

การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปปาตองโกระบบกึ่งอัตโนมัติ

Development of Semi-Automatic Fried Stick Producing Machine

วิรัช แสงสุริยฤทธิ์^{1*}

Wirat Sangsuriyari^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 12110

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thunyaburi, Pathumthani, 12110, Thailand

*Corresponding author: Tel: +66-2549-3580, Fax: +66-2549-3581, E-mail: wirat.s@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปปาตองโกระบบกึ่งอัตโนมัติ เครื่องมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ ส่วนอัดขึ้นรูปโด ใช้กระบอกสูบสแตนเลสและบอลสกรูกดอัดโดผ่านช่องเปิดของหน้าแปลน ส่วนตัวตัด ลูกกลิ้งซูปเปอร์รีนทรวงกระบอกสองชั้น ทำหน้าที่ตัดและขึ้นรูปโด โดยทั้ง 2 ส่วนใช้ต้นกำลังขนาดเดียวกันคือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 15 w 1,350 rpm และส่วนการทอด กระทะไฟฟ้าวางใต้ส่วนตัวตัด ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบการกด 23 28 และ 34 rpm และความเร็วรอบการตัด 6 12 17 23 และ 28 rpm พบว่า โดน้ำหนัก 0.9 kg สามารถผลิตปาตองโกด้วยหน้าแปลน (ข) ได้ดีที่สุดคือ 46 pieces min⁻¹ ที่ความเร็วรอบการกดและการตัดเท่ากับ 23 และ 28 rpm ตามลำดับ ประสิทธิภาพ 84.81% สูญเสีย 2.49% อัตราการใช้พลังงาน 2,607 pieces kw⁻¹ h⁻¹ ปาตองโกมีขนาดเฉลี่ย 2.35^W x 2.47^L x 1.23TH cm และมีความหนืดเฉลี่ยเท่ากับ 2.77 x 10⁶ cP

คำสำคัญ: โด ปาตองโก เครื่องขึ้นรูป

Abstract

This research aimed to develop a semi-automatic fried stick producing machine. The machine consisted of 3 parts. First, a dough extrusion part used a pressing cylinder and ball screw to press a dough flow through a die head of cylinder. Second, a cutting part used a polyamide twin roller. The pressed dough was cut by them. Two parts used a same 15 w 1,350 rpm DC motor. And a final part, an electric pan placed under the cutting part. Results of press test (23, 28 and 34 rpm) and cutting test (6, 12, 17, 23 and 28 rpm) found the optimize pressing and cutting speed was 23 and 28 rpm, respectively, the capacity was 46 pieces of double dough/min, the efficiency percentage was 84.81%, the loss was 2.49%, the energy consumption rate was 2,607 fried stick per kilowatt-hour and the average size of fried stick was 2.35^W x 2.47^L x 1.23TH cm for flange (B) at the weight and average viscosity of dough was 0.9 kg and 2.77 x 10⁶ cP, respectively.

Keywords: Dough, Fried stick, Forming machine

1. บทนำ

ปาตองโกและน้ำเต้าหู้ เป็นอาหารที่คนไทยนิยมรับประทานแทนอาหารเช้ามาช้านาน เหมาะกับผู้บริโภคที่ต้องการความเร่งรีบเนื่องจากปัญหาทางด้านเศรษฐกิจและการจราจร เพราะความนิยมปาตองโกที่มีมากขึ้น ทำให้ในบางร้านที่มีลูกค้าจำนวนมากไม่สามารถผลิตปาตองโกได้ทันต่อความต้องการของผู้บริโภค ประกอบกับขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่ทำให้เสียเวลาเพิ่มขึ้นคือ ขั้นตอนการปั้นและตัดโดปาตองโกเป็นชิ้นก่อนนำลงทอดในน้ำมันร้อนก่อนได้เป็นปาตองโก นอกจากนี้ความสะอาดเป็นสิ่งที่ยังร้านค้าทั่วไปทำได้นั้นคือ ผู้ขายและผู้ผลิตปาตองโกส่วนใหญ่เป็นคนเดียวกัน มีการใช้มือในการรับและทอนเงินจากการซื้อ

