ME-NETT23 The 23rd Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand

E-AMM-009457

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23
4 – 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่

ผลของลักษณะหัวกดต่อการแตกร้าวของเมล็ดมะคาเดเมีย

The Effect of Compressive Head to Cracking of Macadamia Nut

สัมพันธ์ ไชยเทพ[1], เอกนิติ กล่ำประทุม[1], ธเนศ ไชยชนะ[2]* และ สฤทธิ์พร วิทยผดุง[3]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ 0-5394-2005 โทรสาร 0-5394-2062 อีเมล์ svmpvn@gmail.com
[2]*ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จ.พัทลุง 93110
โทรศัพท์ 0-81-5406768 อีเมล์ Tanatecha@hotmail.com
[3] Food and Agricultural Machinery Laboratory (FAME lab) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

มะคาเดเมียเป็นพืชอุตสาหกรรม ที่มีแนวโน้มที่จะเป็นพืชเศรษฐกิจของไทยต่อไปในอนาคต ซึ่งยังประสบปัญหาในขั้นตอนการกะเทาะกะลาเพื่อเอาเนื้อในออกไปทำการแปรรูป ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับความแข็งแรงของกะลามะคาเดเมีย จึงมีความจำเป็นต่อการพัฒนาเครื่องจักรกล ในกระบวนการแปรรูปมะคาเดเมียต่อไป โครงการนี้แบ่งการดำเนินงานได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของการออกแบบชุดทดสอบ และการทดสอบ โดยการทดสอบจะเป็นการหาขนาดของแรงกดที่กระทำกับกะลามะคาเดเมีย ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 – 25 มิลลิเมตร ความชื้นร้อยละ 3 – 5 (มาตรฐานเปียก) ใช้หัวทดสอบทั้ง 6 แบบได้แก่ หัวทดสอบแบบระนาบ, หัวทดสอบเอียงมีระดับความเอียง 3 แบบ คือมุมเอียง 30°, 45° และ 60° หัวทดสอบแบบลิ่ม 2 แบบคือ ลิ่มมุม 22.5° และ 30° ทดสอบกับเครื่อง Universal Testing Machine ในแนวการวางเมล็ด 2 แนว คือ แนวตามขั้ว และขวางขั้ว เป็นจำนวนชุดละ 15 ตัวอย่าง ผลที่ได้พบว่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย และระยะกดที่แรงกดสูงสุดเฉลี่ยที่ใช้ มีขนาดแตกต่างกัน โดยหัวทดสอบแบบเอียงมุม 30° จะใช้แรงกดน้อยที่สุดที่ 1,270 นิวตัน ลักษณะการวางเมล็ดแบบขวางขั้วจะใช้แรงกดน้อยกว่าการวางในแนวตามขั้ว และหัวทดสอบแบบแบนเรียบจะใช้ระยะกดน้อยที่สุดที่ 1.60 มิลลิเมตร

คำหลัก: มะคาเดเมีย, Universal Testing Machine, การแตกร้าว

Abstract

Macadamia nut is an important crop that has a potential to be a commercial crop in the future. It is still has a problem in the process of extracting a whole kernel from the shell. So investigating about the strength of macadamia nutshell will be an important data to be used for develop cracking machine for industrial process. This research separated in to 2 parts, designing and testing. The testing part is finding the maximum possible compressive force acting on macadamia nutshells that have diameter 20 – 25 mm. and moisture 3 – 5 % (wb.) by 6 combination of compressive heads; i.e. parallel plate head, inclined plain heads with 3 levels of slope at 30°, 45° and 60°, and wedge heads with 2 levels of wedge angle 15° and

22.5°. All compressive heads are attached to Universal Testing Machine. There are 2 positions of compression; the longitudinal axis through the hilum of the seed, while the other is perpendicular to that first plane. Each case used 15 samples of macadamia nut. The results show that the average maximum compressive forces and average compressive extensions at maximum force in each case are difference. The lowest average maximum compressive force produced by parallel 30° slope plain is 1,270 N. Compressive forces that act perpendicular to the hilum axe has lower value than its hilum axe. The minimum compressive extension at maximum force produced by plate head is 1.60 mm.

