

อิทธิพลของความเร็วดตามแนวเส้นสัมผัสและระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอน
ที่มีผลต่อการกะเทาะเมล็ดลูกเด็ดย

The Effects of Tangential velocity and Clearance on the Performance of Job's Tears Shelling Unit

อาณนที สัตนาโค¹ เพ็ญญารัตน์ สายสิริรัตน์² และ เชิดพงษ์ เขียวชาญวัฒนา³
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ^{1,2,3}
E-mail: arnon1227arm@gmail.com¹ penyarat@gmail.com² cherpon.c@gmail.com³

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเด็ดย ขนาดความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกหินกะเทาะ 152.40 มิลลิเมตร (6 นิ้ว) อัตราการกะเทาะ 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หน่วยทดสอบที่ใช้ทำการจัดการทดสอบแบบ 5×3 Factorial in CRD ทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ทดสอบที่ช่องว่างระยะห่างของลูกกะเทาะ 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 และ 6.0 มิลลิเมตร ความเร็วดตามแนวสัมผัส 9.62, 13.17 และ 15.56 เมตรต่อวินาที ผลการศึกษพบว่าการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเด็ดยที่ระยะห่างของลูกกะเทาะ 5.0 มิลลิเมตร และความเร็วดตามแนวเส้นสัมผัส 13.17 เมตรต่อวินาที เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องกะเทาะลูกเด็ดย ซึ่งมีประสิทธิภาพการกะเทาะที่ 76.82% ได้รับลูกเด็ดยเมล็ดเต็มหลังการกะเทาะที่ 82.78% และเมล็ดแตกหักหลังการกะเทาะ 17.22% ความเร็วดตามแนวสัมผัสและระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอนส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะและปริมาณเมล็ดเต็มหลังการกะเทาะ

คำสำคัญ: ลูกเด็ดย ระยะห่างลูกกะเทาะ ความเร็วดตามแนวเส้นสัมผัส เครื่องกะเทาะ

Abstract

This study was aimed to study the effects of operating factors for the shelling unit on the performance. The shelling unit was 152.40 mm. (6 inches) in length and diameter with capacity of 50 kg/h. The experimental unit used 5x3 factorial in CRD with 3 replications. Roll clearances of 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 and 6.0 mm. were tested with tangential velocity of 9.62, 13.17 and 15.56 m/s. The results of this study indicated that the operating parameters with 5.0 mm. of roll clearance and 13.17 m/s of tangential velocity were suitable condition for shelling unit. The shelling was achieved 76.82% efficiency which provided 82.78% and 17.22% of full kernels and damage kernels, respectively. Increasing of clearance and tangential velocity affect to decreased the shelling efficiency and increased the breakage kernels, respectively.

Keywords: job's tears, clearance, tangential velocity, shelling machine.

1. บทนำ

การส่งออกเมล็ดลูกเดือยมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นในปัจจุบันจึงเป็นช่องทางหนึ่งให้ธุรกิจการรับซื้อ และการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกเดือยแพร่หลายมากขึ้นภายในประเทศไทย รวมถึงกลุ่มประชาชนที่ให้ความสนใจในเรื่องโภชนาการอาหาร และรักษาสุขภาพโดยเมล็ดลูกเดือยเป็นธัญพืชที่มีประโยชน์ มีคุณค่าทางอาหารสูง และยังมีสรรพคุณทางยาอีกด้วย จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภคที่รักและห่วงใยในสุขภาพ ลูกเดือยเป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของจังหวัดเลย มีพื้นที่การเพาะปลูกประมาณร้อยละ 95 ของพื้นที่การเพาะปลูกลูกเดือยทั้งประเทศไทย [1]

จากการสำรวจข้อมูลผู้ประกอบการเกี่ยวกับลูกเดือยพบว่าเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีการพัฒนามาจากเครื่องจักรที่ใช้ในการสีข้าว และมีการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศโดยตรงซึ่งมีราคาสูง อีกทั้งผู้ประกอบการยังคงไม่เปิดเผยกระบวนการกะเทาะเมล็ดลูกเดือย ดังนั้นเกษตรกรจึงอาศัยเครื่องสีข้าวมาใช้ในการกะเทาะเมล็ดลูกเดือยแทน จึงทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดลูกเดือยหลังการกะเทาะ โดยปัญหาที่พบเกิดจากขั้นตอนการกะเทาะเมล็ดลูกเดือยที่ยังไม่เหมาะสม จึงส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของลูกเดือยหลังการกะเทาะมีค่าค่อนข้างสูง และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลูกเดือยที่ไม่กะเทาะสูงเช่นกัน จึงทำให้เครื่องกะเทาะมีประสิทธิภาพต่ำ จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งในภาคเอกชนและกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากลูกเดือยจึงเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเดือยให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

