การสร้างเครื่องผลิต อี เอ็ม บอล และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

The Development of EM Ball Machine and Technology Transfer for Community

กุลยุทธ บุญเซ่ง[1] ศุภชัย ชัยณรงค์[1] และชัยยุทธ มีงาม[1]
[1]โปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000
โทรศัพท์ 074-336933 ต่อ 282 E-mail: Kulyuth.bo@skru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มอัตราการผลิต อี เอ็ม บอล สำหรับนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน บ้านโคกแห้ว ชุมชนบ้านกาหลำ ตำบลโรง อ.กระแสสินธุ์ และชุมชนบ้านบนเขา ตำบลน้ำน้อย อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา โดยมีการพัฒนาจากขั้นตอนการผลิตปัจจุบันที่ใช้แรงงานคนในกระบวนการผลิต ยังไม่มีเครื่องจักรช่วยในการผลิต มีหลักการทำงานของเครื่องเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ มีขั้นตอนการผลิตเริ่มจากการผสมวัตถุดิบในถังผสมโดยใช้ใบกวนหมุนพาพลิกกลับวัตถุดิบให้เข้ากัน และใช้สกรูรีดอัดส่งวัตถุดิบออกมาเพื่ออัดขึ้นรูปบนชุดอัดก้อนด้วยถ้วยหมุนวนบนระบบโซ่ จากการทดสอบอัตราการผลิตเปรียบเทียบกับการผลิตด้วยแรงงานคน พบว่าการใช้เครื่องจักรช่วยผลิตกระบวนการคลุกเคล้าวัตถุดิบและการอัดก้อนสามารถทำงานได้เร็วกว่าการใช้แรงงานคนถึง 3.89 และ 1.43 เท่า ตามลำดับ ซึ่งสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้สูงกว่าการผลิตด้วยแรงงานคน ผลความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้เครื่องของผู้เข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนรวมทั้งหมดจำนวน 135 คน มีระดับความพึงพอใจในการใช้เครื่องจักรอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

คำสำคัญ: เครื่องจักร, อี เอ็ม บอล, อัตราการผลิต, การถ่ายทอดเทคโนโลยี

Abstract

This research aims to develop technologies for EM ball production to improve the productivity for technology transfer to local communities in 2 areas in Songkhla Province i.e. Ban Khokhav, Ban kalamRong, Kasaesin District and Ban bonkhov, Namnoy, Hatyai District. The process has been developed from the original man-made process. The machine design was a semi-automatic type. The processing steps started from mixing the Ingredients in a mixing tank with an agitator for rotation and then extruding the EM ball products by Briquetting cups with chain. Regarding the production rate comparison, it was found that the developed machine operated with faster rate than the original man-made process for mixing and extruding with to 3.89 and 1.43 times respectively. This provides the higher rate of production. From the survey of satisfactory opinion, it was found that totaly 135 persons satisfied this machine after technology transfer.

Keywords: Machine, Effective Microorganisms Ball, Production Rate, Technology Transfer.

1. บทนำ

ปัจจุบันธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา (Ecological System) และการใช้ชีวิตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แหล่งน้ำเป็นอีกสภาพแวดล้อมหนึ่งที่เกิดความเสื่อมโทรมจากการกระทำของมนุษย์ โดยเกิดการเน่าเสีย (Putrid) ส่งกลิ่นเหม็น (Stench) ตลอดจนระบบนิเวศวิทยาเกิดการเสียสมดุล ซึ่งเป็นปัญหาระดับต้น ๆ ซึ่งได้กล่าวถึงในวาระการประชุมเวทีระดับโลก [1] มีหลายหน่วยงานได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหา หันมาให้ความสำคัญในการรักษาและดูแลสิ่งแวดล้อม (Environment) เพิ่มมากขึ้น วิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ เป็นการบำบัดน้ำเสีย โดยอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ หรือกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำ [2] โดยการประยุกต์ใช้สารอินทรีย์เพื่อปรับสภาพน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้น ด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms: EM) [3,4] ส่งผลให้เกิดความสมดุลตามแหล่งน้ำธรรมชาติ การใช้ อี เอ็ม บอล เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กัน และสาเหตุของการปั้นเป็นก้อน อี เอ็ม บอล เพื่อให้เกิดการขยายตัวของเชื้อจุลินทรีย์และยึดเกาะกับส่วนผสมสำหรับให้จุลินทรีย์สามารถมีชีวิตอยู่ได้[5] สำหรับการนำ อี เอ็ม บอล ไปใช้มิใช่เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยตรง แต่จะใช้หลักการนำเอาจุลินทรีย์ชนิดที่ดีมีประสิทธิภาพไปแย่งอาหาร (ของเสีย ซากพืช ซากสัตว์ที่ไหลมากับน้ำ) จากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในน้ำที่กำลังจะเน่าเสียหรือในน้ำเสีย สกัดกั้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ธรรมชาติที่เป็นสาเหตุของน้ำเน่าเสีย [6] ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง (ค่ายรัตนพล อ.คลองหอยโข่ง จ.สงขลา) เป็นหน่วยงานหนึ่งที่ได้จัดตั้งขึ้นเพื่อการเรียนรู้ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ทำหน้าที่ให้ความรู้ ถ่ายทอด ส่งเสริมแนวทางการทำเกษตรกรรมแก่เกษตรกรในพื้นที่ รวมถึงการจัดการบำบัดแหล่งน้ำด้วยวิธีธรรมชาติบำบัด รูปแบบหนึ่งที่ดำเนินการ คือ