และการขาย ขณะเดียวกันก็ปั้นโดปาตองโกสลับกันไปมา จึงมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ต่างๆ ที่ก่อให้เกิดโรคต่อผู้บริโภค

งานวิจัยสร้างเครื่องผลิตปาตองโกในประเทศไทยในปัจจุบันได้แก่ งานวิจัยของเฟื่องฟ้าและคณะ (2555) ใช้หลักการของกระบอกสูบ สร้างกลไกเพื่อกดอัดโดผ่านรูเจาะของหน้าแปลนในแนวตั้งด้วยแรงคน และบิตราและคณะ (2557) ใช้หลักการขึ้นรูปโดบนสายพานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

งานวิจัยนี้มุ่งออกแบบและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปปาตองโกระบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้หลักการเช่นเดียวกับเฟื่องฟ้าและคณะ (2555) และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการทำงานเพื่อให้เหมาะกับอุตสาหกรรม

ขนาดย่อมหรือวิชาหกิจชุมชน ควบคุมการทำงานง่าย ปาห้องโกโก้ที่ได้จากการทอดมีความสะอาด ถูกสุขลักษณะ และมีรูปร่างลักษณะใกล้เคียงกับปาห้องโกโก้ที่วางขายในท้องตลาด

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบและสร้างเครื่อง

กรอบแนวคิดในการขึ้นรูปโดปาห้องโกโก้เริ่มจากการเตรียมโดจากสูตรส่วนผสมต่างๆ นวดให้เข้ากันจนเนียนเป็นเนื้อเดียวกันพักไว้ประมาณ 3-5 ชั่วโมงโดยคลุมด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยากับอากาศ เมื่อครบเวลาจึงนำโดใส่ลงในกระบอกลูกกลิ้ง 2 ชั้น (Figure 1) คือ

- 1.) การกดอัดโดออกจากกระบอกลูกกลิ้งด้วยบอลสกรู โดไหลผ่านรูเจาะของหน้าแปลน มีลักษณะเป็นทรงกระบอก 2 แท่งไหลลงมาระหว่างลูกกลิ้ง 2 ลูก
- 2.) การยืดโดเป็นเส้นและการตัด ใช้หลักการของลูกกลิ้งทรงกระบอก 2 ตัว วางขนานกันและหมุนเข้าหากัน โดยลูกกลิ้งหนึ่งตัวติดตั้งใบมีด 2 ใบ ตลอดแนวความยาวของลูกกลิ้งที่มีมุม 0 และ 180 องศา (ทำหน้าที่ตัด) และติดตั้งเหล็กรูปตัวทีที่มีมุม 90 และ 270 องศา (ทำหน้าที่ยืดโดให้ตึงกัน)

