

เครื่องตัดหมีกรอบอัดแท่ง Cutting Machine for Crispy Noodle Bar

ฉัตรชัย เอี่ยมพรสิน

คณะพาณิชยศาสตร์บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

Email : chataium@gmail.com

บทคัดย่อ

วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรมะขามทอง มีความประสงค์พัฒนาทำหมีกรอบให้เป็นแท่งสี่เหลี่ยม เพื่อพัฒนาเป็นหมีกรอบเคลือบช็อกโกแลต โครงการนี้จึงออกแบบและสร้างเครื่องตัดและอัดหมีกรอบด้วยระบบนิวแมติกส์ เพื่อให้ได้หมีกรอบแท่งสี่เหลี่ยมขนาด $25 \times 55 \times 15$ ลูกบาศก์มิลลิเมตร โครงสร้างของเครื่องทำด้วยวัสดุสแตนเลส ถาดเขียงบรรจุหมีกรอบหนา 20 มิลลิเมตร ต้องใช้แรงตัด 1226.3 นิวตัน จึงสามารถตัดให้หมีขาดได้ครั้งละ 12 ชิ้น กระบอกสูบนิวแมติกส์ใช้ความดันลม 6 บาร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ 63 มิลลิเมตร ระยะชัก 125 มิลลิเมตร

ใบมีดตัดทำด้วยสแตนเลสลับให้คม มีดตัดจะถูกบังคับให้กดเข้าไปในร่องของถาดเขียงพอดี ทำให้หมีขาดเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมสวยงาม มีดตัดมีแผ่นกีดด้วยสปริง เมื่อมีดตัดกดลงบนถาดเขียงแล้วแรงของสปริงจะอัดให้หมีแน่นติดกันเป็นชิ้น จากการทดสอบพบว่าต้องใช้แรงอัดของสปริง 3.88 นิวตัน จึงทำให้หมีกรอบหนา 20 มิลลิเมตร ยุบลงเหลือ 15 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นแรงที่พอดีทำให้หมีเป็นชิ้นและไม่แน่นเกินไปจนรสชาติของหมีเปลี่ยน จึงเลือกใช้สปริงที่มีค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ 0.78 นิวตันต่อมิลลิเมตร

คำสำคัญ :

หมีกรอบ หมีอัดแท่ง เครื่องตัด

Abstract

Makhamtong Housewife Community Enterprise would like to develop crispy noodle to be the rectangular bar laminated with chocolate. This project was to design and build the crispy noodle cutting machine for the crispy noodle bar as rectangular of size $25 \times 55 \times 15 \text{ mm}^3$ by

pneumatic system. The machine was mainly constructed by the stainless steel. Crispy noodle thickness of 20 mm could be cut to be 12 pieces by the cutting force of 1226.3 N. The pneumatic cylinder with bore of 63 mm and stroke length of 125 mm was operated at the air pressure of 6 bar.

The cutting blade of machine was made of the sharpened stainless steel. It was forced to fit into the groove of cutting board in order to get the perfectly rectangular crispy noodle bar. Pressing plates were mounted to the cutting blade by stainless springs. When cutting blade was pressed on the cutting board, the spring force of 3.88 N pressed the noodle thickness of 20 mm to be 15 mm in order for the crispy noodle bar not too tight and its taste not changed. The spring constant for the experiment was 0.78 N/mm.

Keywords :

crispy noodle, noodle bar, cutting machine

1. บทนำ

หมี่กรอบเป็นอาหารที่คนไทยรู้จักกันดี นิยมซื้อเป็นของฝาก วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรรมมะขามทอง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นผู้ผลิตหมี่กรอบเพื่อจำหน่ายเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์หรือ OTOP มีความประสงค์พัฒนาทำหมี่กรอบให้เป็นก้อนสี่เหลี่ยม มีขนาดพอดีกับการทานทีละคำ เพื่อพัฒนาเป็นหมี่กรอบเคลือบช็อกโกแลต และจัดจำหน่ายเป็นหน่วยย่อยคล้ายกับขนมขบเคี้ยว ตั้งเดิมกลุ่มแม่บ้านใช้วิธีอัดหมี่กรอบด้วยบล็อกดัดภาพที่ 2 ซึ่งต้องใช้แรงงานและเวลามาก หมี่ที่อัดได้จะมีเนื้อแน่นกว่าก่อนอัด ทำให้รสชาติหมี่เปลี่ยนไป โครงการนี้จึงได้ประดิษฐ์เครื่องตัดและอัดหมี่กรอบ เพื่อตอบสนองความต้องการของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรรมมะขามทอง

การอัดเป็นการทำให้วัสดุเป็นชิ้นติดกันแน่น โดยใช้ตัวประสาน เช่น เครื่องอัดก้อนเกลียวแร่สำหรับการเลี้ยงปลาคัสต์ว์ [1] ปริมาณของตัวประสานไม่ควรเกินร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก การอัดแท่งถ่านเหง้ามันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอัดถ่านแบบแม่แรงไฮโดรลิก [2] จะต้องใช้ตัวประสานผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก การอัดแท่งเชื้อเพลิงจากชีวมวลเหลือทิ้ง [3] ต้องใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานในอัตราส่วนร้อยละ 10.5 โดยมวล ในกรณีของหมี่กรอบไม่สามารถเติมตัวประสานเพิ่มเติมได้ แต่ตัวหมี่มีน้ำเหนียวๆ ซึ่งเป็นส่วนผสมของเครื่องปรุงต่างๆ ซึ่งน่าจะช่วยเป็นตัวประสานหมี่ให้เป็นชิ้นได้อีกปัจจัยที่ต้องคำนึง คือ วิธีการอัด วิธีการอัดที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ ใช้เกลียวอัด เช่น เครื่องอัดอาหารกุ้ง [4] หรือเครื่องอัดแท่งถ่าน [5] เกลียวอัดจะอัดวัสดุให้

เคลื่อนที่ตามการหมุนเกลียวอัดไปเรื่อยๆ ขณะหมุน จะเกิดการบิดและความร้อนด้วย วัสดุจะถูกรีดผ่าน แม่แบบกลม ได้เป็นเส้นกลมยาว และใช้ใบตัดให้เป็น เม็ดหรือเป็นแท่งทรงกระบอก วิธีการอัดอีกแบบ ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ เช่น เครื่องอัดก้อนเกลียวแร่ [1] เครื่องอัดแท่งถ่าน [2] และเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดหอม [6] เหมาะกับงานที่ต้องใช้แรงอัดสูงๆ แต่ไม่เหมาะสม กับอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากอาจปนเปื้อนน้ำมันได้ การอัดหมีกรอบในงานวิจัยนี้จะต้องให้ตัวหมียังคง รูปลักษณะเดิมให้มากที่สุด อีกทั้งในการอัดจะต้อง ไม่อัดให้หมีแน่นเกินไป วิธีอัดแบบเกลียวอัดหรือแบบ ไฮดรอลิกส์จึงไม่เหมาะสมกับการอัดหมีกรอบ ในงาน วิจัยนี้จึงออกแบบวิธีการอัดด้วยระบบสปริง ปัจจุบัน ในการออกแบบจึงต้องหาแรงที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ หมีขาดได้ง่าย และเมื่ออัดหมีจะทำให้หมีเป็นแท่ง สีเหลืองโดยที่ไม่ต้องเติมสารประสานใดๆ ดังนั้นใน การคำนวณขนาดของแรงต่างๆ ที่ต้องใช้ในการอัด หรือตัดหมีจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบกับหมี เป็นค่าตั้งต้นในการออกแบบ



ภาพที่ 1 การผลิตหมีกรอบของวิสาหกิจชุมชน กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรรมชะมดทอง จังหวัดกาญจนบุรี



ภาพที่ 2 บล็อกอัดหมี วิธีการดั้งเดิมที่วิสาหกิจ ชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรรมชะมดทอง ใช้ในการผลิตหมีกรอบอัดแท่ง

2. การออกแบบและการสร้าง

2.1 วิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง

เริ่มต้นผู้วิจัยได้ออกแบบกระบวนการทำงาน ของเครื่องดังนี้คือ

1) ใช้ระบบนิวแมติกส์อัดหมีในภาชนะให้ได้ ความหนา 15 มม. โดยควบคุมความหนาหมีด้วย ระยะชักของลูกสูบ

