



ผลของรูปแบบรูตะแกรงกะเทาะและความเร็วลูกกะเทาะที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดกะเทาะถั่วดาวอินคาโดยใช้ลูกกะเทาะแบบแถบแนว

Effect of Concave Sieve Type and Drum Speed on Performance of Inca Peanut Shelling Unit with Rasp Bar Threshing Drum

วารี ศรีสอน^{1*}, จารินี จงปลื้มปิติ¹, สาวิตรี ประภาการ¹, ขนิษฐา ชัยบรรดิษฐ์¹, จันท์เพ็ญ ประกำแหง²

Waree Srison^{1*}, Jarinee Jongpluempiti¹, Sawitree Prapakarn¹, Khanittha Chiabandit¹, Janpen Prakamhang²

¹สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

¹Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, Thailand, 30000

²สาขาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

²Department of Applied Biology, Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, Thailand, 30000

*Corresponding author: Tel: +66-8-5006-5029, E-mail: waree.sr@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยการทำงานที่เหมาะสมของชุดกะเทาะถั่วดาวอินคาโดยใช้ลูกกะเทาะแบบแถบแนว ประเมินสมรรถนะการทำงานของชุดกะเทาะจากเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก เปอร์เซ็นต์เมล็ดไม่กะเทาะ และความสามารถในการทำงาน ศึกษาเปรียบเทียบรูตะแกรงกะเทาะ 3 รูปแบบ (ตะแกรงรูกลม ตะแกรงรูสี่เหลี่ยม และตะแกรงแถบเหล็ก) และความเร็วลูกกะเทาะ 3 ระดับ (130 165 และ 200 rpm) ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบรูตะแกรงกะเทาะ และความเร็วลูกกะเทาะ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก เปอร์เซ็นต์เมล็ดไม่กะเทาะ และความสามารถในการทำงาน โดยการใช้ตะแกรงกะเทาะรูกลม และความเร็วลูกกะเทาะในช่วง 130-165 rpm มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการทำงานของชุดกะเทาะ ซึ่งได้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มอยู่ในช่วงร้อยละ 83.55 - 89.27 มีเมล็ดแตกหักอยู่ในช่วงร้อยละ 1.88 - 10.10 เมล็ดไม่กะเทาะอยู่ในช่วงร้อยละ 6.35 - 8.85 และความสามารถในการทำงาน 73.41-74.45 kg h⁻¹

คำสำคัญ: ถั่วดาวอินคา, ชุดกะเทาะ, ลูกกะเทาะแบบแถบแนว

Abstract

This project aimed to find out proper operating factors of rasp bar threshing drum Inca peanuts shelling unit. There are three concave sieve types including round-hole sieve, square-hole sieve, and steel-bar sieve and three drum speeds 130, 165 and 200 rpm. Performance was evaluated from whole kernel, damaged kernel, un-shelled nuts percentage and output capacity. The results suggested that concave sieve type and drum speed significantly impact all indicators. The round hole concave sieve with drum speeds of 130-165 rpm are suitable operating factors of the shelling unit, providing nuts percentage, broken nut, Un-shelled nuts, and capacity about 83.55-89.27%, 1.88-10.10%, 6.35-8.85%, and 73.41-74.45 kg h⁻¹, respectively.

Keywords: Inca peanut, Shelling unit, Rasp bar threshing drum

1 บทนำ

ถั่วดาวอินคา (Inca Peanut) ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Plukenetia volubilis* L. เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลยางพารา สบู่ดำ และมันสำปะหลัง (Dostert et al, 2009 และ Gutiérrez et al, 2011)

เป็นพืชอาหารชนิดใหม่ที่อุดมด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ เนื่องจากเป็นแหล่งของโปรตีน โอเมก้า 3 6 9 วิตามินเอ และวิตามินอี (Fernández et al, 2015, Nui et al, 2014 และ Vicente et al, 2015) ถั่วดาวอินคาจัดเป็นพืชน้ำมัน ซึ่งมีปริมาณน้ำมัน 35-60% และ โปรตีน 27% (Yehuda et al, 1999) เป็นพืชที่มี

Received: April 20, 2021

Revised: August 12, 2021

Accepted: August 13, 2021

Available online: January 26, 2022

คุณค่าทางโภชนาการที่ดี ซึ่งน้ำมันถั่วดาวอินคาีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมองในส่วนที่เกี่ยวข้องกับด้านการใส่ใจและความจำ (ธนภุต, 2559) นอกจากนี้ ถั่วดาวอินคายังมีวิตามินเอสูง (981 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) วิตามินอี (17 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ซึ่งเป็นผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Hazen and Duclos, 1980) การกะเทาะถั่วดาวอินคาีทั้งการกะเทาะด้วยแรงงานคนและการกะเทาะด้วยเครื่องจักร ซึ่งการกะเทาะโดยใช้แรงงานคนจะได้คุณภาพเมล็ดสูงเนื่องจากเกิดการแตกหักน้อย แต่มีความสามารถในการทำงานต่ำประมาณ 10 กิโลกรัมเมล็ดในต่อวันต่อคน หรือประมาณ 1.5 กิโลกรัมเมล็ดในต่อชั่วโมง (สุพรรณ และคณะ, 2559) ส่วนการกะเทาะโดยใช้เครื่องกะเทาะมีความสามารถในการทำงาน 70 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีปริมาณแตกหัก 3.26 เปอร์เซ็นต์ (Khamprapai et al, 2018) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะถั่วดาวอินคาสูงกว่าการกะเทาะโดยใช้แรงงานคน แต่มีปริมาณเมล็ดแตกหักค่อนข้างสูง