***Keywords**:* Macadamia, Universal Testing Machine, Cracking

1. บทนำ

มะคาเดเมีย (macadamia) หรือ แมคาเดเมีย เป็นไม้ยืนต้นจำพวก หนึ่งที่อยู่ในวงศ์ Proteaceae โดยมีชื่อสามัญว่า macadamia ชื่อวิทยาศาสตร์คือ Macadamia integrifolia แม้ว่ามะคาเดเมียจะมีลักษณะเหมือนถั่วแต่มันกลับไม่ใช่พืชตระกูลถั่วอย่าง ที่พวกเราคิดเพราะมันไม่ได้อยู่ในวงศ์ Legume แต่ถึงอย่างไรก็ตามมันก็เป็นต้นไม้ประเภทนัทที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมากและมี ราคาสูง ต้นมะคาเดเมียเป็นต้นไม้ที่มีถิ่นกำเนิดส่วนใหญ่มาจาก ออสเตรเลีย ต้นไม้ชนิดนี้จะให้ผลดีก็ต่อเมื่อปลูกบนพื้นที่ค่อนข้างสูงเท่านั้น [1]

พื้นที่ในการปลูกมะคาเดเมียที่เหมาะ สมควรอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 700 เมตรขึ้นไป และควรมีแหล่งน้ำเพียงพอ ทั้งนี้เนื่องจากมะคะเดเมียเป็นพืชที่ต้องการน้ำมาก คือ มีความต้องการน้ำเฉลี่ย 15 ลิตร [2]

มะคาเดเมียเป็นพืชอุตสาหกรรม ที่กรมวิชาการเกษตรนำพันธุ์มาจากสหรัฐอเมริกา และออสเตรเลียเข้ามาปลูกทดลองในประเทศไทย โดยเริ่มมีการปลูกมะคาเดเมียครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2496 [3] พื้นที่ที่เหมาะสำหรับการปลูกมะคาเดเมียในประเทศไทยได้แก่ ในเขตภาคเหนือ [4] ซึ่งมีพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศและ ภูมิอากาศใกล้เคียงกับรัฐฮาวาย มะคาเดเมียสามารถจำหน่ายได้ทั้งเนื้อใน กะลา เนื้อดิบและแปรรูป ทั้งขนส่งสะดวก เก็บได้นาน รอตลาดได้และที่สำคัญมีราคาแพงมาก มีแนวโน้มที่จะเป็นพืชเศรษฐกิจต่อไปในอนาคต

เนื่องจากลักษณะของกะลามะคาเดเมียที่มีความแข็งมาก โดยมีค่าเฉลี่ยของ Young's Modulus ของกะลาประมาณ 5.2 GPa ค่า tensile strength ของกะลา 57 MPa และค่า Poisson's ratio ประมาณ 0.3 ซึ่งเทียบเท่ากับความแข็งของเซรามิก หรือ แก้ว ดังนั้นการกะเทาะกะลาเพื่อเอาเนื้อในออกไปทำการแปรรูปอุตสาหกรรมจึงทำได้ยาก เพราะเทคโนโลยีในการกะเทาะกะลาที่เป็นอยู่ในปัจจุบันมักส่งผลต่อความเสียหายของเนื้อใน ทำให้ราคาขายตกไปอยู่ในเกรดต่ำ

การศึกษาถึง วิธีการกะเทาะ และความแข็งแรงของเมล็ดมะคาเดเมีย จะเป็นข้อมูลสำคัญอย่างหนึ่ง เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องจักรกลในกระบวนการแปรรูปมะคาเดเมีย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงความแข็งแรงของกะลาของเมล็ดมะคาเดเมีย และออกแบบหัวทดสอบแรงกดและแรงเฉือนเพื่อการทดสอบหา หัวทดสอบที่เหมาะสมในการใช้ กะเทาะกะลาเพื่อเอาเนื้อในออกสำหรับการแปรรูปต่อไป

2. วัสดุและวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ

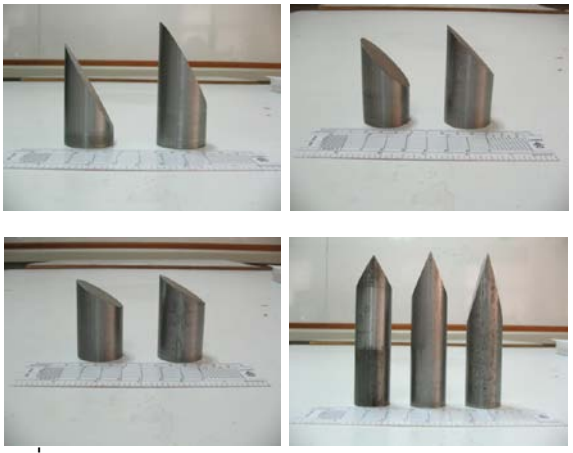
1. *มะคาเดเมีย* ที่ใช้ในการทดสอบ มีน้ำหนักเฉลี่ย 5.73 กรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 22.23 มิลลิเมตร ความชื้น 3.72 % (มาตรฐานเปียก) และ

ความหนาของเปลือกเฉลี่ย 2.84 มิลลิเมตร โดยความหนาของเปลือก วัดจากความหนาของเปลือกที่แกะจากตัวอย่างมะคาเดเมียที่สุ่มจากมะคาเดเมียที่นำมาทดสอบ

2.เครื่องทดสอบ แรงกดเป็นเครื่อง Universal Testing System Model 5566ใช้ความเร็วในการกด 2 มม./นาที

รูปที่ 1 ผลมะคาเดเมีย [5]

3. *ชุดหัวทดสอบ* จำนวน 6 ชุด ได้แก่ หัวทดสอบแรงกดแบบระนาบ หัวทดสอบแรงกดแบบเอียงมุม ทำมุมเอียง 30, 45 และ 60 องศา และหัวทดสอบแรงกดแบบหัวลิ่มมุมทำมุมเอียง 22.5 และ 30 องศา โดยใช้การพิจารณาเลือกรูปแบบหัวกดจากหัวกดที่ใช้กับข้าวเปลือก [6] เนื่องจากชุดอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ได้มีการสร้างและติดตังอย่างสมบูรณ์แล้ว



รูปที่ 2 หัวทดสอบแรงกดแบบเอียงมุม และหัวทดสอบแรงกดแบบหัวลิ่ม

2.2 การทดสอบ

คัดเมล็ดมะคาเดเมียทั้งกะลาสภาพสมบูรณ์ซึ่งผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 5 วัน ไปชั่งน้ำหนัก จำนวน 15 ตัวอย่าง นำเมล็ดมะคาเดเมียที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปวัดขนาดแล้วบันทึกผล

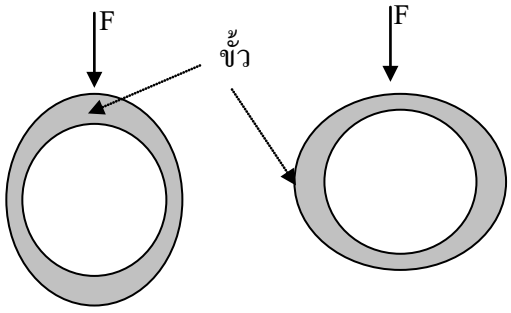
ติดตั้งเครื่องมือทดสอบแรงกดแบบระนาบเข้ากับเครื่อง UTM [7] แล้วนำเมล็ดมะคาเดเมียทีละเมล็ดโดย วางลงในชุดทดสอบ เป็นลักษณะตามแนวของขั้วเมล็ดและวางเมล็ดเป็นการวางในแนวขวางขั้ว กดจนกะลาแตก บันทึกผล ทำการทดลองซ้ำจำนวน 15 ซ้ำ ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ต้น แต่เปลี่ยนชุดหัวทดสอบเป็นชุดอื่น จนครบทั้ง 6 ชุด

3. ผลการลดลอง

การทดลองได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง แรงที่ใช้ในการกด และระยะในการกด จนกระทั้ง เมล็ดมะคาเดเมียแตกออก โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อในของมะคาเดเมีย ที่ลักษณะของหัวทดสอบแบบต่าง ๆ

