ออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดกระเทียม

Design and development of a garlic sizing machine

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์[1*], สุนัน ปานสาคร[1], ราชัญทร์ หงษ์โต[1], อรรถกร จันทร์ชนะ[1] และ อาทิตย์ พูลทวี[1]

Jaturong Langapin[1*], Sunan Parnsakhorn[1], Rachan Hongto[1], Atthakron Chanchana[1] and Artit Phulltawee[1]

บทคัดย่อ: เครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียมถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานและลดเวลาในการคัดขนาดกลีบกระเทียมสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องเทศ เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้าง ชุดคัดขนาด ช่องป้อนกลีบกระเทียม ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนกลีบกระเทียมที่ต้องการคัดขนาดลงในถังป้อนกลีบกระเทียมทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นกลีบกระเทียมจะไหลเข้าสู่ชุดคัดขนาด ที่ประกอบด้วยตะแกรงทรงกระบอกหมุน 3 ชั้น ที่สามารถคัดขนาดได้ 3 ขนาด และกระเทียมที่ผ่านการคัดขนาดจะไหลสู่ช่องทางออกต่างๆ ทางด้านหน้าเครื่อง จากการทดสอบโดยการป้อนแบบต่อเนื่องและใช้ความเร็วรอบของชุดคัด 10,15 และ 20 รอบต่อนาทีตามลำดับ พบว่าเครื่องคัดขนาดกระเทียมต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วของชุดคัดขนาด 20 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาด 90.8% ความสามารถในการทำงาน 167.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่าเมื่อใช้เครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียม 2,400 ชั่วโมงต่อปี ได้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 0.2 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 1.06 ปี และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 557 ชั่วโมงต่อปี

คำสำคัญ: กระเทียม, เครื่องคัดขนาด, การออกแบบ

ABSTRACT: A garlic sizing machine was fabricated to increase the working capacity and reduce garlic sizing time in the seasoning industry. The prototype consisted of a main frame, sizing unit, feeding chute, power transmission unit and 1-hp electric motor used as a prime mover. A bulk of whole garlic was fed manually into the feeding chute at the top of the machine. Then, these fell into the sizing unit comprising of a set of 3 cylindrical rotary sieves that serves to grade garlic into 3 sizes. After sizing, the garlic was discharged to the discharge chute in front of the machine. For performance evaluation, continued feeding and 3 sizing unit speeds of 10, 15 and 20 rpm were used. The test results indicated that the best sizing quality was obtained when the machine was operated at the sizing unit speed of 20 rpm. The sizing accuracy was found to be 90.8%, the working capacity was 167.8 kg per hour, and the machine consumed 0.8 kW-h of electric power. Based on engineering economic analysis, the machine cost was found to be 0.2 Baht/kg, the payback period was 1.06 years, and the breakeven point was 557 hours per year at the annual use of 2,400 hours per year.

Keywords: garlic, sizing machine, design

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110
Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi Pathumthani 12110

* Corresponding author: Leaw44@yahoo.com

บทนำ

กระเทียมเป็นเครื่องเทศชนิดหนึ่ง แทบทุกครัวเรือนจะต้องมีติดบ้านไว้สำหรับใช้ประกอบอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติ และกลิ่นอันชวนให้น่ารับประทานอย่างยิ่ง กระเทียมเป็นพืชที่มีลำต้นอยู่ใต้ดินเรียกว่าหัว หัวมีกลีบย่อยหลายกลีบ เนื้อสีขาว มีกลิ่นฉุนเฉพาะ ใบยาว แบน ปลายแหลม ภายในกลวง ดอกรวมกันเป็นกระจุกที่ปลายก้านช่อ ดอกสีขาวอมเขียว หรืออมชมพู นอกจากนั้นยังเป็นพืชสมุนไพรรักษาโรคได้หลายชนิด อาทิ ท้องอืด ท้องเฟ้อ แน่นจุกเสียด และที่ชาวบ้านรู้จักกันดีว่ากระเทียมนำไปบดแล้วทาใช้เป็นยาแก้กลากเกลื้อนได้เป็นอย่างดี (อรสา และ จิรภา, 2551; Tsai et al., 2012) นอกจากนั้นกระเทียมยังเป็นพืชเศรษฐกิจ หลักของประเทศซึ่งมีพื้นที่ปลูกกระเทียม 150,000-190,000 ไร่ ผลผลิตประมาณ 9,000 ตัน/ปี จึงมีการปลูกในหลายพื้นที่ เพื่อทำเป็นเชิงธุรกิจในหลายจังหวัดแถบภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (กลุ่มยุทธศาสตร์และสารสนเทศ, 2553)