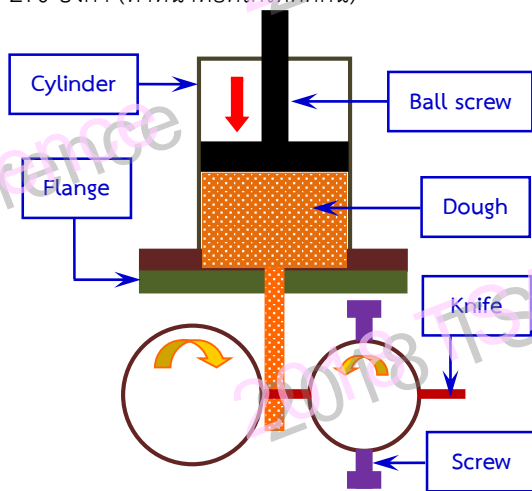


Figure 1 Concept of Deep-Fried Dough Stick Forming

การทดสอบการทำงาน

การทดสอบการทำงาน เริ่มจากโดที่พักไว้จนครบกำหนดเวลาน้ำหนักเฉลี่ย 900 กรัม นำไปหาความหนืด จำนวน 3 ซ้ำ และนำไปทดสอบกับหน้าแปลน (ก.) และ หน้าแปลน (ข.) ที่ความเร็วรอบการกด 3 ระดับคือ 23 28 และ 34 rpm และความเร็วรอบการตัด 5 ระดับคือ 6 12 17 23 และ 28 rpm วัดขนาดความกว้าง ความยาวและความหนา และนับจำนวนปาห้องโกโก้ที่ติดกันเป็นคู่ คำนวณหาความสามารถและประสิทธิภาพในการขึ้นรูป และ อัตราการใช้พลังงานจากสมการที่ (1) (2) และ (3) ตามลำดับรายละเอียดแสดงใน Figure 2

$$\text{ความสามารถในการขึ้นรูป} \left(\frac{\text{piece}}{h} \right) = \frac{\text{จำนวนปาห้องโกโก้}}{\text{ชั่วโมง}} \quad (1)$$

$$\text{ประสิทธิภาพในการขึ้นรูป (\%)} = \frac{\text{จำนวนปาห้องโกโก้}}{\text{จำนวนปาห้องโกโก้ทั้งหมด}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{อัตราการใช้พลังงาน} \left(\frac{\text{piece}}{\text{kw.h}} \right) = \frac{\text{ความสามารถในการขึ้นรูป}}{\text{(PT)}} \quad (3)$$

เมื่อ P = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขึ้นรูปปาห้องโกโก้ (kw)
T = เวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปปาห้องโกโก้ (h)

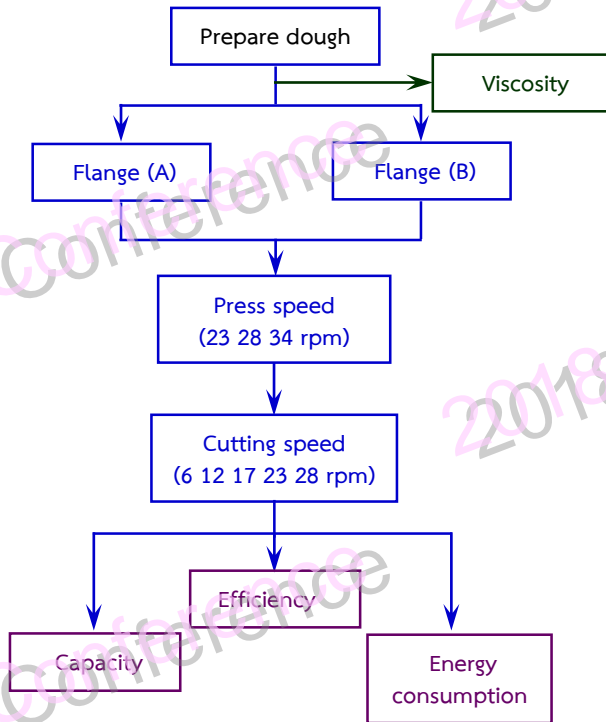


Figure 2 Test Chart of Deep-Fried Dough Stick Forming

ผลและวิจารณ์

ผลการออกแบบและสร้างเครื่อง

เครื่องขึ้นรูปปาห้องโกโก้ระบบกึ่งอัตโนมัติ โครงสร้างทำจากเหล็กฉากขนาด 1½" x 1½" x 3 mm. มีขนาด 70^W x 100^L x 164^H cm. ส่วนประกอบสำคัญมี 3 ส่วน คือ ส่วนอัดขึ้นรูปโดรูปทรงกระบอก วัสดุสแตนเลส มีขนาด Ø11.5 x 250 cm. ยึดกับชุดหน้าแปลน (ก. หรือ ข.) ส่วนตัวตัด รูปทรงกระบอกสองชั้น วัสดุทำจากซูเปอร์สตีลขนาด Ø4 x 7 cm. หมุนเข้าหากันโดยติดตั้งใบมีดสแตนเลสขนาด 18^W x 68^L x 1^H mm. ตามแนวยาวของลูกกลิ้งชั้นที่หนึ่ง และลูกกลิ้งหมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและส่วนการทอด ใช้กระทะไฟฟ้าวางข้างใต้ระหว่างชุดลูกกลิ้ง