เพื่อลดเปอร์เซ็นต์การแตกหักของลูกเดือยหลังการกะเทาะ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับหลักการกะเทาะเมล็ดพืชโดยใช้หลักการต่าง ๆ ขึ้นมากมาย ประกอบไปด้วย การกะเทาะเปลือกโดยใช้ลูกกะเทาะแบบลูกเหล็กแกนนอน การกะเทาะเมล็ดโดยใช้ลูกหินบด [2] การกะเทาะเมล็ดโดยการใช้ลูกยางสองลูกที่มีความเร็วสัมผัสแตกต่างกันหมุนในทิศทางเดียวกันเพื่อให้เกิดแรงตัดเฉือนมาใช้ในการกะเทาะ [3] การกะเทาะโดยใช้สายพานเสียดสี [4] การใช้แรงเหวี่ยงในการกะเทาะ [5][6][7] จากการศึกษาการกะเทาะเมล็ดลูกเดือยที่ผ่านมาพบว่าเมล็ดแตกหักภายหลังจากการกะเทาะมีค่าสูงส่งผลทำให้เมล็ดเต็มที่ได้จากการกะเทาะลดลง ซึ่งส่งผลกระทบต่อตรงต่อกระบวนการผลิต ดังนั้น หากมีการศึกษาที่สามารถพัฒนาเครื่องกะเทาะลูกเดือยที่ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักภายหลังจากการกะเทาะลดลง และมีเมล็ดเชิงการค้าเพิ่มสูงขึ้นจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตได้ต่อไป

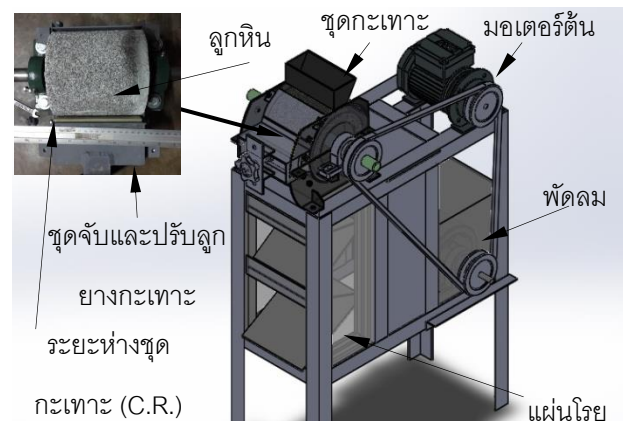
ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบโดยใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเดือยต้นแบบที่พัฒนาขึ้นทำการศึกษา 2 ปัจจัยได้แก่ 1) ปัจจัยด้านความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสของลูกหินกะเทาะ และ 2) ปัจจัยด้านระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอน ในการเก็บข้อมูลการวิจัยจะเก็บผลประสิทธิภาพการกะเทาะเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะ และเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดลูกเดือย เป็นค่าวัดผลการทำงานทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบตามแผนการทดสอบแบบ 5×3 Factorial in CRD ทำการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง [8]

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษาค่าอิทธิพลของความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสและระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดลูกเด็ดยานั้น มีการเตรียมวัสดุในการทดสอบโดยนำลูกเด็ยที่ได้มาทำการคัดแยกขนาดเพื่อให้เครื่องกะเทาะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงาน โดยการใช้ตะแกรงคัดแยกแบบรูปกลมขนาด 6.50 มิลลิเมตร และ 9.50 มิลลิเมตร นำเมล็ดลูกเด็ยที่ผ่านมาจากตะแกรงคัดแยกขนาด 9.50 มิลลิเมตร แต่ไม่ผ่านตะแกรงคัดแยกขนาด 6.50 มิลลิเมตร เมล็ดลูกเด็ยที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 6.50 มิลลิเมตรจะถูกนำมาใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ เครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเด็ยใช้มอเตอร์ขนาด 1/2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ลูกหินกะเทาะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ความยาว 6 นิ้ว ระดับความหยาบของหินกะเทาะที่เบอร์ 12 และลูกยางกะเทาะมีความแข็ง 50 ชอร์ ความยาว 6 นิ้ว ความกว้าง 2 นิ้ว ดังแสดงตามรูปที่ 1 ทำการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเด็ย โดยเลือกปัจจัยหลักที่มีผลต่อการกะเทาะ 2 ปัจจัยคือความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสของลูกหินกะเทาะ (9.62, 13.17 และ 15.56 เมตรต่อวินาที) และระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอน (4.0, 4.5, 5.0, 5.5 และ 6.0 มิลลิเมตร) โดยมีอัตราการกะเทาะเมล็ดลูกเด็ยไม่เกิน 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ลูกเด็ยที่ใช้ในการทดสอบนำมาจากโรงสีลูกเด็ยขนาดใหญ่ในพื้นที่จังหวัดเลย ซึ่งเป็นลูกเด็ยเจ้าพันธุ์พื้นบ้านของจังหวัดเลย

