

การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบอก

Development of a *Irvingia malayana* Nut Sheller

สมโภชน์ สุดาจันทร์ (*Somposh Sudajan*)*

สมนึก ชุติลป์ (*Somnuk Chusilp*)*

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบอกแบบใช้แรงคนแบบง่าย ๆ และมีประสิทธิภาพในการทำงาน คุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของเมล็ดกระบอกได้ถูกศึกษาเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบอก ซึ่งพบว่าการกะเทาะเมล็ดกระบอกในแนวแกนตั้งและที่ต่ำแห่งง่ายกว่าเมล็ดที่แข็งกระด้าง แต่เมล็ดกระบอกที่หัวจะหักง่ายกว่า เมล็ดกระบอกที่หัวเรียบ สำหรับเมล็ดกระบอกที่หัวเรียบ พบว่า เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบอกแบบใช้แรงกดอัด และแบบใช้แรงกระแทกได้รับการออกแบบและทดสอบเปรียบเทียบกับการใช้มีดผ่าซึ่งเป็นวิธีที่ปฏิบัติโดยเกษตรกร พบว่า เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบอกแบบใช้แรงกดอัด และแบบใช้แรงกระแทก มีแนวโน้มเหมาะสมในการทำงาน ก้าวต่อไป ได้อัตราการกะเทาะและเปอร์เซ็นต์เมล็ดในเต็มสูง เปอร์เซ็นต์เมล็ดผ่าซีกและเมล็ดแตกหักหลายชิ้นต่ำกว่าแบบอื่น ๆ และจากผลการทดสอบภาคสนามสรุปได้ว่าเครื่องกะเทาะกระบอกแบบใช้แรงกดอัด มีอัตราการทำงานสูงกว่าแบบใช้แรงกระแทกและแบบใช้มีดผ่าประมาณ 13 และ 8% ตามลำดับ โดยมีอัตราการกะเทาะเฉลี่ย 315 เมล็ด/ชม. เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของเมล็ดในเต็ม เมล็ดในผ่าซีก และเมล็ดแตกหักหลายชิ้น 85.22, 6.26 และ 8.53% ตามลำดับ

Abstract

The main objective of this study was to develop a simple and efficient, manually operated *Irvingia malayana* nut sheller. The following conclusions were drawn: Certain physical and mechanical properties of *Irvingia malayana* nut, as well as their correlations, were determined for use in the design and development of nut shelling machine. An axial shelling force applied at the tip position was found to be minimal for 20–40 degree knife angle. Three types of *Irvingia malayana* sheller, compressive type, screw type and impact type, were developed for manual operation. The compressive type and impact type shellers were found to be suitable, from laboratory test, due to higher capacity and higher percentage whole kernel. The higher percentage for shelling capacity of 13 and 8 for compressive type as compared to impact type and conventional type shelling with knife, were achieved during field test. The capacity of compressive type sheller was 315 nuts per hour. The percentage for whole kernel, halved kernel and broken kernel were 85.22, 6.26 and 8.53% respectively.

คำสำคัญ: เมล็ดกระบอก เครื่องกะเทาะ

Keywords: *Irvingia malayana* Nut, Sheller

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

กระบวนการเป็นไม้ผลยืนต้นเกิดอยู่ตามป่าไม้ทั่วไป และตามไร่นา ทนความแห้งแล้งได้ดี เป็นไม้เนื้อแข็ง และ มีผลมาก เมล็ดกระบวนการ(รูปที่ 1) มีเปลือกหรือกะลาหนาน และแข็งหุ้ม เมื่อกะเทาะเปลือกชั้นนอกออกจะมีเปลือกชั้นกลางหุ้มเมล็ดเนื้อในอีกชั้นหนึ่ง และเมื่อปอกเปลือกล้วนนี้ออกจะเห็นเนื้อในสีขาวของเมล็ดกระบวนการ เนื้อในดังกล่าวสามารถนำมาทำอาหาร ของขบเคี้ยวได้มีรสชาติ มันอร่อย และยังสามารถนำมาสักดันน้ำมัน ทำสนับเทียนไขได้ด้วย (อำนวย, 2528) จากการสำรวจปริมาณต้นกระบวนการในที่นาของเกษตรกร 116 ครัวเรือน ในบางท้องที่ของ จ.บุรีรัมย์ และ จ.สุรินทร์ พบร่วมมีต้นกระบวนการ 325 ต้น มีผลผลิตเมล็ดกระบวนการทั้งเปลือกรวมประมาณ 30,000-50,000 กก. หรือ ประมาณ 7500-12,500 กก. (เมล็ดใน) คิดเป็นเงินเมื่อขายเมล็ดใน 220,000-370,000 บาท ซึ่งเป็นปริมาณเงินที่เกษตรกรหมู่บ้านนั้นๆ ควรจะได้เมื่อนำเมล็ดกระบวนการมากะเทาะจำหน่าย เกษตรกรไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนปลูกหรือดูแลรักษារเพียงแต่เก็บเมล็ดกระบวนการและนำมายังตลาดที่จะซื้อขายให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากปล่อยทิ้งไว้ก็จะเป็นการสูญเสียเงินเปล่าไม่ได้ป้ออย่างน่าเสียดาย ปัจจุบันเกษตรกรใช้มีดผ่า หรือใช้ค้อนทุบ เพื่อทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดแยกออก การใช้มีดผ่าหรือค้อนทุบต้องกระทำการครั้งเดียวจากเปลือกหุ้มเมล็ดหนาและแข็ง ทำให้เสียเวลาไม่สะดวก และมีโอกาสเกิดอันตรายต่อผู้กะเทาะเองด้วย (สมนึกและสมโภชน์, 2544) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบวนการแบบใช้แรงคนแบบง่าย ๆ ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการใช้งานของเกษตรกร เพื่อก่อให้เกิดอุตสาหกรรมกะเทาะเมล็ดกระบวนการในครัวเรือน กระตุนให้เกษตรกรกะเทาะจำหน่ายและเห็นคุณค่าของพืชท้องถิ่นมากขึ้น

