

การออกแบบและพัฒนาชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวขนาดเล็กลูกเหล็ก

ธีรพงศ์ ผลโพธิ์^{1*}, ปานมนัส ศิริสมบุญ¹, กฤษณ์ ผลโพธิ์²

^{1*,1,2}ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 10520

ผู้เขียนติดต่อ: ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ E-mail: teerapong.ph@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาสร้างชุดขนาดเครื่องเกี่ยวขนาดเล็กลูกเหล็กโดยคำนึงถึงสมบัติทางกายภาพของลวดเหล็ก โดยทำการออกแบบดังนี้ 1) ความยาวของลูกขนาดจากเดิม 27 เซนติเมตร เป็น 53 เซนติเมตร เพื่อเพิ่มเวลาในการการเกี่ยวลวดเหล็กให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น 2) ปรับระยะห่างระหว่างพื้นลูกขนาดกับตะแกรงโดยทดลองที่สองระยะ ได้แก่ 2.54 เซนติเมตรและ 3.81 เซนติเมตร ซึ่งจากการทดลองหาประสิทธิภาพของการเกี่ยวลวดเหล็ก พบว่าช่องว่างระหว่างตะแกรงกับลูกขนาด ที่เหมาะสม คือ 3.81 เซนติเมตร และความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสม จากการทดลองหาประสิทธิภาพทดลองที่ 5 ความเร็ว ได้แก่ 8.75, 10.34, 11.93, 13.84, 15.91 และ 23.86 เมตรต่อวินาที พบว่าความเร็ว 10.34 เมตรต่อวินาที มีประสิทธิภาพในการเกี่ยวสูงสุดที่ 69.21% ประสิทธิภาพความสะอาดที่ 80.29% และที่ความชื้นของต้นลวดเหล็ก 2.33% ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟันและช่องว่างระหว่างตะแกรงกับลูกขนาดมีผลต่อประสิทธิภาพในการเกี่ยวและประสิทธิภาพความสะอาดแต่ไม่มีผลต่อความสามารถในการเกี่ยว

คำสำคัญ: การออกแบบและพัฒนา, ลูกขนาด, ลวดเหล็ก

Design and development of thresher of the small soybean harvester

Teerapong Pholpo^{1*}, Panmanas Sirisomboon¹, Krid Pholpo²

^{1*,1,2} Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520.

Corresponding author: Teerapong Pholpo. E-mail: teerapong.ph@kmitl.ac.th

Abstract

This research was to design, and development of the small thresher. The two parts of the thresher was designed and developed. 1) The drum length was changed from 27 cm to be 53 cm for increasing soybean retention time in the thresher. 2) The distance between drum and concave was designed to be changeable between 2.54 cm and 3.81 cm. From the performance test, it was found that the best distance between drum and concave was 3.81cm and the recommended tangential speed was 8.75 m/s which the tested speed were 8.75, 10.34, 11.93, 13.84, 15.91 and 23.86 m/s where the threshing and cleaning efficiency was 69.21 % and 80.29 % relatively at 2.33% moisture content of soybean plant. Statistical analysis showed that there was an effect of the peripheral speed at the tip of peg tooth and the gap between concave and drum on threshing efficiency and cleaning efficiency but no effect on capacity of the thresher.

Keywords: design, and development, thresher, soybean.

1. บทนำ

ลวดเหล็กเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สำคัญในประเทศไทย แต่ปริมาณความต้องการเมล็ดลวดเหล็กที่ผลิตได้ในประเทศยังไม่เพียงพอ ปัจจุบันประเทศไทยจะนำเข้าเมล็ดลวดเหล็ก 2.1 ล้านตันเพิ่มขึ้นจาก 1.93 ล้านตัน ในปี 2556/57 ร้อยละ 8.81 [1] ประเด็นปัญหาอีกประการหนึ่งก็คือ ปัญหาความล่าช้าในการเกี่ยวเกี่ยว และ ความสูญเสียอันเนื่องมาจากการเกี่ยวเกี่ยวที่ไม่มีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปเกษตรกรที่ปลูกลวดเหล็กมีขนาดไร่โดยเฉลี่ย 20-30 ไร่ หรือน้อยกว่า เกี่ยวเกี่ยวโดยการตัดที่โคนต้น และนำมามัดรวมกันเป็นพ่อนตั้งเป็นกองทิ้งไว้โดยเอาโคนลงดิน จนกระทั่งใบร่วงประมาณ 5 - 7