การคัดขนาดกลีบกระเทียมทั้งในตลาดขายส่งและโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องเทศนั้น มีการนำเครื่องจักร (ผกามาศ และ ผุสดี, 2532; จุมพล และคณะ, 2533; สุนทร และวิเชษฐ, 2533; ดิเรก, 2547) และแรงงานคนเข้ามาใช้ในการคัด ทั้งนี้การคัดโดยคนจะใช้ความชำนาญในการมองขนาดกระเทียม ทำให้ใช้เวลาในการทำงานมาก อีกทั้งขนาดที่ได้ยังไม่สม่ำเสมอ ส่วนการคัดด้วยเครื่องคัดขนาดที่ใช้ในปัจจุบันยังมีปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆ เช่น มีเสียงดัง และมีฝุ่นละอองฟุ้งกระจายออกจากเครื่องคัด ทำให้เป็นอันตรายแก่ผู้ควบคุม รวมทั้งใช้เวลาในการคัดขนาดมาก ด้วยเหตุนี้ทางคณะวิจัยจึงได้ร่วมกันคิดค้นเครื่องคัดแยก ขนาดกลีบกระเทียมที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น

วิธีการศึกษา

ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

ก) วิธีการคัดขนาดกลีบกระเทียมในปัจจุบัน

การศึกษาในขั้นตอนนี้เพื่อให้ทราบถึงวิธีการที่ใช้คัดขนาดกระเทียมในปัจจุบันรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและค่าใช้จ่าย ในการคัดขนาดเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับนำไปเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องต้นแบบ จากการเก็บข้อมูลในโรงงานผลิตเครื่องเทศ พบว่าการคัดขนาดกระเทียมด้วยแรงงานที่มีความชำนาญจะคัดได้ประมาณ 3-5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าจ้างแรงงาน 10 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนการคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดกระเทียมที่ใช้อยู่เดิมดัง Figure 1 คัดได้ 1,000 กิโลกรัมต่อวัน (ทำงาน 8 ชั่วโมง) มีปัญหาเสียงดัง และมีฝุ่นละอองฟุ้งกระจายออกจากเครื่องคัด



Figure 1 Garlic sizing machine - used in seasoning industries

ข) ลักษณะทางกายภาพของกลีบกระเทียม

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของกลีบกระเทียม (Haciseferogulları et al., 2005; Sahin and Sumnu, 2006) ได้แก่ ความยาว ความกว้างและความหนาของกลีบกระเทียมสำหรับใช้ในการออกแบบขนาดของรูตะแกรงคัดขนาด ดำเนินการศึกษาโดยการวัดกลีบกระเทียมที่ผ่านการคัดขนาดตามพันธ์และขนาดที่นิยมซื้อขายตามท้องตลาด ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นกระเทียมจีนที่มีจำหน่ายในตลาดไท จังหวัดปทุมธานี ใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์สุ่มวัดจำนวน 500 กลีบ ตามตำแหน่งการวัดแสดงดัง Figure 2

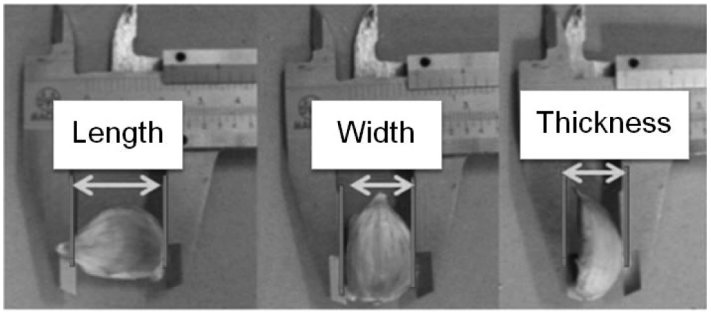


Figure 2 Schematic of garlic for dimension measurement

จากผลการวัดขนาดกลีบกระเทียมเปรียบเทียบกับขนาดอ้างอิงเฉลี่ยที่ใช้ซื้อขายกันตามท้องตลาด ดัง **Table 1** จะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าต่างๆ ที่ได้จากการวัดจะนำไปใช้ในการออกแบบตะแกรงคัดขนาด (Brennan et al., 1976; James, 2006)