วิธีการศึกษา

1) การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของเมล็ดกระบวนการ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของเมล็ดกระบวนการเพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบวนการ (สมนึก และสมโภชน์, 2545) เมล็ดกระบวนการผิวเรื่อนกระบวนการผิวหยาบ และกระบวนการดอน ที่นำมาทดสอบ มีค่าความชื้นเมล็ดใน(เปลือก)เฉลี่ย 5.44(9.75) 6.11(10.77) และ 7.38(11.56)% w.b. ตามลำดับ วัดความกว้าง ความยาว และความหนามากสุดของเมล็ดกระบวนการทั้งเปลือกและเมล็ดในโดยสุ่มเมล็ดทั้งเปลือก 200 เมล็ด และเมล็ดใน 100 เมล็ดในแต่ละชนิด ของกระบวนการ ความหนาแน่นของเมล็ดกระบวนการวัดโดย ชั่งน้ำหนักของเมล็ดกระบวนการต่อปริมาตรบรรจุ การทดสอบกระทำ 5 ชั้้า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสกิดดี้ของเมล็ดกระบวนการทั้งเปลือกและเมล็ดใน วัดโดยใช้ Friction device โดยวางเมล็ดกระบวนการทั้งเปลือกหรือ เมล็ดในที่ใช้ทดสอบในทิศทางตามและขวางทิศทางการเคลื่อนที่ของเมล็ดกระบวนการนวัสดุ 5 ชนิด ได้แก่ ไม้อัดตามเสียง ไม้อัดขวางเสียง เหล็กแผ่น แผ่นสังกะสี และแผ่นยาง โดยกระทำ 10 ชั้้า ในแต่ละวัสดุที่ใช้วางเมล็ดในแต่ละทิศทางการวางแผนเมล็ด วัดมุมคงสภาพกองเมล็ดกระบวนการทั้งเปลือก และเมล็ดใน การทดสอบกระทำ 10 ชั้้า

2) การศึกษาแรงอัดกะเทาะในแนวแกนและแนวขวางเมล็ดกระบวนการด้วยการอัดแบบ Quasi-static

เมล็ดกระบวนการผิวเรื่อนและกระบวนการดอน ถูกนำมาทดสอบการอัดกะเทาะใน 2 ระนาบหลัก(ให้แรงอัดในแนวแกนของเมล็ดและให้แรงอัดในแนวขวาง เมล็ด, รูปที่ 2) ที่ความเร็วการอัด 4 ระดับ (0.83 2.92 5.00 และ 7.08 มม./วินาที) เพื่อหาแรงอัดสูงสุดที่ทำให้เมล็ดกระบวนการทั้งเปลือกถูกกะเทาะ และศึกษาพฤติกรรมการกะเทาะภายใต้แรงอัดซึ่งสัมพันธ์กับการออกแบบและการพัฒนาการกะเทาะกระบวนการ (สมนึก และสมโภชน์, 2545) การทดสอบการอัดกระทำโดยใช้เครื่อง

LLOYD UNIVERSAL TESTING MACHINE ใช้ LOAD CELL ขนาด 50 กิโลนิวตัน การควบคุมบันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ผลผ่านระบบการทำงานของ MICROSOFT WINDOWS' 95 แรงอัดสูงสุดที่ทำให้ เมล็ดกระบอกถูกกะเทาะ และความสัมพันธ์ระหว่าง แรงอัดและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเมล็ดกระบอก ตั้งแต่เริ่มต้นอัดจนกระทั่งเมล็ดถูกกะเทาะสมบูรณ์ ถูกบันทึก การทดสอบการอัดในแต่ละทรีตเมนต์ (treatment) ใช้เมล็ดกระบอก 20 เมล็ด(ช้า)ต่อชนิดของ เมล็ดกระบอก โดยใช้เมล็ดกระบอกทั้งหมด 320 เมล็ด ซึ่งได้มาโดยการสุ่ม การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้ SPSS For Windows

3) การศึกษาชนิดและมุมใบมีดกะเทาะที่ใช้ ผ่าเมล็ดกระบอกในแนวแกน

ในการศึกษาได้สร้างชุดทดสอบการกะเทาะ เมล็ดกระบอกดังรูปที่ 3 ทดสอบใบมีดตรงและใบมีด โค้งที่มีมุมใบมีด 20 40 60 และ 80 องศา ผ่าเมล็ด กระบอกในแนวแกนและที่ต่ำแน่นป้ายของเมล็ด ตามผลการศึกษาข้อ (2) ใช้ความเร็วในการกะเทาะของ หัวอัด 7.08 มม./วินาที (สมโภชน์และคณะ, 2546) กระบวนการมีความชื้นเมล็ดในและความชื้นเปลือกเฉลี่ย 5.21 และ 8.89% w.b. ตามลำดับ กระบวนการมีความ ชื้นเมล็ดในและความชื้นเปลือกเฉลี่ย 7.27 และ 10.13% w.b. ตามลำดับ ชุดทดสอบนี้มีความกว้าง ยาว และสูง 14.5x14.5x20.5 ซม. สามารถชุดทดสอบ ในตำแหน่งที่เครื่อง LLOYD UNIVERSAL TESTING MACHINE (รุ่น LR 50K) ทำงานได้ วัดผลการศึกษา ด้วยแรงสูงสุดที่ใช้ในการผ่าเมล็ดกระบอก ข้อมูลที่ได้จาก การทดสอบ ใช้โปรแกรม SPSS for Windows ทดสอบ ข้อมูลว่าเป็น Normal distribution หรือไม่โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov Test จากนั้นวิเคราะห์ความ แปรปรวน (ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบ ความแตกต่างค่าเฉลี่ยกลุ่มทดลองโดยใช้ Least Significant Difference (LSD) สุ่มตัวอย่างเมล็ดกระบอก 20 เมล็ดเพื่อใช้ทดสอบในแต่ละชนิดใบมีดและมุมใบมีด

ใช้เมล็ดกระบอกทั้งหมด 320 เมล็ด ซึ่งได้มาโดยการสุ่ม การควบคุม บันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ผลการทำใน ทำนองเดียวกับการศึกษาในข้อ (2)

4) ทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่อง กะเทาะเมล็ดกระบอกที่ออกแบบ

เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบอกที่ได้ออกแบบและ นำมาทดสอบเปรียบเทียบ (สมโภชน์ และสมนึก, 2546) ได้แก่ เครื่องกะเทาะแบบใช้แรงกดอัด แบบ หมุนเกลียวอัด แบบใช้แรงกระแทก และแบบใช้มีดผ่า (รูปที่ 4) เครื่องกะเทาะทั้ง 3 แบบใช้ใบมีดตรงและ มุมใบมีด 20 องศา (จากผลการศึกษาข้อ 3) การทดสอบ ใช้แผนการทดสอบแบบ Latin Square (LS) กำหนดให้ ก ข ค และ ง แทนเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบอกแบบ ใช้แรงกดอัด แบบหมุนเกลียวอัด แบบใช้แรงกระแทก และแบบใช้มีดผ่า ตามลำดับ โดยมีผู้ใช้เครื่องกะเทาะ 4 คน ได้แก่ คนที่ 1 2 3 และ คนที่ 4 การทดสอบ แต่ละเครื่องของผู้ใช้เครื่องกะเทาะจะทำการทำที่เวลาเริ่มต้น 4 เวลา คือ 08:45 11:00 13:15 และ 15:30 น. ก่อนการทดสอบจริงผู้ใช้เครื่องกะเทาะทั้ง 4 คน ได้ฝึก ใช้เครื่องกะเทาะกระบอกแต่ละแบบและมีความชำนาญ ใช้เมล็ดกระgonia 100 เมล็ดต่อการทดสอบในแต่ละครั้ง รวมเมล็ดกระบอกที่ใช้ทดสอบทั้งหมด 1,600 เมล็ด ซึ่งมีความชื้นเมล็ดใน(เปลือก)เฉลี่ยเท่ากับ 4.52 (8.44)% w.b. ค่าเฉลี่ยผลในการทดสอบได้แก่ อัตราการ กะเทาะ (เมล็ด/ชม.) เปอร์เซ็นต์เมล็ดในเต็มเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดในผ่าซีก และเปอร์เซ็นต์เมล็ดในแตกหัก หล่ายชิ้น

5) การทดสอบ และประเมินผลเครื่อง กะเทาะเมล็ดกระบอกภาคสนาม

การทดสอบเครื่องกะเทาะกระบอกภาคสนาม เพื่อหาสมรรถนะการทำงานต้องการทราบความคิดเห็น ของเกษตรกร และเพื่อเลือกเครื่องกะเทาะกระบอก ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานของเกษตรกร การ ทดสอบกระทำใน 3 จังหวัด ได้แก่ อ.นาโพธิ์ และ อ.พุทไธสง จ.บุรีรัมย์ อ.ลำโรงทاب จ.สุรินทร์ และ อ.ห้วยทับทัน จ.ศรีสะเกษ การประเมินผลเชิง

เศรษฐศาสตร์ได้เปรียบเทียบเครื่องกะเทาะกระบวนการแบบใช้แรงกดอัด กับ การใช้มีดผ่า การหาจุดคุ้มทุน (Breakeven point, BEP) และระยะเวลาคืนทุน (Payback period, PBP) กระทำโดยใช้แนวทางการประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์เครื่องกะเทาะถั่วลิสงแบบใช้แรงคน (Chinsuwan et al., 1987)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1) ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกระบวนการเมล็ดกระบวนการ

ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 1 ถึง 3 โดยเมล็ดกระบวนการมีรูปร่างกลมรี คล้ายไข่ แต่แบนกว่า เมล็ดเนื้อในได้จากการกะเทาะเปลือกชั้นนอกสุดออกแล้วแกะเปลือกชั้นกลางโดยให้เกิดความเสียหายต่อเมล็ดเนื้อในน้อยที่สุด ประมาณเปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นกลางหรือเยื่อหุ้มเมล็ดเนื้อใน และเมล็ดเนื้อในโดยเฉลี่ยเท่ากับ 77.4 6.5 และ 16.1 % โดยน้ำหนัก เมล็ดกระบวนการและกระบวนการทั้งเปลือกมีขนาดใกล้เคียงกัน โดยมีความกว้าง ยาว และ หนาเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 24.5-26.3 32.4-35.9 และ 16.1-16.8 มม. และเมล็ดในมีความกว้าง ยาว และ หนาเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14.7-15.7 24.2-27.9 และ 6.6-7.6 มม. ตามลำดับ อัตราส่วนขนาดเมล็ดกระบวนการ L/W มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ L/T และ W/T ของกระบวนการทั้งสามชนิด นั่นแสดงว่า ความกว้าง (W) ของเมล็ดทั้งเปลือกมีความสัมพันธ์สูงกับความยาว (L) ของเมล็ดทั้งเปลือกในขณะที่ความหนาเมล็ดทั้งเปลือก (T) มีขนาดความสัมพันธ์ต่ำกว่า และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเมล็ดในต่อกันว่าความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเมล็ดทั้งเปลือก ยกเว้นอัตราส่วนขนาดเมล็ดใน L/W ของกระบวนการผู้ร่อน สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสัตติ เมล็ดในกระบวนการทั้งสามลักษณะนี้มีอัตราส่วนเฉลี่ยน แผ่นยาง แผ่นเหล็กทดลอง ไม้อัดตามเฉลี่ยน และสังกะสี มีค่าอยู่ระหว่าง 0.48-0.60 0.43-0.60 0.42-0.56 0.42-0.51 และ 0.41-0.49 ตามลำดับ โดยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสัตติเมล็ดในกระบวนการ

มากกว่ากระบวนการ ความหนาแน่นเมล็ดกระบวนการผู้ร่อน ผิวหยาบ และกระบวนการทั้งเปลือกเฉลี่ย 494.9 461.2 และ 490.8 กก./ม³ และความหนาแน่นเมล็ดในเฉลี่ย 386.8 419.2 และ 441.6 กก./ม³ ตามลำดับ มุ่งลงสภาพกองเมล็ดกระบวนการผู้ร่อน ผิวหยาบ และกระบวนการทั้งเปลือกเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 53.2- 54.5° ส่วนมุ่งลงสภาพกองเมล็ดในมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 27.2-29.8° ข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพดังกล่าวชี้ ต้นสามารถนำมาริบบิจารณากำหนดรูปร่างและตำแหน่งฐานการวางเมล็ด ระยะห่างระหว่างชุดใบมีดกะเทาะกับฐานการวางเมล็ด ขนาดและรูปร่างใบมีดกะเทาะได้