การผลิต อี เอ็ม บอล (EM ball) สำหรับนำไปใช้โยนลงไปในแหล่งน้ำเพื่อการบำบัดน้ำเสีย[7] ในคลอง หนอง บึง แม่น้ำ และทะเล รวมถึงพื้นที่ในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ และเกษตรกร ชาวบ้านในพื้นที่อำเภอกระแสสินธุ์ จังหวัดสงขลาก็มีการผลิต อี เอ็ม บอล เพื่อนำมาใช้บำบัดน้ำเสียและใช้ในการเกษตรกรรม ซึ่งกระบวนการผลิตปัจจุบันจะใช้แรงงานคนในการผลิตขาดเทคโนโลยีช่วยในการผลิต ท่าทางที่ใช้ในการทำงานของแรงงานคนมีการเคลื่อนไหวไปมาก้มยืนสลับกันเพื่อคลุกเคล้าส่วนผสมในกระบวนการผสมวัตถุดิบ และใช้มือปั้นอัดก้อนกลับไปกลับมาในการปั้นก้อนด้วยมือ มีความเสี่ยงและส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บโครงร่างของแรงงาน [8] อัตรากำลังการผลิตน้อย และการผลิตด้วยแรงงานคนไม่สามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่องเพราะต้องประกอบอาชีพควบคู่ และศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง เกษตรกรในชุมชนมีความต้องการเพิ่มอัตรากำลังการผลิตให้สูงขึ้นสำหรับการนำไปใช้งาน

จากเหตุผลข้างต้นดังกล่าวผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาสร้างเครื่องผลิต อี เอ็ม บอล ต้นแบบ เพื่อนำมาใช้แทนแรงงานคน เพิ่มอัตรากำลังการผลิต และนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน ตอบสนองต่อความต้องการของศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงเกษตรกรในชุมชนพื้นที่ใกล้เคียง และสนองตามแนวพระราชดำริสำหรับนำไปใช้ในการเกษตรหรือบำบัดแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่สาธารณะ หรือโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลให้มีความสมบูรณ์ต่อสภาพแวดล้อมของโลกต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับผลิต อี เอ็ม บอล
2. เพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิต อี เอ็ม บอล
3. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต อี เอ็ม บอล สู่ชุมชน

3. วิธีดำเนินงาน

ในการวิจัยพัฒนาสร้างเครื่องต้นแบบการผลิต อี เอ็ม บอล เพื่อเพิ่มอัตรากำลังการผลิต และนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามกระบวนการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนที่1. เริ่มจากการศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา ขั้นตอน วิธีการผลิต อี เอ็ม บอล ของศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงและเกษตรกรในชุมชน พบว่าในกระบวนการผลิต อี เอ็ม บอล จะใช้สูตรที่มีความหลากหลายขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของวัตถุดิบที่หาได้ในแต่ละพื้นที่โดยแบ่งวัตถุดิบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1.วัตถุดิบทางด้านการเกษตร และ 2.วัตถุดิบทางด้านเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งมีขั้นตอนในกระบวนการผลิตดังนี้

(1) การเตรียมวัตถุดิบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) รำละเอียด 1 ส่วน แกลบป่นหรือรำหยาบ 1 ส่วน ดิน 1 ส่วน นำมากองรวมกัน และ 2) EM 10 ช้อนแกง กากน้ำตาล 10 ช้อนแกง และน้ำ 10 ลิตร [9] ผสมเข้าด้วยกันเพื่อเตรียมผสมกับส่วนผสมที่ 1

(2) การคลุกเคล้าวัตถุดิบ จะนำวัตถุดิบทั้งหมดที่ได้เตรียมไว้ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน เริ่มจากผสมวัตถุดิบส่วนแรกพร้อมใส่ส่วนผสมที่สองคลุกเคล้าเข้าด้วยกันจนกว่าส่วนผสมทั้งหมดมีความเหนียวและเป็นเนื้อเดียวกันสามารถปั้นก้อนได้หมาด ๆ ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1. การคลุกเคล้าวัตถุดิบ

ในกระบวนการคลุกเคล้าวัตถุดิบมีท่าทางการก้มยืนสลับกันเพื่อพลิกกลับส่วนผสมให้เข้ากันและจะต้องใช้พื้นที่สำหรับเตรียมวัตถุดิบและคลุกเคล้า ซึ่งจะใช้พื้นที่ประมาณ 12 ตารางเมตร และจะต้องเป็นพื้นที่มีความแข็งหรือเป็นพื้นปูน ขั้นตอนนี้จะใช้แรงงานคน 3-5 คน เพื่อช่วยในการคลุกเคล้าและใส่ส่วนผสม

(3) การปั้นก้อนอี เอ็ม บอล เป็นการนำส่วนผสมที่คลุกเคล้าเข้ากันดีแล้วมาปั้นเป็นก้อน โดยมีวิธีการปั้นกลับไปกลับมาระหว่างมือซ้ายและมือขวาเพื่อขึ้นรูปให้เป็นก้อนกลมมีขนาดพอเหมาะกับมือ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณโดยเฉลี่ย 60-70 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2. การปั้นก้อน อี เอ็ม บอล ด้วยแรงงานคน

การปั้นก้อน อี เอ็ม บอล จะใช้มือกดกลับไปกลับมาเมื่อปั้นไปประมาณ 2-3 ชั่วโมง จะเกิดอาการปวดเมื่อยมือและแขน การใช้พื้นที่ในการวางส่วนผสมเพื่อกระจายให้แรงงานปั้นจะต้องใช้บริเวณมากและมีการใช้แรงงานคนจำนวนมาก และขนาดความโตของก้อน อี เอ็ม บอล ที่ได้จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดมือและความพอใจในการปั้นของแรงงาน

(4) การจัดเรียงก้อน อี เอ็ม บอล เป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนนำไปจัดเก็บเพื่อให้ความชื้นในก้อนเกิดการระเหยตัวของน้ำที่มีอยู่ ส่งผลให้แข็งตัว และเกิดการกระจายตัวของเชื้อจุลินทรีย์ในก้อน อี เอ็ม บอล ก่อนนำไปใช้งาน หลังจากการผลิตโดยประมาณ 5-7 วัน [4] ดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3. การจัดเรียง อี เอ็ม บอล