Table 1 Physical dimension of garlic

Garlic size	Length (mm)		Width (mm)		Thickness (mm)	
	References dimension	Measured	References dimension	Measured	References dimension	Measured
Small	17	18.5±1.6	6	6.5±1.2	7	8.1±1.4
Medium	20	22.5±2.8	10	10.6±1.0	8	12.1±1.5
Large	25	25.3±2.5	10	11.6±2.2	15	16.6±1.6

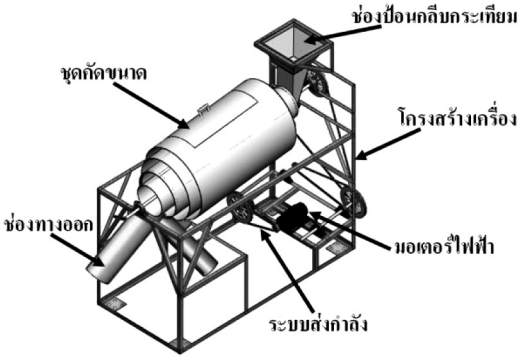
Remark: References dimension is the market dimension; ± is standard deviation (S.D.)

ค) ศึกษามุมเสียดทานภายในของกลีบกระเทียม

การศึกษาในขั้นตอนนี้เพื่อหาค่ามุมเสียดทานภายใน (Mohsenin, 1986) ของกลีบกระเทียมสำหรับใช้ในการออกแบบมุมเอียงของชุดคัดขนาดกลีบกระเทียม โดยใช้สแตนเลสซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้สร้างชุดคัดขนาด ในการทดสอบพบว่ากลีบกระเทียมมีมุมเสียดทานภายในเฉลี่ย 10 องศา จึงได้ใช้มุมนี้เป็นมุมเอียงเริ่มต้นของชุดคัดขนาด

ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

เมื่อได้ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบแล้ว จึงได้ดำเนินการออกแบบเครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียม (Shigley and Mischke,1989) ให้สอดคล้องตามความต้องการโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องเทศประกอบด้วย โครงสร้าง ชุดคัดขนาด ถังป้อนกลีบกระเทียม ช่องทางออกกลีบกระเทียม ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังดัง **Figure 3**



a) The garlic sizing machine design by using CAD



b) The prototype of garlic sizing machine

Figure 3 The schematic of the garlic sizing machine prototype

การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนกลีบกระเทียมที่ต้องการคัดขนาดลงในถังป้อนกลีบกระเทียมทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นกลีบกระเทียมจะไหลเข้าสู่ชุดคัดขนาด ที่ประกอบด้วยตะแกรงทรงกระบอกหมุน 3 ชั้น ที่สามารถคัดขนาดได้ 3 ขนาด โดยกระเทียมทั้งหมดจะไหลเข้าสู่ตะแกรงชั้นในสุด ที่รูตะแกรงมีขนาด 16 มิลลิเมตร กลีบกระเทียมขนาดใหญ่ไม่สามารถจะลอดผ่านไปได้ ส่วนกลีบกระเทียมขนาดกลางและขนาดเล็กจะลอดผ่านไปคัดขนาดที่ตะแกรงชั้นกลางและชั้นนอกซึ่งรูตะแกรงมีขนาด 11 และ 4 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยกระเทียมที่ผ่านการคัดขนาดจะไหลสู่ช่องทางออกต่างๆ ทางด้านหน้าเครื่อง

การทดสอบและประเมินผล

หลังจากการทดสอบเบื้องต้นและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียมต้นแบบได้ถูกทดสอบและประเมินสมรรถนะในการทำงาน รวมทั้งคุณภาพในการคัดขนาด โดยใช้ความแม่นยำในการคัดขนาด ความสามารถในการทำงานจริง และอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นค่าชี้ผลการศึกษา ใช้กระเทียมจีนมีความกว้างของกลีบกระเทียมระหว่าง 13-17 มิลลิเมตร ความยาวของกลีบกระเทียม ระหว่าง 18-22 มิลลิเมตร และความหนาของกลีบกระเทียม 7-18 มิลลิเมตร (สุ่มวัด 100 กลีบ) ตลอดการทดสอบจากการทดสอบเบื้องต้นยังพบอีกว่า ความเร็วของชุดคัดขนาดไม่ควรเกิน 20 รอบต่อนาที เพราะทำให้กลีบกระเทียมไหลเร็วเกินไป ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำในการคัดขนาด ดังนั้นจึงทดสอบที่ความเร็วของชุดคัดขนาด 3 ระดับ คือ 10, 15 และ 20 รอบต่อนาที ตามลำดับ โดยแต่ละการทดสอบจะใช้กลีบกระเทียม 30 กิโลกรัม ทำซ้ำ 3 ซ้ำ และใช้วิธีการทางสถิติวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และมีสมการของค่าชี้ผลการศึกษา ดังนี้

