่ย 6.36 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ข้าวที่สุก 3.16 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อทำการหาค่าเฉลี่ย ได้เนื้อในเต็มเมล็ด 90.05 เปอร์เซ็นต์ เนื้อในแตกซีก 9.95 เปอร์เซ็นต์ ที่ปริมาณเมล็ด 133 เมล็ดต่อกิโลกรัม ความเร็วในการกะเทาะเฉลี่ย 4.49 กิโลกรัมต่อชั่วโมงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบรวมเฉลี่ยของเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียแบบกระแทก 4 ครั้ง

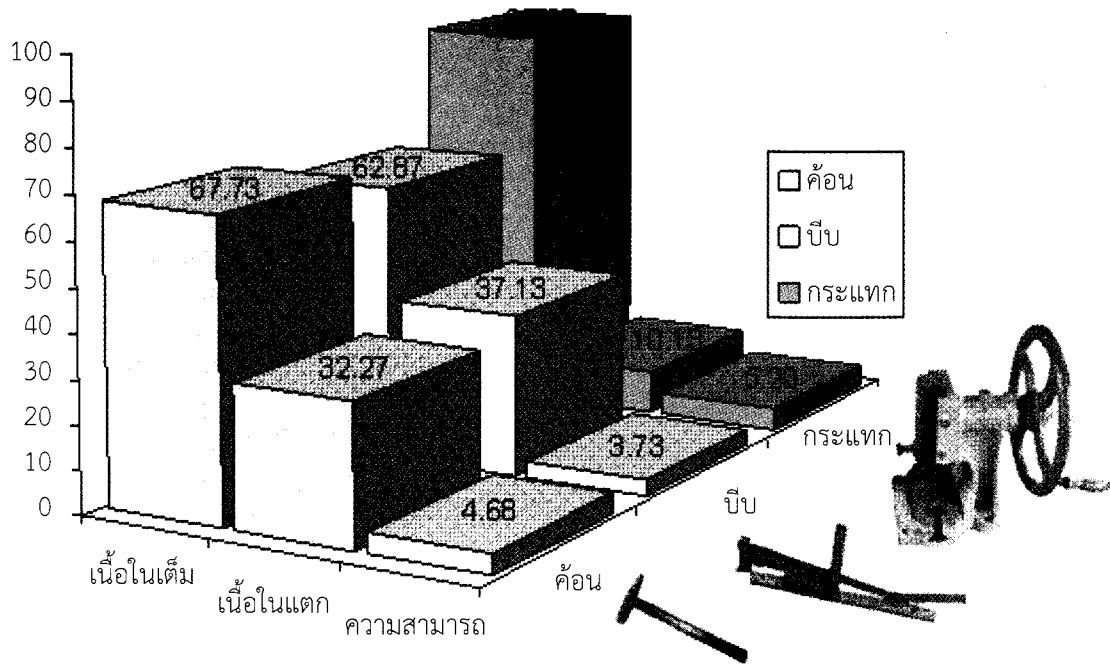
| สถานที่       | เนื้อในเต็ม  |              |              | เนื้อในแตก  |             |             | จำนวน/ชั่วโมง |            | เวลา (นาท.)  | ความสามารถในการทำงาน (กก./ชม.) |
|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|---------------|------------|--------------|--------------------------------|
|               | (เมล็ด)      | (กรัม)       | (%)          | (เมล็ด)     | (กรัม)      | (%)         | (เมล็ด)       | (กรัม)     |              |                                |
| ดอยช้าง       | 92           | 230.8        | 92           | 8           | 23.8        | 8           | 100           | 760.6      | 11.13        | 4.10                           |
| ภูเรือ        | 89           | 197.6        | 89           | 11          | 23.2        | 11          | 100           | 742.5      | 7.8          | 5.71                           |
| นาแห้ว        | 88.6         | 202          | 88.6         | 11.4        | 25          | 11.4        | 100           | 759.8      | 7.17         | 6.36                           |
| เขาค้อ        | 90.6         | 215.2        | 90.6         | 9.4         | 27.2        | 9.4         | 100           | 733.2      | 13.97        | 3.15                           |
| <b>เฉลี่ย</b> | <b>90.05</b> | <b>211.4</b> | <b>90.05</b> | <b>9.95</b> | <b>24.8</b> | <b>9.95</b> | <b>100</b>    | <b>749</b> | <b>10.02</b> | <b>4.49</b>                    |