2) ใช้มีดตัดเพื่อตัดหมีให้เป็นชิ้นเล็กๆ 12 ชิ้น

ด้วยขั้นตอนทำงานข้างต้น พบว่ามีปัญหาอยู่ 2 ประการ คือ 1) ต้องใช้แรงอัดสูงจึงสามารถอัดหมี ในภาชนะได้ และหมีที่อัดแน่นแล้วจะต้องใช้แรงตัดสูงมาก จึงจะตัดหมีขาดได้ และ 2) ต้องเปลี่ยนเครื่องมือจาก แผ่นเรียบที่ใช้อัดหมีเป็นใบมีดตัด ทำให้ไม่สะดวก ต่อการทำงานของกลุ่มแม่บ้าน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ปรับ ขั้นตอนทำงานเป็นดังนี้

1) ใช้มีดตัดหมีให้ได้ 12 ชิ้นก่อน

2) อัดหมีกรอบแต่ละชิ้นด้วยระบบสปริง

วิธีดังกล่าวจึงใช้แรงตัดและแรงอัดลดน้อยลง นอกจากนี้มีดตัดกับสปริงอัดหมีประกอบอยู่ในชุดเครื่องมือเดียวกันเรียกว่า cutting blade จึงไม่ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ระหว่างการทำงาน

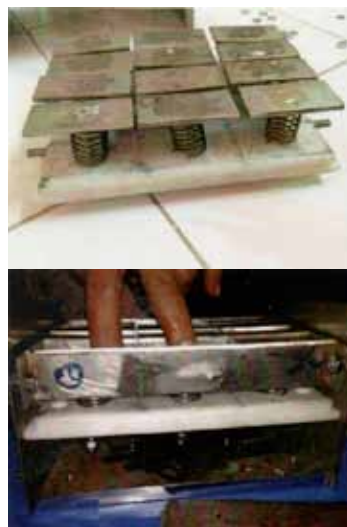
2.2 การออกแบบภาคเชิงและใบตัด

ชิ้นส่วนสำคัญของเครื่องได้แก่ภาคเชิง (cutting board) และใบตัด (cutting blade) ภาพที่ 3 แสดงภาคเชิง ประกอบด้วยบล็อกจำนวน 12 บล็อก แต่ละบล็อกมีขนาดหน้าตัด 25x55 ตารางมิลลิเมตร มีช่องว่างระหว่างบล็อก 5 มิลลิเมตร ความลึกของช่องว่างหรือความสูงของบล็อกเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ซึ่งช่องว่างระหว่างบล็อกนี้ทำขึ้นเพื่อให้ใบมีดตัดตกลงเข้ามาในช่องนี้จึงทำให้มีขนาดได้ดี ความสูงของภาคสามารถใส่หมีกรอบได้สูง 20 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3 ภาคเชิง (cutting board)

ภาพที่ 4 เป็นใบตัด ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ มีดตัดและแผ่นตัวกดหมี มีดตัดทำจากสแตนเลสลับให้คม แบ่งเป็นช่อง 12 ช่อง แต่ละช่องมีขนาด 25x55 ตารางมิลลิเมตร ในแต่ละช่องของมีดตัดจะมีแผ่นกดทำด้วยสแตนเลสขนาดความกว้างและยาวพอดีกับช่องของมีดตัด แผ่นสแตนเลสนี้จะยึดเข้ากับสปริงเมื่อใบตัดตกลงมาที่เชิง คมของใบตัดจะตัดหมีกรอบให้ขาด แรงของสปริงจะกดลงที่ตัวหมีกรอบ ทำให้หมีกรอบแน่นติดกันเป็นชิ้น และได้ความหนาที่ต้องการ



ภาพที่ 4 ใบตัด (cutting blade)

2.3 การคำนวณแรงที่ใช้ตัดหมีกรอบ

เนื่องจากหมีกรอบมีความเหนียว วิธีตัดหมีจึงต้องตัดขณะที่หมียังไม่ได้อัดแน่น คือ ตัดหมีก่อนแล้วจึงกดให้เป็นแท่ง การหาแรงที่ใช้ตัดหมีทำได้โดยการใส่หมีกรอบในภาค จากนั้นจึงใช้ใบมีดวางบนภาค

