



การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรม

*สนอง อมฤกษ์¹ และ ประพัฒน์ ทองจันทร์¹

¹ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

235 หมู่ 3 ต.แม่เหิยะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

ผู้เขียนติดต่อ: สสนอง อมฤกษ์ E-mail: osanonga@hotmail.com

บทคัดย่อ

เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรม เป็นเครื่องกะเทาะขนาดใหญ่ใช้หลักการบีบอัดและฉีกโดยมีมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง วัตถุประสงค์ของการออกแบบและพัฒนาเพื่อสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียให้สามารถทำงานได้รวดเร็ว ต่อเนื่อง และได้เนื้อในเต็มเมล็ดสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ผู้วิจัยทำการศึกษาระยะเมล็ดมะคาเดเมียและศึกษาหลักการทำงานของเครื่องกะเทาะแบบต่างๆ ก่อนการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรมให้มีชุดคัดขนาดและชุดกะเทาะเมล็ดอยู่ในเครื่องเดียวกัน โดยชุดคัดขนาดประกอบด้วยเพลากลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 เซนติเมตร 2 เพลลา เพลลาเรียบ 1 เพลลา เพลลาเกลียว 1 เพลลา ความยาว 80 เซนติเมตร วางมุมเอียง 3.58 องศา ระยะห่างเพลลา 18-32 เซนติเมตร ทำงานที่ความเร็วรอบ 140 รอบต่อนาที ใช้มอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า ชุดกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียประกอบด้วยใบมีดเคลื่อนที่และใบมีดอยู่กับที่ ใบมีดเคลื่อนที่ จำนวน 42 ชิ้น ติดตั้งบนผิวท้อเหล็กกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร ทำงานที่ความเร็วรอบ 140 รอบต่อนาที โดยใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ผลการทดสอบพบว่า ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 191.87 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้เมล็ดเนื้อในเต็มเฉลี่ย 61.68 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดเนื้อในแตกเฉลี่ย 11.97 เปอร์เซ็นต์กะลา กะเทาะบางส่วนเฉลี่ย 11.64 เปอร์เซ็นต์กะลาไม่ถูกกะเทาะเฉลี่ย 4.99 เปอร์เซ็นต์โดยมีจุดคูกุมทูนอยู่ที่การทำงาน 2,334 กิโลกรัมต่อปี

คำสำคัญ: เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย; มะคาเดเมีย; ชุดคัดขนาด; ชุดกะเทาะเมล็ด

1. บทนำ

มะคาเดเมีย เป็นไม้ผลยืนต้นประเภทไม่ผลัดใบ จัดเป็นพืชเคี้ยวมันหรือ nut มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Macadamia integrifolia* Maiden and Betche อยู่ในวงศ์ Proteaceae ลำต้นสูงตั้งตรง ทรงพุ่มลักษณะคล้ายปิรามิด ใบมีลักษณะเหมือนดอกหูกลับ ใบแก่สีเขียวเข้ม ขอบใบมีหนามเล็กน้อย ผลมะคาเดเมียเป็นลูกกลมๆ ขนาดประมาณ 1 นิ้ว เปลือกนอกสีเขียว เมล็ดสีน้ำตาลเข้มแข็งมาก เมื่อกะเทาะกะลาออกจะเป็นเนื้อในสีขาวนวลอมเหลือง รสชาติอร่อย มัน กรอบ สามารถนำมาบริโภคหรือสกัดน้ำมัน (สถาบันวิจัยพืชสวน,2538) ประเทศที่ผลิตมะคาเดเมียมาก

ที่สุดในขณะนี้ คือ สหรัฐอเมริกา และนิวซีแลนด์ (สถาบันวิจัยพืชสวน,2541)

การแปรรูปมะคาเดเมีย มี 5 ขั้นตอนที่สำคัญ 1. การกะเทาะเปลือกเขียว 2.การอบลดความชื้น 3.การคัดขนาด 4.การกะเทาะกะลา 5.การแยกเนื้อในคัดเกรด ขั้นตอนที่จัดการได้ยากที่สุดคือ การกะเทาะกะลามะคาเดเมีย

2. วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรม

เพื่อทดสอบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรม

เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียมีหลายแบบ แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับอุตสาหกรรมซึ่งใช้ต้นกำลัง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า และระดับเกษตรกรซึ่งใช้แรงคน

เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรมที่ ออกแบบและสร้างขึ้นนี้ เป็นเครื่องกะเทาะกึ่งอัตโนมัติ คือ เมื่อนำเมล็ดมะคาเดเมียป้อนเข้าเครื่องจะมีชุดเกิลยาลำเลียง นำเมล็ดเข้าสู่ชุดคัดขนาดเมล็ดซึ่งติดตั้งอยู่ด้านบนชุด กะเทาะเมล็ด การคัดขนาดเมล็ดมีความสำคัญสำหรับเครื่อง กะเทาะระดับอุตสาหกรรม เพราะจะช่วยให้การกะเทาะได้ เนื้อในเต็มเมล็ดเพิ่มมากขึ้น หลักการออกแบบให้เครื่อง กะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรมมีชุดคัดขนาด เมล็ดติดตั้งในเครื่องเดียวกัน ช่วยให้ทำงานได้ต่อเนื่อง เพิ่ม ความสามารถและประสิทธิภาพในการกะเทาะ ลดขั้นตอน การทำงาน



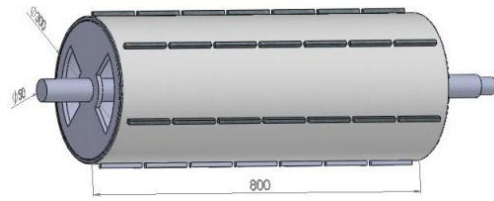
รูปที่ 1 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรม

3. อุปกรณ์และวิธีการ

สำหรับเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับ อุตสาหกรรมที่สร้างขึ้นนี้ ใช้หลักการของการกด (pressing) และเฉือน (shier) กะลา มีโครงสร้างหลัก 2 ส่วน คือ ส่วนชุดกะเทาะเมล็ดและชุดคัดขนาดเมล็ด

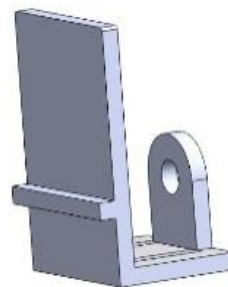
ชุดกะเทาะเมล็ด ประกอบด้วย

1. ชุดใบมีดเคลื่อนที่ ประกอบด้วยใบมีดสำหรับ กะเทาะ จำนวน 42 ชิ้น ทำจากเหล็กคาร์บอนสูง ขนาดหน้า ตัด 1×1 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร ติดตั้งอยู่บนผิวท่อ เหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร หนา 9 มิลลิเมตร แกนกลางเป็นเหล็กเพลาดัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร มีแผ่นเหล็กกลมปิด 2 ด้าน ภายในหล่อปูนซีเมนต์เพิ่มน้ำหนักเหวี่ยงและลดเสียงดังขณะ ใบมีดกระทบกะลามะคาเดเมีย



รูปที่ 2 ชุดใบมีดติดตั้งบนดรัมหมุน (rotor) ด้วยความเร็วรอบ 140 รอบต่อนาที

2. ชุดใบมีดอยู่กับที่ ใบมีดเป็นเหล็กคาร์บอนสูง ขนาด 1×1 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร เชื่อมติดกับ โครงสร้างเป็นเหล็กฉากรูปตัว L หนา 1 เซนติเมตร สูง



รูปที่ 3 ชุดใบมีดอยู่กับที่ติดตั้งกับเหล็กฉากยึดกับโครงเครื่อง 7 ช่อง รับเมล็ดตกจากชุดคัด