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตปัจจุบันและการเสนอแนะจากแรงงานผู้ผลิตพบว่าปัญหาของกระบวนการผสมและการปั้นก้อนมีความจำเป็นและต้องการปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตเพื่อให้เกิดประสิทธิในกระบวนการผลิต และสอดคล้องกับการประเมินความเสี่ยงจากการบาดเจ็บโครงร่างในการผลิต EM Ball โดยใช้หลักการทางการยศาสตร์ ทั้ง 2 ขั้นตอน มีท่าทางการทำงานที่มีความความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน [8]

ขั้นตอนที่ 2. เป็นขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องผลิต อี เอ็ม บอล ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการศึกษากรรมวิธีการผลิตปัจจุบันที่ดำเนินการอยู่ผนวกกับความต้องการของชุมชนเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่องซึ่งมีแนวทางในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. เครื่องที่สร้างต้องมีความเหมาะสมกับการใช้งานสามารถผสมคลุกเคล้าส่วนผสมได้ดีและสามารถปั้นเป็นก้อนทรงกลมได้ตามวัตถุประสงค์ของการผลิต

2. เครื่องต้องมีความแข็งแรง ทนทาน สามารถใช้งานได้ง่าย และมีการบำรุงรักษาซ่อมแซมได้ง่าย[10]

3. เครื่องต้องมีระบบการทำงานไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพในด้านการใช้งานและอัตราการผลิตที่ดีกว่าวิธีการเดิม

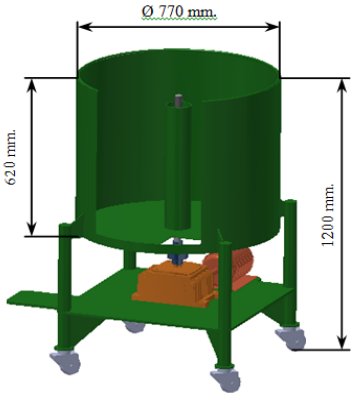
4. เครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกเหมาะสำหรับนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

5. เครื่องจะต้องมีความปลอดภัยในการใช้งาน

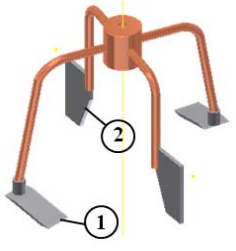
จากข้อสรุปที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพและสมรรถนะด้านการใช้งานของเครื่องที่จะสร้างร่วมกับกลุ่มศูนย์การเรียนรู้และเกษตรกรผู้ใช้งาน จึงได้ออกแบบในส่วนของโครงสร้างและระบบการทำงานของเครื่องเป็นไปตามข้อสรุปในขั้นต้น โดยมีโครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญต่าง ๆ แยกออกตามขั้นตอนการทำงานได้ 3 ส่วนแสดงได้ดังนี้

1) ชุดถังผสม (Mixer Tank)

ชุดถังผสม (ภาพที่ 4) ใช้เหล็กแผ่น (SS400) มีความหนา 3 มิลลิเมตร ม้วนเชื่อมติดกับฐานของเครื่องทำจากเหล็กฉากเป็นส่วนหลักสำหรับนำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน ในการออกแบบถังผสมจะมีลักษณะทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 770 มิลลิเมตร สูง 620 มิลลิเมตร มีเสาเป็นขารองรับ 4 เสาติดล้อ เพื่อสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและมีขาปรับตั้งให้เกิดความมั่นคงและไม่เคลื่อนที่ขณะเครื่องทำงาน ด้านล่างมีฐานรองรับเพื่อยึดติดชุดมอเตอร์ ภายในถังจะติดตั้งชุดใบกวน (ภาพที่ 5) มี 4 ใบ ออกแบบให้มีการทำงาน 2 ลักษณะ คือ 1) ทำหน้าที่พลิกกลับวัตถุดิบ (ภาพที่ 5 (1)) และ 2) ทำหน้าที่พาส่วนผสมเคลื่อนที่ตามการหมุนของใบกวน (ภาพที่ 5 (2)) มีทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกา ส่วนผสมเกิดการผสมคลุกเคล้าวัตถุดิบเข้ากัน ต้นกำลังจะใช้มอเตอร์ส่งกำลังผ่านชุดเกียร์ทดรอบ[11] หมุนไปยังใบกวนขับเคลื่อนให้เกิดการหมุนคลุกเคล้าส่วนผสมเข้ากันมีความเร็วรอบอยู่ที่ 25 รอบ/นาที และมีช่องให้วัตถุดิบลงไปยังรางลำเลียง



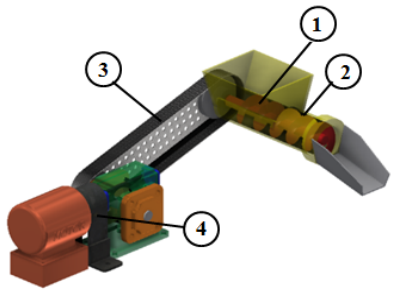
ภาพที่ 4. แบบจำลองชุดถังผสม



ภาพที่ 5. แบบจำลองชุดใบกวน

2) ชุดส่งลำเลียง (Extruding)

ชุดส่งลำเลียง (ภาพที่ 6) จะวางอยู่ด้านล่างของถังผสม ทำหน้าที่รับวัตถุดิบที่ผ่านการคลุกเคล้ากันจากถังผสม อัดส่งออกไปยังชุดอัดก้อนโดยใช้สกรู มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ 1) สกรูลำเลียง (ภาพที่ 6 (1)) จะใช้เกลียวสกรูเป็นตัวส่งลำเลียงวัตถุดิบ และ 2) รางลำเลียง (ภาพที่ 6 (2)) จะเป็นร่างลำเลียงวัตถุดิบส่งออกไปยังชุดอัดก้อน โดยใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังผ่านชุดเกียร์ทดและส่งกำลังด้วยสายพาน[12] ไปขับสกรูหมุนพาส่วนผสมผ่านรางลำเลียงไปยังชุดอัดก้อน ด้วยความเร็ว 25 รอบ/นาที บริเวณชุดสายพาน (ภาพที่ 6 (3)) และแกนส่งกำลังมอเตอร์ (ภาพที่ 6 (4)) จะออกแบบให้มีการ์ดปิดเพื่อป้องกันอันตรายในขณะชุดลำเลียงทำงาน และ สกรูลำเลียงจะถูกออกแบบให้อยู่ในรางลำเลียงไม่สามารถสัมผัสกับแรงงานในขณะปฏิบัติงานเป็นไปตามหลักของความปลอดภัย[13]



