

# พัฒนาการเครื่องอัดขี้เลื่อยสำหรับการเพาะเห็ด

## Development of Sawdust - Compressing Machine for Mushroom Culture

ระวิน สืบคำ<sup>1</sup>  
Rawin Surbkar<sup>1</sup>

บัณฑิต จริโมภาส<sup>2</sup>  
Bundit Jarimopas<sup>2</sup>

### ABSTRACT

This study was to develop a sawdust compressing machine (SCM) for mushroom culture in plastic bag. The methodology consisted of technical design, construction, testing and economic and engineering evaluation. The developed SCM was semi-automatic, weighed 38 kg and 48 cm wide by 53 cm long by 102 cm high. Its operation was featured by 1/3-HP, 220 V 50 HZ electric motor driving a 50 : 1 reduction gear and an eccentric compression mechanism, causing 1/2 inch steel cylinder moving up and down vertically compressing sawdust in a plastic bag at a time. The sawdust was manually filled up the plastic bag. Testing SCM in comparison with a man showed that SCM could compress sawdust at the rate of 576 and 112 bags/hr. respectively while with rice straw the machine and the man could achieve compression the rate of 372 and 172 bag/hr. respectively.

Density of the compressed sawdust was averagely 0.64 and 0.73 gm/cc respectively with SCM and a man. With rice straw the density made by SCM and the man was 0.36 and 0.38 gm/cc The compressed sawdust and rice straw both by the machine and the man could well produce mushroom.

Economic evaluation revealed that total cost varied increasingly as production quantity and operation days. For 50 days of operation and service rate of 14 baht/100 bags, return rate would be 93.4% which was greater than interest rate of opportunity cost about 12% per year. Investment recovery time would be 1 year and break even point corresponds 68,093 bags.

**Key words :** sawdust compressing machine, mushroom

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้ เพื่อที่จะพัฒนาเครื่องอัดขี้เลื่อยสำหรับการเพาะเห็ดในถุงพลาสติก วิธีการศึกษาประกอบด้วย การออกแบบเชิงวิชาการ การสร้าง ทดสอบ ประเมินผลเชิงวิศวกรรม และเศรษฐศาสตร์ เครื่องที่ถูกพัฒนาขึ้นเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ มีมิติ 48 x 53 x 102 ซม.

และหนัก 38 กก. หลักการทำงานคือ มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/3 กำลังม้า 220 โวลท์ 50 เฮิร์ซ ส่งกำลังผ่านเกียร์ทดอัตราส่วน 50 : 1 ผ่านกลไกการอัดแบบเยื้องศูนย์ ทำให้ก้านอัดเป็นเหล็กทรงกระบอกขนาด 1/2 นิ้ว เคลื่อนที่ขึ้นลงอัดขี้เลื่อยในถุงพลาสติกครั้งละ 1 ถุง ขี้เลื่อยถูกกรอกลงถุงพลาสติกโดยใช้แรงงานคน การทดสอบสมรรถนะเครื่องในการอัดขี้เลื่อยเปรียบเทียบกับแรงคน

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

<sup>1</sup> Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Kamphaengsaen, Nakornpathom.

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

<sup>2</sup> Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Kamphaengsaen, Nakornpathom.

พบว่า เครื่องและคนสามารถตัดซี่เลื่อยได้ 576 และ 112 ฝูง/ชม. ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อใช้ฟาง เครื่องและคนสามารถตัดฟางได้ 372 และ 172 ฝูง/ชม. ตามลำดับ ความหนาแน่นเฉลี่ยของการตัดซี่เลื่อยด้วยเครื่องและคน เป็น 0.64 และ 0.73 ก./ลบ.ชม. ในขณะที่ความหนาแน่นเฉลี่ยของการตัดฟางด้วยเครื่องและคนเป็น 0.36 และ 0.38 ก./ลบ.ชม. ตามลำดับ ซี่เลื่อยและฟางจากการตัดทั้งด้วยเครื่องและคนสามารถนำไปเพาะเห็ดขึ้นได้ดี

การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์พบว่า ค่าใช้จ่ายโดยรวมจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการผลิตและจำนวนวันทำการ แต่การเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายจะเป็นแบบเพิ่มอย่างลดน้อยถอยลง หากพิจารณาถึงจำนวนวันดำเนินการต่ำสุดคือ 50 วันต่อปี ณ อัตราค่าบริการ 14 บาท/100 ฝูง พบว่า อัตราผลตอบแทนมีค่า 93.4% ซึ่งมากกว่าอัตราดอกเบี้ย ค่าเสียโอกาสคือ ร้อยละ 12 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1 ปี จุดคุ้มทุน 68,093 ฝูง  
คำหลัก : เครื่องตัดซี่เลื่อย เห็ด

## คำนำ

เห็ดเป็นพืชอาหารที่สำคัญของประชาชนไทย มีคุณค่าทางอาหารสูง และศักยภาพทางเศรษฐกิจสูง ในปีการเพาะปลูก 2540/41 (กองส่งเสริมพืชสวน, 2541) ประเทศไทยสามารถผลิตเห็ดชนิดต่างๆ ได้ รวม 100,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 4,193.1 ล้านบาท การเพาะปลูกเห็ดมีทำกันแบบ เพาะเห็ดถุง การเพาะเห็ดฟาง และการเพาะเห็ดในท่อนไม้ (สามารถ, 2541) การเพาะเห็ดในถุงหรือขวด ต้องใช้วัสดุเพาะเห็ดซึ่งได้แก่ ซี่เลื่อย ฟาง ขุยมะพร้าว ใส่มูล เศษใบไม้ (บรรณ, 2532) นอกจากนี้ อาจมีอาหารเสริมได้แก่ รำละเอียด รำหยาบ กากถั่วป่น ลงไปคลุกเคล้า ของผสมระหว่างวัสดุเพาะเห็ดและอาหารเสริมจะถูกบรรจุลงในถุงพลาสติกหรือขวด และจะต้องถูกกดให้แน่นพอสมควร (อานนท์, 2530) ก่อนจะถูกนำไปนึ่งและเขี่ยเชื้อต่อไป

การกดของผสมในถุงพลาสติก หรือในขวดจำนวนมากๆ ให้แน่นต้องใช้แรงงานมาก ในสภาวะที่แรงงานการเกษตรหายาก และมีราคาแพง เครื่องตัดซี่เลื่อยสำหรับการเพาะเห็ดจึงเป็นสิ่งจำเป็น เครื่องตัดซี่เลื่อยสำหรับการเพาะเห็ดที่ใช้กันอยู่ปัจจุบัน (บัณฑิตและคณะ, 2541) มีโครงสร้างเป็นเหล็กขนาด 35 ซม. x

60 ซม. x 140 ซม. ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 กำลังม้า 220 โวลท์ 50 เฮิรช หนัก 65 กก. ต้องบรรจุซี่เลื่อยลงถุงพลาสติกด้วยมือ เครื่องกดอัดอย่างเดียว ด้วยสมรรถนะ 4 ฝูง/นาที่ ตัดซี่เลื่อยในถุงพลาสติกขนาด 6.5" x 12" หนัก 800 ก. ได้ความหนาแน่นเฉลี่ย 0.59 ก./ลบ.ชม. ข้อเสียของเครื่องคือ ขาดพื้นฐานการออกแบบทดสอบและประเมินผลทางวิชาการ เครื่องมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก และไม่ปลอดภัย เครื่องตัดซี่เลื่อยนำเข้าจากต่างประเทศสามารถบรรจุและตัดซี่เลื่อยอัตโนมัติ ขนาด 110 ซม. x 140 ซม. x 190 ซม. ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 กำลังม้า 380 โวลท์ 3 เฟส เครื่องสามารถตัดซี่เลื่อยในถุงพลาสติกขนาด 6.5" x 12" หนัก 1115.7 ก. ได้ความหนาแน่นเฉลี่ย 0.63 ก./ลบ.ชม. สมรรถนะการอัด 12.7 ฝูง/นาที่ ข้อเสียของเครื่องแบบนี้คือ เครื่องมีราคาแพงมาก

## การออกแบบ โครงสร้าง และส่วนประกอบ

เกณฑ์ในการออกแบบ การออกแบบเครื่องตัดซี่เลื่อยได้คำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

1. ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น
2. การใช้งานง่าย
3. ซ่อมแซมและบำรุงรักษาได้ง่าย
4. ราคาไม่แพง
5. มีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

เครื่องตัดซี่เลื่อยประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ (Fig. 1)