2) ผลการศึกษาแรงอัดกะเทาะในแนวแกนและแนววางเมล็ดกระบวนการ

ผลการศึกษาพบว่าการอัดเมล็ดกระบวนการในแนวแกนและในแนววางใช้แรงอัดกะเทาะสูงสุดแตกต่างกันทางสถิติ แต่ความเร็วในการอัดกะเทาะในช่วง 0.83 ถึง 7.08 มม./วินาที ใช้แรงอัดกะเทาะสูงสุดใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) แรงอัดสูงสุดที่ใช้กะเทาะกระบวนการในแนวแกนและแนววางของเมล็ดมีค่า 1499 และ 2912 นิวตัน ตามลำดับ (รูปที่ 5 ก และตารางที่ 4) โดยมีแรงอัดสูงสุดเฉลี่ยในแนวแกนและแนววางของเมล็ด 1158 และ 1528 นิวตัน ตามลำดับ แรงอัดสูงสุดเฉลี่ยตามแนวแกนต่ำกว่าการอัดกะเทาะตามแนววางประมาณ 32% สาเหตุเพราะการอัดกะเทาะในแนววางหรือในแนววางความกว้างของเมล็ดมีแรงต้านทานมากกว่าเนื่องจากความแข็งของเปลือก ซึ่งเปลือกเมล็ดด้านนี้มีความหนาและมีพื้นที่รับแรงมากกว่า นอกจากนี้ด้านปลายเมล็ดซึ่งอยู่ในแนวแกนหรือในแนววางยาวของเมล็ดยังมีเปลือกบางกว่ามาก มีแนวร่องผ่าที่ปลายเมล็ด และมีระยะระหว่างปลายเมล็ดทั้งเปลือกกับเมล็ดในแคนสูด ทำให้การกะเทาะเปลือกด้านนี้ง่ายกว่า ส่วนผลการกะเทาะเมล็ดกระบวนการ (รูปที่ 5 ข และตารางที่ 5) พบว่า การอัดเมล็ดกระบวนการในแนวแกนและในแนววางใช้แรงอัดกะเทาะสูงสุดใกล้เคียงกันและความเร็วในการอัดกะเทาะในช่วง 0.83 ถึง 7.08 มม./วินาที ใช้แรงอัดกะเทาะสูงสุดไม่ต่างกันเช่นกัน

($P>0.05$) โดยมีค่าแรงอัดสูงสุดเฉลี่ยในแนวแกนอยู่ในช่วง 1304-1421 นิวตัน เมื่อใช้ความเร็วในการอัดกระแทกในช่วงเดียวกันกับการกระแทกระบบกานผู้ร่อนซึ่งค่าแรงอัดดังกล่าวน้อยกว่าแรงที่ใช้อัดกระแทกระบบกาน ระยะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเมล็ดกระบทั้งแต่เริ่มต้นอัดกระแทกจนกระทั่งเปลือกเมล็ดกระบกนาและกระบกدونแตกอยู่ในช่วง 1.5-3.5 และ 1.0-2.0 มม. ตามลำดับ และเปลือกกระบกจะเริ่มแตกที่ตำแหน่งปลายของเมล็ดดังนั้นการกระแทกเปลือกเมล็ดกระบกควรกระทำในแนวแกนและที่ตำแหน่งปลายของเมล็ด

3) การศึกษาชนิดและมุ่ง在里面找寻导致事件发生的原因

ผลการศึกษา(ตารางที่ 6 และ 7) แสดงให้เห็นว่า การกะเทาะกระบวนการด้วยใบมีดตรงหรือใบมีดโค้งสามารถลดแรงอัดกะเทาะได้ การกะเทาะกระบวนการด้วยใบมีดตรงและใบมีดโค้งใช้แรงกะเทาะใกล้เคียงกัน และมุ่งใบมีดกะเทาะต่างกันใช้แรงกะเทาะแตกต่างกันทางสถิติทั้งกระบวนการและกระบวนการ โดยที่ใบมีดตรงจะใช้แรงกะเทาะเมล็ดกระบวนการน้อยกว่าการกะเทาะด้วยใบมีดโค้งและการนำเมล็ดกระบวนการเข้าและออกจากตัวแห่งร่วงกะเทาะจะสอดคล้องกัน ไม่ติดขัดของใบมีดเหมือนการกะเทาะด้วยใบมีดโค้ง มุ่งใบมีดที่หมายรวมอยู่ระหว่าง $20-40^{\circ}$ โดยมีแรงอัดสูงสุดเฉลี่ยที่ใช้ผ่าเมล็ดกระบวนการและกระบวนการอยู่ในช่วง 244-341 และ 198-356 นิวตัน ตามลำดับ ความล้มพ้นอิฐระหว่างมุ่งใบมีดกะเทาะ (θ) กับแรงที่ใช้กะเทาะเมล็ดกระบวนการ (F) เป็นเส้นตรงโดยมีสมการทั่วไปดังสมการที่ (1)

$$F = 75.61 + 7.135\theta ; (R^2 = 0.95) \quad \dots\dots\dots(1)$$

4) ผลการทดสอบเบรี่ยบสมรรถนะเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

ผลการทดสอบพบว่าเครื่องกำกับกระเบกแบบใช้แรงกดอัด แบบหมุนเกลียวอัด แบบใช้แรงกระแทก และแบบใช้มีดผ่ามีผลต่ออัตราการกระเบก เปอร์เซ็นต์เมล็ดในเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดในผ้าซีก และ

เปอร์เซ็นต์เมล็ดในแทกหักหลายชั้น (ตารางที่ 8) ส่วนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าซึ่งผลต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เครื่องกะเทาะแบบใช้แรงกดอัดให้อัตราการกะเทาะสูงสุด รองลงมาเป็นการใช้มีดผ่า และเครื่องกะเทาะแบบใช้แรงกระแทก เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบวนการใช้แรงกดอัดให้สมรรถนะในการทำงานสูงสุด โดยมีอัตราการกะเทาะเฉลี่ย 336 เมล็ด/ชม. เมล็ดในเต็ม 85.54% เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบวนการมีกลไกการทำงานอย่างง่าย ๆ ผู้ใช้เครื่องสามารถเรียนรู้การทำงานได้เร็ว ใช้งานได้สะดวก และมีกลไกช่วยผ่อนแรงในการกดที่ปลายด้ามกด ประมาณ 3 เท่าของการใช้แรงกะเทาะ