ภาพที่ 6. แบบจำลองชุดลำเลียง

การทำงานของเครื่องจะใช้ระบบควบคุมด้วยไฟฟ้า (Electrical Control) ใช้ไฟ 220 โวลต์ สั่งจ่ายไฟผ่านระบบอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเพื่อให้อุปกรณ์ทางกลทำงาน การออกแบบจะยึดติดกับตู้เหล็ก มีขนาดความกว้าง 250 มิลลิเมตร ความ ยาว 350 มิลลิเมตร และความหนา 150 มิลลิเมตร ภายในประกอบด้วยชุดควบคุมอุปกรณ์ทางไฟฟ้า มีฟิวส์ขนาด 10 แอมแปร์ จำนวน 2 ตัว สำหรับป้องกันการลัดวงจร หากเกิดการใช้งานที่สูงเกินกำลัง ฟิวส์จะทำหน้าที่ตัดวงจร ป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับเครื่องจักร ชุดควบคุมการทำงานจะติดตั้งสวิทช์ควบคุมการ เปิด-ปิด การทำงาน โดยจะมีไฟแสดงสถานะขณะเครื่องทำงานบนกล่องควบคุม และยึดติดกับชุดถังผสมเพื่อให้มองเห็นได้อย่างชัดเจนและปรับหมุนได้คล่องตัวในขณะปฏิบัติงาน โดยมีปุ่มควบคุมการทำงาน 2 ส่วน คือ 1) ถังผสม และ 2) ชุดส่งลำเลียง ดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7. แบบกล่องชุดควบคุมทางไฟฟ้า

เครื่อง อี เอ็ม บอล ได้ออกแบบมาให้มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน มีการดูแลบำรุงรักษาได้ง่าย ลดพื้นที่การใช้งาน เพิ่มประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยในการใช้งาน สามารถขนย้ายได้ง่ายและสะดวกต่อการนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน โดยมีแบบจำลองดังภาพที่ 8 และเครื่องที่สร้างเสร็จดังภาพที่ 9

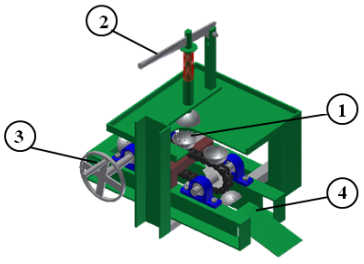
ภาพที่ 8. แบบจำลองเครื่องผสม อี เอ็ม บอล

ภาพที่ 9. เครื่องผสม อี เอ็ม บอล

3) ชุดอัดก้อน (Briquetting)

ชุดอัดก้อน (ภาพที่ 10) ทำหน้าที่อัดขึ้นรูป ก้อน อี เอ็ม บอล โดยมีลักษณะการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติแยกอิสระออกจากชุดถังผสม โดยใช้คนในการกดอัดขึ้นรูป โครงสร้างหลักทำจากเหล็กฉาก มีขนาดความกว้าง 65 เซนติเมตร ความยาว 73 เซนติเมตร และความสูง 72 เซนติเมตร มีถ้วยในการอัดก้อนจำนวน 8 ใบ ทำจาก

สแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 73 มิลลิเมตร ถ้วยมีการเจาะรูเพื่อระบายอากาศขณะปั้มขึ้นรูปจะส่งผลให้ส่วนผสมไม่ติดกับถ้วยและหล่นออกได้ง่าย การทำงานของถ้วยที่ติดบนชุดโซ่ (รูปที10 (1)) วิ่งไหลวนมายังตำแหน่งกดอัดเพื่อรองรับถ้วยอัดบนที่กดส่งจากคันโยก (ภาพที่ 10 (2)) อัดส่วนผสมให้เป็นก้อน โดยใช้มือควบคุมชุดการเคลื่อนที่ (ภาพที่ 10 (3)) หลังจากอัดขึ้นรูปหมุนไป 2 ตำแหน่ง ก้อน อี เอ็ม บอล ชนกับรางส่ง (ภาพที่ 10 (4)) จะตกหล่นลงตามราง



ภาพที่ 10. แบบจำลองเครื่องอัดก้อน

ขั้นตอนที่ 3. เป็นขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องที่ได้สร้างขึ้น เปรียบเทียบกับการผลิตด้วยแรงงานคน ที่กระบวนการผสมวัตถุดิบและการปั้นอัดก้อน โดยใช้วิธีการจับเวลาในการทดลองผลิตแต่ละขั้นตอน และตรวจสอบรูปทรงกลมของก้อน อี เอ็ม บอล ที่ได้จากการผลิตโดยใช้วิธีการวัดขนาดด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ คิดจากความกว้างต่อความยาวเปรียบเทียบสัดส่วนเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังสมการที่ (1)