การกะเทาะเมล็ดถั่วดาวอินคาีมีความแตกต่างจากการกะเทาะเมล็ดพืชอื่น ๆ เนื่องจากลักษณะเปลือกหุ้มของถั่วดาวอินคาีหลายชั้น (Fig.1) ทำให้กระบวนการกะเทาะมีหลายขั้นตอน (ซึ่งต้องแยกขั้นตอนกะเทาะออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การกะเทาะเปลือกนอกและเปลือกกลางเป็นเมล็ดน้ำตาล และการกะเทาะเปลือกหุ้มสีน้ำตาลเป็นเมล็ดในสีขาว (Nuttaphon et al, 2018 และ ญัฐพล และคณะ, 2561) แต่งานวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาการกะเทาะเปลือกนอกและเปลือกกลางเป็นเมล็ดน้ำตาล ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้ง่ายและมีราคาสูงกว่าการขายทั้งฝัก โดยการขายทั้งฝักราคาอยู่ที่ 50-70 Baht kg⁻¹ และราคาเมล็ดน้ำตาลอยู่ที่ 100-120 Baht kg⁻¹ (สมเกียรติ, 2562) การศึกษาสมรรถนะของชุดกะเทาะถั่วดาวอินคาีจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมากะเทาะถั่วดาวอินคา โดยมิตัวประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบรูตะแกรงกะเทาะ และความเร็วลูกกะเทาะ ที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของชุดกะเทาะเมล็ดถั่วดาวอินคา ซึ่งเป้นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องกะเทาะถั่วดาวอินคาให้มีความสามารถในการทำงานที่ดีขึ้น และลดปริมาณเมล็ดแตกหักให้น้อยลง



Figure 1 Inca peanut.

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

ถั่วดาวอินคาที่ใช้ในการทดสอบเป็นถั่วดาวอินคาที่ตากแดดเป็นเวลา 3 วัน ซึ่งมีความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 4.56%wb ทำการวัดขนาดตัวอย่างเมล็ดเต็ม 100 เมล็ด วัดขนาดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ mitutoyo รุ่น Absolute Digimatic 6 in, Japan ได้ค่าเฉลี่ยความยาว 1.567 cm ความกว้าง 1.885 cm และความหนา 0.767 cm ตามวิธีของ Nuttaphon et al. (2018) ซึ่งขนาดความกว้างของเมล็ดถั่วดาวอินคาที่ได้จะนำไปใช้อ้างอิงในการออกแบบขนาดของรูตะแกรงกะเทาะ

2.2 การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะถั่วดาวอินคา

เครื่องกะเทาะถั่วดาวอินคาที่พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องกะเทาะถั่วดาวอินคาที่ใช้ลูกกะเทาะแบบแถบหวด (Fig.2) มีขนาดเล็ก โดยโครงสร้างเครื่องมีขนาดกว้าง 70 cm ยาว 80 cm และ สูง 147 cm ซึ่งใช้ลูกกะเทาะแบบแถบหวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 cm และยาว 50 cm (Fig.3) ต้นกำลังที่ใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.75 kW (1 hp) สามารถปรับความเร็วลูกกะเทาะได้โดยใช้อินเวอร์เตอร์ มีระยะห่างระหว่างลูกกะเทาะกับตะแกรงกะเทาะ 5 cm

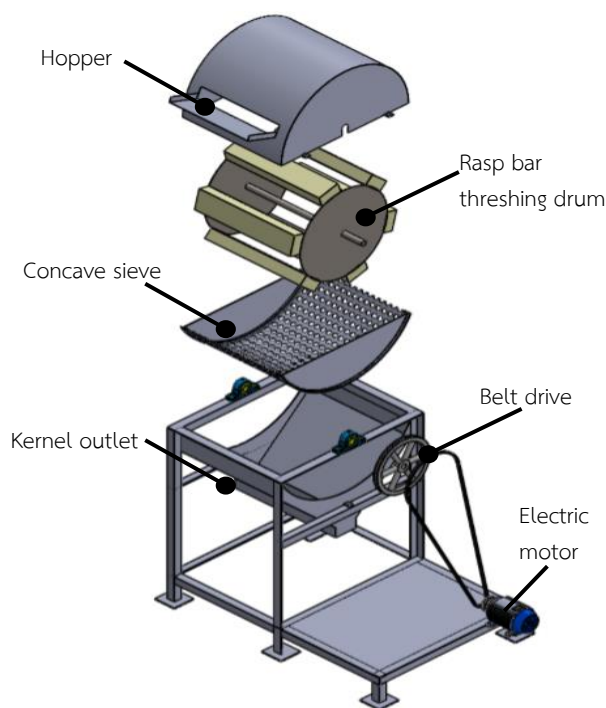


Figure 2 The Inca peanut sheller machine.