3.1 การวางเมล็ด

ผลการทดสอบพบว่า การวางเมล็ดแบบขวางขั้ว (แนวแรงกด ตั้งฉากกับแนวขั้ว) จะออกแรงในการทำให้เมล็ดแตก น้อยกว่า การวางแบบตามขั้ว (แนวแรงกด ขนานกับแนวขั้ว) ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของเมล็ดที่จะมีความหนาที่บริเวณขั้วมากกว่าบริเวณกลางของเมล็ด



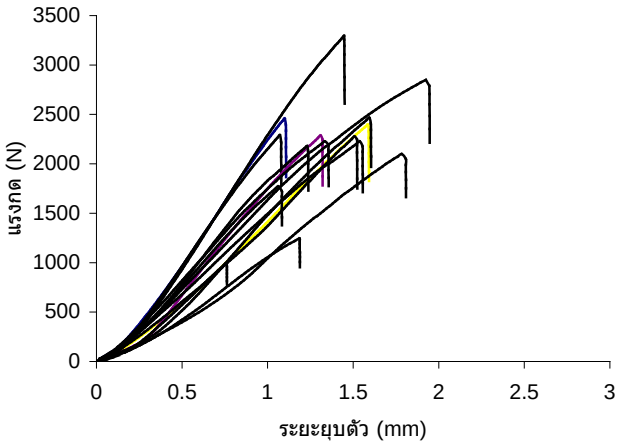
รูปที่ 3 ลักษณะความหนาของเปลือก และการวางของเมล็ด รับแรงกด

3.2 แรงกด

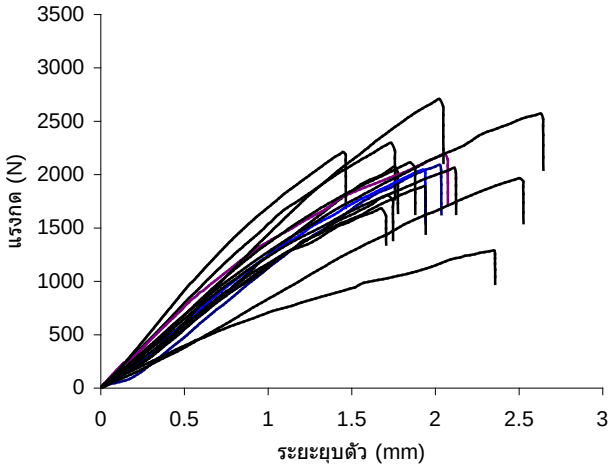
ลักษณะของแรงกดที่เกิดขึ้น พบว่า ที่หัวทดสอบแบบเรียบ แรงกดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะกดสูงขึ้น ในลักษณะเป็นเส้นตรง จนกระทั่งเมล็ดแตก ค่าแรงกดจะลดลงอย่างรวดเร็ว ที่แรงกดสูงสุดประมาณ 2,000 – 3,000 N ดังแสดงในรูปที่ 4

หัวทดสอบแบบมุมเอียง พบว่า แรงกดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการกดสูงขึ้น แต่เมื่อเมล็ดใกล้จะแตก พบว่าแรงกดค่อยๆ ลดลง และค่าแรงกดจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเมล็ดแตกที่แรงกดสูงสุดประมาณ 1,500 – 2,500 N ดังแสดงในรูปที่ 5 และพบว่าเมื่อมุมเอียงมีค่าเพิ่มขึ้น แรงที่ใช้ในการกด จนเมล็ดมะคาเดเมียแตกจะมีค่าสูงขึ้น