$$\text{ความแม่นยำในการคัดขนาด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของกลีบกระเทียมที่มีขนาดถูกต้อง}}{\text{น้ำหนักของกลีบกระเทียมที่ผ่านการคัดทั้งหมด}} \quad (1)$$

$$\text{ความสามารถในการทำงานจริง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)} = \frac{\text{น้ำหนักของกลีบกระเทียมที่คัดได้ทั้งหมด}}{\text{เวลาที่ใช้ทั้งหมด}} \quad (2)$$

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)} = \frac{IVt}{1000} \quad (3)$$

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t = เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (Hunt, 1995)

ก. การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย การประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมเกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียม สมมติว่า

สถานประกอบการใช้เครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียมแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องได้ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10%) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปรไปตามปริมาณของการคัดขนาด

ข. การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay-back period) เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนใช้เครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียมไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี โดยพิจารณาจากการทราบค่า (i = 10 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่ทราบค่า n ทำการเปลี่ยน n ไปเรื่อยๆ จนค่าทั้งสองข้างของสมการเท่ากันก็จะได้ค่า n โดยที่ n คือระยะเวลาคืนทุน (ปี)

ค. การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break-even point) เป็นการคำนวณเปรียบเทียบการคัดขนาดกลีบกระเทียม โดยใช้แรงงานคนกับเครื่องต้นแบบว่าสามารถใช้ต้นทุนในการทำงานเท่ากับต้นทุนของการคัดขนาดได้ปริมาณเท่าไร

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความแม่นยำในการคัดขนาด

กลีบกระเทียมที่ผ่านการคัดขนาดจากเครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียมต้นแบบแสดงดัง Figure 4 โดยสามารถคัดได้ 3 ขนาดคือ ขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก หรือแทนด้วยตัวอักษร A, B และ C

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาดของเครื่องต้นแบบ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทุกความความเร็วรอบของชุดคัดขนาดที่เพิ่มขึ้นในส่วนของชุดคัดขนาดใหญ่และขนาดกลาง แต่ไม่มีผลกับชุดคัดขนาดเล็ก ส่วนขนาดของรูตะแกรงขนาดต่างๆ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาด ดัง Figure 5 เมื่อเพิ่มความเร็วของชุดคัดขนาดความแม่นยำของการคัดจะเพิ่มขึ้นตามโดยเฉพาะตะแกรงขนาดใหญ่และขนาดกลางเนื่องจากกลีบกระเทียมกระจายตัวได้ดีเมื่อมีแรงเหวี่ยงเพิ่มขึ้น แต่จากการสังเกตขณะทดสอบยังพบว่าถ้าใช้ความเร็วของชุดคัดขนาดสูงเกินไป กระเทียมจะไหลเร็วเกินไปทำให้ค่าความแม่นยำในการคัดลดลงเช่นกัน ดังนั้นความเร็วรอบของชุดคัดขนาดที่ 20 รอบต่อนาที จึงเป็นค่าที่เหมาะสมกับการใช้งาน

