เครื่องบดหอยนางรมเพื่อวัสดุสครับผิว

Oyster Shell Grinding Mill Machine for Scrub Skin

สมศักดิ์ ลิ่มวงศกร[1]*, หาญพล มิตรวงศ์[1], กิตติศักดิ์ จิตต์เกื้อ[1], จารุวรรณ พรหมเงิน[1], อนันต์ สันติอมรทัต[1] และ วสวัชร นาคเขียว[2]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000
[2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
*ผู้ติดต่อ: limwongsakorn@pkru.ac.th, 08-4222-6746

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องบดหอยนางรมเพื่อวัสดุสครับผิวพร้อมทั้งหาประสิทธิภาพ จากความต้องการของวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรกรบ้านโคกไคร ตำบลมะรุ่ย อำเภอทับปุด จังหวัดพังงา ผลจากการระดมสมองเพื่อกำจัดขยะจากเปลือกหอยนางรม สรุปเพื่อนำไปผสมกับสบู่เป็นสบู่สครับผิว (Scrub) กลุ่มผู้วิจัยได้ออกแบบกระบวนการบดโดยการสร้างเครื่องจักร โดยประยุกต์ใช้หลักการบดแบบแฮมเมอร์มิลล์ (Hammer mill) และโรลเลอร์มิลล์ (Roller mill) วัสดุเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS 304 เริ่มจากการออกแบบเครื่องจักรด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD) แล้วทำการจำลองการทำงานด้วยการใช้ระเบียบวิธีไฟไนเอลิเมนต์ (FEM) โปรแกรม ANSYS เพื่อการวิเคราะห์ความเค้นความเครียดจากการใช้งาน แล้วหาประสิทธิภาพโดยจากการใช้แบบสอบถามแบบปลายปิดจากกลุ่มเกษตรกรที่ทดลองใช้ วัดความละเอียดของผงเปลือกหอยด้วยตะแกรง (Analytical sieving method) ของผงขนาด 200-1,000 ไมโครเมตร (μm) พร้อมทั้งวิเคราะห์ต้นทุนด้วยเทคนิคทางด้านเศรฐศาสตร์วิศวกรรม

ขนาดเครื่องจักร 570 x 1,123 x 1,760 มิลลิเมตร (มม.) น้ำหนัก 250 กิโลกรัม (กก) ใช้แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ (V) กำลังไฟฟ้า 11.3 แอมป์ (A) ประสิทธิภาพของเครื่องในภาพรวมได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 94.17 เท่ากับ 4 อยู่ในระดับ ดี ชิ้นส่วนมีความแข็งแรง ความปลอดภัย และทำความสะอาดง่าย สอดคล้องกับมาตรฐานหลักปฏิบัติที่ดีในการผลิต (Good manufacturing practices ; GMP) บำรุงรักษาเชิงป้องกันได้ด้วยตนเองได้ ผงเปลือกหอยมีขนาดน้อยกว่า 300 ไมโครเมตร มีปริมาณร้อยละ 36 และขนาดของผงในช่วง 300 ถึง 1000 μm มีปริมาณร้อยละ 35 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ค่าไฟฟ้า 5.30 บาท/ชั่วโมง หรือกิโลกรัมละ 0.88 บาท ลดระยะเวลาเหลือ 2 ชั่วโมง ต้องผลิตระยะเวลา 7 วัน

คำสำคัญ: เครื่องบดเปลือกหอย, มุกจากเปลือกหอยนางรม, สบู่สครับผิว

Abstract

The objective of this study is to develop an oyster shell grinding machine for skin scrub material and optimize its efficiency based on the requirements of the farmer's housewife community enterprise in Khok Khrai Village, Marui Sub-District, Thab Pud District, Phang Nga Province. The brainstorming to the waste issue of oyster shells by grinding them and incorporating them into soap to create scrub soap. The research team designed a grinding process by constructing a machine that combines the principles of a hammer mill and a roller mill. The machine is made of stainless-steel grade SUS 304. The machine design was initially created using computer-aided design (CAD) and simulated using the finite element method (FEM) with ANSYS software to analyze the mechanical stress and strain. The machine's performance was evaluated through closed-ended questionnaires administered to a group of farmers who participated in the trials. The particle size of the oyster shell powder was measured using the

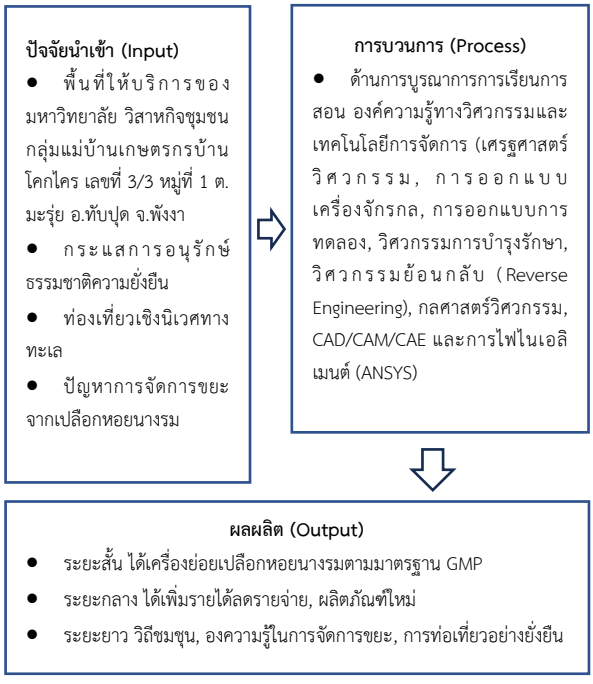
analytical sieving method, ranging from 200 to 1,000 micrometers (μm). Additionally, a cost analysis was conducted using engineering economics techniques.