2.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการและองค์ประกอบของเมล็ดลูกเด็ยภายหลังการกะเทาะ

วิธีการศึกษาในขั้นตอนนี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดลูกเด็ย ซึ่งประกอบด้วย ขนาดรูปร่างของเมล็ด ความเป็นทรงกลม ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน มุมกองพื้นวัสดุ และค่าความหนาแน่นของเมล็ดลูกเด็ย และทำการทดสอบเบื้องต้นเพื่อจำแนกลักษณะทางกายภาพของเมล็ดลูกเด็ยภายหลังจากการกะเทาะ ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้ เมล็ดลูกเด็ยไม่กะเทาะ (A) เมล็ดลูกเด็ยติดเปลือกอ่อน (B) เมล็ดลูกเด็ยกลิ้งเต็มเมล็ด (C) และเมล็ดลูกเด็ยที่แตกหัก (D) โดยเมล็ดลูกเด็ยที่แตกหักนั้นสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่มได้แก่ เมล็ดแตกหักเล็กน้อย (D1) เมล็ดแตกหักปานกลาง (D2) และเมล็ดแตกหักเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย (D3) ดังแสดงตามรูปที่ 2



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของชุดกะเทาะเมล็ดลูกเด็ย



รูปที่ 2 การจำแนกเมล็ดในลูกเต๋อยภายหลังการกะเทาะ

2.2 การออกแบบการทดสอบ

การศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้การทดสอบแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ (Full Factorial Experiment)

ตารางที่ 1 แผนการทดสอบ

Run	Factors		Replication	Response		
	TV. (m/s)	CR. (mm)		SE (%)	FK (%)	BK (%)
1	9.62	4.0	3 Rep	✓	✓	✓
2	9.62	4.5	3 Rep	✓	✓	✓
3	9.62	5.0	3 Rep	✓	✓	✓
4	9.62	5.5	3 Rep	✓	✓	✓
5	9.62	6.0	3 Rep	✓	✓	✓
↓	13.17	↓	3 Rep	✓	✓	✓
↓	15.56	↓	3 Rep	✓	✓	✓
15	15.56	6.0	3 Rep	✓	✓	✓

หมายเหตุ: ความเร็วตามแนวเส้นสัมผัส (TV), ระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอน (CR.)

เนื่องจากต้องการศึกษาผลกระทบระหว่างปัจจัยและผลกระทบร่วม [8] ทำการศึกษาจำนวน 2 ปัจจัย ซึ่งสามารถออกแบบการทดสอบได้เป็น 5×3 Factorial in

CRD ทำการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง ดังแผนการทดสอบในตารางที่ 1 โดยขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการโดยใช้โปรแกรม MINITAB (Release 14) เป็นเครื่องมือทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล [9]

2.3 การทดสอบและค่าชี้ผลในการศึกษา

การดำเนินการศึกษาในครั้งนี้ภายหลังจากการเก็บข้อมูลผลการทดสอบแล้วจะทำการวิเคราะห์ผลจากค่าชี้ผล 3 ค่าดังต่อไปนี้ 1) ประสิทธิภาพการกะเทาะของเมล็ดลูกเต๋อย (Shelling Efficiency, SE) 2) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะ (Percent of Full Kernel, FK) 3) เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหักหลังการกะเทาะ (Percent of Broken Kernel, BK) ดังแสดงตามสมการที่ 1 ถึง สมการที่ 3 ตามลำดับ [10] โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้หาอัตราส่วนน้ำหนักเนื้อเมล็ดต่อน้ำหนักเมล็ดทั้งเปลือก (K) มีค่าเท่ากับ 0.57

$$SE = \frac{B+C+D}{(A \times K) + B + C + D} \times 100\% \quad (1)$$

$$FK = \frac{B+C}{(A \times K) + B + C + D} \times 100\% \quad (2)$$

$$BK = \frac{D}{(A \times K) + B + C + D} \times 100\% \quad (3)$$

3. ผลการศึกษา

3.1 ผลการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของวัสดุทดสอบ

ผลการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดลูกเต๋อยได้ศึกษาขนาดรูปร่างของเมล็ด ความเป็นทรงกลม สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน มุมกองพื้นวัสดุ และค่าความหนาแน่นของเมล็ดลูกเต๋อย แสดงผลการทดสอบในตารางที่ 2 พบว่าเมล็ดลูกเต๋อยมีขนาดความกว้าง ความยาว และความหนา ระหว่าง