วันก่อนนวด [2] โดยใช้แรงงาน 1 คน สามารถตัดต้นลวดเหล็กได้ 0.5-1 ไร่ต่อวัน ซึ่งต้องใช้แรงงานคน 10-20 คนเก็บเกี่ยวลวดเหล็ก 10 ไร่ให้เสร็จภายใน 1 วัน ซึ่งการเกี่ยวเกี่ยวโดยใช้เกี่ยวเกี่ยวนั้น มีการสูญเสียลวดเหล็กประมาณ 1.1 และ 12.3 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเจ้าของไร่เก็บเกี่ยวและเมื่อจ้างเหมารายวันตามลำดับ [3] ปัจจุบันนับวันแรงงานภาคเกษตรกรรมย้ายไปสู่อุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก แรงงานภาคเกษตรกรรมลดลง หากเกษตรกรมีเครื่องทุ่นแรงที่ช่วยในการเกี่ยวเกี่ยวได้รวดเร็วใช้แรงงานคนน้อยลงก็จะลดปัญหาที่กล่าวมาได้ใน ปี พ.ศ. 2542 ปานมนัสและคณะได้สร้างและทดสอบเครื่องเกี่ยวเกี่ยวลวดเหล็กขนาดเล็กเพื่อส่งเสริมการปลูกลวดเหล็กของเกษตรกรรายย่อย

ช่วยลดต้นทุนในการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร ลดแรงงานและลดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวหัวเหลือง ซึ่งผลทดสอบพบว่า มีผลผลิตสูญเสียไปขณะเก็บเกี่ยวผ่านระบบนวดสูงเฉลี่ย 26.63 กิโลกรัมต่อชั่วโมงคิดเป็น 60.29% ของประสิทธิภาพเครื่อง [3] จากข้อมูลดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงต้องการที่จะพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดหัวเหลืองขนาดเล็กดังกล่าวให้ลดความสูญเสียลง ซึ่งการทำโครงการครั้งนี้มุ่งเน้นการแก้ไขและพัฒนาในส่วนที่มีการสูญเสียมากที่สุดนั่นคือระบบนวดซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องเกี่ยวนวดนั้นเพิ่มขึ้นนั่นเอง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของต้นข้าวเหลือง

2.1.1 พันธุ์ข้าวเหลืองที่ใช้ในการทดสอบ

พันธุ์ข้าวเหลืองที่ใช้ในการทดสอบนั้นเป็นข้าวเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 การหาสมบัติทางกายภาพต้นข้าวเหลือง โดยสุ่มตัวอย่างต้นข้าวเหลืองจากกระสอบทั้งหมดที่ได้รับมา 25 กระสอบ โดย 1 กระสอบสุ่มหยิบต้นข้าวเหลืองมา 1 ต้น นั่นคือ จะได้ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบทั้งสิ้น 25 ต้น วัดความกว้าง ยาว ความสูงของต้นข้าวเหลืองโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ดิจิตอล ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร และตลับเมตร บันทึกผลการทดลอง