โครงเครื่อง ประกอบด้วย

1. ฐานทำด้วยเหล็กฉากและเหล็กแผ่น มีล้อเหล็กสำหรับใช้ในการเคลื่อนย้าย
2. เสาเหล็กกลม เป็นที่ติดตั้งมอเตอร์ต้นกำลัง เกียร์ทด และบูชียึดก้านอัด

ชุดต้นกำลังและกลไก ประกอบด้วย

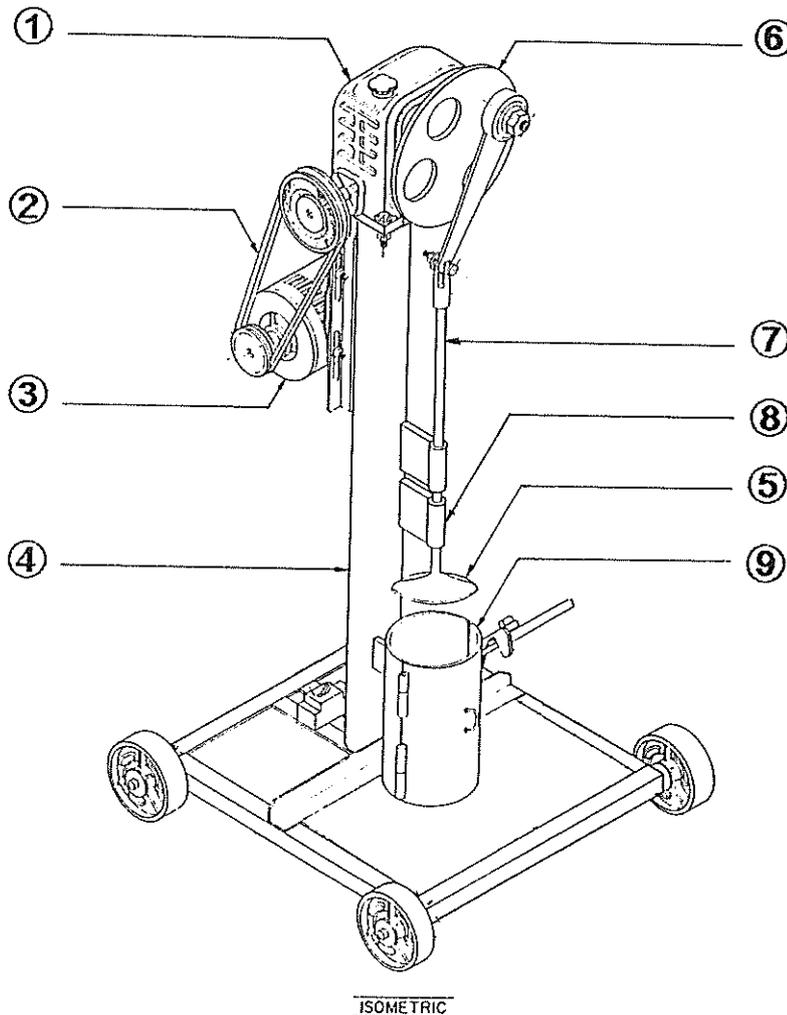
1. มอเตอร์ต้นกำลัง ใช้กับระบบไฟฟ้า 220 โวลท์ 50 เฮิรช แบบเฟสเดียว
2. เกียร์ทด อัตราทด 50 ต่อ 1 เพื่อให้ก้านอัดมีความเร็วในการทำงานไม่ต่ำกว่า 16 ครั้งต่อนาที
3. มุสลีย์และสายพานส่งกำลัง

**ชุดการอัด ประกอบด้วย**

1. มูเลย์เหล็ก ดัดแปลงพิเศษยึดติดกับชุดเกียร์ทด ซึ่งเป็นกลไกในการอัดแบบเยื้องศูนย์กลางโดยส่งกำลังให้ก้านอัดและแผ่นอัด
2. ก้านอัด รับกำลังจากกลไกการอัดจากมูเลย์
3. แผ่นอัด เป็นเหล็กแผ่นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 ซม. ขึ้นรูปให้ผิวมีความโค้งเล็กน้อยและเชื่อมยึดติดกับก้านอัด