5) ผลการทดสอบ และประเมินผลเครื่อง ภาษาเมล็ดกระบวนการคิด

ผลการทดสอบภาคสนาม (ตารางที่ 10) แสดงให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์เมล็ดในเติม เมล็ดผ้าชีก และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก hairy chinn ของการกระเทาะด้วยเครื่องกระเทาะแบบใช้แรงกดอัด และแบบใช้แรงกระแทก มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนความสามารถในการกระเทาะนั้น เครื่องกระเทาะแบบใช้แรงกดอัด มีอัตราการกระเทาะ (293 เมล็ด/ชม.) มากกว่าแบบใช้แรงกระแทก (260 เมล็ด/ชม.) ประมาณ 13% สาเหตุ เพราะไม่ต้องเสียเวลา ประกอบใบมีดให้อยู่ในแนวร่องผ่าเหมือนกับเครื่องกระเทาะแบบใช้แรงกระแทก การกระเทาะด้วยเครื่องกระแทกใช้แรงกระแทกอาจต้องกระแทกมากกว่า 1 ครั้ง ทำให้เสียเวลาผ่าเมล็ดกระบกเพิ่มขึ้นและต้องใช้แรงมากกว่า ส่วนการกระเทาะด้วยการใช้มีดผ้าพบว่า การใช้มีดผ้าทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก hairy chinn สูงและมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในเติมน้อย (ตารางที่ 11)

รูปที่ 6 แสดงเครื่องกะเทาเมล็ดกระบวนการที่ออกแบบขั้นสุดท้ายขณะเกษตรกรใช้งานที่ อ. นาโพธิ์ และ อ.พุทไธสง จ. บุรีรัมย์ ผลการทดสอบพบว่า เครื่องกะเทากระบวนการแบบใช้แรงกดอัด มีอัตราการกะเทาอยู่ระหว่าง 312-318 เมล็ด/ซม. ปริมาณเมล็ดในเต็ม เมล็ดผ้าเชือก และเมล็ดแตกหักหลายชิ้นอยู่ระหว่าง

83.42-87.01 5.17-7.35 และ 7.82-9.23% ตามลำดับ เมื่อราคามีลักษณะทั่วไปลือก 1.0 บาท/กก. เครื่องกะเทาะกระบวนการ (ราคา 300 บาท) มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 7.6 กก./ปี และสามารถคืนทุนภายใน 20 วัน จากผลการทดลองสอนภาคสนามเกษตรกรแสดงความพอใจกับผลการทำงานของเครื่องกะเทาะแบบใช้แรงกดอัดเป็นอย่างมาก ดังนั้นอุตสาหกรรมการกะเทาะเมล็ดกระบวนการในครัวเรือนด้วยการใช้เครื่องกะเทาะเพื่อกะเทาะจำหน่ายสามารถกระทำได้เนื่องจากการลงทุนต่ำ มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว และมีปริมาณเมล็ดกระบวนการมากพอ อย่างไรก็ตามการกะเทาะด้วยการใช้มีดผ่า ก็ยังคงสามารถใช้ควบคู่ไปกับการใช้เครื่องกะเทาะกระบวนการแต่ควรใช้อย่างระมัดระวังมากขึ้นเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ

สรุปผล

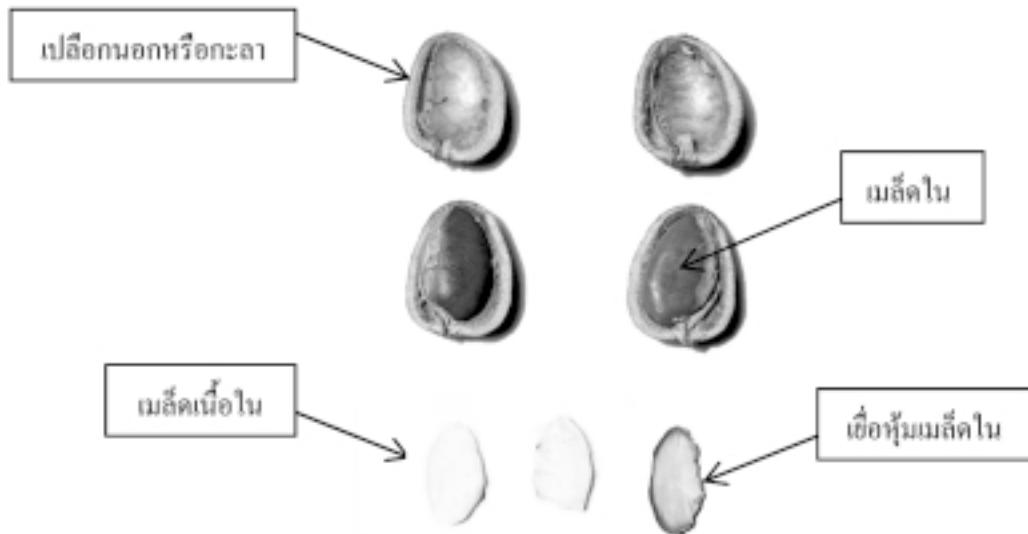
เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบวนการแบบใช้แรงกดอัดที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาให้ผ่าเมล็ดกระบวนการในแนวแกนที่ตำแหน่งปลายเมล็ดและใช้มุนใบมีดตรง 20° มีอัตราการกะเทาะเฉลี่ย 315 เมล็ด/ชม. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในเต็ม เมล็ดในผ่าซีก และเมล็ดแตกหักหลายชิ้นเฉลี่ย 85.22 6.26 และ 8.53% ตามลำดับ เครื่องกะเทาะแบบใช้แรงกดอัด มีอัตราการทำงานสูงกว่าแบบใช้แรงกระแทก และแบบใช้มีดผ่าประมาณ 13 และ 8% ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในเต็มมากกว่า นอกจากนี้ยังออกแรงกะเทาะน้อยกว่าด้วยการทำให้ทำงานระยะยาวได้