2.1.2 การทดสอบวัดความชื้นของต้นข้าวเหลือง

ใช้ตัวอย่างต้นข้าวเหลือง 5 ต้น จากการทดลองที่แล้ว โดยได้ แยกลำต้น กิ่ง เปลือก และเมล็ด แล้วมาใช้ในการทดสอบ ลดขนาดของลำต้น กิ่ง เปลือก และ เมล็ด ใส่ลงในภาชนะที่เตรียมไว้แล้วนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียด 0.0001 กรัม นำลำต้น กิ่ง เปลือก และเมล็ดซึ่งอยู่ภาชนะที่เตรียมไว้ ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหลังจากนั้นนำออกจากตู้อบไปใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccator) จนเย็น (ประมาณ 1 ชั่วโมง) แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณค่าความชื้นของ ลำต้น กิ่ง เปลือก เมล็ด และ ความชื้นรวมของต้นข้าวเหลือง และบันทึกผลการทดลอง

2.2 การทดสอบก่อนการปรับปรุงชุดนวด

เครื่องเกี่ยวนวดหัวเหลืองขนาดเล็กนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ 1) ชุดโครงรถเกี่ยวนวด 2) ต้นกำลังและชุดส่งกำลัง 3) ชุดเกี่ยวและลำเลียง 4) ชุดนวดหัวเหลือง แสดงดังรูปที่ 1



Figure 1 Frame of thresher of the small soybean harvester.

2.2.1 ทดสอบเดินเครื่องตัวเปล่าและทดสอบสมรรถนะของระบบการนวด

1) สุ่มตัวอย่างต้นข้าวเหลือง 3 ตัวอย่าง ละ 4 ต้น จากทั้งหมด 25 กระสอบ 2) นำตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก 3) นำตัวอย่างเข้าระบบนวด เพื่อวัดประสิทธิภาพซึ่งจะแบ่งช่องทางออกของช่องนวดเป็น 2 ทางออก คือ 1) ช่องที่นำเมล็ดไปใช้ (ช่องดี) 2) ช่องทิ้งเศษ (ช่องเสีย) ทำซ้ำ 3 อย่าง ซึ่งแต่ละช่องต้องแยกส่วนของหัวเหลืองได้แก่ ก) เมล็ด ข) เปลือก ค) กิ่งและลำต้น 4) นำแต่ละส่วนที่ออกจากกระสอบนวดไปชั่งน้ำหนัก บันทึกผลการทดลอง และ 5) คำนวณค่าสมรรถนะของระบบนวด

2.2.2 การออกแบบชุดนวด

ในชุดนวดที่ออกแบบใหม่นี้มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

- โครงชุดนวดตัวล่างทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มิลลิเมตรขึ้นรูปทรงแบบครึ่งวงกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 295 มิลลิเมตรยาว 645 มิลลิเมตร ด้านล่างมีช่องทางออกของเมล็ดหัวแบบทอสี่เหลี่ยมขนาดกว้างและยาว 160 มิลลิเมตร สูง 100 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 2

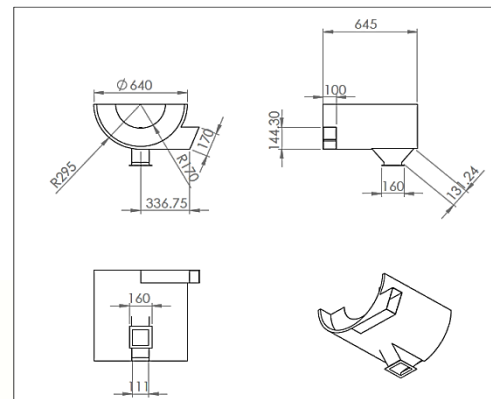


Figure 2 Bottom covers.

- โครงชุดนวดตัวบน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มิลลิเมตรขึ้นรูปทรงแบบครึ่งวงกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 375 มิลลิเมตรยาว 650 มิลลิเมตร ด้านข้างมีช่องทางเข้าของต้นข้าวขนาดกว้างและยาว 150 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3

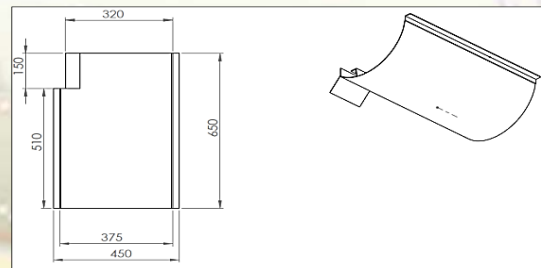


Figure 3 Upper cover.