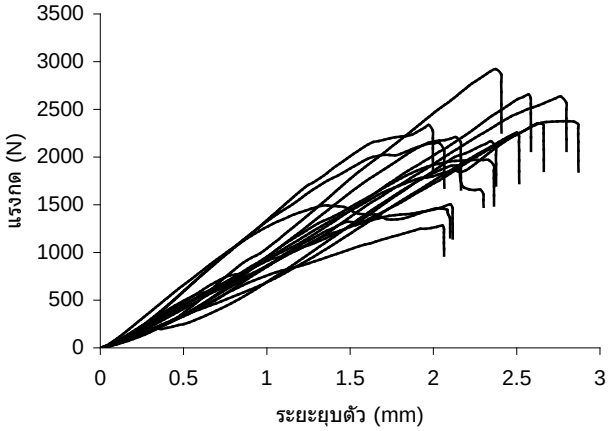
หัวทดสอบแบบลิ่ม พบว่า แรงกดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการกดสูงขึ้น แต่เส้นแรงกดจะเริ่มไม่คงที่ในช่วงของการแตกหัก เนื่องจากลักษณะของการกดของลิ่มที่กดแรงลงไปที่จุดเดียว และเกิดการร้าวของกะลามะคาเดเมีย แรงกดสูงสุดที่เกิดขึ้นอาจจะเกิดที่จุดแตกหักสุดท้าย หรือก่อนการแตกหักก็ได้ดังแสดงในรูปที่ 6 และพบว่า เมื่อวางขวางขั้ว ค่าแรงกดจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อมุมของลิ่มสูงขึ้น และเมื่อวางแบบตามขั้ว ค่าแรงกดจะมีค่าน้อยลงเมื่อ มุมของลิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 4 ลักษณะแรงกดที่ระยะการกดของหัวทดสอบแรงกดแบบเรียบ (วางเมล็ดตามขั้ว)



รูปที่ 5 ลักษณะแรงกดที่ระยะการกดของหัวทดสอบแรงกดแบบเอียง (60 องศา, วางเมล็ดตามขั้ว)



รูปที่ 6 ลักษณะแรงกดที่ระยะการกดของหัวทดสอบแรงกดแบบลิ่ม (22.5 องศา, วางเมล็ดตามขั้ว)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบ

หัวทดสอบ		เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (mm)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	แรงกดสูงสุดเฉลี่ย (N)	ระยะยุบตัว (mm)**
ระนาบ	1	21.46 (0.89)	5.12 (0.74)	2,204 (540)	1.36 (0.30)
	2	21.38 (0.93)	5.03 (0.70)	1,969 (517)	1.60 (0.37)
เอียง 30°	1	22.92 (0.61)	6.09 (0.67)	1,270 (338)	1.42 (0.35)
	2	22.37 (0.48)	5.75 (0.38)	1,245 (425)	2.26 (0.50)
เอียง 45°	1	22.19 (1.01)	5.80 (0.73)	1,663 (238)	1.76 (0.36)
	2	22.69 (0.76)	6.23 (0.60)	1,703 (375)	2.27 (0.30)
เอียง 60°	1	22.85 (0.89)	6.14 (0.76)	2,389 (393)	1.98 (0.32)
	2	22.55 (0.89)	6.09 (0.69)	1,986 (472)	2.30 (0.36)
ลิ่ม	1	23.21 (0.87)	6.49 (0.77)	2,147 (457)	2.27 (0.36)

22.5°	2	22.25 (0.89)	6.15 (0.63)	871 (270)	1.36 (0.54)
ลิ่ม	1	21.20 (0.61)	4.64 (0.59)	1,609 (393)	1.77 (0.40)
30°	2	21.70 (0.98)	5.23 (0.78)	1,008 (430)	1.82 (0.68)