The machine dimensions are 570 x 1,123 x 1,760 millimeters (mm), with a weight of 250 kilograms (kg). It operates on 220-voltage (V) and 11.3 ampere (A). The machine's overall performance achieved an average score of 94.17%, which corresponds to a rating of "good." The machine components are characterized by strength, safety, and ease of cleaning, in line with the standards of good manufacturing practices (GMP). The machine can be predictive maintenance (PM) and cleaned, and the oyster shell powder has a particle size of less than 300 μm, accounting for 36% of the total quantity, while the particle size within the range of 300 to 1,000 μm. accounts for 35% of the total quantity. The capital break-even analysis resulted in an electricity cost of 5.30 baht/hour or 0.88 baht/kg. By reducing the processing time to 2 hours, the production can be completed within 7 days.

Keywords Shell Grinding Machine, Pearl from oyster shell, Body scrub soap

1. บทนำ

ภูมิประเทศของชุมชนบ้านโคกไคร ตำบลมะรุ่ย อำเภอทับปุด จังหวัดพังงา มีคลองมะรุ่ยเป็นคลองที่อยู่ติดต่อกับทะเล และมีป่าโกงกางอุดมสมบูรณ์ เป็นคลองน้ำกร่อย ตั้งอยู่บนรอยเลื่อนแผ่นดินไหวคลองมะรุ่ย อยู่ระหว่างจังหวัดพังงาและกระบี่ ทำให้มีหาดทรายร้อนและโคลนร้อน ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศทางทะเลและสปาโคลนร้อน ที่มีป่าชายเลนที่อุดมสมบูรณ์ แล้วได้รับการคัดเลือกจาก กรมพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ให้เป็นหมู่บ้านโอทอป เพื่อการท่องเที่ยว (One tambon one product village champion ; OVC) ในชุมชนประกอบอาชีพการเลี้ยงอาหารทะเล หลายชนิด โดยเฉพาะหอยนางรม การเพาะเลี้ยง ตั้งแต่การอนุบาลจนมีขนาดใหญ่ที่สามารถส่งขายได้ แล้วยังเป็นแหล่งที่มีขนาดใหญ่แห่งหนึ่งของประเทศไทย เมื่อมีการบริโภคหอยนางรม ก็จะมีขยะจากการทิ้งเปลือกหอยนางรม ที่มีปริมาณมาก โดยทุกๆ 1 กิโลกรัมของผลผลิตหอยนางรม จะมีขยะจากเปลือกหอย 370-700 กรัม หรือ 790-1,497 ตันต่อปี [1] ในการจัดการขยะจากเปลือกหอยนางรมก็จะมีความยุ่งยาก เนื่องจากมีปริมาณและน้ำหนักมาก ทำให้ยากต่อการจัดการทางชุมชน จึงทำการระดมสมองเพื่อแสวงหาแนวทางในการจัดการขยะ จึงได้ข้อสรุปว่า การกำจัดจะต้องทำให้มีขนาดที่เล็กลง โดยการย่อยเปลือกหอยเป็นแบบสอาดใช้ จึงนำไปทิ้งได้ แต่ก็ยังเป็นขยะอยู่ จึงมีความคิดที่จะนำไปผสมกับสบู่ ที่มีการผลิตอยู่แล้ว เพื่อเพิ่มมูลค่าของสบู่ เพิ่มรายได้ลดขยะได้อีกด้วย



รูปที่ 1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

จากปัญหาการจัดการขยะจากเปลือกหอยนางรม จึงมีแนวคิดในการใช้ประโยชน์จากการย่อยเปลือกหอยเพื่อเพิ่มมูลค่า และรายได้ให้กับชุมชน ตามหลักการเพิ่มคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือ ตามนโยบายด้าน BCG (Bioeconomy circular economy green economy) ในเปลือกหอยนางรมจะมีส่วนประกอบของไบโอแคลเซียมคาร์บอเนต (Bio-calcium carbonate ; $CaCO_3$) จะอยู่ในรูป อะราโกไนต์ (Aragonite form) มีโครงสร้างเป็นรูปทรง 6 เหลี่ยม ขนาด 5 ถึง 10 ไมโครเมตร (μm) ความหนา 200 ถึง 500 นาโนเมตร (nm) [2] ซึ่งวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรกรบ้านโคกไคร มีการผลิตสบู่อยู่แล้วจึงนำผงจากเปลือกหอยนางรม ที่มีมุกจากเปลือกหอยนางรมฝาหน้า เข้าไปผสมกับสบู่ กลายเป็นสบู่ที่มีสารขัดหรือสบู่สครับผิว (Scrub) จำเป็นต้องใช้เครื่องย่อยเปลือกหอยนางรมที่มีความสามารถย่อยให้มีขนาดที่เล็กและสะอาดที่ใช้เป็นสารขัดผิวในสบู่ได้ โดยการใช้งานไม่ยุ่งยาก ปลอดภัย และประหยัด โดยพอมีการผลิตเครื่องบดเปลือกหอยออกมาบ้างแล้ว แต่ไม่มีเครื่องบดที่สามารถบดเปลือกหอยนางรมให้มีความละเอียดได้ถึง 500 μm [3, 4] ได้จึงเป็นปัญหาที่มีความท้าทายในการทำวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำวิจัยดังนี้ เพื่อสร้างเครื่องบดหอยนางรมเพื่อวัสดุสครับผิว และหาประสิทธิภาพของเครื่องบดเปลือกหอยเพื่อวัสดุสครับผิว