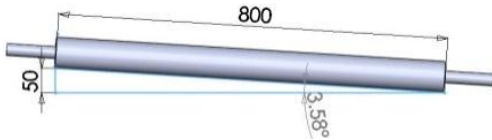
3. ชุดต้นกำลังขับเคลื่อน เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 2 แรงม้า 1,400 รอบต่อนาที ขับผ่านชุดทดรอบที่อัตราทด 1 ต่อ 10 รอบ ขับเพลาดรับชุดใบมีดเคลื่อนที่ที่ความเร็วรอบ 140 รอบต่อนาที



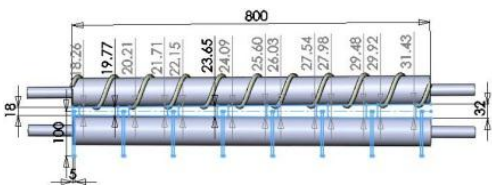
รูปที่ 4 มอเตอร์ต้นกำลัง ขนาด 2 แรงม้า 1,400 รอบต่อนาที ผ่าน ชุดทดรอบ 1:10

ชุดคัดขนาดเมล็ด ใช้หลักการคัดด้วยแรงดึงดูด (gravity separaty) ชุดคัดทำด้วยเหล็กเพลากลม ขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง 6.35 เซนติเมตร 2 เฟลา เฟลาเรียบ 1 เฟลา เฟลาเกลียว 1 เฟลา ความยาว 80 เซนติเมตร วางมุมเอียง 3.5 องศา ระยะห่างเฟลา 18-32 เซนติเมตร (ภาพที่ 5 6

และ 7) โดยชุดคัตขนาดแบ่งช่องคัตเกรดออกเป็น 7 ช่องด้วยกัน โดยช่องที่ 1 มีระยะห่างระหว่างลูกคัตขนาดทั้งสองเฉลี่ย 19.02 มม. ช่องที่ 2 3 4 5 6 และ 7 มีระยะห่างระหว่างลูกคัตขนาดทั้งสองเฉลี่ย 20.96 22.90 24.85 26.79 28.73 และ 30.68 มม. ตามลำดับ



รูปที่ 5 เพลาคัตขนาดวางมุมยกด้านป้อนเมล็ดมะคาเดเมีย 5 ซม. หรือ 3.58 องศา



รูปที่ 6 ระยะห่างระหว่างเพลารียบและเพลากลิ้ว ดัน 18 ซม.ท้าย 32 ซม.



รูปที่ 7 เครื่องคัตขนาดติดตั้งบนเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย



รูปที่ 8 เมล็ดมะคาเดเมียเมื่อผ่านการคัตขนาดตกลงมาแต่ละช่องจะถูกกะเทาะทันที



รูปที่ 9 แสดงช่องตกลเมล็ดและใบมีดกะเทาะเมล็ด

ทดสอบเบื้องต้น ทำการทดสอบการกะเทาะที่ความเร็วรอบ 120 130 140 150 และ 160 รอบต่อนาที ขนาด คละ ทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 50 เมล็ด บันทึกข้อมูลความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์เนื้อในเต็มเมล็ด การทดสอบความเร็วรอบ ชุดคัตขนาด ที่ 80 90 100 110 และ 120 รอบต่อนาที เมล็ดคละขนาด ทดลอง 5 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด บันทึกข้อมูลความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยความไม่แตกต่างกันทางสถิติ จึงกำหนดให้เป็นความเร็วรอบการทำงานของเครื่องจากนั้นนำไปทดสอบในพื้นที่โดยทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวง ต.หนองควาย อ.หางดง จ.เชียงใหม่ ได้บันทึกข้อมูลความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์เนื้อในเต็มเมล็ด เปอร์เซ็นต์เนื้อในแตก เปอร์เซ็นต์กะเทาะบางส่วน และ เปอร์เซ็นต์เมล็ดไม่ถูกกะเทาะ ใช้ความเร็วรอบที่ 140 รอบ/นาที โดยทำการทดสอบ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1,000 กรัม