5.00-10.00, 5.50-11.00 และ 7.20-14.10 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าความเป็นทรงกลมระหว่าง 0.57-0.97 เห็นได้ว่าลูกเต๋อยมีคุณสมบัติเฉพาะที่อาจส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพการกะเทาะและเมล็ดลูกเต๋อยหลังการกะเทาะด้วยโดยตรง เนื่องจากขนาดเมล็ดที่แตกต่างกันหลากหลายแบบซึ่งจะทำให้มีผลต่อการปรับระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอน กล่าวคือเมื่อปรับระยะห่างที่ห่างไปเมล็ดจะไม่ถูกกะเทาะและเมื่อปรับระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอนแคบไปจะทำให้เมล็ดลูกเต๋อยที่ได้แตกหักเสียหายได้

สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของเมล็ดลูกเต๋อยกับพื้นอลูมิเนียม พื้นเหล็ก พื้นไม้ พื้นยาง และพื้นอะคริลิก มีค่าเฉลี่ยที่ 0.33, 0.32, 0.33, 0.34 และ 0.31 ตามลำดับ ลูกเต๋อยมีผิววาวมันและมีค่าความเป็นทรงกลมสูงทำให้เมล็ดลูกเต๋อยเกิดการลื่นไถลหรือกลิ้งตัวได้ง่ายค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในพื้นที่ผิวต่าง ๆ จึงไม่แตกต่างกันมาก เช่นเดียวกันกับมุมองพื้นวัสดุที่มีค่าระหว่าง 25.07-27.76 องศา และมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่ 413.65 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพบางประการของเมล็ดลูกเต๋อย

Parameters	Dimensions (mm.)			Sphericity	Coefficient of static friction					Angle of Repose (degree)	Bulk Density (kg/m ³)
	W	L	H		Aluminum	Steel	Wood	Rubber	Acrylic		
	Average	6.60	7.81		10.91	0.76	0.33	0.32	0.33		
Min	5.00	5.50	7.20	0.57	0.30	0.30	0.31	0.32	0.28	25.07	406.04
Max	10.00	11.00	14.10	0.97	0.34	0.34	0.35	0.37	0.34	27.76	422.35
SD	0.93	0.98	1.21	0.07	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.87	4.79

หมายเหตุ: Sphericity was the ratio of geometric mean diameter to the major diameter [7]

3.2 ผลการศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเต๋อย

ผลการศึกษาเครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเต๋อย ในความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสในการกะเทาะที่ต่างกัน คือ 9.62, 13.17 และ 15.56 เมตรต่อวินาที และระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอนที่ต่างกัน 5

ระดับได้แก่ 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 และ 6.0 มิลลิเมตรนั้น ได้เก็บค่าชี้ผลเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ผล 3 ค่า คือ 1) ประสิทธิภาพการกะเทาะ 2) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะ และ 3) เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดลูกเต๋อย ดังแสดงผลการทดสอบไว้ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การทดสอบและประเมินผลเครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเด็ดย

Tangential velocity, TV (m/s)	Clearance, CR (mm)	Percentage, (%)					
		Shelling Efficiency, SE	Full Kernel, FK	Broken Kernel, BK	Small Broken Kernel,SBK	Medium Broken Kernel,MBK	Large Broken Kerne,LBKI
		9.62	4.0	78.17	72.70	27.30	8.98
	4.5	63.56	87.95	12.05	5.74	3.29	3.02
	5.0	70.81	91.12	8.88	4.09	2.82	1.97
	5.5	56.53	93.61	6.39	3.23	2.01	1.16
	6.0	53.77	95.84	4.16	2.12	1.04	1.00
13.17	4.0	82.28	50.75	49.25	17.84	13.66	17.75
	4.5	78.97	74.11	25.89	8.93	9.01	7.95
	5.0	76.82	82.78	17.22	7.64	5.14	4.43
	5.5	67.80	87.31	12.69	5.91	3.77	3.01
	6.0	58.30	92.11	7.89	3.12	2.79	1.98
15.56	4.0	90.21	47.82	52.18	11.73	17.67	22.78
	4.5	87.93	61.67	38.33	13.39	12.6	12.34
	5.0	79.84	79.98	20.02	5.00	6.27	8.75
	5.5	78.82	77.78	22.22	8.54	7.88	5.80
	6.0	68.90	86.55	13.45	5.03	4.88	3.55

การวิเคราะห์อิทธิพลความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสและระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดลูกเด็ดยพบว่าความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสของลูกหินกะเทาะ และระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอนที่แตกต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะ เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก มีความ

แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และในส่วนปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัยความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสและระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอนมีผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดลูกเด็ดยมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ดังแสดงตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบ

Source	DF	Sum of Squares			Mean Square			p-value
		SE	FK	BK	SE	FK	BK	
Tangential velocity	2	2060.24	2336.53	2336.53	1030.12	1168.27	1168.27	0.00**
Clearance	4	2902.05	6655.37	6655.37	725.51	1663.84	1663.84	0.00**
Tangential Velocity*Clearance	8	310.49	524.02	524.02	38.81	65.50	65.50	0.00**
Error	30	100.80	110.89	110.89	3.36	3.70	3.70	
Total	44	5373.58	9626.81	9626.81				

หมายเหตุ: * Significant at $p < 0.05$ (95%), ** Significant at $p < 0.01$ (99%)

จากผลการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอย และวิธีการใช้กำลังสองน้อยสุดในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยสามารถสร้างสมการอันดับที่หนึ่ง ได้ตามสมการที่ 4 และสมการที่ 5 โดยพบว่าประสิทธิภาพการกะเทาะและเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะจะมีความสัมพันธ์กันกับความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสและระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอน ดังแสดงในรูปที่ 3 และเห็นได้จากสมการที่ 4 ประสิทธิภาพการกะเทาะ (SE) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วตามแนวเส้นสัมผัส (TV) เพิ่มขึ้น ระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอน (CR) ลดลง ประสิทธิภาพการกะเทาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน

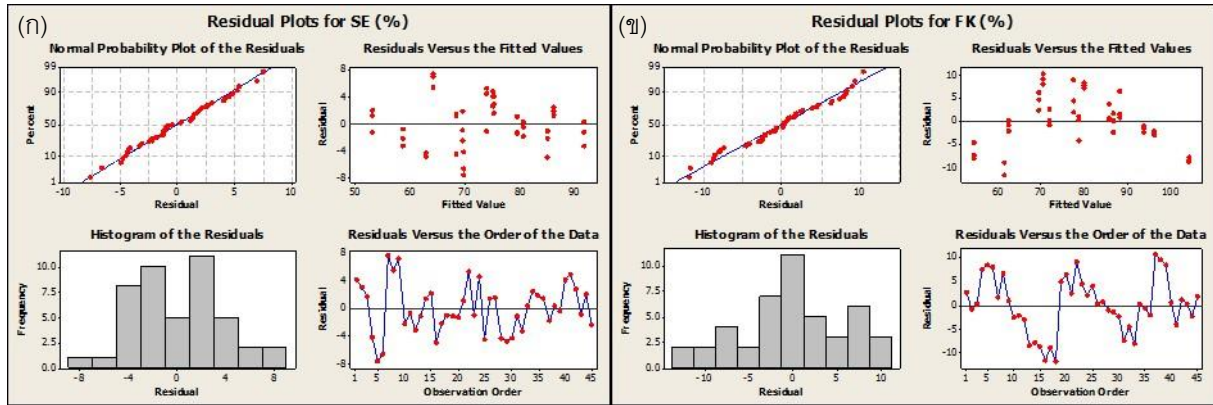
$$SE(\%) = 93.20 + 2.75TV - 11.11CR \quad (4)$$

$$S = 3.65530 \quad R-Sq = 89.6\% \quad R-Sq(adj) = 89.10\%$$

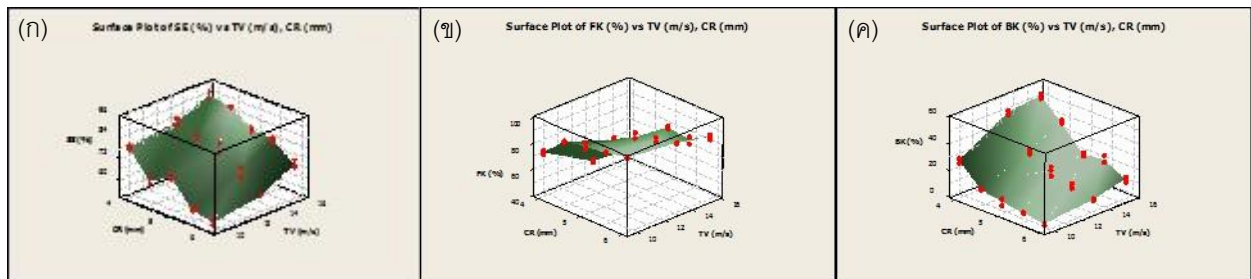
$$FK(\%) = 36.1 - 2.95TV + 16.1CR \quad (5)$$