■ ตะแกรงรองชุดนวด ทำจากแผ่นตะแกรงรูมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ชั้นครึ่งวงกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 370 มิลลิเมตร ยาว 530 มิลลิเมตร มิลลิเมตร ด้านข้างมีช่องทางเข้าของต้นถั่วขนาดกว้าง 150 มิลลิเมตรและสูง 220 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 4

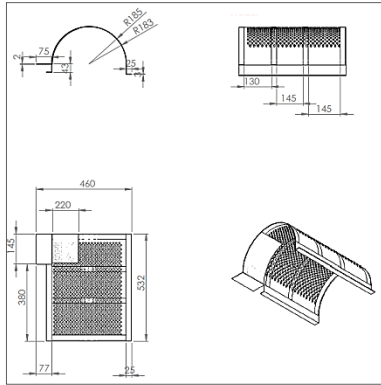


Figure 4 Sieve mesh.

■ ลูกนวด ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มิลลิเมตรขึ้นรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 222 มิลลิเมตรยาว 350 มิลลิเมตร และมีแท่งเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ยาว 45 มิลลิเมตร จำนวน 6 แถว จำนวน 66 แท่ง มีแกนเหล็กเพลานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตรและยาว 850 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 5 และที่ปลายเพลานจะมีใบปัดต้นถั่วออกจากเครื่อง มีขนาดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 315 มิลลิเมตร จำนวน 4 ใบ แสดงดังรูปที่ 6

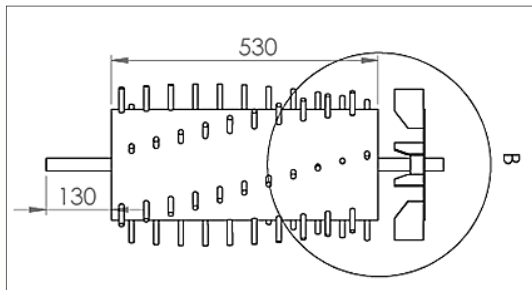


Figure 5 Thresher (drum).

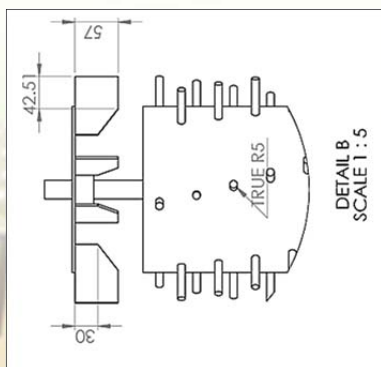


Figure 6 Fan.

■ ฝาครอบด้านข้างชุดทั้งสองด้าน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มิลลิเมตรขึ้นรูปทรงกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 380 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 7

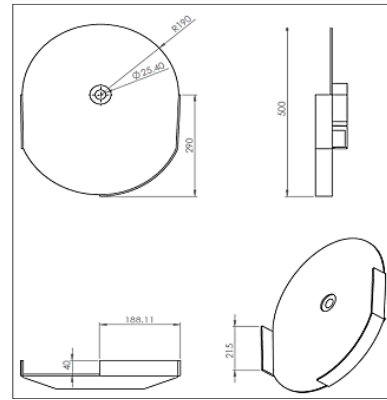


Figure 7 Side covers (left and right).