4. ผลและวิจารณ์

เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรมเป็นเครื่องต้นแบบที่พัฒนาหลักการทำงานจากเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียของโรงงานแปรรูปมะคาเดเมียโครงการพระราชดำริดอยตุง ซึ่งนำเครื่องมาจากประเทศออสเตรเลีย ในการทดสอบเบื้องต้น ได้ทำการทดสอบการกะเทาะที่ความเร็วรอบ 120 130 140 150 และ 160 รอบต่อนาที พบว่าการทำงานของชุดกะเทาะที่ความเร็วรอบ 140 รอบต่อนาที จะได้เม็ดเนื้อในเต็มสูงสุด 49.33 ± 6.11 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเบื้องต้นการกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียที่ความเร็วรอบต่างกัน

ความเร็วรอบ (rpm)	เมล็ดเต็ม (%)	เมล็ดแตก (%)	กะเทาะบางส่วน (%)	ไม่ถูกกะเทาะ (%)
120	46.00±3.46	35.33±8.08	10.00±2.00	8.67±5.03
130	45.33±6.11	35.00±13.12	9.33±1.54	10.33±8.08
140	49.33±6.11	35.33±5.03	9.33±5.03	6.00±2.00
150	43.34±9.02	40.66±7.02	6.00±2.00	10.00±4.00
160	30.00±4.00	48.67±9.45	12.00±2.00	2.66±4.61

การทดสอบเบื้องต้นทำโดยการหยอดเมล็ดด้วยคนลงในช่องกะเทาะของชุดกะเทาะ เมล็ดคละขนาด ทำทีละ

ช่อง 7 ช่อง ที่ความเร็วรอบ 120 130 140 150 และ 160 รอบต่อนาที พบว่า ที่ความเร็วรอบ 140 รอบต่อนาที ได้เนื้อในเต็มเมล็ด 49.33 เปอร์เซ็นต์ สูงที่สุด จึงกำหนดให้เป็นความเร็วรอบที่จะใช้ในการทดสอบครั้งต่อไป

นอกจากเรื่องการเตรียมเมล็ดที่เหมาะสมแล้ว ในการกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การป้อนเมล็ดเข้าไปยังชุดกะเทาะเมล็ด สำหรับเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรมนี้ กำหนดให้มีชุดคัดขนาดเมล็ดก่อนการกะเทาะเมล็ด ชุดคัดขนาดถูกสร้างและติดตั้งอยู่บนชุดกะเทาะเมล็ด โดยเมล็ดจะถูกลำเลียงจากชุดป้อนเมล็ดขึ้นไปยังชุดคัดขนาดในรางคัดขนาด รายละเอียดการทดสอบชุดคัดขนาด แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ทดสอบการคัดขนาดที่ความเร็ว 5 ระดับ ทำ 5 ซ้ำ ช่องแยกขนาด 7 ขนาด

ช่องที่	ความเร็วเพลาคัดขนาด (รอบ/นาที)					เฉลี่ย (%)
	80	90	100	110	120	
1	80.2	82.4	82.0	80.8	80.2	81.1
2	85.0	92.6	89.2	89.2	84.2	88.0
3	88.4	89.6	90.4	89.0	89.4	89.4
4	89.4	88.0	85.2	91.4	91.0	89.0
5	85.2	86.8	81.8	86.0	89.4	85.8
6	83.4	83.6	81.2	87.6	88.4	84.8
7	98.4	98.8	98.4	98.4	98.4	98.5
เฉลี่ย (%)	87.14	88.83	86.89	88.91	88.71	88.10

ผลการทดสอบ พบว่าความสามารถในการคัดทั้ง 7 ช่อง ใน 5 ความเร็วรอบ คือ 80 90 100 110 และ 120 รอบต่อนาที ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 88.10 เปอร์เซ็นต์ จึงกำหนดให้ชุดคัดขนาดใช้ความเร็วในการทำงานที่ 120 รอบต่อนาที ในการทดสอบครั้งต่อไป ที่ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 190 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

จากผลการทดสอบเบื้องต้น จึงได้กำหนดให้ทำการทดสอบซ้ำอีก 2 ครั้ง ๆ ละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 กิโลกรัม รวม 10 ซ้ำ โดยใช้เมล็ดคละขนาด ความเร็วรอบชุดกะเทาะ 140 รอบต่อนาที ความเร็วชุดคัดขนาด 120 รอบต่อนาที รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรม 10 ซ้ำ ๆ ละ 1,000 กรัม