และใช้ก้อนน้ำหนักรวบนใบมีดเพื่อให้ใบมีดกดลง ตัดหมึกรอบ ทดสอบโดยใช้ก้อนน้ำหนัก 70, 80, 90, 100 กิโลกรัม ตามลำดับ พบว่าก้อนน้ำหนัก 100 กิโลกรัม สามารถตัดหมึกรอบให้ขาดได้ในการออกแบบ ได้บวกค่าเพื่อไว้ร้อยละ 25 ดังนั้นแรงที่เหมาะสม ที่ต้องใช้สำหรับตัดหมึก คือ 125 กิโลกรัม หรือแรงตัด F เท่ากับ 1226.3 นิวตัน ถ้ากระบอกสูบนิวแมติกส์ มีความดันใช้งาน P เท่ากับ 6 บาร์ ขนาดของพื้นที่ หน้าตัด A และเส้นผ่านศูนย์กลาง D ของลูกสูบ หาได้จาก

$$A = \frac{F}{P} = \frac{1226.3}{600000} = 0.002044 \text{ m}^2 \quad (1)$$

$$A = 2044 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(2044)}{\pi}} = 51 \text{ mm} \quad (2)$$

จึงเลือกใช้ลูกสูบนิวแมติกส์แบบ Double acting cylinder ทำงานที่ความดันควบคุม 6 บาร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 51 มิลลิเมตร จากการหาซื้อกระบอกสูบในท้องตลาดได้กระบอกสูบเส้นผ่านศูนย์กลาง 63 มิลลิเมตร ระยะชัก 125 มิลลิเมตร

2.4 การคำนวณค่า K ของสปริง

ถ้ากดหมึกให้แน่นมากจะทำให้รหัสชาติของหมึกเปลี่ยนไป และในทางตรงข้ามถ้ากดให้แน่นน้อยไปจะทำให้หมึกไม่เป็นก้อน จึงได้ทดลองกดที่ระดับความแน่นต่างๆ กัน และให้กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรรมระฆาทอง

เป็นผู้พิจารณา จากการทดสอบพบว่าหมึกรอบที่มีความหนาก่อนกด 20 มิลลิเมตร เมื่อกดให้ความหนาเหลือ 15 มิลลิเมตร จะได้รับรสชาติคงเดิม และเป็นก้อนติดกันด้วย จึงใช้เงื่อนไขนี้เป็นตัวกำหนดในการเลือกขนาดของสปริง

ถ้าบรรจุหมึกรอบมีความสูง 20 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้หมึกรอบอัดแท่งที่มีความหนา 15 มิลลิเมตร แผ่นกดจึงต้องกดเพื่อทำให้หมึกรอบยุบลง 5 มิลลิเมตร จากการทดสอบด้วยการบรรจุหมึกรอบลงในช่องใบตัด และใช้ก้อนน้ำหนักรวบนแผ่นกดเพื่ออัดหมึกรอบพบว่าต้องใช้ก้อนน้ำหนัก 396 กรัม หรือ 3.88 นิวตัน จึงทำให้หมึกรอบหนา 20 มิลลิเมตร ยุบลงเหลือ 15 มิลลิเมตร ดังนั้น ค่าคงที่ของสปริง K จึงเท่ากับ

$$K = \frac{F_s}{X} = \frac{3.88}{5} = 0.78 \text{ N/mm} \quad (3)$$

จึงใช้สปริงทำด้วยสแตนเลส มีค่าโมดูลัสเฉือน $G = 78600$ นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวด $d = 1.5$ มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของขดสปริง $D = 20$ มิลลิเมตร จำนวนขดลวด $n = 8$ ขด จากสมการความแข็งดิ่งของสปริงในเอกสารอ้างอิงที่ [7] ดังแสดงในสมการที่ (4) จะให้ค่า K เท่ากับ 0.78 นิวตันต่อมิลลิเมตร ตามต้องการ

$$K = \frac{Gd^4}{8D^3n} = \frac{78600(1.5^4)}{8(20^3)8} = 0.78 \text{ N/mm} \quad (4)$$