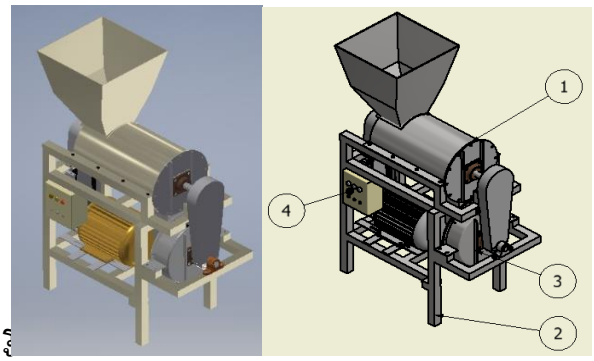
2. วิธีดำเนินการวิจัย

จากกระบวนการระดมสมองของกลุ่มเกษตรกรผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านโคกไคร เลขที่ 3/3 หมู่ที่ 1 ตำบลมะรุ่ย อำเภอทับปุด จังหวัดพังงา เพื่อหาคุณลักษณะของเครื่องจักรที่เหมาะสมในการใช้งาน นำมาออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (Computer-aided design ; CAD) แล้วทำการจำลองการทำงานและออกแบบในชิ้นส่วนที่เป็นจุดอ่อนโดยการใช้ระเบียบวิธีไฟไนเอลิเมนต์ (Finite element method ; FEM) นำแบบจำลองไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาให้ความคิดเห็น แล้วทำการสร้างเครื่องจักรต้นแบบแล้วนำไปทดลองใช้เบื้องต้น ปรับปรุงแก้ไขตาม ผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนทดลองใช้ รวบรวมความคิดเห็นสรุปเพื่อหาประสิทธิภาพเครื่องจักรให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด [5]

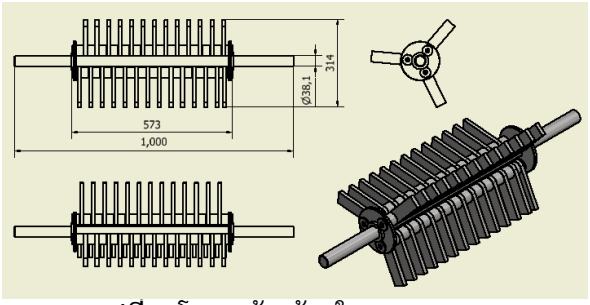
2.1 การออกแบบเครื่องจักร

การออกแบบและสร้างเครื่องจักร เริ่มจากการเลือกใช้วัสดุให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม (Engineering design) โดยคำนึงถึงสมรรถนะการใช้งานของเครื่องจักรกลนั้นจะต้องคำนึงถึงสมบัติต่าง ๆ เช่น สมบัติทางกล ทางกายภาพ ทางไฟฟ้าและทางเคมี แล้วยังต้องคำนึงถึงความทนทานของชิ้นส่วน ราคาต่ำ ความเชื่อถือได้ ความรับผิดชอบต่อการออกแบบและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพและความปลอดภัยของมนุษย์ [6] เครื่องจักรต้องเป็นไปตามมาตรฐานการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Predictive maintenance) เพื่อการซ่อมบำรุงรักษาแบบทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total preventive maintenances system ; TPM) สอดคล้องกับการพัฒนาทั้งระบบอย่างยั่งยืน [7] ซึ่งสามารถแยกส่วนประกอบเป็นสองส่วนคือ ชุดบดหยาบและชุดบดละเอียด วัสดุทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 หรือ SUS 304 ตามมาตรฐานเครื่องจักรหลักปฏิบัติที่ดีในการผลิต ของการผลิตเชิงอุตสาหกรรมเวชสำอาง โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนั้นจะมีโรงเรือนที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแบบ 1 เฟส 2 สาย 15(45) แอมแปร์ (A) การบดของเครื่องได้นำหลักการการทำงานของเครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์ (Hammer mill) ใช้ในการบดหยาบ นิยมใช้บดวัตถุดิบที่มีลักษณะแห้งและไขมันน้อย โดยใช้หลักการของใบมีดเล็กๆ หลายๆ ใบทำหน้าที่สับวัตถุดิบให้ละเอียดจากนั้นก็จะให้ไหลผ่านตะแกรงด้านล่างเข้าสู่ชุดบดละเอียดหรือเครื่องบดแบบโรลเลอร์มิลล์ (Roller mill) เป็นการบดละเอียด