$$S = 5.90491 \quad R-Sq = 84.8\% \quad R-Sq(adj) = 84.10\%$$

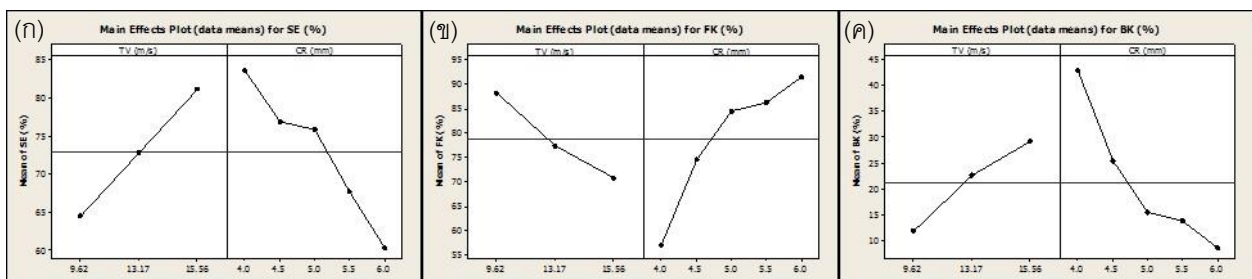
สมการที่ 5 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะ (FK) กับปัจจัยที่ทำการศึกษา เห็นได้ว่าเมื่อระยะห่างของลูกกะเทาะเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสเพิ่มขึ้นส่งผลให้เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะมีแนวโน้มลดลง เห็นได้จากกราฟการตอบสนองของเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก ระหว่างระยะห่างลูกกะเทาะและความเร็วตามแนวเส้นสัมผัส ตามที่แสดงในรูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยค่าชี้ผลการทดสอบและปัจจัยหลักในการทดสอบแสดงในรูปที่ 5 และสามารถวิเคราะห์ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเดี๋ยได้ดังนี้



รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์และการตรวจสอบความพอเพียงของรูปแบบจำลองการถดถอย (ก) ประสิทธิภาพการกะเทาะ (ข) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะ



รูปที่ 4 กราฟพื้นผิวตอบสนองของ (ก) ประสิทธิภาพการกะเทาะ (ข) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และ (ค) เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก ระหว่างระยะห่างลูกกะเทาะและความเร็วตามแนวเส้นสัมผัส



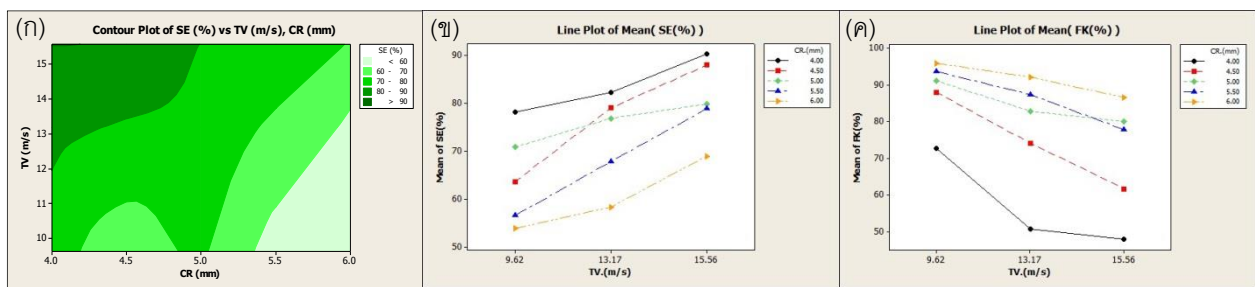
รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าชี้ผลการทดสอบและปัจจัยหลักในการทดสอบ

3.2.1 ผลของความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสของ ลูกหินกะเทาะที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของ เครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเดียว ที่ความเร็วตามแนวเส้น สัมผัส 9.62, 13.17 และ 15.56 เมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างชุดกะเทาะที่ 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 และ

6.0 มิลลิเมตร พบว่า ความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสที่ 15.56 เมตรต่อวินาที ให้ประสิทธิภาพการกะเทาะ สูงสุดในทุกระยะห่างชุดกะเทาะ โดยประสิทธิภาพการ กะเทาะอยู่ระหว่าง 68.90-90.21 เปอร์เซ็นต์ แต่ส่งผล ให้เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะแตกหักสูงเช่นเดียวกัน

เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะน้อยกว่าความเร็ว 9.62 และ 13.17 เมตรต่อวินาที ทั้งนี้อาจเกิดจากความเร็วดำเนินตามแนวเส้นสัมผัสที่ต่ำทำให้มีแรงในการกะเทาะต่ำ ไม่เพียงพอต่อการกะเทาะเปลือกให้แยกออกจากเมล็ดได้ และเมื่อความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสสูงขึ้นทำให้แรงในการกะเทาะสูงขึ้น จึงสามารถ