ครั้งที่	เนื้อเต็มเมล็ด (%)	เมล็ดแตก (%)	กะเทาะบางส่วน (%)	ไม่ถูกกะเทาะ (%)	ความสามารถในการทำงาน กก./ชม.
1	72.22	11.86	13.89	3.70	155.37
2	53.85	14.65	6.84	1.71	179.46
3	55.34	12.22	13.59	7.77	208.70
4	59.41	11.53	9.90	5.94	198.46
5	64.36	6.93	20.79	1.98	209.42
6	69.17	12.37	10.83	5.83	171.35
7	58.52	13.42	12.59	3.70	198.35
8	62.14	14.47	7.14	6.43	189.17
9	59.85	11.34	6.57	8.03	208.82
10	61.90	10.91	14.29	4.76	199.56
เฉลี่ย (%)	61.68±5.72	11.97±2.19	11.64±4.39	4.99±2.21	191.87±18.07

จากตารางผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรม ได้ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดเนื้อในเต็มเฉลี่ย 61.68±5.72 % เมล็ดแตก 11.97±2.19 % กะเทาะบางส่วน 11.64±4.39 % ไม่ถูกกะเทาะ 4.99±2.21 % และมีความสามารถในการทำงาน 191.87±18.07 กก./ชม.



รูปที่ 10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลการทดสอบ

5. สรุปผลการทดสอบ

เครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียระดับอุตสาหกรรม มีชุดคัดขนาดและกะเทาะเมล็ดอยู่ในเครื่องเดียวกัน ชุดคัดขนาดประกอบด้วยเพลากลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 เซนติเมตร 2 เพลลา เพลลาเรียบ 1 เพลลา เพลลาเกลียว 1 เพลลา ความยาว 80 เซนติเมตร วางมุมเอียง 3.58 องศา ระยะห่างเพลลา 18-32 เซนติเมตร ทำงานที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ใช้มอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า ชุดกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมียประกอบด้วยใบมีดเคลื่อนที่และใบมีดอยู่กับที่ ใบมีดเคลื่อนที่ จำนวน 42 ชิ้น ติดตั้งบนผิวท้อเหล็กกลมยาว 80 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร หนา 10 มิลลิเมตร ทำงานที่ความเร็วรอบ 140 รอบต่อนาที โดยใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ผลการทดสอบพบว่า ได้เมล็ดเต็มเฉลี่ย 61.68±5.72% เมล็ดแตกเฉลี่ย 11.97±2.19% กะเทาะบางส่วน เฉลี่ย 11.64±4.39% ไม่ถูกกะเทาะเฉลี่ย

4.99±2.21% และมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย
191.87±18.07 กก./ชม.โดยมีจุดค้ำพุนอยู่ที่การทำงาน
2,334 กก./ปี

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนกรมวิชาการเกษตรที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนเมล็ดมะคาเดเมียเพื่อใช้ในการทดสอบ

7. เอกสารอ้างอิง

7.1 บทความจากเอกสารประกอบการประชุม

[1] คำเกิง ชาลีจันทร์ (2538). มะคาเดเมีย:พืชสู่นาคต, เอกสารวิชาการที่ 17 สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, 62 หน้า.

[2] สถาบันวิจัยพืชสวน (2541). เอกสารประกอบ การสัมมนา, แนวทางการวิจัยและพัฒนาการผลิตมะคาเดเมีย, ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่และฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, วันที่ 15 กันยายน 2541, ณ โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่, 33 หน้า. 7.2 เว็บไซต์

[1] ผู้จัดการออนไลน์ (2550). มหิตลแปร “มะคาเดเมีย” เหลือทิ้งเป็นถ่านเพื่อสุขภาพ, <http://www.dek-d.com/board/view.php?id=987878>

[2] Food Focus Thailand (2550). April 2007, หน้า 40-43. http://www.tistr-foodprocess.net/download/should_know/Food Allergen