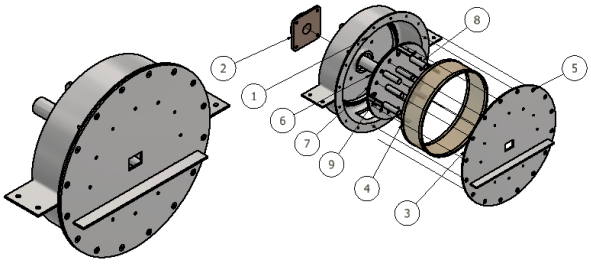
ของวัตถุดิบที่แห้ง จะประกอบด้วยแท่งกลม 2 ลูก หมุนในทิศทางตรงกันข้ามกันด้วยอัตราเร็วเท่ากันหรือแตกต่างกันเพื่อทำหน้าที่บดวัตถุดิบ ที่ได้จะมีลักษณะละเอียดเป็นผงคลายแป้ง มีขนาดของความละเอียดของผงบดอยู่ระหว่าง 200-1,000 μm เพื่อนำไปผสมกันเป็นสบู่ที่มีสารขัดหรือสบู่สครับผิว (Scrub) รูปที่ 2 หมายเลขที่ 1 ชุดบดหยาบ (Coarse grinding set) จะเป็นหลักการในการบดของเครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยแท่งเหล็กกล้าไรสนิมลักษณะคล้ายมีดจำนวน 3 ชุด ละ 13 ชิ้น รวมเป็น 69 ชิ้น มีเพลามีขนาด 38 มิลลิเมตร (มม.) ส่งกำลังมาจากมอเตอร์ที่มีกำลัง 3 แรงม้า (Hp) ความเร็วรอบ 1,440 รอบ/นาที มีความเร็วรอบเท่ากับ 2,160 รอบ/นาที ให้เปลือกหอยนางรมมีขนาดเล็ก จะผ่านตะแกรงไปยังชุดบดละเอียด



รูปที่ 2 หมายเลขที่ 3 ชุดบดละเอียด (Mill grinding set) ทำการออกแบบตามหลักการของแบบโรลเลอร์มิลล์ ใช้ในการบดละเอียดของวัตถุดิบที่แห้ง ประกอบด้วยแท่งกลม 2 ลูก มีการหมุนที่แตกต่างกันเพื่อทำหน้าที่บดวัตถุดิบ ที่ได้จะมีลักษณะละเอียดเป็นผงคลายแป้ง มีขนาดของความละเอียดของผงบดอยู่ระหว่าง 200-1,000 μm ชิ้นส่วนทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 445 มม. ยาว 318 มม. มีเพลาขนาด 38 มม. หมุนด้วยความเร็วรอบ 3,240 รอบ/นาที



.**รูปที่ 3** โครงสร้างด้านในชุดบดหยาบ



รูปที่ 4 โครงสร้างชุดบดละเอียด

รูปที่ 2 หมายเลขที่ 2 ฐานเครื่องจักร ทำจากวัสดุ SUS 304 เหล็กรูปพรรณเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสกลวงขนาด 50 มม. เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักและรับการสั่นสะเทือนจากการทำงานของเครื่องบด ทำความสะอาดได้ง่าย เป็นตามเครื่องจักรมาตรฐานหลักปฏิบัติที่ดีในการผลิต โดยมีขนาด 570 x 1,080 x 1,035 มม. ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ 1 เฟส 4 โฟล 3Hp กระแสไฟฟ้า 20A ความเร็วรอบ 1,440 รอบ/นาที

2.2. การวิเคราะห์ข้อมูล

การสร้างเครื่องจักรและการวิเคราะห์ข้อมูลได้ใช้หลักการวิศวกรรมย้อนรอย (Reverse engineering) และวิเคราะห์โครงสร้างด้วยระเบียบวิธีไฟไนเอลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ANSYS ได้รับการอนุเคราะห์จากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการออกแบบเครื่องจักรกล โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่นำที่มีความสำคัญและมีผลกระทบต่ออายุการใช้งานเครื่องจักรที่ก่อให้เกิดการเสียหายกับชิ้นส่วนและลดระยะเวลาใน

การออกแบบชิ้นส่วน แล้วยังทำให้เครื่องจักรมีความน่าเชื่อถืออีกด้วย [8]