การทำงาน นำโดปาห้องโกโก้พักไว้จนครบกำหนดเวลาบรรจุลงในส่วนอัดขึ้นรูปโด เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุน ลูกสูบทำจากบอลสกรูจะเคลื่อนที่ลงกดโดให้ไหลผ่าน 2 รูของหน้าแปลน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ควบคุมการกดและการตัดจะขับเคลื่อนลูกกลิ้งให้หมุนเข้าหากันด้วยเฟืองตรง เหล็กรูปตัวทีบนลูกกลิ้งทำหน้าที่กดโดที่ไหลจากรูของหน้าแปลนตรงส่วนกลางให้ติดกัน ส่วนใบมีดทำหน้าที่ตัดโดก่อนจะตกลงในกระทะไฟฟ้า ลูกกลิ้งหมุน 1 รอบ ตัดโดได้ 2 คู่ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นเมื่อสัมผัส

สวิตซ์ควบคุมล่าง และลูกสูบจะหยุดทำงานเมื่อสัมผัสสวิตซ์ - ควบคุมบน แสดงว่าโดใช้ไปหมดแล้ว ให้เปลี่ยนกระบอกบรรจุโด ปาท่องโก๋เพื่อเริ่มกระบวนการใหม่ (Figure 3)

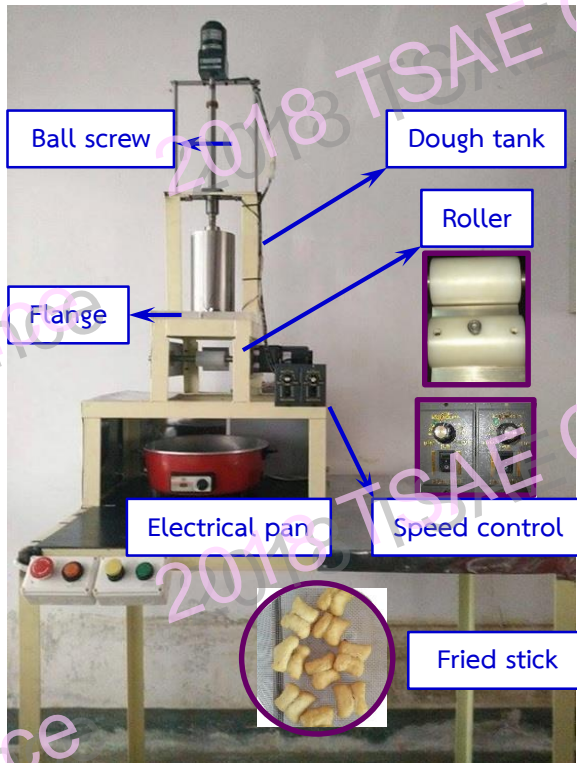


Figure 3 Semi-automatic fried stick producing machine

ผลการทดสอบการทำงาน

การทดสอบขึ้นรูปปาท่องโก๋ที่ความเร็วรอบการกด 3 ระดับ คือ 23 28 และ 34 rpm และความเร็วรอบการตัด 5 ระดับคือ 6 12 17 23 และ 28 rpm ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 1 (หน้าแปลน ก.) และตารางที่ 2 (หน้าแปลน ข.) เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Statistical package for the social sciences : SPSS เวอร์ชัน 24 พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 % ทั้งความเร็วรอบการกด และความเร็วรอบการตัดทั้ง 2 หน้าแปลน เมื่อนำค่าความสามารถและประสิทธิภาพในการขึ้นรูปปาท่องโก๋ที่ความเร็วรอบการกด 23 rpm มาพล็อตกราฟ จะพบว่า หน้าแปลน ข. ที่ความเร็วรอบการตัด 28 rpm ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุดคือ ความสามารถในการขึ้นรูป 46 pieces min⁻¹ ประสิทธิภาพ 84.81 % และมีอัตราการใช้พลังงาน 2,607 pieces kw⁻¹h⁻¹ (Figure 4)