2.2.3 การทดสอบสมรรถนะของชุดนวด

การทดสอบสมรรถนะในการนวด ทำโดยการสุมหีบต้นถั่วเหลือง 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 5 ต้น ไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปผ่านการนวด โดยมีการจับเวลาที่ใช้ในการนวด หลังจากนั้นที่ช่องทางออกของเมล็ด และช่องทิ้ง คัดแยกเมล็ด เปลือก กิ่งและลำต้น (กิ่งและลำต้นรวมกัน) นำไปชั่งน้ำหนักแล้วแทนค่าลงในสมการที่ 1, 2 และ 3 เพื่อคำนวณหาความสามารถในการนวด ประสิทธิภาพในการนวดและประสิทธิภาพในการทำความสะอาด

$$\text{ความสามารถในการนวด (kg/hr)} = W/t \quad (1)$$

$$\text{ประสิทธิภาพในการนวด (\%)} = W/(W+W_1) \quad (2)$$

เมื่อ W = มวลเมล็ดถั่วเหลืองที่ออกจากการนวดไปยังช่องเก็บเมล็ด (kg)

W_1 = น้ำหนักเมล็ดถั่วเหลืองที่สูญเสียไป (ไม่อยู่ในช่องเก็บเมล็ด) (kg)

t = เวลาที่ใช้ในการนวด (hr)

ประสิทธิภาพทำความสะอาด (%)

$$= [E(F-G)(E-F)(1-G)/F(E-G^2)(1-F)] \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ E = สัดส่วนของเมล็ดต่อเมล็ด, กิ่งและเปลือกที่ช่องทางออกเมล็ด

F = สัดส่วนของเมล็ดต่อเมล็ด, กิ่งและเปลือกที่ช่องป้อน

G = สัดส่วนของเมล็ดต่อเมล็ด, กิ่งและเปลือกที่ช่องเก็บเปลือก

โดยทดสอบความเร็วของลูกนวดที่ 550, 650, 750, 870, 1000 และ 1500 รอบต่อนาที หรือที่ความเร็วเชิงเส้น 8.75, 10.34, 11.93, 13.84, 15.91 และ 23.86 เมตรต่อวินาที (m/s) และระยะช่องว่างระหว่างตะแกรงกับลูกนวดที่ 2 ระยะคือที่ 25.4 มิลลิเมตร และ 38.1 มิลลิเมตร และความยาวของลูกนวดจากเดิม 27 เซนติเมตร และความยาวใหม่ 53 เซนติเมตร และบันทึกผลการทดลอง

■ ใช้การวางแผนการทดลองแบบ Factorial analysis in CRD โดยมีสมมติฐานทางการวิจัยและสถิติ

3. ผลและวิจารณ์

คุณสมบัติทางกายภาพของต้นถั่วเหลืองแสดงดังตารางที่ 1 และ ความชื้นของส่วนต่างๆของต้นถั่วเหลือง แสดงดังตารางที่ 2

Table 1 Physical property of soybeans.

Physical properties	Average±Sd
width (cm)	10.64±3.15
height (cm)	65.00±10.50
weight (g)	47.13±29.44
weight of soybean stalk (g)	10.02±4.55
weight of soybean branches (g)	16.50±21.92
number of limbs per tree (limbs)	4.00±2.00

Table 2 Moisture percentage of soybeans.

Category	Moisture content (%)
trunk	2.28±0.97 %
lims	0.95±0.34 %
seed	3.19±0.64 %
bole	2.33±0.97 %

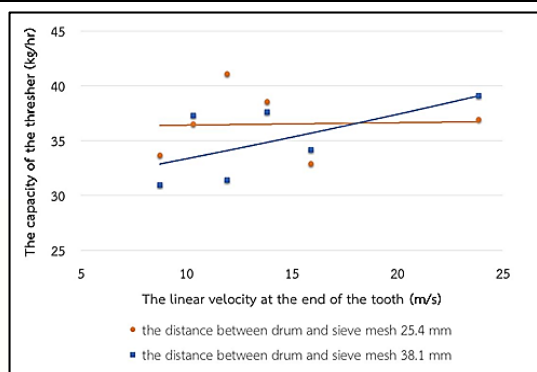


Figure 8 Relationship between the capacity of thresher and the linear velocity at the end of the tooth at the difference distance between drum and sieve mesh.

จากรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟันที่ 11.98 เมตรต่อวินาที ของตะแกรงกับลูกขนาดที่ระยะ 25.4 มิลลิเมตร ที่มีความสามารถในการนวดที่ 41.09 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งสูงกว่า ตะแกรงกับลูกขนาดที่ระยะ 38.1 มิลลิเมตร ที่ความเร็วเชิงเส้นที่ปลาย ฟันที่ 37.62 เมตรต่อวินาที และพบว่าเส้นแนวโน้มของระยะตะแกรง กับลูกขนาดที่ 38.1 มิลลิเมตร มีความสามารถในการนวดสูงขึ้นตาม ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟัน ในขณะที่เส้นแนวโน้มระยะตะแกรงกับ ลูกขนาดที่ 25.4 มิลลิเมตร มีความสามารถในการนวดสูงเกือบคงที่ ในทุกความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟัน

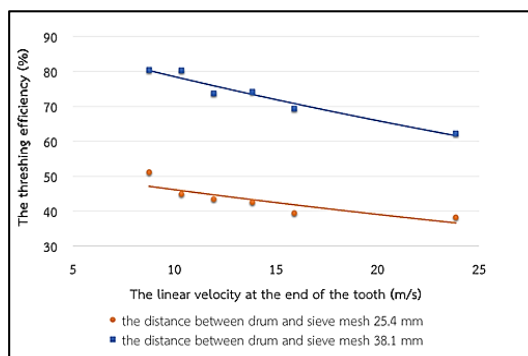


Figure 9 Relationship between the threshing efficiency and the linear velocity at the end of the tooth at the difference distance between drum and sieve mesh.

จากรูปที่ 9 พบว่าเส้นแนวโน้มของระยะตะแกรงกับลูกขนาดที่ 38.1 มิลลิเมตร ที่ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟัน 13.84 เมตรต่อวินาที มีประสิทธิภาพในการนวดที่ 69.21% ซึ่งสูงกว่าระยะตะแกรงกับลูก ขนาดที่ 24.5 มิลลิเมตร ตามความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟัน

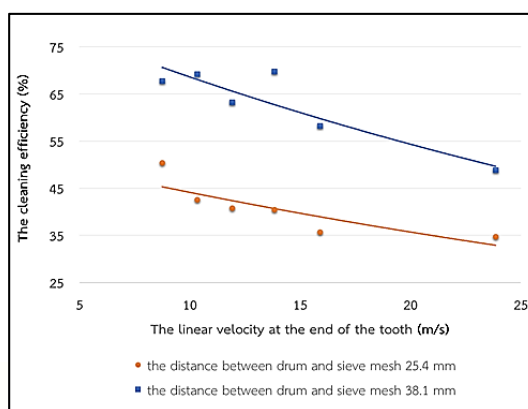


Figure 10 Relationship between the cleaning efficiency and the linear velocity at the end of the tooth at the difference distance between drum and sieve mesh.

จากรูปที่ 10 พบว่าเส้นแนวโน้มของระยะตะแกรงกับลูกขนาดที่ 38.1 มิลลิเมตร ที่ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟัน 8.46 เมตรต่อวินาที มี ประสิทธิภาพความสะอาดที่ 80.46 % ซึ่งสูงกว่าระยะตะแกรงกับลูก ขนาดที่ 24.5 มิลลิเมตร ตามความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟัน

Table 3 the linear velocity at the end of the teeth on average of threshing efficiency.

Sample	The linear velocity at the end of the tooth (m/s)					
	8.75	10.43	11.93	13.84	15.91	23.86
10	65.83a	62.63a	58.58b	58.38b	54.43c	50.21d

จากตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างถั่วเหลือง ที่ขนาดกับความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟัน พบว่าตัวอย่างถั่วเหลืองที่ขนาด ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟันที่แตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Table 4 Analysis of variance of the distance between the sieve mesh and the drum to the average of the threshing efficiency.