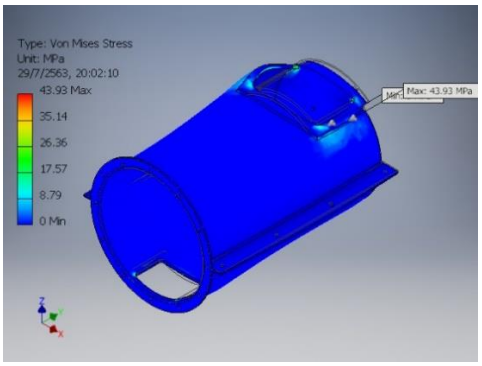
การวัดขนาดความละเอียดของผงเปลือกหอยบดตรวจสอบขนาดโดยการใช้ตะแกรง (Analytical sieving method) โดยใช้ตะแกรง 2 ขนาด คือ 300 และ 1,000 μm ร่อนตรวจสอบปริมาณ การบดของเปลือกหอยตามน้ำหนัก 500 กรัม โดยทำความสะอาดเปลือกหอย นำไปตากแสงอาทิตย์ระยะเวลา 8 ชั่วโมง (ชม.) นำมาชั่งน้ำหนักก่อนการบดและหลังการบดและแยกโดยใช้ตะแกรง พร้อมทั้งวิเคราะห์ต้นทุนด้วยเทคนิคทางด้านเศรฐศาสตร์วิศวกรรมต้นทุนค่าใช้จ่ายและการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Eeven point ; BEP) จากสูตร [9]

จุดคุ้มทุน = (ต้นทุนคงที่)/(ราคาขายต่อหน่วย-ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย) (1)

แบบสอบถามการประเมินความพึงพอใจการใช้เครื่องจักรแบบปลายปิด จากแหล่งทุนวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 8 หัวข้อ ดังนี้ มีความง่ายต่อการใช้งานเครื่องจักร มีประโยชน์ต่อสถานประกอบการ มีกำลังผลิตที่เหมาะสมกับสถานประกอบการ มีความปลอดภัยในการใช้งานต่อผู้ปฏิบัติงาน มีความง่ายในการดูแลรักษาและการซ่อมบำรุง มีความสามารถแก้ไขปัญหาในด้านผลิตของผู้ประกอบการ มีสมรรถนะในการทำงานที่ตรงตามความต้องการของผู้ประกอบการ และ มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานและขยายผลเชิงพาณิชย์ โดยใช้มาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert rating scales) ที่ใช้สำหรับให้ผู้แสดงระดับความคิดเห็นในแบบปลายปิด มีตัวเลือกระดับความคิดเห็ 5 ระดับ และนำมาหาค่าร้อยละ แล้วแปรความโดยการใช้ระดับสเกล มีค่าคะแนนดังนี้ 100=5, 81-99=4,71-81=3,61-70=2 และ 51-60=1

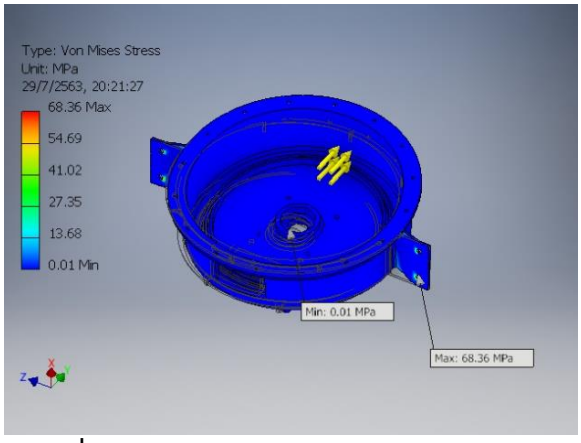
3. ผลการวิจัย

เครื่องจักรทำมาจากวัสดุ SUS 304 ทำการประกอบอย่างมั่นคงแข็งแรงด้วยการเชื่อมแบบทิก (Tungsten inert gas welding ; TIG) และการยึดด้วยสลักเกลียวและแป้นเกลียวที่เป็นวัสดุ SUS 304 มีขนาดความกว้าง 570 มม. ยาว 1,123 มม. สูง 1,760 มม. มีน้ำหนัก 250 กก. ต้นกำลังจากมอเตอร์ 1 เฟส 220 โวลต์ (V) 4 โพล 3Hp (2.2 KW) มีความเร็วรอบที่ 1,440 รอบ/นาที มีการส่งกำลังด้วยสายพานชนิดร่องเอจำนวน 2 เส้น ความยาว 50 นิ้ว ใช้ล้อสายพานเริ่มต้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ส่งกำลังไปที่ชุดบดหยาบด้วยล้อสายพานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว มีความเร็วรอบที่ 2,160 รอบ/นาที แล้วส่งต่อกำลังไปยังชุดบดละเอียด ด้วยล้อสายพานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว และรับด้วยล้อสายพานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว มีความเร็วรอบเป็น 3,240 รอบ/นาที ซึ่งโครงสร้างได้ทำการจำลองการรับแรงด้วยระเบียบวิธีไฟไนเอลิเมนต์ เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงโดยได้ค่าความแข็งแรงไม่เกินค่าความแข็งแรงที่ยอมรับได้ของวัสดุและมีพิกัดความปลอดภัยในขั้นของความปลอดภัยมากกว่า 2 เท่าทุกกรณี และมีระบบความปลอดภัยในการใช้งานทางไฟฟ้ามีปุ่มฉุกเฉิน (Emergency switch) เมื่อมีเหตุการณ์อันไม่พึงประสงค์ มีสายดินเพื่อป้องกันไฟรั่วจากระบบไฟฟ้า