กิตติกรรมประกาศ

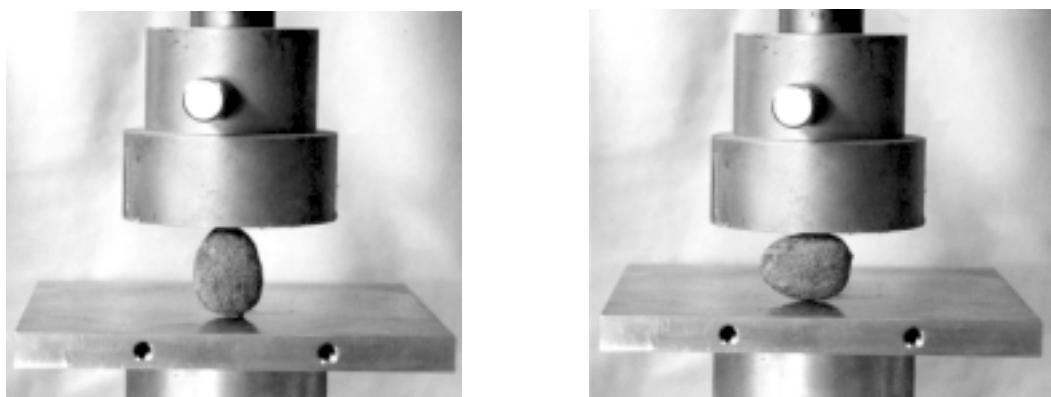
ผู้จัดขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยประ掏อุดหนุนทั่วไปปีงบประมาณ 2543 ในการดำเนินงานโครงการนี้

เอกสารอ้างอิง

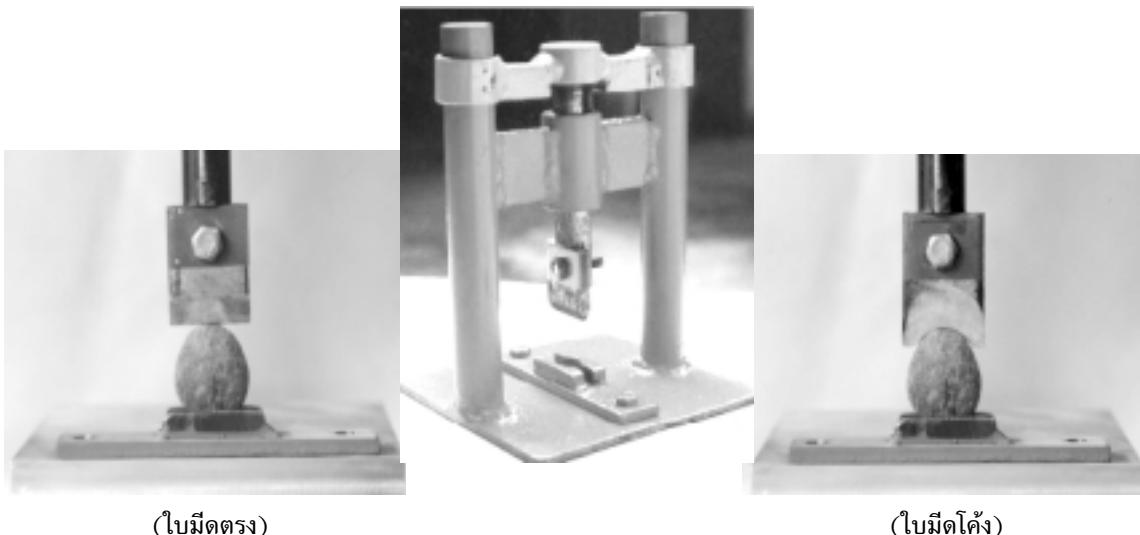
- สมโภชน์ สุชาจันทร์ และสมนึก ชูคลีป. 2546x. การทดสอบเบรียบเทียบสมรรถนะเครื่องกะเทาะกระบวนการ. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2546.
- สมโภชน์ สุชาจันทร์ และสมนึก ชูคลีป. 2546g. ผลของชนิดและมุนใบมีดที่มีต่อแรงที่ใช้กะเทาะเมล็ดกระบวนการในแนวแกน. การประชุมวิชาการประจำปี 2546 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ณ เค ยู ไฮท์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 13-14 มีนาคม 2546, กรุงเทพฯ.
- สมนึก ชูคลีป และสมโภชน์ สุชาจันทร์. 2545. พฤติกรรมทางกลเมล็ดกระบวนการภายใต้แรงอัด. วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 29 ฉบับที่ 1-2 (13-25) เดือนมกราคม-มิถุนายน 2545.
- สมนึก ชูคลีป และ สมโภชน์ สุชาจันทร์. 2544x. คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกระบวนการ. การประชุมวิชาการประจำปี 2544 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ณ โรงแรมเจริญโภติน, 25-26 มกราคม 2544, ขอนแก่น.
- สมนึก ชูคลีป และสมโภชน์ สุชาจันทร์. 2544g. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบวนการ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. จำนวน คานนิช. 2528. ชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมกับงานวนค่าสตร์ชุมชน. หนังสือวนค่าสตร์ชุมชน. Chinsuwan, W., Wongpichet, S., Sudajan, S., Hengnirun, S. and W. Suphabenjakul. 1987. Final Report: Groundnut Shellers/Strippers Project. A Report Submitted to the International Development Research Centre (IDRC). January 1987.



รูปที่ 1 เมล็ดกระบอกและส่วนประกอบ



รูปที่ 2 การอัดเมล็ดกระบอกในแนวแกนเมล็ด (ซ้าย) และการอัดในแนวขวางเมล็ด (ขวา)



(ใบมีดตรง)

(ใบมีดโค้ง)

รูปที่ 3 ชุดทดสอบการกะเทาะเมล็ดกระบวนการ



(ก)



(ข)

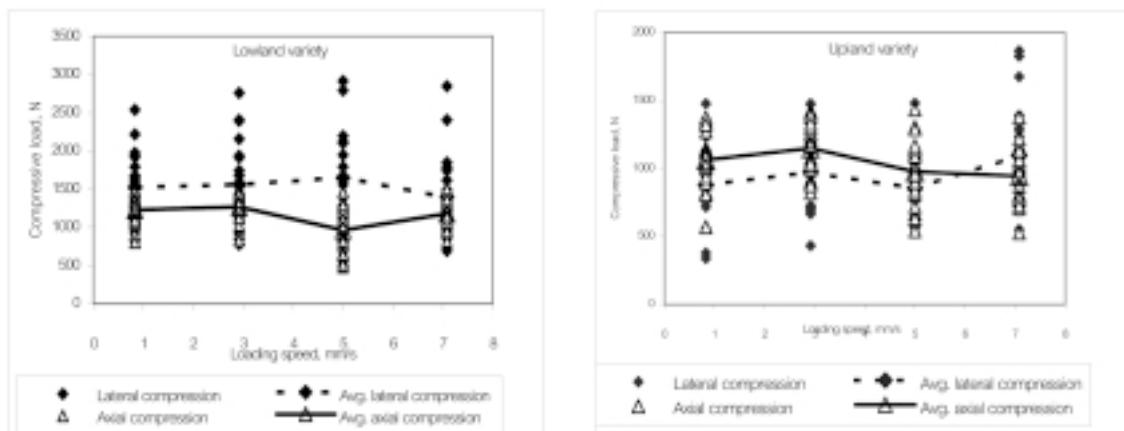


(ค)