Figure 3 The Rasp bar threshing drum.

ตะแกรงกะเทาะมีเฉพาะตะแกรงด้านล่างสามารถถอดเปลี่ยนได้ โดยมีตะแกรงกะเทาะ 3 รูปแบบดังนี้

1) ตะแกรงกะเทาะรูปกลม รูตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 cm ขนาดของตะแกรงมีความกว้าง 60 cm ความยาว 50 cm และความลึก 30 cm (Fig.4)



Figure 4 The round-hold sieve

2) ตะแกรงกะเทาะรูสี่เหลี่ยม รูตะแกรงมีขนาดความกว้าง x ยาว 2 x 2 cm ขนาดของตะแกรงมีความกว้าง 60 cm ความยาว 50 cm และความลึก 30 cm (Fig.5)



Figure 5 The square-hold sieve.

3) ตะแกรงแถบเหล็ก มีระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรง 2 cm ขนาดของตะแกรงมีความกว้าง 60 cm ความยาว 50 cm และความลึก 30 cm (Fig.6)



Figure 6 The steel-bar sieve.

2.3 ปัจจัยที่ศึกษาและแผนการทดลอง

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย รูปแบบรูตะแกรงกะเทาะ ทดสอบโดยใช้รูปแบบรูตะแกรงกะเทาะ 3 รูปแบบ ได้แก่ ตะแกรงรูปกลม ตะแกรงรูสี่เหลี่ยม และตะแกรงแถบเหล็ก และความเร็วลูกกะเทาะ 3 ระดับ ได้แก่ 130, 165 และ 200 rpm การวางแผนการทดสอบแบบ 3*3 Factorial analysis in CRD ทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ ทำการชั่งน้ำหนักถั่วดาวอินคาเตรียมไว้ในถุง ๆ ละ 500 กรัม เพื่อใช้ในการทดสอบ และในการทดสอบใช้อัตราการป้อน 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ทำการป้อนถั่วดาวอินคาเข้าไปในช่องป้อนให้หมดภายในเวลา 6 วินาที) และทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) โดยใช้การวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติแบบ Duncan's multiple range test (DMRT)

2.4 วิธีการทดสอบ

1. เตรียมถั่วดาวอินคา โดยการชั่งตัวอย่างถั่วดาวอินคาตัวอย่างละ 500 g โดยใช้เครื่อง Electronic Compact Scale รุ่น SF-400A, China

2. ทำการปรับตั้งชุดกะเทาะถั่วดาวอินคาตามปัจจัยที่ศึกษาแสดงดัง Table 1 วัดความเร็วรอบโดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ Tachometer digicon รุ่น DT- 250TP, Japan จับเวลาตั้งแต่เริ่มป้อนทำการกะเทาะจนกระทั่งถั่วดาวอินคาทั้งหมดถูกขับออกจากชุดกะเทาะจนหมด (เมล็ดถั่วดาวอินคาหลุดผ่านรูตะแกรงจนหมด) แล้วจึงหยุดเครื่อง

Table 1 Experimental units based on a 3*3 Factorial analysis in CRD design for the variables concave sieve types and drum speeds.

No.	Ref.	Concave sieve types	Drum speeds (rpm)
1	2	Round-hold sieve	165
2	1	Square-hold sieve	130
3	1	Steel-bar sieve	200
4	3	Steel-bar sieve	130
5	2	Square-hold sieve	130
6	3	Square-hold sieve	200
7	1	Round-hold sieve	200
8	3	Round-hold sieve	130
9	1	Steel-bar sieve	165
10	2	Square-hold sieve	165
11	1	Round-hold sieve	130
12	2	Steel-bar sieve	200
13	2	Steel-bar sieve	165
14	3	Square-hold sieve	130
15	1	Steel-bar sieve	130
16	1	Round-hold sieve	165
17	2	Steel-bar sieve	130
18	3	Square-hold sieve	165
19	3	Round-hold sieve	165
20	3	Steel-bar sieve	200
21	2	Round-hold sieve	130
22	1	Square-hold sieve	165
23	2	Square-hold sieve	200
24	3	Steel-bar sieve	165
25	3	Round-hold sieve	200
26	2	Round-hold sieve	200
27	1	Square-hold sieve	200

3. นำเมล็ดที่กะเทาะแล้วมาคัดแยกเป็นเมล็ดถั่วดาวอินคา เมล็ดเต็ม เมล็ดแตกหัก และเมล็ดที่ไม่กะเทาะ (Fig.7) แล้วนำมาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่อง Electronic Compact Scale รุ่น SF-400A, China

4. นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก เปอร์เซ็นต์เมล็ดไม่กะเทาะ และความสามารถในการทำงานของชุดกะเทาะถั่วดาวอินคา ดังสมการที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

- เปอร์เซนต์เมล็ดเต็ม (%)

$$= \frac{W_{SH}}{W_T} \times 100 \quad (1)$$

- เปอร์เซนต์เมล็ดแตกหัก (%)

$$= \frac{W_{GB}}{W_T} \times 100 \quad (2)$$

- เปอร์เซนต์เมล็ดไม่กะเทาะ (%)

$$= \frac{W_{USH}}{W_T} \times 100 \quad (3)$$

- ความสามารถในการทำงาน (kg h⁻¹)

$$= \frac{W}{t} \quad (4)$$

เมื่อ W_{SH} คือน้ำหนักถั่วดาวอินคาเต็มเมล็ด (kg)

W_{GB} คือน้ำหนักเมล็ดแตกหัก (kg)

W_{USH} คือน้ำหนักเมล็ดที่ไม่กะเทาะ (kg)

W_T คือน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด (kg)

W คือน้ำหนักเมล็ดที่ป้อนเข้า (kg)

t คือเวลาที่ใช้ในการกะเทาะ (h)

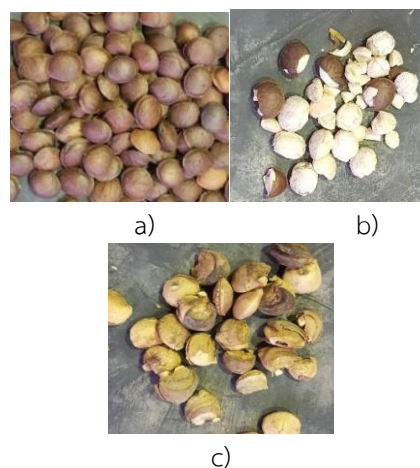


Figure 7. a) Inca peanut seed b) Damaged Inca peanut c) Inca peanut pod.

3 ผลและการวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของรูปแบบรูตะแกรงกะเทาะและความเร็วลูกกะเทาะ ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก เปอร์เซ็นต์เมล็ดไม่กะเทาะ และความสามารถในการทำงานของชุดกะเทาะถั่วดาวอินคา มีรายละเอียดดังนี้

3.1 เปอร์เซนต์เมล็ดเต็ม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบรูตะแกรงและความเร็วลูกกะเทาะ ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม แสดงดัง Table 2 พบว่า รูปแบบรูตะแกรงและความเร็วลูกกะเทาะมีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบรูตะแกรงและความเร็วลูกกะเทาะไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 2 Analysis of variance of concave sieve types and drum speeds on percentage of whole kernel.

SOV	df	SS	MS	F
Concave sieve type (A)	2	14436.418	7218.209	474.451*
Drum speed (B)	2	1897.014	948.507	62.341*
A x B	4	177.851	44.463	2.923 ^{ns}
Error	18	273.849	15.214	
Total	26	85215.315		

Note: * Significant ($p < 0.05$), ns Non-Significant.

จาก Table 3 แสดงการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม พบว่า รูปแบบรูตะแกรงกะเทาะทุกรูปแบบ (ตะแกรงรูลม ตะแกรงรูสี่เหลี่ยม และตะแกรงแถบเหล็ก) และความเร็วลูกกะเทาะทุกระดับ (130 165 และ 200 rpm) ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มแตกต่างกัน โดยที่ความเร็วลูกกะเทาะ 130 rpm ทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีค่ามากที่สุด และการใช้ตะแกรงรูลมทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีค่ามากที่สุด 89.27% รองลงมาคือตะแกรงรูสี่เหลี่ยม 47.13% และตะแกรงแถบเหล็ก 44.20% ตามลำดับ และเมื่อความเร็วลูกกะเทาะเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพล และคณะ (2562) ด้วยลักษณะเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีเปลือกหลายชั้น จะเห็นได้ว่าการเพิ่มความเร็วลูกกะเทาะเป็นการเพิ่มแรงและจำนวนครั้งในการฟาดตี ซึ่งการฟาดตีที่แรงและเร็วเกินไปจะทำให้เมล็ดเกิดการแตกหักมากขึ้นส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มมีแนวโน้มลดลง (Fig. 8)

Table 3 The percentage of whole kernel at three different concave sieve type and three different drum speed.

Concave sieve type	drum speed (rpm)		
	130	165	200
Round-hold sieve	89.27 ^{aA} ±1.66	83.55 ^{aB} ±2.09	75.12 ^{aC} ±1.66
Square-hold sieve	47.13 ^{bA} ±7.74	41.68 ^{bB} ±2.87	26.98 ^{bC} ±5.27
Steel-bar sieve	44.20 ^{cA} ±4.22	28.13 ^{cB} ±3.23	17.04 ^{cC} ±1.70

Note: Values in each column followed by the same letter in capital and in each row followed by the same letter in small letters are not significantly different at $p < 0.05$ according to DMRT. All data were reported as mean standard deviation ($n=3$).