Sample	The distance between sieve mesh and drum (mm)	
	25.4	38.1
30	43.31a	73.38b

จากตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างข้าวเปลือกที่ขนาดกะบะระหว่างตะแกรงกับปลายแห่งของลูกนวด พบว่าตัวอย่างข้าวเปลือกที่ขนาดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระยะระหว่างตะแกรงกับปลายแห่งของลูกนวดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Table 5 the linear velocity at the end of the teeth on average of cleaning efficiency.

Sample	The linear velocity at the end of the tooth (m/s)					
	8.75	10.43	11.93	13.84	15.91	23.86
10	59.09ns	55.89ns	51.97a	55.09ns	46.97a	41.78b

จากตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างข้าวเปลือกที่ขนาดกะบะประสิทธิภาพความสะอาดที่ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟัน พบว่าตัวอย่างข้าวเปลือกที่ขนาดมีปฏิสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการนวดที่ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟันที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Table 6 Analysis of variance of the distance between the sieve mesh and the drum to the average of the cleaning efficiency.

Sample	The distance between sieve mesh and drum (mm)	
	25.4	38.1
30	40.76a	62.87b

จากตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างข้าวเปลือกที่ขนาดกะบะประสิทธิภาพความสะอาดที่ระยะระหว่างตะแกรงกับปลายแห่งลูกนวด พบว่าตัวอย่างข้าวเปลือกที่ขนาดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับประสิทธิภาพความสะอาดที่ระยะระหว่างตะแกรงกับปลายแห่งลูกนวดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. สรุป

ผลจากการออกแบบและพัฒนาชุดนวดโดยคำนึงถึงสมบัติทางกายภาพของข้าวเปลือก และได้โดยปรับความยาวของลูกนวดจากเดิม 27 เซนติเมตร เป็น 53 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่ขนาดข้าวเปลือกได้หมดจากต้นข้าว และการนวดข้าวเปลือกให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ปรับระยะระหว่างฟันลูกนวดกับตะแกรงโดยทดลองที่สองระยะ ได้แก่ 2.54 เซนติเมตร และ 3.81 เซนติเมตร ซึ่งผลการทดลองประสิทธิภาพ

ของการนวดข้าวเปลือก พบว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงกับฟันลูกนวด ที่ดีที่สุดที่ระยะ 3.81 เซนติเมตร จากการทดลองหาประสิทธิภาพ โดยทดลองที่ 5 ความเร็ว ได้แก่ 8.75, 10.34, 11.93, 13.84, 15.91 และ 23.86 เมตรต่อวินาทีและพบว่าความเร็วที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 10.34 เมตรต่อวินาทีซึ่งมีประสิทธิภาพในการนวด คือ 69.21% และมีประสิทธิภาพความสะอาด คือ 80.29% ที่ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายฟันและระยะระหว่างฟันโค้งกับลูกนวดมีผลต่อประสิทธิภาพในการนวดและประสิทธิภาพความสะอาด แต่ไม่มีผลต่อความสามารถในการนวด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ใช้สถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- สายรัก ไชยลังกา. 2557. พืชน้ำมัน: ข้าวเปลือก. วารสารเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 60(693), 28-29.
- องค์การตลาดเพื่อเกษตรกร. ข้าวเปลือก. แหล่งที่มา <http://www-mof.or.th/web/agriculture.php?id=51&cat=23>, เข้าดูเมื่อวันที่ 9/09/2557.
- ปานมนัส ศิริสมบุญ, วรณา ตั้งเจริญชัย และ รังสรรค์ โนชัย. 2542. เครื่องเกี่ยวนวดข้าวเปลือก, โครงการวิจัยและพัฒนาโครงการประดิษฐ์กรรมเพื่อพัฒนาชนบท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 3, 67.