$$\text{ความกลม} = (X/Y) \times 100\ \% \qquad (1)$$

โดยที่ X คือ ค่าความกว้าง
Y คือ ค่าความยาว

ขั้นตอนที่ 4. เป็นขั้นตอนการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชุนพื้นที่กลุ่มเกษตรกร ชุมชนบ้านโคกแห้ว ชุมชนบ้านกาหลำ ตำบลโรง อ.กระแสสินธุ์ และตำบลน้ำน้อย อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา โดยมีหัวน้าหน่วยศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง (ค่ายรัตพล) ลงพื้นที่ร่วมดำเนินการถ่ายทอดความรู้ มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบมีส่วนร่วมโดยใช้เครื่องผลิต อี เอ็ม บอล ที่สร้างขึ้น นำหลักการจัดการความรู้ (Knowledge management) : ภาคปฏิบัติชุมชนด้วยการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) มุ่งเน้นกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบมีส่วนร่วม[14] ระหว่างเจ้าของเทคโนโลยีโดยใช้วิธีการฝึกอบรมจากทีมผู้วิจัย ให้ความรู้ในการผลิต อี เอ็ม บอล วิธีการใช้เครื่องจักรที่สร้างขึ้น และทดลองผลิตเปรียบเทียบกับการผลิตแบบเดิม ให้ผู้เข้าร่วมอบรมแสดงความคิดเห็นหลังการใช้เครื่องและตอบแบบสอบถามที่มีต่อการดำเนินการใช้เทคโนโลยีที่สร้างขึ้นมาจากงานวิจัย เป็นผลจากการใช้เครื่องจักรซึ่งต่างจากวิธีการผลิตโดยใช้แรงงานคน

4. ผลการวิจัย

จากการทดสอบเพื่อหาความสามารถในการทำงานของเครื่องผลิต อี เอ็ม บอล ที่ได้ออกแบบสร้างขึ้น เปรียบเทียบกับการผลิตด้วยวิธีการเดิมโดยใช้แรงงานคนใน 2 กระบวนการ คือ 1) การคลุกเคล้าวัตถุดิบ และ 2) การอัดก้อน อี เอ็ม บอล นำไปสู่การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนสามารถสรุปผลได้ดังนี้

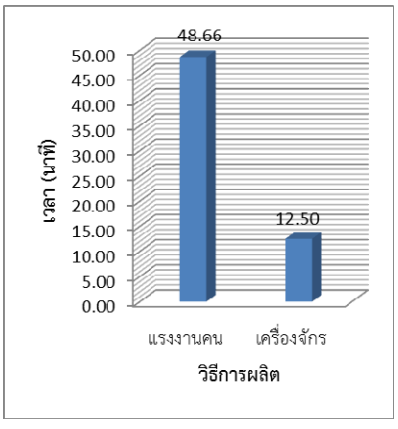
1. การหาความสามารถในกระบวนการผลิต ซึ่งจะใช้สูตรทั่วไปในพื้นที่ผสมวัตถุดิบน้ำหนักรวม 40.43 กิโลกรัม มีความชื้น 55 %wb การผลิตในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบและการปั้นก้อน ใช้แรงงาน 1 คน ทำการผลิต ผลการทดลองจับเวลาในกระบวนการผสมวัตถุดิบและการปั้นอัดก้อนจากการผลิตด้วยเครื่องจักรและแรงงานคน จำนวน 5 ครั้ง ได้ผลสรุปแสดงดังตารางที่ 1 และตารางที 2

ตารางที่ 1 เวลาที่ใช้ผสมวัตถุดิบระหว่างการผลิตด้วยแรงงานคนและเครื่องจักร (หน่วย: นาที)

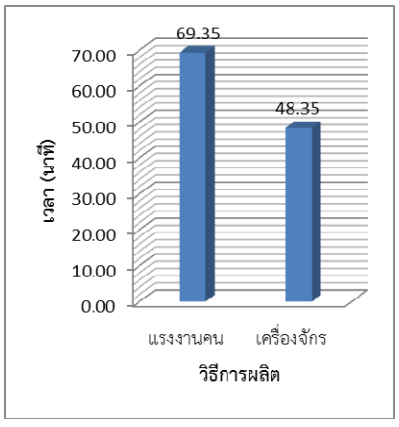
เวลา /ครั้งที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
แรงงานคน	45.56	53.45	46.58	48.37	49.32	48.66
เครื่องจักร	12.35	11.25	10.29	13.58	15.03	12.50

ตารางที่ 2 เวลาที่ใช้ปั้นอัดก้อนระหว่างการผลิตด้วยแรงงานคนและเครื่องจักรต่อหนึ่งรอบการผลิต (หน่วย: นาที)

เวลา /ครั้งที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
แรงงานคน	73.58	62.47	65.87	75.36	69.48	69.35
เครื่องจักร	45.36	46.78	51.47	47.56	50.59	48.35



ภาพที่ 12. กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการผสมวัตถุดิบระหว่างเครื่องจักรและแรงงานคน



ภาพที่ 13. กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการปั้นอัดก้อนระหว่างเครื่องจักรและแรงงานคน ต่อหนึ่งรอบการผลิต

จากภาพที่ 12 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการผสมวัตถุดิบระหว่างเครื่องจักรและแรงงานคนแสดงให้เห็นถึงความสามารถของเครื่องจักรที่ใช้เวลาในการผลิตเปรียบเทียบด้วยแรงงานคนที่มีส่วนผสม 40.43 กิโลกรัม ซึ่งมีสัดส่วนของเวลาเป็น 3.89 เท่า ส่งผลให้ประสิทธิภาพในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบด้วยสูงกว่าการผลิตด้วยแรงงานคน และลดการใช้พื้นที่ใช้งานในกระบวนการผสมวัตถุดิบโดยจะใช้พื้นที่สำหรับวางเครื่องจักรและการทำงานของแรงงานประมาณ 4 ตารางเมตร ลดลงจากการผลิตด้วยแรงงานคนถึง 3 เท่า

จากภาพที่ 13 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการปั้นอัดก้อนระหว่างเครื่องจักรและแรงงานคนแสดงให้เห็นถึงความสามารถของเครื่องจักรที่ใช้เวลาในการผลิตน้อยกว่าแรงงานคน มีสัดส่วนของเวลาที่ใช้การผลิตต่อหนึ่งรอบการผลิต เป็น 1.43 เท่า ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตขั้นตอนการปั้นอัดก้อนสูงขึ้นกว่าการผลิตด้วยแรงงานคน และลดพื้นที่ในการกระจ่ายส่วนผสมสำหรับให้แรงงานปั้น ก้อน อี เอ็ม บอล