รูปที่ 5 ห้องบดหยาบจากการวิเคราะห์แบบ FEA

จากรูปที่ 5 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไฟไนอลิเมนต์ของห้องบดหยาบ ที่วัสดุ SUS 304 ความหนา 4 มม. มีปริมาณเท่ากับ 4,159,050 มม^2. มีมวลเท่ากับ 33.27 กก. ขณะทำงานของเครื่องจักรจะเกิดความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณขอบของรูที่เจาะเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านบนที่เป็นช่องใส่วัสดุเข้า จะมีความเค้นสูงสุดเท่ากับ 43.93 MPa. จากการรับความดันที่เกิดจากการใช้งานเท่ากับ 100 MPa. ยังอยู่ในพิกัดที่วัสดุรับได้ ที่วัสดุหลักมีค่าความเค้นที่ยอมรับได้เท่ากับ 230 MPa. โดยการปรับแต่งแบบให้มีการเชื่อมขอบให้มีความหนาเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้ในบริเวณรอยเชื่อมจะมีความเค้นที่ยอมรับได้ 460 MPa. และได้ใส่ครีบในบริเวณฝาของห้องบดหยาบเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของฝาถัง



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ FEA ของห้องบดละเอียด

จากรูปที่ 6 ชุดบดละเอียด ห้องบดละเอียดทำมาจากวัสดุ SUS 304 ประกอบมาจากวัสดุแผ่นมีความหนา 4.5 มม. ประกอบด้วยการเชื่อมแบบทิก ผลปรากฏว่า มีปริมาณเท่ากับ 666,036 มม^2 มีมวลเท่ากับ 23.21 กก. มีจุดจับยึดที่ด้านข้างด้วยสลักเกลียวจำนวน 4 รู มีขนาดเท่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม. เมื่อมีการรับความดันใช้งานเท่ากับ 50 MPa. แล้วมีความเค้นสูงสุดเท่ากับ 68.36 MPa. ที่บริเวณรูจับยึดทั้ง 4 รูและมีความเค้นต่ำสุดที่บริเวณรูด้านในเท่ากับ 10 kPa. ยังอยู่ในวัสดุรับภาระได้เมื่อมีความเค้นยอมรับได้เท่ากับ 230 MPa. ได้มีการปรับปรุงโดยการเชื่อมยึดที่ด้านฝาสองชิ้นจึงทำให้เกิดความแข็งแรงเกิดขึ้น และบริเวณรอยเชื่อมมีความเค้นยอมรับได้เท่ากับ 460 MPa.

รูปที่ 7 ผงเปลือกหอยนางรมแยกตามขนาด

จากรูปที่ 7 ทำการวัดความละเอียดของผงเปลือกหอยบด โดยการใช้ตะแกรง ผลปรากฏว่า ผงเปลือกหอยมีขนาดเล็กกว่า 300 μm ปริมาณ 180 กรัม คิดเป็นร้อยละ 36 ขนาดอยู่ระหว่าง 300-1,000 μm มีปริมาณ 175 กรัม คิดเป็นร้อยละ 35 และขนาดที่ใหญ่กว่า 1,000 μm มีปริมาณ 145 กรัม คิดเป็นร้อย 29 ดังรูปที่ 7

ผลสรุปจากตารางที่ 1 ความพึงพอใจเมื่อนำเครื่องจักร โดยมีผู้เชี่ยวชาญตอบสอบสอบจำนวน 6 ท่าน ด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ มีความง่ายต่อการใช้งานและด้านที่คะแนนมากที่สุดมีคะแนนร้อยละ 100 และสเกลเท่ากับ 5 มีสองด้านคือ มีสมรรถนะในการทำงานที่ตรงตามความต้องการของผู้ประกอบการ และ มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานและขยายผลเชิงพาณิชย์ เครื่องจักรมีคะแนนร้อยละ 83.33 อยู่ในสเกล 4 ได้คะแนนโดยรวมร้อยละ 94.17 สเกลเท่ากับ 4 อยู่ในระดับ ดี และสรุปผลความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 94.17 อยู่ในเกณฑ์ 4

ตารางที่ 1 ผลสรุปความพึงพอใจจากทดสอบใช้โดยวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านโคกไคร

ที่	หัวข้อการประเมิน	ความถี่	ร้อยละ	สเกล
1	มีความง่ายต่อการใช้งานเครื่องจักร	25	83.33	4
2	มีประโยชน์ต่อสถานประกอบการ	29	96.67	4
3	มีกำลังผลิตที่เหมาะสมกับสถานประกอบการ	28	93.33	4
4	มีความปลอดภัยในการใช้งานต่อผู้ปฏิบัติงาน	27	90.00	4
5	มีความง่ายในการดูแลรักษาและการซ่อมบำรุง	28	93.33	4
6	มีความสามารถแก้ไขปัญหาในด้านผลิตของผู้ประกอบการ	29	96.67	4
7	มีสมรรถนะในการทำงานที่ตรงตามความต้องการของผู้ประกอบการ	30	100	5
8	มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานและขยายผลเชิงพาณิชย์	30	100	5
ค่าเฉลี่ย		226	94.17	4