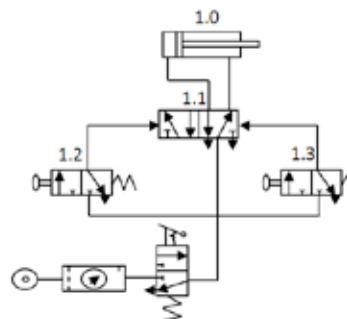
2.5 โครงสร้างเครื่องและวงจรควบคุม

ภาคเขียนบรรจุหมีที่จะตัดวางอยู่ฐานด้านล่าง มีดตัดยึดกับแกนกระบอกสูบ เพื่อบังคับให้มีดตัดและภาคเขียนวางอยู่ในแนวตรงกัน ต้องบังคับไม่ให้มีดตัดหมุนรอบแกนของกระบอกสูบ จึงได้ทำเสาเพื่อบังคับให้มีดตัดเคลื่อนที่ได้แต่เฉพาะแนวตั้งขึ้นลงตามแกนของเสา ดังภาพที่ 5

วงจรควบคุมบังคับการทำงานของลูกสูบแสดงในภาพที่ 6 ลูกสูบหมายเลข 1.0 เป็นแบบ double acting cylinder วาล์วหมายเลข 1.1 เป็น main valve 5/2 เพื่อให้ลมจ่ายจากถังลมไหลเข้าลูกสูบโดยตรง วาล์วหมายเลข 1.2 และ 1.3 เป็นวาล์วควบคุมแบบ 3/2 normally open valve เมื่อกดวาล์ว 1.2 ลูกสูบจะเคลื่อนที่ลงทำให้มีดตัดตกลงบนภาคเขียน และเมื่อกดวาล์วหมายเลข 1.3 จะทำให้ใบมีดตัดชักขึ้น



ภาพที่ 5 เครื่องตัดและอัดหมีกรอบ



ภาพที่ 6 วงจรควบคุมลูกสูบนิวแมติกส์

3. ผลการทดสอบเครื่อง

เนื่องจากความเหนียวของหมีกรอบขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของหมีด้วย ดังนั้นในการทดลองจึงทดสอบกับหมีที่อุณหภูมิห้อง เปรียบเทียบกับหมีที่อุ่นโดยไมโครเวฟให้มีอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส ได้ผลเปรียบเทียบตามตาราง 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลอุณหภูมิต่อการตัดหมี

อุณหภูมิหมีกรอบ	ผลการตัด	ผลประเมินโดยกลุ่มแม่บ้าน
อุณหภูมิห้อง	เครื่องสามารถตัดหมีให้ขาดได้ แต่ใช้เวลาตัดเฉลี่ย 84 วินาที และได้แท่งหมีหนา 15 มม.	ด้านรสชาติและความแน่นของเนื้อหมีไม่มีความแตกต่างกัน แต่หมีที่อุ่นให้ร้อนก่อนตัดและอัดจะได้แท่งหมีที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมสวยงามมากกว่าเนื่องจากไม่แตกหักบริเวณขอบ
อุณหภูมิ 50°C (อุ่นด้วยไมโครเวฟ)	เครื่องสามารถตัดหมีให้ขาดได้อย่างรวดเร็ว ใช้เวลาตัดเฉลี่ยเพียง 55 วินาที และได้แท่งหมีหนา 15 มม.	

กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรรมมะขามทองเห็นด้วยกับการตัดหมีกรอบขณะที่ยังอ่อนอยู่ เนื่องจากในทางปฏิบัติเมื่อเอาหมีกรอบขึ้นจากกระทะก็สามารถเข้าเครื่องตัดและอัดหมีนี้ได้ทันที ภาพที่ 7 แสดงหมีกรอบที่ตัดได้จากเครื่อง



ภาพที่ 7 หมีกรอบที่ตัดได้

ผลการทดสอบเครื่องตัดและอัดหมีกรอบหลายๆ ครั้ง สรุปได้ว่า

- 1) แรงอัดของกระบอกสูบนิวแมติกส์สามารถตัดหมีกรอบให้ขาดได้ดี โดยเฉพาะหมีที่อ่อน
- 2) แรงกดของสปริงพอดิทำให้หมีแต่ละชิ้นได้ความหนา 15 มิลลิเมตร ตามต้องการ และกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรรมมะขามทองพอใจที่รสชาติของหมีไม่เปลี่ยนแปลง

3) การตัดแต่ละครั้งไม่มีเศษที่เหลือจากการตัด ทำให้ไม่มีเศษหมีที่ต้องทิ้ง ซึ่งเป็นสิ่งที่กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรรมมะขามทองพึงพอใจมาก

4) สิ่งที่ต้องระวังคือการใส่หมีในถาดก่อนตัดต้องปาดให้หมีมีผิวเรียบ และมีความหนา 20 มิลลิเมตรสม่ำเสมอทุกด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณขอบแต่ละด้านของถาดเซียง ทั้งนี้เพื่อให้ได้หมีกรอบที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันทุกชิ้น หมีที่ตัดได้มีน้ำหนักเฉลี่ย 9.5 กรัม

5) การประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรรมมะขามทอง พบว่ามีความพอใจด้านการประหยัดเวลาและแรงงาน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิมที่ทำกันในปัจจุบัน

6) ใช้งบประมาณ 20,000 บาท

4. สรุป

วิธีการหาขนาดของแรงตัดในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการทดสอบกับหมีด้วยการใช้ก้อนน้ำหนักกดทับมีดตัดเพื่อตัดหมี ผลการทดสอบได้ขนาดแรงที่สามารถตัดหมีให้ขาดเป็น 12 ชิ้นเท่ากับ 1226.3 นิวตัน การหาค่าแรงอัดหมีใช้วิธีทดสอบด้วยการใช้ก้อนน้ำหนักกดลงบนแผ่นกดในแต่ละช่อง ได้แรงกด 3.88 นิวตัน จึงทำให้หมียุบลงเหลือความหนา 15 มิลลิเมตร ค่าที่ได้จากการทดสอบใช้เป็นค่าตั้งต้นในการออกแบบเครื่องตัดและอัดหมี ผลการทดสอบเครื่องสามารถอัดและตัดหมีได้เป็นที่พึงพอใจของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรรมมะขามทอง ทั้งในด้านรสชาติหมีไม่เปลี่ยนแปลง ไม่เหลือทิ้งจากกระบวนการ และความรวดเร็วในการตัด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรรมมะขามทอง ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำโครงการวิจัยเครื่องอัดและตัดหมีกรอบ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สาสน์ สาสนกุล และธัญญา เกียรติวัฒน์. (2552). การศึกษาและออกแบบเครื่องอัดก้อนเกลือแร่สำหรับการเลี้ยงปลุสัตุว์. วิศวกรรมสาร มก. ปีที่ 22 ฉบับที่ 70 : 85 - 95

[2] ประเทือง อุษาบริสุทธิ์ และธารินี มหายศนันท์. (2548). การศึกษาการอัดแท่งถ่านหัง้ามันล้าปะหลังโดยใช้เครื่องอัดถ่านแบบแม่แรงไฮโดรลิก. วิศวกรรมสาร มก. ปีที่ 19 ฉบับที่ 56 : 32 - 40

[3] บัญจรัตน์ โจลันันท์, อานันท์ ไทยกรณ์ และภัชยานันท์ ย่างไพบูลย์. (2559). การพัฒนาแท่งเชื้อเพลิงจากชีวมวลเหลือทิ้งวิสาหกิจชุมชนกาแฟสดแม่ตอนอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่. วารสาร มทร. อีสาน. ปีที่ 9 ฉบับที่ 3 : 70 - 81

[4] ภรต ฤณชรรณ อยุธยา. (2533). เครื่องบดและอัดอาหารกุ้ง. วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 10 : 139 - 167

[5] พงษ์ศักดิ์ อยู่มัน. (2559) การพัฒนาเครื่องอัดแท่งถ่านในรูปแบบเกลียวอัดเย็นสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ในกระบวนการผลิตกาแฟชุมชนและการหาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงจากผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 : 34 - 48

[6] ประเมศวร์ สุทธิประภา, ทยาวิรี หนูบุญ, พลเทพ เวงสูงเนิน, พีรณัฐ อันสุรีย์, วิรัตน์ หวังเชื่อนกลาง และธวัชชัย จารุงศ์วิทยา. (2559). การเปรียบเทียบวิธีการอัดก้อนเชื้อเห็ดหอม. วารสาร มทร. อีสาน. ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 หน้า 195 - 202

[7] วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ฤนังงาน. (2556). การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. สำนักพิมพ์ ซีเอ็ด-ยูเคชั่น

[8] ภัทรารุณ ภัทรธนกุลชัย. (2559). ไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์. สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น