2. การตรวจสอบรูปทรงของก้อน อี เอ็ม บอล ที่ได้จากการผลิตโดยวิธีการวัดขนาดก้อน อี เอ็ม บอล ด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ คิดจากความกว้างต่อความยาวเปรียบเทียบสัดส่วน ผลจากการวัดขนาดความกว้างและความยาว ของก้อน อี เอ็ม บอล ที่ผลิตจากเครื่องและแรงงานคนจำนวนอย่างละ 10 ก้อน โดยวิธีการสุ่มจากกระบวนการผลิต แทนค่าในสมการที่ 1 หาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความกลมแต่ละก้อน และหาค่าเฉลี่ยรวม พบว่าการผลิตด้วยเครื่องที่สร้างขึ้นมีความกลมและความสม่ำเสมอของก้อน อี เอ็ม บอล มากกว่าการผลิตด้วยแรงงานคน ซึ่งมีความกลมเฉลี่ยอยู่ที่ 87 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 3 และ 66 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ค่าความกว้าง-ยาวของก้อน อี เอ็ม บอล และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความกลมของก้อน อี เอ็ม ที่ผลิตจากเครื่องจักร

ก้อนที่	ความกว้าง (X)	ความยาว (Y)	% ความกลม	ค่าเฉลี่ย % ความกลม
1	59.14	66.18	89.36	
2	58.17	68.36	85.09	
3	57.19	69.9	81.82	
4	57.21	65.07	87.92	
5	59.12	70.78	83.53	87.17
6	58.86	66.5	88.51	
7	59.39	65.19	91.10	
8	57.37	69.6	82.43	
9	59.08	65.97	89.56	
10	58.31	63.13	92.36	
รวม	583.84	670.68	871.68	

ตารางที่ 4 ค่าความกว้าง-ยาวของก้อน อี เอ็ม บอล และค่าเฉลี่ยความกลมของก้อน อี เอ็ม ที่ผลิตจากแรงงานคน

ก้อนที่	ความกว้าง (X)	ความยาว (Y)	% ความกลม	ค่าเฉลี่ย % ความกลม
1	44.21	66.72	66.26	
2	38.46	63.54	60.53	
3	43.57	64.34	67.72	
4	35.51	59.87	59.31	
5	49.55	69.88	70.91	66.02
6	41.29	63.31	65.22	
7	55.37	74.49	74.33	
8	52.02	75.22	69.16	
9	37.91	59.46	63.76	
10	42.38	67.23	63.04	
รวม	440.27	664.06	660.23	

3. การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน โดยการนำเครื่องผลิต อี เอ็ม บอล ที่สร้างไปถ่ายทอดความรู้และทดลองปฏิบัติ ในพื้นที่ชุมชนบ้านโคกแห้ว ชุมชนบ้านกาหลำ ตำบลโรง อ.กระแสสินธุ์ และชุมชนบ้านบนเขา ตำบลน้ำน้อย อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา จำนวน 3 แหล่ง มีผู้เข้าร่วมโครงการจำนวน 48 คน 45 คน และ 42 คน ตามลำดับ เป็นผู้หญิง 96 คน และผู้ชาย 39 คน รวมทั้งหมด 135 คน มีการอบรมให้ความรู้เรื่องการผลิต อี เอ็ม บอล และปฏิบัติการผลิต อี เอ็ม บอล ด้วยเครื่องจักรที่สร้างขึ้น ผู้เข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้แสดงผลความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้เครื่องผลิต อี เอ็ม บอลใน 2 กระบวนการ คือ การผสมวัตถุดิบและการอัดก้อน อี เอ็ม บอล สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 5 ซึ่งเป็นผลของการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้เครื่องจักรที่กระบวนการผสมวัตถุดิบมีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยรวมที่ 4.83 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมากโดยที่มีข้อการประเมินเรื่อง ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายอยู่

ในเกณฑ์ดี[15] และตารางที่ 6 เป็นผลการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้เครื่องจักรที่กระบวนการอัดก้อน มีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยรวมที่ 4.77 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก ส่วนด้านความรวดเร็ว และความเหมาะสมในการทำงาน อยู่ในเกณฑ์ดีมีคะแนนที่ 4.41 และ 4.44 ตามลำดับ[15]

ตารางที่ 5 ความคิดเห็นของผู้ใช้เครื่องจักรในกระบวนการผสมวัตถุดิบ

	ชุมชนที่รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี				
	บ้านบนเขา	บ้านโคกแห้ว	บ้านกาหลำ	ค่าเฉลี่ย	เฉลี่ยรวม
ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4.36	4.21	4.15	4.24	4.83
ความรวดเร็วในการผลิต	4.81	4.75	4.78	4.78	
การเข้ากันของส่วนผสม	4.86	4.9	4.88	4.88	
ลดท่าทางการทำงาน	5	5	5	5.00	
ลดพื้นที่การใช้งาน	5	5	5	5.00	
ลดแรงงานคน	5	5	5	5.00	
บำรุงรักษาง่าย	4.82	4.59	4.67	4.69	
ความต่อเนื่องในการผลิต	5	5	5	5.00	
ความปลอดภัย	4.8	4.79	4.93	4.84	
ความเหมาะสมในการทำงาน	4.87	4.75	4.89	4.84	