เครื่องจักรเป็นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่มีนำหลักการการบดแบบแฮมเมอร์มิลล์ และแบบโรลเลอร์มิลล์ โดยนำเข้ามาประกอบต่อกันแบบอนุกรม วัสดุใช้เหล็กกล้าไร้สนิม จึงทำให้ผงเปลือกหอยมีความสะอาดใช้ในเครื่องสำอางได้ การทำงานของเครื่องบดเปลือกหอยนางรม สามารถบดผงแป้งเปลือกหอยนางรมได้ 6 กก/ชม. มีขนาดของความละเอียดของผงแป้งเปลือกหอยนางรมบดอยู่ระหว่าง 200-1,000 μm ใช้กำลังไฟฟ้า 11.3A หรือ 2.486 kW โดยคิดค่าไฟฟ้าโดยประมาณ 5.30 บาท/ชั่วโมง หรือกิโลกรัมละ 0.88 บาท ลดต้นทุนการผลิตเฉพาะผงเปลือกหอยเหลือ 480 บาท/ปี จากเดิม 48,000 บาท/ปี ลดระยะเวลารอคอยวัตถุดิบจาก 10 วัน เหลือ 2 ชั่วโมง สามารถผลิตสบู่ได้มากขึ้นเป็น 900 ชิ้นต่อเดือน ทำให้รายได้เพิ่มขึ้นไม่ต่ำกว่า 200,000 บาทต่อเดือน ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม สามารถกำจัดเปลือกหอยนางรมที่เป็นขยะ โดยบดเปลือกหอยนางรมได้ครั้งละ 10 กก ใช้เวลาในการบดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง/ครั้ง

4. อภิปรายผลการวิจัย

เครื่องบดหอยนางรมเพื่อวัสดุสครับผิว มีขนาด 570 x 1,123 x 1,760 มม. น้ำหนัก 250 กก ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันไฟฟ้า 220V 50 เฮิรตซ์ (Hz.) กำลังไฟฟ้า 11.3A หรือ 2.486 kW ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ 1 เฟส 4 โพล 3Hp ความเร็วรอบ 1,440 รอบ/นาที วัสดุ SUS 304 มีจุดศูนย์ถ่วงต่ำ สั่นสะเทือนน้อย ใช้งานได้อย่างดีมีความปลอดภัย การบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้ง่าย และการทำความสะอาดเป็นไปตามมาตรฐานเครื่องจักรหลักปฏิบัติที่ดีในการผลิต ทุกประการ โดยมีราคาจำหน่ายอยู่ที่ 125,000 บาท การหมุนของชุดบดละเอียดมีความเร็วรอบสูงกว่า การบดหยาบ ระบบไฟฟ้าและส่งกำลังมีระบบความปลอดภัยในการใช้งานทางไฟฟ้ามีปุ่มฉุกเฉิน เมื่อมีเหตุการณ์อันไม่พึงประสงค์และมีไฟสายลงดินเพื่อป้องกันไฟรั่วสู่ผู้ใช้งาน จึงมีการสั่นสะเทือนเล็กน้อย แต่ใช้งานได้ดี สามารถบดเปลือกหอยนางรมให้มีความละเอียดเป็นผงคลายแป้ง มีขนาดของความละเอียดของผงบดอยู่ระหว่าง 200-1,000 μm เป็นไปตามขนาดที่สามารถนำไปผสมกับสบู่ทำเป็นสครับผิวได้เป็นอย่างดี เป็นไปทิศทางเดียวกับสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ที่เปลี่ยนเปลือกหอยมุกที่เป็นปัญหาขยะให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเวชสำอางได้ [2] หรือในรูปแบบของการผสมในน้ำเคลือบเซรามิกส์ [10, 11]

ผงเปลือกหอยสามารถที่ใช้งานได้จะมีขนาดน้อยกว่า 300 μm มีปริมาณร้อยละ 36 และขนาดของผงในช่วง 300 ถึง 1000 μm สามารถที่จะนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เรียกว่า ครีมขัดผิว มีปริมาณร้อยละ 35 ส่วนขนาดมากกว่า 1,000 μm ให้ใส่กลับเพื่อบดใหม่ต่อไป มีปริมาณร้อยละ 29 โดยค่าไฟฟ้า

โดยประมาณ 5.30 บาท/ชั่วโมง หรือกิโลกรัมละ 0.88 บาท สามาถลดต้นทุนการผลิตเฉพาะผงเปลือกหอยเหลือ 47,520 บาท/ปี และลดระยะเวลาเหลือ 2 ชม. สามารถผลิตได้วันละ 1 กก. สบู่สครับผิวมีส่วนผสมของผงเปลือกหอย 20 กรัม/ก้อน ราคาก้อนละ 35 บาท จะต้องผลิตจำนวน 358 ก้อน กำลังการผลิต 50 ก้อน/วัน เป็นระยะเวลา 7 วัน ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม สามารถกำจัดเปลือกหอยนางรมที่เป็นขยะที่ยากต่อการจัดการได้ โดยเพิ่มกระบวนการทำงานของเครื่องสามารถใส่เปลือกหอยนางรมครั้งละ 10 กก. ใช้เวลาในการบดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง/ครั้ง คิดอัตราการผลิต ชั่วโมงละ 5 กก. ผงบดสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้อีกเช่น ใช้เป็นผงเคลือกเซรามิกส์จากเปลือกหอยนางรม [12] และเป็นอาหารให้กับสัตว์ประเภทไก่และเป็ดได้ [13]