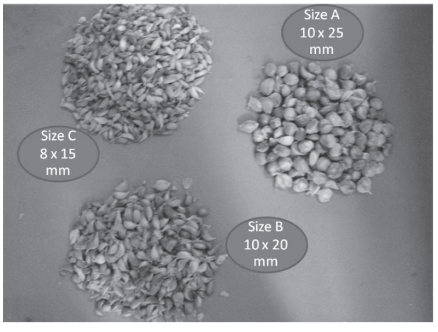


Figure 4 Garlic after sizing obtained with the prototype

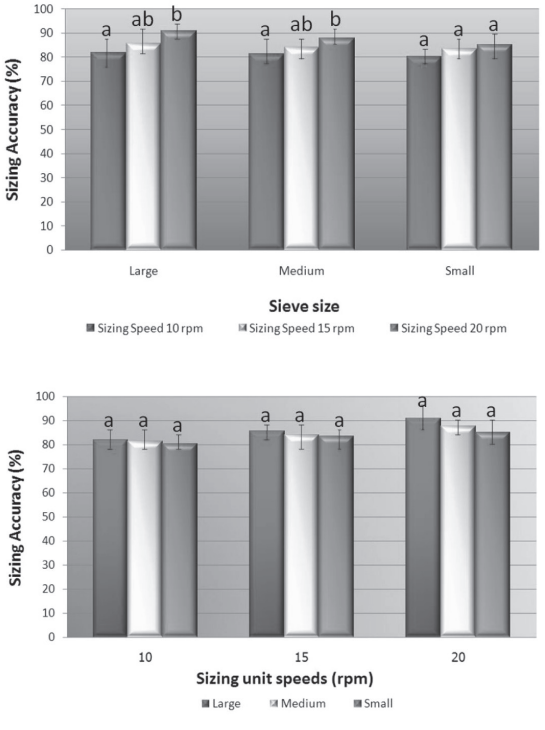


Figure 5 Sizing accuracy at different sieve size and sizing unit speeds. [ab]: letters indicate differences among each treatment (P < 0.05)

ความสามารถในการทำงาน

จาก Figure 6 พบว่าความสามารถในการทำงานของเครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียม จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของชุดคัดขนาด ที่ความเร็ว 10, 15 และ 20 รอบต่อนาที มีความสามารถในการทำงาน 120.8±2.9, 141.1±2.8 และ 167.8±8.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ แต่จากการทดสอบยังพบว่าถ้าใช้ความเร็วของชุดคัดขนาดสูงกว่า 20 รอบต่อนาที ค่าความแม่นยำในการคัดจะลดลง ดังนั้นความเร็วรอบของชุดคัดขนาดจึงไม่ควรเกิน 20 รอบต่อนาที

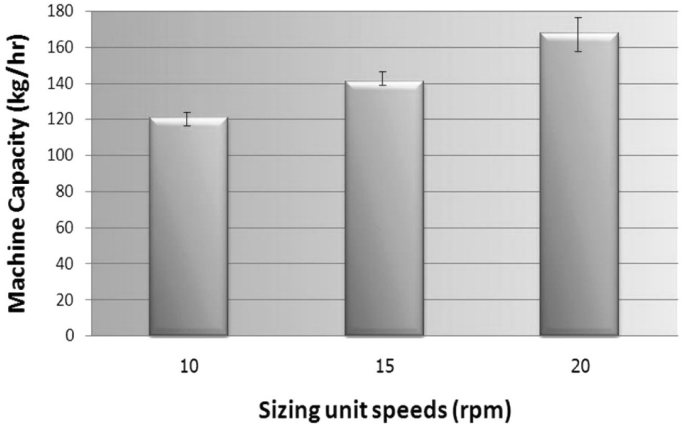


Figure 6 Machine capacity at different sizing unit speeds

อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า

จาก Figure 7 แสดงให้เห็นว่า อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการทดสอบจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วของชุดคัดขนาด เพราะการเพิ่มความเร็วของชุดคัดขนาดจะต้องเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ให้สูงขึ้น ทำให้ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นด้วย ที่ความเร็วรอบของชุดคัด 20 รอบต่อนาที เครื่องคัดขนาดกระเทียมทำงานได้ 167.8±8.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมงหรือ 1,342±64.0 กิโลกรัมต่อวัน (1 วัน ทำงาน 8 ชั่วโมง) เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเดิมในการคัดที่ทำงานได้ 1,000 กิโลกรัมต่อวัน จาก Figure 8 แสดงให้เห็นว่าเครื่องที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้มากกว่าเครื่องเดิมถึง 342 กิโลกรัมต่อวัน และลดปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง ซึ่งบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

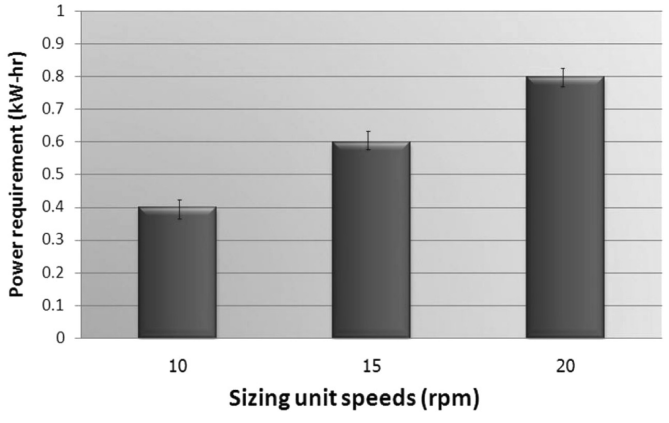


Figure 7 Power requirements at different sizing unit speeds.