(ง)

รูปที่ 4 การกะเทาะกระบวนการโดยใช้เครื่องงำนแบบใช้แรงกดอัด (ก) แบบหมุนเกลียวอัด (ข)
แบบใช้แรงกระแทก(ค) และแบบใช้มีดผ่าเมล็ด (ง)



รูปที่ 5 แรงอัดสูงสุดที่ทำให้เปลือกเมล็ดกระบอกถูกกระแทกเมื่ออัดในแนวแกน(Axial compression)
และอัดในแนวขวาง (Lateral compression)



รูปที่ 6 เกษตรกรใช้เครื่องกลึงเทาเมล็ดกระบอกที่ อ. นาโพธิ์ จ. บุรีรัมย์

ตารางที่ 1 ขนาดเมล็ดกระบวนการและกระบวนการดอน

ลักษณะเมล็ด กระบวนการ	ขนาด	เมล็ดกระบวนการทั้งเปลือก (มม.)					เมล็ดใน (มม.)				
		Max	Min	Mean	SD	CV(%)	Max	Min	Mean	SD	CV(%)
กระบวนการพิวร้อน	กว้าง	34.15	20.35	26.29	1.90	7.23	19.10	12.02	15.65	1.92	12.27
	ยาว	43.05	29.45	35.85	2.55	7.11	32.18	19.89	25.45	3.11	12.22
	หนา	21.50	13.15	16.76	1.08	6.44	8.54	4.76	6.79	0.74	10.90
กระบวนการพิวหายาบ	กว้าง	34.70	19.35	24.47	3.27	13.36	19.77	8.73	14.66	2.05	13.98
	ยาว	51.35	27.05	35.94	5.35	14.89	32.65	20.23	27.93	2.85	10.20
	หนา	23.20	12.35	16.24	2.43	14.96	10.21	4.68	7.55	1.07	14.17
กระบวนการดอน	กว้าง	35.15	20.3	25.94	3.48	13.42	19.91	9.23	14.97	2.37	15.83
	ยาว	41.90	27.05	32.42	2.82	8.70	29.92	15.56	24.16	2.46	10.18
	หนา	25.75	13.10	16.14	1.31	8.12	8.90	4.57	6.60	0.99	15.00

ตารางที่ 2 Correlation ระหว่าง ขนาดของเมล็ดกระบวนการ

รายการ	Degree of freedom	Pearson correlation coefficient		
		กระบวนการพิวร้อน	กระบวนการพิวหายาบ	กระบวนการดอน
L/W	198	0.725 **	0.839**	0.725**
L/T	198	0.414**	0.738**	0.560**
W/T	198	0.647**	0.717**	0.539**
l/w	98	0.770**	0.019ns	0.556**
l/t	98	0.003ns	0.478**	0.423**
w/t	98	0.001ns	0.028ns	0.004ns

หมายเหตุ: ** = Significant at 1% level, ns = nonsignificant

L = ความยาวเมล็ดกระบวนการทั้งเปลือก , l = ความยาวเมล็ดใน

W = ความกว้างเมล็ดกระบวนการทั้งเปลือก, w = ความกว้างเมล็ดใน

T = ความหนาเมล็ดกระบวนการทั้งเปลือก , t = ความหนาเมล็ดใน

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเมล็ดกระบอก

คุณสมบัติกระบอก	กระบวนการผิวร่อน	กระบวนการผิวหยาบ	กระบวนการ
ความหนาแน่นเมล็ดทั้งเปลือก (กก./ม. ³)	494.96	461.23	490.85
ความหนาแน่นเมล็ดใน (กก./ม. ³)	386.82	419.24	441.64
อัตราส่วนเมล็ดในต่อเปลือก	0.15	0.14	0.15
น้ำหนักเมล็ดในต่อ 100 เมล็ด(กรัม)	100.5	114.2	100.94
นุ่มคงสภาพกองเมล็ดทั้งเปลือก(องศา)	53.2	53.7	54.5
นุ่มคงสภาพกองเมล็ดใน (องศา)	27.2	29.8	27.9

ตารางที่ 4 แรงอัดสูงสุดที่ทำให้กระบวนการผิวร่อนถูก考核

ความเร็วในการอัด กะเทาะ (มม./วินาที)	ตำแหน่งของการอัดเมล็ด กระบอก	แรงอัดสูงสุดที่ทำให้เมล็ดถูก考核 (นิวตัน)				
		Min	Max	Mean ⁽¹⁾	SD ⁽²⁾	CV ⁽³⁾ (%)
0.83	อัดในแนววาง	824.08	2539.13	1517.78	446.09	29.39
	อัดในแนวแกน	800.66	1460.21	1226.02	178.00	14.52
2.92	อัดในแนววาง	773.23	2756.37	1556.8	538.76	34.61
	อัดในแนวแกน	830.33	1496.77	1266.79	192.15	15.17
5.00	อัดในแนววาง	715.98	2911.61	1645.08	591.13	35.93
	อัดในแนวแกน	475.13	1461.97	960.87	315.61	32.85
7.08	อัดในแนววาง	691.74	2849.57	1393.33	519.61	37.29
	อัดในแนวแกน	813.61	1499.23	1178.6	175.49	14.89

หมายเหตุ: (1) ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 20 ชั้้า (2) SD = Standard deviation (3) CV = Coefficient of variation