เนื่องจากในการทดสอบเปรียบเทียบที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์(เขาค้อ) ไม่มีการทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องกะเทาะด้วยค้อนและเครื่องบีบ โดยทำการทดสอบเครื่องแบบกระแทกในลักษณะการสาธิตการใช้งานของเครื่องกะเทาะเพียงเครื่องเดียว ได้ดำเนินการทดสอบเครื่องแบบใช้แรงกระแทกเปรียบเทียบการทำงานกับการกะเทาะอีก 2 แบบ คือ ค้อนและเครื่องบีบ สรุปค่าเฉลี่ยผลการกะเทาะของเครื่อง 3 แบบ จากการทดลอง 3 พื้นที่ คือ บ้านดอยช้าง อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย สวนภูเรือวโนทยาน อำเภอภูเรือ จังหวัดเลย และ กลุ่มแปรรูปมะคาเดเมีย อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเครื่องแบบใช้เครื่องกะเทาะแบบต่างๆ

| สถานที่       | เนื้อในเต็ม(%) |              |              | เนื้อในแตก(%) |              |              | ความสามารถในการทำงาน (กก./ชม.) |             |             |
|---------------|----------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------------------------|-------------|-------------|
|               | ค้อน           | บีบ          | กระแทก       | ค้อน          | บีบ          | กระแทก       | ค้อน                           | บีบ         | กระแทก      |
| ดอยช้าง       | 68.4           | 69.2         | 89           | 31.6          | 30.8         | 11           | 2.80                           | 3.43        | 5.71        |
| ภูเรือ        | 76.6           | 70.2         | 88.6         | 23.4          | 29.8         | 11.4         | 5.44                           | 4.31        | 6.36        |
| นาแห้ว        | 58.2           | 49.2         | 92           | 41.8          | 50.8         | 8            | 5.81                           | 3.45        | 4.10        |
| <b>เฉลี่ย</b> | <b>67.73</b>   | <b>62.87</b> | <b>89.87</b> | <b>32.27</b>  | <b>37.13</b> | <b>10.13</b> | <b>4.27</b>                    | <b>3.70</b> | <b>5.20</b> |

เพื่อแสดงให้เห็นผลการทดสอบเปรียบเทียบการกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียด้วยเครื่อง 3 แบบ อย่างชัดเจน จึงนำเสนอด้วยกราฟเปรียบเทียบ ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบการกะเทาะด้วยค้อน เครื่องบีบ และเครื่องกระแทก

### สรุปผลการทดลอง

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะมะคาเดเมียแบบใช้แรงงานคน จนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งโครงสร้างของเครื่องกะเทาะมะคาเดเมียระดับเกษตรกร ประกอบด้วย ตัวแทนเครื่อง ใบมีดล่าง ใบมีดบน ประกับค้อนน้ำหนกมีดบน ตุ่มน้ำหนกมีดบน ลูกเลื่อน เพลาส่งกำลัง พวงมาลัย และชุดมือหมุนพวงมาลัย

ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบการกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียกับเครื่องกะเทาะอีก 2 แบบ คือ ค้อน และ เครื่องบีบ

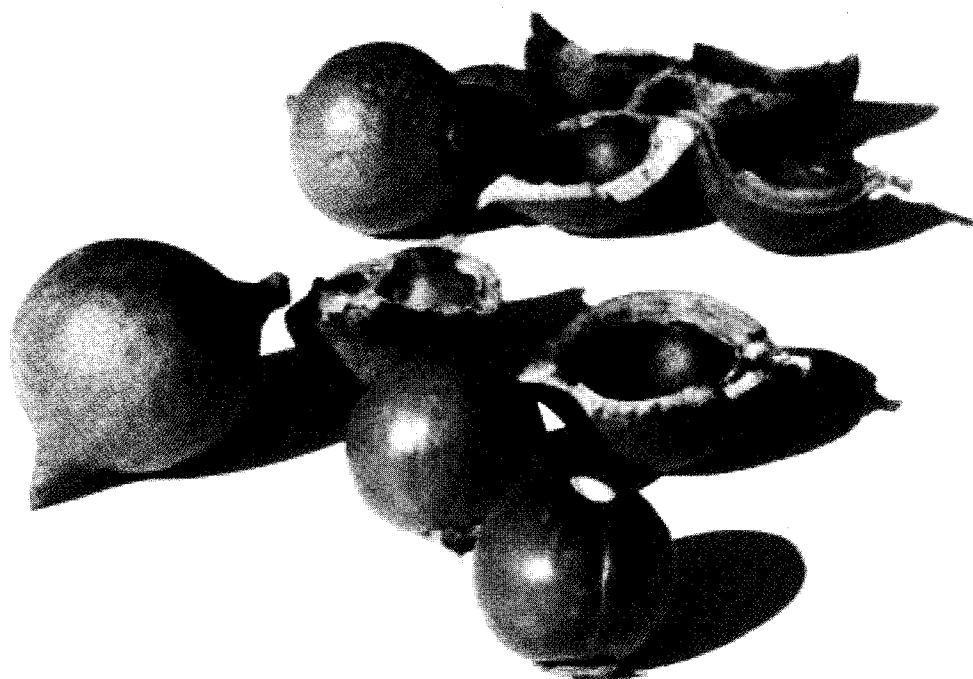
สำหรับการใช้ค้อน กะเทาะได้เนื้อในเต็มเฉลี่ย 67.73 เปอร์เซ็นต์ เนื้อในแตก 32.27 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 4.68 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