1 วางหัวกดตามแนวขั้ว 2 วางหัวกดขวางแนวขั้ว

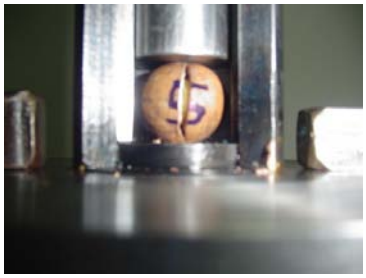
** ระยะยุบตัวที่แรงกดสูงสุด

(..) ค่าส่วนเบี่ยงแบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

จากผลการทดสอบในตารางที่ 1 เห็นว่าค่าแรงกดในกรณีหัวกดแบบระนาบและแบบเอียงค่าแรงในการกดมีค่าใกล้เคียงกันทั้งการกดตามขั้ว และขวางขั้ว โดยการกดตามขั้วจะใช้แรงที่สูงกว่าการกดขวางขั้วเล็กน้อย แต่สำหรับหัวกดแบบลิ่ม การกดตามขั้วต้องใช้แรงกดที่สูงกว่าการกดขวางขั้วค่อนข้างมาก เนื่องจากหัวกดแบบลิ่มเป็นลักษณะแรงกระทำแบบจุด การกดตามขั้วแรงจะกระทำ ณ จุดที่หนาที่สุดของเปลือก ดังนั้นจึงใช้แรงในการกดที่สูงกว่าในกรณีการกดขวางขั้วซึ่งเป็นส่วนที่บางกว่า และในกรณีนี้ยังใช้แรงในการกดน้อยที่สุดด้วยเมื่อเทียบกับการทดสอบทั้งหมด

3.3 ลักษณะการเสียรูปของมะคาเดเมีย

หัวทดสอบแบบเรียบ การกดทั้งในแนวตามขั้วและแนวขวางขั้ว รอยแตกที่เกิดขึ้นจะแตกในแนวดิ่งตามแรงกด โดยในรอยแตกตามขั้วนั้นจะแตกตามแนวตะเข็บ (Suture) ของเมล็ด



รูปที่ 7 ลักษณะการเสียรูปของมะคาเดเมีย

หัวทดสอบแบบเอียง ลักษณะการแตกหักจะใกล้เคียงกับหัวทดสอบแบบระนาบ คือ รอยแตกที่เกิดขึ้นในแนวดิ่งตามแรงกด แต่เมล็ดจะมีการบิดเบี้ยวเนื่องจากแรงเฉือนด้วย โดยในการกดแบบขวางขั้วจะเกิดการบิดเบี้ยวมากกว่าการวางแบบตามขั้ว

หัวทดสอบแบบลิ่มในการกดแบบตามขั้ว การแตกหักจะเป็นไปในลักษณะแยกกะลามะคาเดเมียออกเป็นสองส่วนในแนวตามขั้ว ส่วนการกดแบบขวางขั้ว ส่วนมากการแตกหักจะเป็นลักษณะที่เป็นรอยจิกของลิ่ม และมีรอยร้าวมาตามแนวขวางขั้ว

4 สรุปผลการทดลอง

แรงที่ใช้กดมะคาเดเมียในลักษณะการกดต่างกันจะมีขนาดต่างกันตามรูปแบบของหัว ทดสอบและแนวของการวางเมล็ด โดยหัวทดสอบที่ใช้แรงกดน้อยที่สุดที่ 1,270 นิวตัน คือ หัวทดสอบแบบเอียงมุม 30 ° ส่วนหัวทดสอบแบบเอียงมุม 60 ° ใช้แรงกดมากที่สุดที่ 2,389 นิวตัน แรงกดที่กระทำกับเมล็ดมะคาเดเมียในแนวขวางขั้วจะมีขนาดน้อยกว่าในแนวตามขั้ว เมื่อพิจารณาถึงระยะยุบตัวพบว่าหัวทดสอบแบบระนาบใช้ระยะยุบตัวน้อยที่สุดที่ 1.60 มิลลิเมตร และหัวทดสอบแบบเอียง 60° จะมีระยะยุบตัวมากที่สุดที่ 2.30 มิลลิเมตร

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการ Food and Agricultural Machinery Laboratory (FAME lab) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Power, J., Macadamia Power in a Nutshell, 1982, ISBN 0-9592892-0-8, p. 13. Available online: http://th.wikipedia.org, 2009

[2] ศูนย์บริการวิชาการและฝึกอบรม ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ (สถานีวิทยุมอ.FM 88 MHz), 2543

[3] ศูนย์บริการวิชาการด้านพืช และปัจจัยการผลิต เพชรบูรณ์ 2 อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ 2548

[4] จำรอง ดาวเรือง. 2538. ลักษณะสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยา ของมะคาเดเมียในจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[5] รูปประกอบที่ 1 (2009). Available online: http://www.212cafe.com

[6] ชาย รังสิยากูล และ เมธา ปัถวี. 2544. การทดสอบแรงกดและออกแบบหัวทดสอบแรงเฉือนของข้าว. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[7] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา. 2538. Structural Materials & Testing (คู่มือปฏิบัติการ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ .มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.