5. ข้อเสนอแนะ

การผลิตเพื่อเชิงพาณิชย์สามารถที่จะลดราคาของเครื่องจักรได้โดยการใช้วัสดุที่ไม่ใช่เหล็กกล้าไร้สนิมในชิ้นส่วนที่ไม่ได้สัมผัสกับวัตถุดิบ

6 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กปว.) กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ร่วมกับ สถาบันไทย-เยอรมัน ที่มอบทุนวิจัยตามหมายเลขทุนที่ สทย. 132/2563 วิจัยเรื่อง เครื่องบดเปลือกหอยนางรม และภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โปรแกรมสำเร็จรูป ANSYS ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไฟไนเอลิเมนต์

เอกสารอ้างอิง

[1] ทวิช กล้าแท้, กงกิจ ยิ่งเจริญกิจขจร, เกรียงศักดิ์ จันทกูล และ อรรคเดช. อับดุลมาติน, "อิฐบล็อกประสานที่ผสมขยะเปลือกหอยนางรมบด," วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, vol. 14, no. 2, pp. 358-371, 2565.

[2] ชุติพันธ์ เลิศวชิรไพบูลย์. (2564). แปรรูปเปลือกหอยขยะอุตสาหกรรมสู่สาระสำคัญเวชสำอางพลาสติก กระดาษ. เข้าถึงเมื่อ 31 พฤษภาคม 2566. [เข้าถึงได้จาก https://www.nstda.or.th/home/news_post/sci-update-bio-calcium-carbonate-from-shell/.

[3] บริษัท อมรอิเล็กทริค จำกัด. (2561). เครื่องบดเปลือกหอยแบบละเอียด เครื่องบดย่อยอเนกประสงค์. เข้าถึงเมื่อ 24 กรกฎาคม (2022). เข้าถึงได้จาก https://www.nanagarden.com/shop/clip/id/101967.

[4] ต่อการเกษตร. (2565). เครื่องตีป่นปุ๋ย บดข้าวโพด บดเปลือกหอย. เข้าถึงเมื่อ 24 กรกฎาคม 2022. เข้าถึงได้จาก http://www.khonthamkaset.com/product/39/%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B8%B5%E0%B8%9B%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%9B%E0%B8%B8%E0%B9%8B%E0%B8%A2-%E0%B8%9A%E0%B8%94%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B9%.

[5] คมกฤต เล็กสกุล. (2564). การหาค่าที่เหมาะสมและการประยุกต์. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[6] ธนบุญสมบัติ บัณชา. (2542). การออกแบบทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: บริษัท ส.เอเชียเพรส จำกัด.

[7] อนันต์ วงศ์กระจ่าง. (2533). การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ: โอเอส พริ้นติ้งเฮ้าส์.

[8] Somsak Limwongsakorn, Wasawat Nakkiew, and Adirek Baisukhan. (2016). "Finite Element Analysis Model of Corrosion Fatigue for TIG Welding Workpiece," Key Engineering Materials, vol. 707, no. Trans Tech Publ, pp. 154-158, 2016.

[9] กิตติมา งานวิไลกร. (2559). "การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ระยะคืนทุน และการผ่อนชำระเงินกู้ของเครื่องผลิตก้อนเห็ดอัตโนมัติเกษตรสกล 1 สำหรับวิสาหกิจชุมชน," *วารสารวิชาการ ฉบับพิเศษ ประจำปี 2559,* pp. 251-261.

[10] เบญจลักษณ์ สงเคราะห์. (2551). "รายงานการวิจัยเรื่องการทดลองใช้เปลือกหอยนางรมเพื่อเป็นส่วนผสมในน้ำเคลือบเซรามิกส์," มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี. สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ, สุราษฎร์ธานี.

[11] ทวิช กล้าแท้. (2561). "การใช้ประโยชน์จากเปลือกหอยนางรมบดในผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสาน," มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ, กรุงเทพมหานคร.

[12] ภรดี พันธุภากร. (2020). "เคลือบเซรามิกส์จากเปลือกหอยนางรม," ชลบุรี ; สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา.

[13] เพ็ชรปานกัน, ทองคำ, สุมล หงษ์คำ, ยอดชาย การภักดี, ศักดินา โพธารส, จรินทร์ ศรีสวัสดิ์, มนูญ ชำนาญเกษกรณ์, และ สมศักดิ์ เพ็ชรปานกัน. (2544). "การใช้เปลือกหอยเชอรี่ป่นเป็นแหล่งอาหารแคลเซียมในนกกระทาไข่," การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์, pp. 24-50, 5-7 กุมภาพันธ์.