สำหรับการใช้เครื่องบีบ กะเทาะได้เนื้อในเต็มเฉลี่ย 62.87 เปอร์เซ็นต์ เนื้อในแตก 37.13 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 3.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

เครื่องกะเทาะที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นเป็นเครื่องแบบใช้แรงกระแทก กะเทาะได้เนื้อในเต็มเฉลี่ย 89.87 เปอร์เซ็นต์ เนื้อในแตก 10.13 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 5.20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่การใช้งาน 2,777 กิโลกรัมต่อปี มีโรงงานผลิตและจำหน่าย 1 ราย จำหน่ายไปแล้ว 10 เครื่อง

## การนำไปใช้ประโยชน์

- มีโรงงานผลิตจำหน่ายแล้ว 1 ราย ผลิตจำหน่ายแล้ว 10 เครื่อง กำลังดำเนินการสร้างจำหน่ายอีก 10 เครื่อง
- ทดลองใช้งานระยะยาวที่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านดอยช้าง อำเภอดอยช้าง จังหวัดเชียงราย และ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์
- เผยแพร่ในวารสาร
  - 1) มติชนบท เทคโนโลยีชาวบ้าน ปีที่ 23 ฉบับที่ 493: 15 ธันวาคม 2553
  - 2) น.ส.พ. กสิกร ปีที่ 84 ฉบับที่ 1: มกราคม-กุมภาพันธ์ 2554



## เอกสารอ้างอิง

- จำรอง ดาวเรือง. 2538. ลักษณะสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของมะคาเดเมียในจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย เชียงใหม่. 172 หน้า
- คำเก็ง ชาลีจันทร์. 2538. มะคาเดเมีย:พืชสู่อุณหภูมิเย็น เอกสารวิชาการที่ 17 สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชา  
การเกษตร. 62 หน้า.
- ศิริบุญ พูลสวัสดิ์. 2552. มะคาเดเมีย:พืชเศรษฐกิจสารพัดประโยชน์. บทความวิทยุกระจายเสียง รายการวันนี้กับ  
วิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 15. สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย ประจำเดือนพฤษภาคม 2552.
- สถาบันวิจัยพืชสวน. 2538. มะคาเดเมีย. เอกสารวิชาการที่ 17. เรื่องมะคาเดเมีย สถาบันวิจัยพืชสวน  
กรมวิชาการเกษตร. หน้า 40-47.
- สถาบันวิจัยพืชสวน. 2541. เอกสารประกอบการสัมมนา แนวทางการวิจัยและพัฒนาการผลิตมะคาเดเมีย ศูนย์วิจัย  
เกษตรหลวงเชียงใหม่ และฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. วันที่ 15  
กันยายน 2541. ณ โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ อำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่. 33 หน้า.
- อุทัย นพคุณวงศ์ จำรอง ดาวเรือง และเหรียญชัย เกิดพงษ์ จันทร์เพ็ญ แสนพรหม และอรุณรัตน์ หวังดีธรรม.  
2542. การศึกษาวิธีการและระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเนื้อในมะคาเดเมีย. รายงานผลงาน  
วิจัยประจำปี 2541-2542 ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.  
333 หน้า