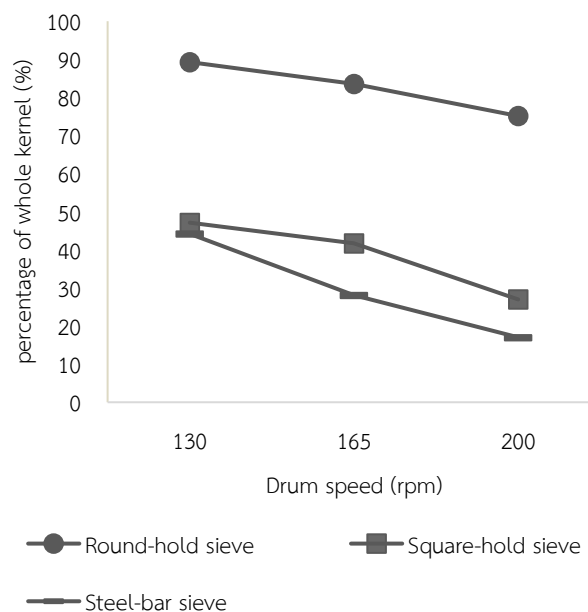


Figure 8. Effect of concave sieve types and drum speeds on percentage of whole kernel.

3.2 เปอร์เซนต์เมล็ดแตกหัก

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบรูตะแกรงและความเร็วลูกกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก แสดงดัง Table 4 พบว่า รูปแบบรูตะแกรง ความเร็วลูกกะเทาะ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบรูตะแกรงและความเร็วลูกกะเทาะมีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 4 Analysis of variance of concave sieve types and drum speeds on percentage of damaged kernel.

SOV	df	SS	MS	F
Concave sieve type (A)	2	11347.468	5673.734	1061.350*
Drum speed (B)	2	3660.818	1830.409	342.403*
A x B	4	638.341	159.585	29.853*
Error	18	96.224	5.346	
Total	26	49932.384		

Note: * Significant ($p < 0.05$).

จาก Table 5 แสดงการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก พบว่า รูปแบบรูตะแกรงทุกรูปแบบและความเร็วลูกกะเทาะทุกระดับส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหักแตกต่างกัน โดยที่ความเร็วลูกกะเทาะ 130 rpm ทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหักมีค่าน้อยที่สุด โดยการใช้ตะแกรงแถบเหล็กทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหักมีค่ามากที่สุด 47.64% รองลงมาคือตะแกรงรูสี่เหลี่ยม 11.90% และตะแกรงรูลม 1.88% ตามลำดับ และเมื่อความเร็วลูกกะเทาะเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพล และคณะ (2562) จะเห็นได้ว่าการเพิ่มความเร็วลูกกะเทาะเป็นการเพิ่มแรงและจำนวนครั้งในการฟาดตี

ซึ่งการพาดตีที่แรงและเร็วเกินไปทำให้เมล็ดเกิดการแตกหักมากขึ้น (Fig. 9)

Table 5 The percentage of damaged kernel at three different concave sieve type and three different drum speed.

concave sieve type	drum speed (rpm)		
	130	165	200
Round-hold sieve	1.88 ^{CC} ±1.13	10.10 ^{CB} ±1.14	19.10 ^{CA} ±0.96
Square-hold sieve	11.90 ^{BC} ±2.6	39.33 ^{BB} ±1.44	56.22 ^{BA} ±1.07
Steel-bar sieve	47.64 ^{AC} ±3.1	62.97 ^{AB} ±2.39	71.11 ^{AA} ±4.27

Note: Values in each column followed by the same letter in capital and in each row followed as the same letter in small letters are not significantly different at $p < 0.05$ according to DMRT. All data were reported as mean standard deviation (n=3).

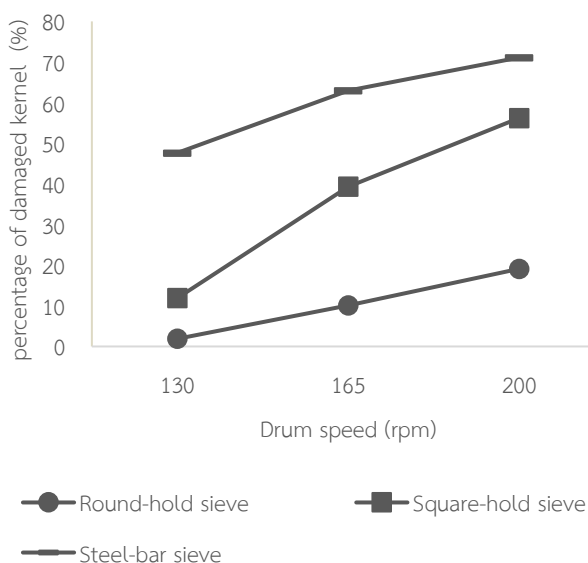


Figure 9. Effect of concave sieve types and drum speeds on percentage of damaged kernel.