ตารางที่ 6 ความคิดเห็นของผู้ใช้เครื่องจักรในกระบวนการอัดก้อน

	ชุมชนที่รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี				
	บ้านบนเขา	บ้านโคกแห้ว	บ้านกาหลำ	ค่าเฉลี่ย	เฉลี่ยรวม
ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4.8	4.78	4.82	4.8	4.77
ความรวดเร็วในการผลิต	4.48	4.36	4.4	4.41	
ลดโอกาสเกิดการบาดเจ็บ	4.52	4.57	4.64	4.58	
ลดพื้นที่การใช้งาน	5	5	5	5.00	
ลดแรงงานคน	5	5	5	5	
ความต่อเนื่องในการผลิต	4.72	4.98	4.87	4.86	
บำรุงรักษาง่าย	5	4.91	4.87	4.93	
มีความสม่ำเสมอในการผลิต	4.78	4.65	4.57	4.67	
ขนาดก้อนที่ผลิตมีความสม่ำเสมอ	4.96	4.88	4.92	4.92	
ความปลอดภัย	4.89	4.91	4.85	4.883	
ความเหมาะสมในการทำงาน	4.3	4.59	4.42	4.437	

จากผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้เครื่องจักรแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำงานของเครื่อง ที่ได้สร้างขึ้นมา สามารถตอบโจทย์ศูนย์การเรียนรู้และเกษตรกรในชุมชนได้ดี ซึ่งเป็นกระบวนการที่ได้จากการนำเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมาถ่ายทอดให้แก่ชุมชน ซึ่งครอบคลุม 3 ประเด็น 1) Know-how คือ องค์ความรู้หรือประสบการณ์ต่างๆ 2) Show-how คือ การฝึกทักษะคำแนะนำต่างๆ ที่ช่วยในการใช้องค์ความรู้ได้อย่างชำนาญหรืออย่างมีประสิทธิภาพ และ 3) Utilization คือ การนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์เป็นไปตามหลักการถ่ายทอดเทคโนโลยี[16]

5. สรุปและการอภิปรายผล

การวิจัยเพื่อสร้างเครื่องต้นแบบการผลิต อี เอ็ม บอล และนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตที่ได้มาจากการศึกษาวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลจากศูนย์การเรียนรู้และเกษตรกรในชุมชน นำมาออกแบบพัฒนาสร้างเครื่องจักรโดยเน้นให้มีความสามารถเพิ่มอัตราการผลิตที่สูงขึ้นจากการผลิตด้วยวิธีการเดิมที่ใช้แรงงานคน ตามหลักการปรับปรุงการทำงานเพื่อการเพิ่มผลผลิต[17] มีการใช้งานได้ง่ายและสะดวก การบำรุงรักษาที่ไม่ซับซ้อนยุ่งยาก มีความปลอดภัยในการทำงาน โดยเฉพาะชิ้นส่วนหรือบริเวณที่มีการเคลื่อนที่ สายพาน เพลาส่ง มีอุปกรณ์ปิดกั้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นขณะเครื่องทำงาน ชุดสกรูอัดส่งถูกออกแบบให้อยู่ภายในชุดลำเลียงไม่ให้สามารถสัมผัสกับแรงงานคนโดยตรง เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นเป็นไปตามหลักของความปลอดภัยในการออกแบบสร้างเครื่องจักร[13]

ผลที่ได้จากการทดสอบการทำงานของเครื่องจักรในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบสามารถทำงานได้เร็วกว่าการผลิตด้วยแรงงานคนสัดส่วนของเวลา 3.89 เท่าต่อส่วนผสม 40.43 กิโลกรัม และสามารถคลุกเคล้าได้โดยไม่ต้องใช้แรงงานคนในการพลิกกลับส่วนผสมอีก ไม่มีโอกาสส่งผลต่อการบาดเจ็บโครงร่างของแรงงานคนในการผลิตขั้นตอนนี้อีกต่อไป ซึ่งเป็นไปตามหลักการออกแบบทางการยศาสตร์[18] และการใช้พื้นที่ลดลง 3 เท่าจากเดิม เพราะการผสมคลุกเคล้าวัตถุดิบจะผสมในถังผสมแทน และขั้นตอนการปั้นก้อนของแรงงานคนต้องออกแรงของมือในการปั้นกดกลับไปกลับมาอยู่ตลอดเวลา แต่การผลิตด้วยเครื่องจะใช้แรงกดกลไกอัดขึ้นรูปทรงกลมตามลักษณะของก้อน อี เอ็ม บอล ลดความถี่ในการทำงานของมือและแขนที่ทำงานตลอดเวลา สามารถปรับเปลี่ยนท่าทางในการทำงานให้ดีขึ้น และเครื่องมีความสามารถทำงานได้เร็วกว่าการผลิตด้วยแรงงานคนเป็นสัดส่วนของเวลา 1.43 เท่าต่อหนึ่งรอบการผลิตที่ส่วนผสม 40.43 กิโลกรัม

ผลความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้เครื่องของผู้เข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนรวมทั้งหมด 135 คน ในกระบวนการผสมวัตถุดิบมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีมาก คือ 4.83 ส่วนในกระบวนการปั้นก้อนมีคะแนนเฉลี่ยโดยร่วมอยู่ในเกณฑ์ดีมากอยู่ที่ 4.77 ซึ่งความรวดเร็วในการทำงานจะเกิดจากทักษะในการฝึกปฏิบัติการใช้เครื่องให้เกิดความชำนาญมีผลต่อความรวดเร็วในการผลิต

อี เอ็ม บอล ที่ผลิตจากเครื่องจะมีความกลมโดยเฉลี่ยถึง 87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าการผลิตด้วยแรงงานคน 21 เปอร์เซ็นต์ และก้อน อี เอ็ม บอล มีความโตสม่ำเสมอกันมีความแตกต่างกันน้อยมาก เพราะการป้อนส่วนผสมเพื่ออัดก้อนหากมีปริมาณน้อยก็ไม่สามารถขึ้นรูปได้ แต่เกิดการป้อนส่วนผสมปริมาณมากเกินไปก็จะถูกกดไหลออกมาตามขอบของถ้วยอัดก้อน ส่งผลต่อขนาดความโตของก้อน อี เอ็ม บอล ให้มีความสม่ำเสมอ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของเครื่องและการเพิ่มอัตราการผลิตที่สูงขึ้นจากการผลิตแบบเดิมเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย และการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากการออกแบบและสร้างเครื่องผลิต อี เอ็ม บอล เกิดองค์ความรู้ที่ได้มาจากงานวิจัยนำมาอบรมถ่ายทอดให้ความรู้เกี่ยวกับ