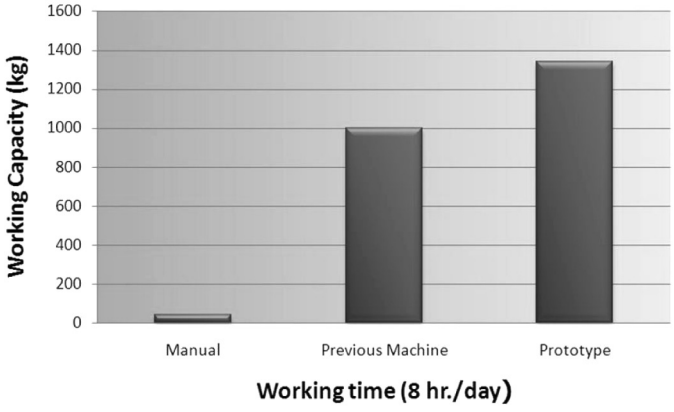


Figure 8 Comparison working capacity obtained with the prototype and traditional sizing

ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยคิดที่ราคาเครื่องต้นแบบ 60,000 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี อัตราดอกเบี้ย 10% ใช้ผู้ควบคุมเครื่อง 1 คน ความสามารถในการทำงาน 167.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 0.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และทำงาน 2,400 ชั่วโมงต่อปี ได้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 0.2 บาท ต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 1.06 ปี และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 557 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการตัดด้วยแรงงานคน

สรุป

การทดสอบสมรรถนะเครื่องคัดขนาดกระเทียม โดยใช้ค่าชี้วัดการศึกษา คือ ความแม่นยำในการคัดขนาด ความสามารถในการทำงาน อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่าเครื่องคัดขนาดกระเทียมต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วของชุดคัดขนาด 20 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการคัดขนาด 90.8% ความสามารถในการทำงาน 167.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งปัจจุบันโรงงานผลิตเครื่องเทศได้นำไปใช้ทดแทนแรงงานคน และเครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียมแบบเดิม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บริษัท อโกรไทย ยูเนี่ยน จำกัด ที่สนับสนุนงบประมาณและสถานที่ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มยุทธศาสตร์และสารสนเทศ สำนักส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จังหวัดเชียงใหม่. 2553. บทความกระเทียม. http://www.ndoae.com/Data_plant/garlic2010.htm#history. ค้นเมื่อ 20 มกราคม 2554.

จุมพล คาวีวงศ์, ไวพจน์ หามาลา และ สัมฤทธิ์ ชนะพันธุ์. 2533. เครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียม. รายงานของนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ดิเรก ฉิมชนะ. 2547. การพัฒนาเครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียม. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตหันตรา, พระนครศรีอยุธยา.

ผกามาศ ตันวัฒนกุล และ ผุสดี เจียรกุล. 2532. การออกแบบเครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียม. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

สุนทร ทองคำ และวิเชษฐ คลังทอง. 2533. การพัฒนาเครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียม. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรสา ดิสถาพร และ จิรภา จอมไธสง. 2551. การศึกษาแนวทางการบริหารจัดการสินค้ากระเทียม. สำนักงานส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร. หน้า. 11-20.

Brennan, J. G., J.R. Butters, N.D. Cowell, and A.E.V. Lilly. 1976. Food Engineering Operation, 2nd ed. Applied Science, London.

Haciseferogulları H, M. Özcan, F. Demir, and S. Calısır. 2005. Some nutritional and technological properties of garlic (Allium sativum L.). Journal of Food Engineering. 68:463- 469.

Hunt, D. 1995. Farm Power and Machinery. 9th ed., Iowa State University Press. Ames, Iowa.

James G. B. 2006. Food Processing Handbook. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany

Mohsenin, N.N. 1986. Physical properties of plant and animal materials: structure, physical characteristics, and mechanical properties. Second updates and revised edition. Gondon and Breach Science Publishers.

Sahin, S., and S.G.Sumnu. 2006. Physical Properties of Foods. New York, Springer Science Business Media.

Shigley, J.E. and C.R. Mischke. 1989. Mechanical Engineering Design. 5th ed., McGraw- Hill Book Company, USA.

Tsai,C.W., H.W. Chen, L.Y. Sheen, and C.K. Lii. 2012. Garlic: Health benefits and actions. BioMedicine. 2:17-29.