3.3 เปอร์เซนต์เมล็ดไม่กะเทาะ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบรูตะแกรงและความเร็วลูกกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซนต์เมล็ดไม่กะเทาะ แสดงดัง Table 6 พบว่า รูปแบบรูตะแกรง ความเร็วลูกกะเทาะ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบรูตะแกรงและความเร็วลูกกะเทาะ มีผลกระทบต่อเปอร์เซนต์เมล็ดไม่กะเทาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 6 Analysis of variance of concave sieve types and drum speeds on percentage of un-shelled nuts.

SOV	df	SS	MS	F
Concave sieve type (A)	2	1819.746	909.873	69.909*
Drum speed (B)	2	372.644	186.322	14.316*
A x B	4	737.903	184.476	14.174*
Error	18	234.271	13.015	
Total	26	8511.868		

Note: * Significant ($p < 0.05$).

จาก Table 7 แสดงการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์เมล็ดไม่กะเทาะ พบว่า รูปแบบรูตะแกรงกะเทาะ และความเร็วลูกกะเทาะส่งผลให้เปอร์เซนต์เมล็ดไม่กะเทาะแตกต่างกัน ความเร็วลูกกะเทาะ 130 rpm ทำให้เปอร์เซนต์เมล็ดไม่กะเทาะมีค่าน้อยที่สุด โดยการใช้ตะแกรงรูสี่เหลี่ยมทำให้เปอร์เซนต์เมล็ดไม่กะเทาะมีค่ามากที่สุด 40.96% รองลงมาคือตะแกรงรูกลม 8.85% และตะแกรงแถบเหล็ก 8.16% ซึ่งการใช้ตะแกรงรูกลมและตะแกรงแถบเหล็กไม่มีความต่างต่างกันทางสถิติ สำหรับการใช้ตะแกรงรูกลมและตะแกรงรูสี่เหลี่ยม เมื่อความเร็วลูกกะเทาะเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซนต์เมล็ดไม่กะเทาะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาณุวัฒน์ (2561) จะเห็นได้ว่าการเพิ่มความเร็วลูกกะเทาะเป็นการเพิ่มแรงและจำนวนครั้งในการพาดตี ซึ่งการพาดตีที่แรงและเร็วทำให้เมล็ดถูกกะเทาะมากขึ้นส่งผลให้เปอร์เซนต์เมล็ดไม่กะเทาะมีแนวโน้มลดลง แต่การใช้ตะแกรงแถบเหล็ก เมื่อความเร็วลูกกะเทาะเพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซนต์เมล็ดไม่กะเทาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะเกิดจากรูปแบบตะแกรงมีช่องว่างให้เมล็ดถ่วงดาวอเนกอลอดผ่านได้เยอะกว่าตะแกรงรูกลม และตะแกรงรูสี่เหลี่ยม (Fig. 10)

Table 7 The percentage of un-shelled nuts at three different concave sieve type and three different drum speed.

Concave sieve type	Drum speed (rpm)		
	130	165	200
Round-hold sieve	8.85 ^{BA} ±1.90	6.35 ^{BB} ±2.97	5.78 ^{BB} ±1.50
Square-hold sieve	40.96 ^{AA} ±6.43	18.97 ^{AB} ±2.26	16.81 ^{AB} ±6.32
Steel-bar sieve	8.16 ^{BB} ±1.62	10.90 ^{BA} ±0.88	11.86 ^{BA} ±3.57

Note: Values in each column followed by the same letter in capital and in each row followed as the same letter in small letters are not significantly different at $p < 0.05$ according to DMRT. All data were reported as mean standard deviation (n=3).

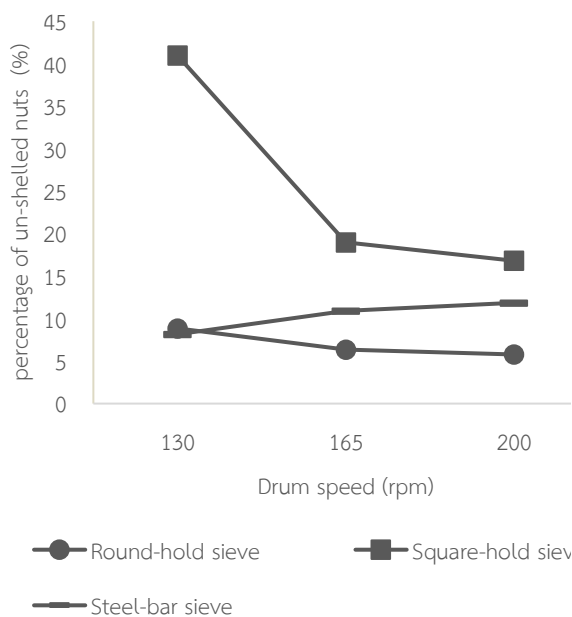


Figure 10. Effect of concave sieve types and drum speeds on percentage of un-shelled nuts.