หลักวิธีการ ขั้นตอนการทำงาน การบำรุงรักษา การใช้เครื่อง และผลิต อี เอ็ม บอล ผลผลิตที่ได้ คือ อี เอ็ม บอล ซึ่งศูนย์การเรียนรู้และชุมชนนำไปใช้ในการเกษตร การบำบัดน้ำเสีย เกิดความพึงพอใจแก่ผู้เข้าร่วมโครงการเป็นประโยชน์ต่อชุมชน และเป็นไปตามขั้นตอนตามแนวทางในการถ่ายทอดเทคโนโลยี[16] ส่งผลให้เกิดความสมดุลแก่ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

7.1 การใช้งานเครื่องอัดผสม อี เอ็ม บอล เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานควรมีการให้ความรู้ก่อนการใช้เครื่อง

7.2 ในกระบวนการอัดขึ้นรูจะต้องมีการโฉลมน้ำในถ้วยเพื่อป้องกันการติดและเกิดการแตกของก้อน อี เอ็ม บอล หลังการอัดก้อน

7.3 ก่อน-หลัง การใช้งานเครื่องอัดผสม อี เอ็ม บอล ควรมีการบำรุงรักษา โดยการชโลมน้ำมันโซ่ขับเคลื่อนชุดอัดก้อนเพื่อให้การผลิตง่ายไม่ติดขัดในการหมุนชุดโซ่ และบริเวณชุดขับเคลื่อน

7.4 ควรหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของเครื่องเพราะมีผลต่อการปั้นการขึ้นรูป

7.5 ต้นทุนการสร้างเครื่องโดยรวมอยู่ที่ 78,000 บาท ซึ่งควรนำมาพิจารณาถึงความคุ้มทุนในการลงทุนสร้างและหาระยะเวลาในการคืนทุน

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2553 ผ่านมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สัญญาเลขที่ 30/2553 ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง ค่ายรัตพล ชุมชนเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการบริการวิชาในการผลิต อี เอ็ม บอล ทุกคำแนะนำที่ให้ข้อเสนอแนะและความช่วยเหลือทุกด้านตลอดถึงผู้ที่มีส่วนช่วยในการดำเนินงาน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Azab MS. Waste-waste treatment technology and environmental management using sawdust bio-mixture. JTUSCI 2008 ; 1:12-23.

[2] เมธา โยธาฤทธิ์. 2556. "**ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของบ่อปรับเสถียรกรณีศึกษา ระบบบำบัดน้ำเสีย** มหาวิทยาลัยขอนแก่น" (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://kruvijai.wordpress.com/loaddockruvijai/article53/ articleanviro53/. 30 สิงหาคม 2556.

[3] Sangakkara UR. The technology of effective microorganisms-Case studies of application. Research Activities Cirencester, UK: Royal Agricultural College, Cirencester; 2002.

[4] สถาบันส่งเสริมเกษตรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **คู่มือการประยุกต์ใช้ EM**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ก.พล (1996), 2553.

[5] แม้นสรวง วุฒิอุดมเลิศ. 2556. **อี เอ็ม บอล.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/thai/knowledgeinfo.php?id=79. 27 กรกฎาคม 2556.

[6] วิยดา กุนทีกาญจน์. 2557. **คำชี้แจงข้อเท็จจริง กรณี อีเอ็ม บอล หรือ ก้อนจุลินทรีย์. (**ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.matichon.co.th/news_detail.php?newsid=1320488949&grpid=03&catid&subcatid. 31 มกราคม 2557.

[7] บุษป์รัตน์ การะโชตองค์. (2555). **จุลินทรีย์บอลบำบัดน้ำเสียในแหล่งน้ำ.** วารสารเพื่อการวิจัยและพัฒนา องค์การเภสัชกรรม, 19, 25-26.

[8] กุลยุทธ บุญเช่ง และธนะรัตน์ รัตนกูล "**การประเมินความเสี่ยงการบาดเจ็บโครงร่างในการผลิต EM Ball โดยใช้หลักการทางการยศาสตร์**" การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554, ชลบุรี, 20-21 ตุลาคม 2554.

[9] อรทัย ชวาลภาฤทธิ. (2555). **มุมมองด้านสิ่งแวดล้อมของอีเอ็มบอลในการใช้งานกับน้ำท่วมขัง: การวางแผนอนาคตของอีเอ็มบอล**. วารสารสิ่งแวดล้อม 16, 17-23

[10] สมชัย อัครทิวา. **การดำเนินกิจกรรม TPM เพื่อการปฏิรูปการผลิต.**กรุงเทพฯ :สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2547.

[11] มานพ ตันตระบัณฑิตและคณะ. **ชิ้นส่วนเครื่องจักกล.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2537

[12] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. **การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 2.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั้น, 2548.

[13] วิฑูรย์ สิมะโชคดี และวีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. **วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 21 กรุงเทพฯ : สสท, 2549

[14] รุ่งนภา ปิตะวชิรกุล และกันต์ อินทุวงศ์. (2556). **การถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องแปรรูปหน่อไม้เพื่อการถนอมอาหารด้วยรูปแบบการจัดการองค์ความรู้สู่ผู้ประกอบการ**. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 16, 37-43.

[15] Best, John W. Research in Education. Englewood cliff, CA : Prentice –Hall,Inc., 1981

[16] กัลยา อุดมวิทิต. 2556. “**การถ่ายทอดเทคโนโลยี**” (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.ops.go.th/ps/index.php/know/163-technology-transfer. 9 มีนาคม 2556.

[17] วันชัย ริจิรวนิช. **การเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรมเทคนิคและการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงกรมหาวิยาลัย, 2543.

[18] กิตติ อินทรานนท์. **การยศาสตร์**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรมหาวิทยาลัย, 2548.