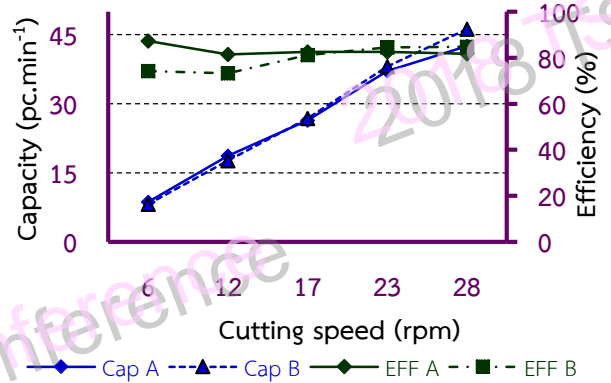


Figure 4 Capacity and Efficiency of Press speed 23 rpm

Table 1 Shown Capacity^{1.}, Efficiency^{2.} and Energy consumption^{3.} of Flange A

S	23 rpm					28 rpm					34 rpm				
	6	12	17	23	28	6	12	17	23	28	6	12	17	23	28
1.	8.67	18.71	26.41	37.11	42.50	10.21	18.06	28.18	34.77	38.64	9.39	18.99	21.38	29.48	34.25
2.	87.20	81.47	82.58	82.54	81.71	82.71	78.40	85.46	81.37	71.63	78.20	78.84	64.46	65.05	60.67
3.	491	1,059	1,493	2,099	2,401	576	1,020	1,589	1,961	2,177	529	1,069	1,202	1,658	1,924

Table 2 Shown Capacity^{1.}, Efficiency^{2.} and Energy consumption^{3.} of Flange B

S	23 rpm					28 rpm					34 rpm				
	6	12	17	23	28	6	12	17	23	28	6	12	17	23	28
1.	8.20	17.60	26.78	38.06	46.19	6.45	14.70	21.21	22.55	29.45	7.57	15.83	24.69	27.12	31.37
2.	74.21	73.17	81.16	84.43	84.81	58.33	63.79	64.18	49.78	53.31	68.88	71.76	72.19	67.43	64.86
3.	464	995	1,513	2,150	2,607	364	829	1,195	1,270	1,657	426	890	1,337	1,524	1,761

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

สรุป

สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูปปาท่องโก๋คือ หน้าแปลน (ข.) ความเร็วรอบการกดและการตัดเท่ากับ 23 และ 28 rpm ตามลำดับ ความสามารถในการขึ้นรูป 46 pieces min⁻¹ ประสิทธิภาพ 84.81% อัตราการใช้พลังงาน 2,607 pieces kw⁻¹ h⁻¹ ปาท่องโก๋มีขนาดเฉลี่ย 2.35^W × 2.47^L × 1.23^H cm และมีความหนืดเฉลี่ย 2.77×10⁶ cP

หมายเหตุ

หน้าแปลน ก. หมายถึง หน้าแปลนที่มี 2 รู ในแนวแกน y (ทิศทางเดียวกับลูกกลิ้ง)

หน้าแปลน ข. หมายถึง หน้าแปลนที่มี 2 รู ในแนวแกน x (ทิศทางขวางกับลูกกลิ้ง)

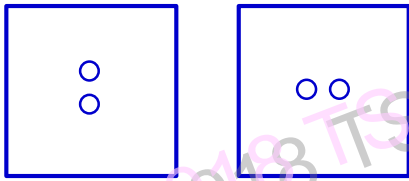


Figure 5 Flange A and Flange B

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือ ตลอดจนสถานที่สำหรับการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ปวิตรา อาจคงหาญ, ประรณนา กระให้ทอง และรุ่งทิวา จงรักษ์. 2557. การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปปาท่องโก๋. ปรียญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- เพ็ญฟ้า พึ่งมะลิลา, พิมพ์ชนก คชเสนี และวรรณยุภา ทองไพรวรรณ. 2555. เครื่องขึ้นรูปปาท่องโก๋ระบบกึ่งอัตโนมัติ. ปรียญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.