กะเทาะเมล็ดได้ดีกว่า [7] ส่วนความเร็ว 13.17 และ 9.62 เมตรต่อวินาทีนั้นสามารถให้ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ 58.30-82.28 และ 53.77-78.17 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มที่ 50.75-92.11 และ 72.70-93.61 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟโครงร่างระหว่างระยะห่างของลูกกะเทาะและความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสที่มีต่อประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดลูกเด็ดย (ก), ความสัมพันธ์ของความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสกับประสิทธิภาพการกะเทาะ (ข), ความสัมพันธ์ของความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสและเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะ (ค)

3.2.2 ผลของระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหิน แกนนอนที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเด็ย ที่ระยะห่างระหว่างชุดกะเทาะที่ 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 และ 6.0 มิลลิเมตร ต่อความเร็วตามแนวเส้นสัมผัส 9.62, 13.17 และ 15.56 เมตรต่อวินาที พบว่าที่ระยะห่าง 4.0 ให้ประสิทธิภาพการกะเทาะมากที่สุดในทุกระดับความเร็ว ประสิทธิภาพการกะเทาะอยู่ระหว่าง 78.12-90.21 เปอร์เซ็นต์ แต่ในทางกลับกัน ก็ส่งผลให้เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะน้อยกว่าทุก ๆ ระยะห่างเช่นเดียวกัน ระยะห่างที่ให้ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ต่ำที่สุดในทุกระดับความเร็วคือ 6.0 มิลลิเมตร ให้ประสิทธิภาพการกะเทาะอยู่ระหว่าง 53.77-68.90 เปอร์เซ็นต์ แต่กลับ

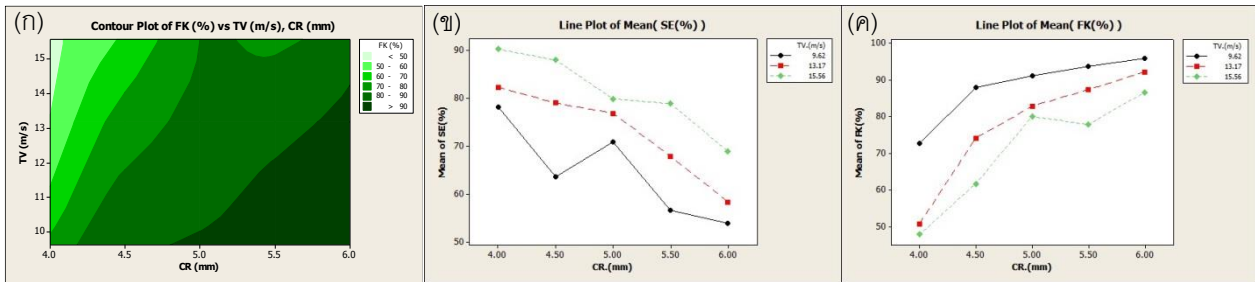
ให้เมล็ดเต็มมากที่สุดที่ 86.55-95.84 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 7

ในการทดสอบเมล็ดลูกเด็ยที่มีขนาดแตกต่างกัน ทำการกะเทาะในระยะห่างลูกกะเทาะเดียวกันทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดที่ใหญ่เกินไป และเมล็ดที่เล็กเกินไปก็จะไม่สามารถกะเทาะได้อาจเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะและเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มที่ได้เช่นกัน

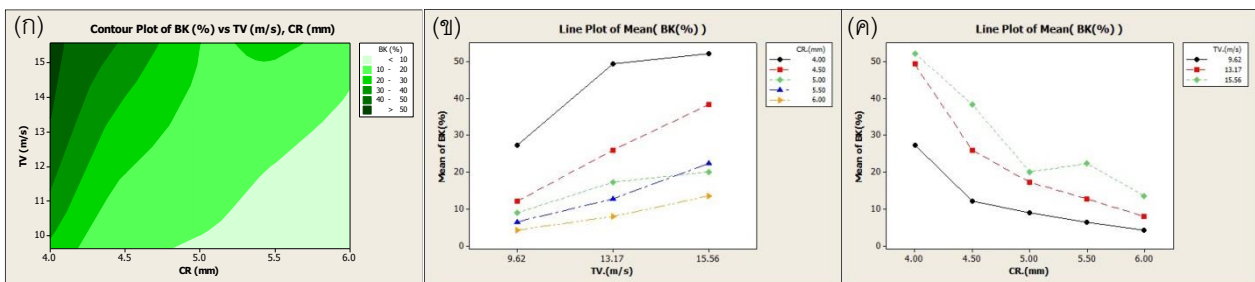
3.2.3 การแตกหักของเมล็ดลูกเด็ย เมื่อพิจารณาความเร็วตามแนวเส้นสัมผัส และระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอน เปรียบเทียบการแตกหักรวมของเมล็ดลูกเด็ยหลังการกะเทาะนั้นพบว่า ความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสเพิ่มขึ้น ทำให้แรงที่กระทำต่อเมล็ดลูกเด็ยสูงขึ้นส่งผลให้เกิดการแตกหัก