ตารางที่ 5 แรงอัดสูงสุดที่ทำให้ระบบกอนถูกกะเทาะ

ความเร็วในการอัด กะเทาะ (มม./วินาที)	ตำแหน่งการอัดเมล็ด กระบวนการ	แรงอัดสูงสุดที่ทำให้เม็ดถูกกะเทาะ (นิวตัน)				
		Min	Max	Mean ⁽¹⁾	SD ⁽²⁾	CV ⁽³⁾ (%)
0.83	อัดในแนวขวาง	338.66	1476.3	879.81	278.49	31.65
	อัดในแนวแกน	568.25	1373.43	1062.11	190.81	17.97
2.92	อัดในแนวขวาง	432.36	1476.01	972.71	320.43	32.94
	อัดในแนวแกน	823.04	1420.85	1151.12	189.30	16.44
5.00	อัดในแนวขวาง	567.15	1480.51	852.76	225.57	26.45
	อัดในแนวแกน	625.37	1303.49	974.96	245.82	25.21
7.08	อัดในแนวขวาง	551.52	1867.91	1094.44	372.32	34.02
	อัดในแนวแกน	527.78	1376.34	943.86	201.96	21.40

หมายเหตุ: (1) ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 20 ชุด (2) SD = Standard deviation (3) CV = Coefficient of variation

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกะเทาะสูงสุดที่ทำให้ระบบกอนถูกกะเทาะของมุนใบมีดต่างๆ

มุนใบมีด (องศา)	แรงที่ทำให้ระบบกอนถูกกะเทาะ (นิวตัน)		
	ใบมีดตรง	ใบมีดโค้ง	แรงเฉลี่ย
20	205.7	281.4	243.55 d
40	311.7	370.7	341.20 c
60	444.6	482.4	463.50 b
80	700.0	609.5	654.75 a

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกะเทาะสูงสุดที่ทำให้ระบบกอนถูกกะเทาะของมุนใบมีดต่างๆ

มุนใบมีด (องศา)	แรงที่ทำให้ระบบกอนถูกกะเทาะ (นิวตัน)		
	ใบมีดตรง	ใบมีดโค้ง	ผลต่างชนิดใบมีด
20	197.7 c	293.8 b	96.1 ns
40	296.4 c	355.5 b	59.1 ns
60	555.3 b	435.9 ab	119.4 ns
80	824.5 a	552.8 a	271.7 **

หมายเหตุ : ตารางที่ 6 และ 7 ค่าได้ที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ LSD_{0.05}

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)สมรรถนะของเครื่องกะเทาะกระบอก

Source of variances	F-value				
	df	อัตราการกะเทาะ (เมล็ด/ชม.)	เมล็ดในเติม (%)	เมล็ดในผ่าซีก (%)	เมล็ดในแตกหัก หลาภชิ้น (%)
Rows	3	2.60 ns	3.11 ns	0.60 ns	3.67 ns
Columns	3	2.23 ns	0.63 ns	0.65 ns	1.04 ns
Treatments	3	9.92 **	15.11 **	31.28 **	5.34 *
Error	6	6620.77	839.73	115.80	530.05

ns = Non-significant : ** = Significant at 1% level : * = Significant at 1% level

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถนะการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบอกแบบต่างๆ

ชนิดเครื่องกะเทาะ	อัตราการกะเทาะ (เมล็ด/ชม.)	เมล็ดในเติม (%)	เมล็ดในผ่าซีก (%)	เมล็ดในแตกหัก หลาภชิ้น (%)
แบบใช้แรงกดอัด	336 a	85.54 a	7.19 b	7.26 b
แบบหมุนเกลียวอัด	225 b	83.63 a	8.58 b	7.79 b
แบบใช้แรงกระแทก	285 a	87.41 a	4.34 b	8.25 b
แบบใช้มีดผ่า	334 a	47.24 b	28.02 a	24.74 a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่ต่างกันโดยทั่วไปจะเรียกว่าไม่ต่างกัน

ทางสถิติ ที่ LSD_{0.05}

ตารางที่ 10 ข้อมูลการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบอกแบบใช้แรงกดอัด และแบบใช้แรงกระแทกของเกษตรกร

ชนิดเครื่องกะเทาะ กระบอก	สถานที่ทดสอบ	อัตราการกะเทาะ (เมล็ด/ชม.)	เมล็ดในเติม (%)	เมล็ดผ่าซีก (%)	เมล็ดแตกหัก หลาภชิ้น(%)
เครื่องกะเทาะ แบบใช้แรงกดอัด	บ้านโสกกะสิน อ.นาโพธิ์ จ.บุรีรัมย์	287	85.35	7.31	7.34
	บ้านท่าเยี่ยม อ.พุทไธสง จ.บุรีรัมย์	331	84.07	4.61	11.32
	บ้านค้อ อ.สำโรงทาม จ.สุรินทร์	277	87.13	5.43	7.44
	บ้านกอเลา อ.หัวยทับทัน จ.ศรีสะเกษ	276	80.52	13.87	5.61
	เฉลี่ย	293	84.27	7.80	7.93
เครื่องกะเทาะ แบบใช้แรง กระแทก	บ้านโสกกะสิน อ.นาโพธิ์ จ.บุรีรัมย์	232	87.53	5.35	7.12
	บ้านท่าเยี่ยม อ.พุทไธสง จ.บุรีรัมย์	294	91.21	1.46	7.33
	บ้านกอเลา อ.หัวยทับทัน จ.ศรีสะเกษ	256	83.44	11.07	5.49
	เฉลี่ย	260	87.39	5.96	6.65

หมายเหตุ: ความชื้นเมล็ดในกระบอก 6.78-8.57% (w.b.) ความชื้นเปลือก 10.48-12.13% (w.b.)

ตารางที่ 11 ข้อมูลการใช้มีดผ่าระบบของเกษตรกร

สถานที่	อัตราการ考核 (เม็ดค่าชม.)	เม็ดค่าน้ำเต็ม (%)	เม็ดค่าซีก (%)	เม็ดแตกหักหالาย ชิ้น (%)
บ้านโสกกะรูน -ตัวอย่างที่ 1	251	50.81	33.74	15.45
-ตัวอย่างที่ 2	247	59.78	22.90	17.32
บ้านท่าเยี่ยม -ตัวอย่างที่ 1	277	59.55	18.28	22.17
-ตัวอย่างที่ 2	267	66.71	17.82	15.47
-ตัวอย่างที่ 3	246	49.42	20.25	30.33
บ้านกอเลา -ตัวอย่างที่ 1	246	42.22	28.09	29.69
บ้านค้อ -ตัวอย่างที่ 1	254	47.11	8.51	44.38
เฉลี่ย	255	53.66	21.37	24.97