3.4 ความสามารถในการทำงาน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบรูตะแกรงและความเร็วลูกกะเทาะที่มีผลต่อความสามารถในการทำงาน แสดงดัง Table 8 พบว่า รูปแบบรูตะแกรงและความเร็วลูกกะเทาะมีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบรูตะแกรงและความเร็วลูกกะเทาะต่อความสามารถในการทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 8 Analysis of variance of concave sieve type and drum speed on the capacity (kg h^{-1}).

SOV	df	SS	MS	F
Concave sieve type (A)	2	2934.618	1467.309	72.627*
Drum speed (B)	2	336.792	168.396	8.335*
A x B	4	236.039	59.010	2.921 ^{ns}
Error	18	363.660	20.203	
Total	26	105015.126		

Note: * Significant ($p < 0.05$), ns Non-Significant.

จาก Table 9 แสดงการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการทำงาน พบว่า รูปแบบรูตะแกรงและความเร็วลูกกะเทาะ ส่งผลต่อความสามารถในการทำงานแตกต่างกัน โดยที่ความเร็วลูกกะเทาะ 200 rpm ทำให้ความสามารถในการทำงานมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือที่ความเร็วลูกกะเทาะ 130 และ 165 rpm ซึ่งไม่มีความต่างต่างทางสถิติ โดยการใช้ตะแกรงรูปกลมทำให้ความสามารถในการทำงานมีค่ามากที่สุด 79.90% รองลงมาคือตะแกรงรูสี่เหลี่ยม 65.39% และตะแกรงแถบเหล็ก 62.72% ซึ่งการใช้ตะแกรงรูสี่เหลี่ยมและตะแกรงแถบเหล็กไม่มีความต่างต่างทางสถิติ และเมื่อ

ความเร็วลูกกะเทาะเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสามารถในการทำงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Fig. 11) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของภาณุวัฒน์ (2561) และณัฐพล และคณะ (2562) จะเห็นได้ว่าการเพิ่มความเร็วลูกกะเทาะเป็นการเพิ่มแรงและจำนวนครั้งในการพาดตี ซึ่งการพาดตีที่แรงและเร็วทำให้เมล็ดลูกกะเทาะได้มากขึ้นและเร็วขึ้นด้วย

Table 9 The capacity (kg h^{-1}) at three different concave sieve type and three different drum speed.

concave sieve type	drum speed (rpm)		
	130	165	200
Round-hold sieve	73.41 ^{ab} ±1.82	74.45 ^{ab} ±1.08	79.90 ^{aA} ±4.38
Square-hold sieve	54.75 ^{bb} ±3.48	53.80 ^{bb} ±4.99	65.39 ^{bA} ±2.58
Steel-bar sieve	54.68 ^{bb} ±5.78	51.75 ^{bb} ±8.27	62.72 ^{bA} ±3.57

Note: Values in each column followed by the same letter in capital and in each row followed as the same letter in small letters are not significantly different at $p < 0.05$ according to DMRT. All data were reported as mean standard deviation ($n=3$).

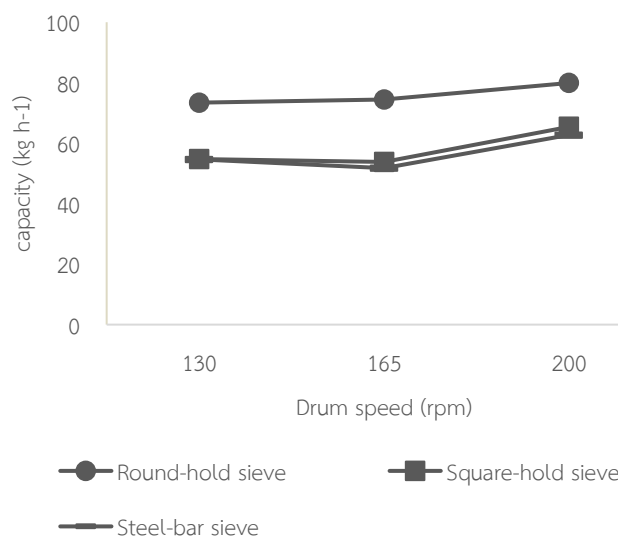


Figure 11. Effect of concave sieve types and drum speeds on percentage of capacity (kg h^{-1}).

4 สรุป

การศึกษารูปแบบรูตะแกรงกะเทาะ 3 รูปแบบ คือ ตะแกรงรูปกลม ตะแกรงรูสี่เหลี่ยม และตะแกรงแถบเหล็ก และความเร็วลูกกะเทาะ 3 ระดับ คือ 130 165 และ 200 rpm พบว่า รูปแบบรูตะแกรงกะเทาะ และความเร็วลูกกะเทาะ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก เปอร์เซ็นต์เมล็ดไม่กะเทาะ และความสามารถในการทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบรูตะแกรงและความเร็วลูกกะเทาะมี

ผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก และเปอร์เซ็นต์เมล็ดไม่กะเทาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม และความสามารถในการทำงาน โดยการใช้ตะแกรงกะเทาะรูกกลม และความเร็วลูกกะเทาะในช่วง 130-165 rpm มีความเหมาะสมสำหรับการทำงานของชุดกะเทาะมากที่สุด ซึ่งได้เปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม 83.55-89.27% เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก 1.88-10.10% เปอร์เซ็นต์เมล็ดไม่กะเทาะ 6.35-8.85% และความสามารถในการทำงาน 73.41-74.45 kg h⁻¹

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ในการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทอุดหนุนทั่วไปประจำปีงบประมาณ 2562 รวมถึงสาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และสาขาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และที่สนับสนุน สถานที่และเครื่องมือทดสอบในการทำวิจัยในครั้งนี้

6 เอกสารอ้างอิง

ณัฐพล โสภกุลละ, ศักดิ์ดา จำปานา, กิตติพงษ์ ลาลุน, จักรพันธ์ ดั่งคำจันทร์, ชัยยันต์ จันทร์ศิริ, สมโภชน์ สุดาจันทร์. 2561. การออกแบบและสร้างเครื่องปลิดแยกฝักสำหรับผลดาวอินคา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (ฉบับพิเศษ) 49(4), 299-302.

ณัฐพล โสภกุลละ, กิตติพงษ์ ลาลุน, ศักดิ์ดา จำปานา, สมโภชน์ สุดาจันทร์, นิวัติศักดิ์ คงทน. 2562. ผลของระยะกะเทาะและความเร็วเพลลาของจานกะเทาะต่อสมรรถนะของชุดกะเทาะเปลือกดาวอินคา. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา) 19(3), 61-71.

ชนกฤต ศิลปะธรากุล. 2559. ประสิทธิภาพของอาหารเสริมจากน้ำมันถั่วดาวอินคาในรูปปรับปรุทานต่อการทำงานของสมองตานสติปัญญา. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 3 ก้าวสู่ทศวรรษที่ 2: บูรณาการงานวิจัย ใช้องค์ความรู้สู่ความยั่งยืน วันที่ 17 มิถุนายน 2559, ณ วิทยาลัยนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา.

ภาณุวัฒน์ ขามประไพ. 2561. การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะและทำความสะอาดถั่วดาวอินคา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สมเกียรติ สุขุมพันธ์. 2562. การส่งเสริมศักยภาพการผลิตและการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากถั่วดาวอินคาเพื่อประโยชน์เชิงพาณิชย์. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา 13(1), 37-52.

สุพรรณ ยั่งยืน, เชิดพงษ์ เขียวชาญวัฒนา, บรรลุ เพียชิน, กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธ์. 2559. เครื่องกะเทาะและทำความสะอาด

ถั่วดาวอินคา. โครงการพัฒนาขีดความสามารถทางเทคโนโลยีและวิจัยของภาคเอกชนในพื้นที่ ประจำปีงบประมาณ 2559. ภายใต้โครงการอุทยานวิทยาศาสตร์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยอุทยานวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

Dostert, N., Roque, J., Brokamp, G., Cano, A., La Torre, M. 2009. Inca Peanut Botanical Data Sustainable Rural Development Programme. Lima: Deutscha GTZ GmbH.

Fernández, Y., Obregón, A., Medina, M., Martiaez, E., Navarro, E. 2015. Obtaining Cheese with milk mixture and Inca Peanut (*Plukenetia Volubilis*). Journal of Chemical Engineering 9, 537-553.

Gutiérrez, L.F., L.M. Rosada, A. Jiménez. 2011. Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. GRASAS Y ACEITES 62(1), 76-83.

Hazen, Duclos. 1980. Guidelines for the establishment and operation of vegetable oil factors. E.E.U.U.: Cornell University, United States.

Khamprapai, P., Chiawchanwattana, C., Laohavanich, J. and Yangyuen, S. 2018. A Cleaning and Grading Machine for Inca Peanut Seeds after Shelling Process. Mahasarakham International Journal of Engineering Technology 4(2), 37-40.

Nui, L., J. Li, M.S. Chen, Z.F. Xu. 2014. Determination of oil contents in Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis*) seed at different developmental stages by two method: soxhlet extraction and time-domain nuclear magnetic resonance. Industrial Crops and Products 56, 187-190.

Nuttaphon, S., Kittipong, L., Sakda, C., Somposh, S. 2018. Characteristic and some physical properties of dried ripe fruit of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Proceedings of the 11th Thai Society of Agricultural Engineering International Conference, 164-168. Kasetsart University. 26-27 April 2018, Hua Hin, Prachuap Khiri Khan, Thailand.

Vicente, J., M. G. Carvalho, E. E. Garcia-Rojas. 2015. Fatty acids profile of Sacha Inchi oil and blends by 1H NMR and GC-FID. Food Chemistry 181, 215-221.

Yehuda, S., Rabinovitz, Mostofsky, D., I. 1999. Essential fatty acids are mediators of brain biochemistry and cognitive functions. Journal of Neuroscience Research, Wiley 56, 565- 570.