ภายในเมล็ดลูกเต๋อย เปอร์เซ็นต์การแตกหักในระดับต่าง ๆ ก็เพิ่มขึ้นตาม และเมื่อระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอนแคบทำให้เกิดการบีบอัดตัวเกินไปส่งผลเสียโดยตรงต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักภายในของ

เมล็ดลูกเต๋อยเช่นกัน เห็นได้จากเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การแตกหักเพิ่มขึ้นตาม และเมื่อระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอนแคบลงเปอร์เซ็นต์การแตกหักก็เพิ่มสูงขึ้นเช่นกันดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 7 กราฟโครงร่างระหว่างระยะห่างของลูกกะเทาะและความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสที่มีต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะ (ก), ความสัมพันธ์ของระยะห่างของลูกกะเทาะกับประสิทธิภาพการกะเทาะ (ข), ความสัมพันธ์ของระยะห่างของชุดกะเทาะและเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะ (ค)



รูปที่ 8 กราฟโครงร่างระหว่างระยะห่างของลูกกะเทาะและความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสที่มีต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหักหลังการกะเทาะ (ก), ความสัมพันธ์ของความเร็วตามแนวเส้นสัมผัสกับเปอร์เซ็นต์การแตกหัก (ข), ความสัมพันธ์ของระยะห่างของชุดกะเทาะและเปอร์เซ็นต์การแตกหัก (ค)

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเต๋อยสามารถสรุปได้ว่าผลของความเร็วมตามแนวเส้นสัมผัสของลูกหินกะเทาะและระยะห่างลูกกะเทาะแบบลูกหินแกนนอนมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดลูกเต๋อย โดยเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่ากับ 13.17 เมตรต่อวินาที และ 5.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งส่งผล

ทำให้ได้ประสิทธิภาพการกะเทาะเท่ากับ 76.82 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดลูกเต๋อยไม่ถูกกะเทาะ 23.18 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการกะเทาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะห่างชุดกะเทาะลดลง และความเร็วเชิงเส้นเพิ่มขึ้น ในเชิงคุณภาพของเมล็ดลูกเต๋อยหลังการกะเทาะพบว่า ได้รับเมล็ดเต็มหลังการกะเทาะ 82.78 เปอร์เซ็นต์ และมีเมล็ดแตกหักหลังการกะเทาะเท่ากับ 17.22 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดเต็มหลังการกะเทาะมีแนวโน้ม

เพิ่มขึ้นเมื่อระยะห่างชุดกะเทาะมากขึ้น และความเร็ว
เชิงเส้นลดลง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ภาควิชา
เทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Banlu Phaichin, Suphan Yangyuen, and Juckamas Laohavanich. 2013. Factors affecting the separating of job's tears after hulling and cleaning by rotary screen. AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL. Vol. 44 No.3 (special)
- [2] Padungsak Wanitchang, Jaitip Wanitchang, and Pornarree Siriphollakul. 2010. Research and Development of Lookduey (Job's tears) Milling Machine for Households. Rajamangala University of Technology Tawan-ok. Chon Buri.
- [3] Surapong Bangphan, Peerapun Bangphan, Thitikan Bookang. 2012. Quality Control in 4 Rubber Small Brown Rice Milling Machine. Paper for the Conference on Industrial Engineering 2012. No. 12; 17-19 October 2012; Sripatum University.
- [4] P. Bunyawanichakul. Development of

Friction-Belt Peanut De-hulling Machine. SWU Engineering Journal Vol 5(2) (2010), p. 29-37.

- [5] K. Suvanapa.: A Study on Factors Affecting the Performance of Centrifugal Type Sunflower Seed Shelling Unit. (Khon Kaen University Publications, Thailand 2003).
- [6] F.A. Oluwloe, A.T. Abdulrahim and M.B. Oumarou. Development and performance evaluation of impact bambara groundnut sheller. Int. Argrophysics, 2007, 21, 269-274.
- [7] Yangyuen S, Wiriyaumpaiwong S. Factors affecting performance of job's tears shelling unit. Advanced Materials Research. 2012; Vols. 550-553: pp 3019-3023.
- [8] Prapaisri SUDASNA-NA-AYUDTHYA, Pongchanun Luangpaiboon. Design and analysis of experiments. Bangkok: TOP PUBLISHING; 2008.
- [9] Praty Palaphan. A guide to analyzing and managing statistics with Minitab Professional Edition. 1st edition. Nonthaburi: IDC; 2017.
- [10] Yangyuen S, Laohavanich J, Chiawchanwattana C, Wiriyaumpaiwong S. Efficient strip belt shelling and air suction cleaning units for sunflower seeds. Advanced Materials Research. 2014; Vols. 1044-1045: pp 778-783.