4. บุชทำหน้าที่ประคองก้านอัดให้อยู่ในแนวตรง
5. ครอบกวดสำหรับใส่ถุงบรรจุขี้เลื่อย

**ครอบกวด** มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 11.2 ซม. สูง 20 ซม. ฝาครึ่ง มีบานพับ ปิด-เปิด และมีกลไกเกาะยึดขณะทำงาน ซึ่งครอบกวดเหล็กจะถูกยึดอยู่กับที่บนฐานเหล็ก



SCALE 1:10

**Fig. 1 Structure of Sawdust-Compressing Machine**

- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| 1. Reduction gear       | 6. Steel pulley       |
| 2. V-belt               | 7. Compressing shaft  |
| 3. Electric motor drive | 8. Bush               |
| 4. Frame                | 9. Compressing sleeve |
| 5. Compressing plate    |                       |

การคำนวณหาขนาดของก้านอัดที่เหมาะสม

จากสมมุติฐานแรงกดอัดที่เสียเฉลี่ยวัดได้ 36 กิโลกรัมต่อตารางนิ้ว (บันทึกและคณะ, 2541)

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น แรงกดที่ต้องการ} &= 36 \times 9.81 \text{ กก.-ม./วินาที}^2 \\ &= 353.16 \text{ นิวตัน} \end{aligned}$$

จากตารางวัสดุสำหรับเหล็กโครงสร้าง (Mild steel) ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile strength) โดยประมาณ 450-600 เมกกะนิวตัน/ม.<sup>2</sup> เลือกใช้ที่ 525 เมกกะนิวตัน/ม.<sup>2</sup> เลือกใช้ค่าความปลอดภัย (Design Factor of safety) เท่ากับ 75 เหล็กโครงสร้างเป็นวัสดุพวก Ductile material ซึ่งจะมีความแข็งแรงต่อแรงกด (Compressive strength) เท่ากับ Tensile strength

$$\begin{aligned} \text{สมมุติให้เส้นผ่านศูนย์กลางของก้านอัด} &= d \text{ ม.} \\ \text{พื้นที่หน้าตัดของก้านอัด} &= \pi d^2 / 4 \text{ ม.}^2 \\ \text{Compressive stress ที่เกิดขึ้นในก้านอัด} &= \frac{353.16 \times 4}{\pi d^2} \text{ นิวตัน/ม.}^2 \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Design stress} &= \text{Compressive strength / Design factor} \\ &= 525 / 75 \text{ เมกกะนิวตัน/ม.}^2 \\ &= 7 \times 10^6 \text{ นิวตัน/ม.}^2 \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

ความเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นจริงๆ จาก (1) จะเกิน (2) ไม่ได้ อย่างมากที่สุดคือ มีค่าเท่ากัน

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad \frac{353.16 \times 4}{\pi d^2} &= 7 \times 10^6 \\ d &= 8 \text{ มม.} \end{aligned}$$

เลือกใช้ท่อนเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. หรือ 1/2 นิ้ว

การคำนวณหาขนาดของต้นกำลัง

จากความเร็วในการทำงานของก้านอัด 16 ครั้งต่อนาที คือ ความเร็วรอบของเพลากับ 16 รอบต่อนาที ให้มูเลย์เหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม. ดังนั้น ใน 1 รอบการหมุน ก้านอัดจะเคลื่อนที่ไปกลับได้ระยะทาง 40 ซม.

$$\begin{aligned} \text{ความเร็วของก้านอัด} &= \frac{40 \times 16}{100 \times 60} \\ &= 0.1067 \text{ ม./วินาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นกำลังงานที่ต้องการในการอัด} &= 353.16 \times 0.1067 \\ &= 37.68 \text{ วัตต์} \end{aligned}$$

กำหนดให้เกิดการสูญเสียกำลังงานในการถ่ายทอดกำลังในส่วนของมูเลย์เป็น 5% และส่วนของเกียร์ทดเป็น 20%

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นกำลังงานของต้นกำลัง} &= 37.68 \times 1.05 \times 1.2 \\ &= 47.48 \text{ วัตต์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หรือคิดเป็นกำลังม้า} &= 47.48 / 746 \\ &= 0.064 \text{ กำลังม้า} \end{aligned}$$

กำหนดให้มอเตอร์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพ 70% (มนตรี, 2537)

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นกำลังงานของต้นกำลังที่ต้องการ} &= 0.064 / 0.70 \\ &= 0.091 \text{ กำลังม้า} \end{aligned}$$

เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1/3 กำลังม้า เนื่องจากหาได้ง่ายจากท้องตลาด

## การทดลอง

### อุปกรณ์

1. เครื่องอัดซีลเยื่อที่พัฒนาขึ้นมาใหม่
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าขนาด 4.1 กก. ยี่ห้อ OHAUS Model GT 4100 และเครื่องชั่งขนาด 60 กก. ยี่ห้อ AHCHOR
3. เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Watt meter) ยี่ห้อ SIMPSON Model A.C.-D.C. watts TTF
4. เครื่องมือวัดแรงกดอัด (Load cell) ยี่ห้อ KYOWA Model LU-200 KE
5. เครื่องมือขยายสัญญาณ (Strain amplifier) ยี่ห้อ KYOWA Model YA-506 A
6. เครื่องบันทึกสัญญาณ (Tape recorder) ยี่ห้อ TEAC Model R-61
7. เทปแม่เหล็กบันทึกสัญญาณ (Megnetic Tape)
8. เครื่องมือประมวลผล (FFT analyzer) ยี่ห้อ YOKOGAWA Model 3655 E
9. ชุดน้ำหนักมาตรฐาน ยี่ห้อ FUTABA
10. ถุงพลาสติกทึบร้อนขนาด 7 x 11 นิ้ว
11. ชุดวัดปริมาตรโดยการแทนที่น้ำ
12. นาฬิกาจับเวลาแบบตัวเลข ยี่ห้อ CASIO รุ่น HS-5
13. ตู้อบความร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ MEMMERT Model 400
14. ซีลเยื่อ
15. ฟาง

### วิธีการทดสอบ

1. ผสมซีลเยื่อกับอาหารเสริมในอัตราส่วนที่กำหนด คือ 1 ต่อ 20 ใส่ในน้ำเพื่อให้มีความชื้น 65 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เก็บตัวอย่างซีลเยื่อเพื่อนำไปหาความชื้น
2. บรรจุซีลเยื่อลงในถุงพลาสติกทึบร้อนความชื้น โดยใช้น้ำหนักเริ่มต้น 1000 ก.ต่อถุง บันทึกเวลาในการทำงาน
3. ติดตั้งเครื่องวัดแรงกดอัดที่เครื่องอัดซีลเยื่อตรงใต้ถุงซีลเยื่อ และสัมผัสถุงซีลเยื่อพอดี และอยู่ในแนวแกนของเพลลาอัด
4. ต่ออุปกรณ์หมายเลข 4, 5, 6, 7, 8 เข้าด้วยกันเพื่อวัดแรงกดอัดที่เครื่องกระทำต่อถุงซีลเยื่อ

5. ดำเนินการอัดถุงซีลเยื่อโดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งไม่เคยมีประสบการณ์ในการใช้เครื่องอัดมาก่อน แต่ให้ทดลองทำการอัดจนผู้ทดสอบสามารถดำเนินการอัดถุงซีลเยื่อ บันทึกเวลาในการทำงาน และกำลังไฟฟ้าที่ใช้
6. บันทึกน้ำหนักหลังอัด วัดปริมาตรซีลเยื่อที่อัดแล้วแต่ละถุงโดยการแทนที่น้ำ
7. ทำ 30 ซ้ำ

### ทำการทดสอบเครื่องอัดซีลเยื่อกับฟาง

8. นำฟางไปสับให้มีขนาดเล็กกลวงประมาณ 3-5 ซม. แล้วนำไปแช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน (ยงยุทธ์, 2537) นำมาผสมกับอาหารเสริมและเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปหาความชื้น
9. นำไปทดสอบโดยใช้ฟางสับแทนซีลเยื่อในขั้นตอนที่ 2 ถึง 7 โดยใช้น้ำหนักเริ่มต้น 600 ก.ต่อถุง
10. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ และประเมินผลสมรรถนะในการทำงานของเครื่องอัดซีลเยื่อ

### การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์

ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การประเมินค่าใช้จ่ายในการอัดซีลเยื่อเพื่อการเพาะเห็ด และการประเมินอัตราผลตอบแทนในการลงทุน

1. การประเมินค่าใช้จ่ายในการอัดซีลเยื่อเพื่อการเพาะเห็ด

กำหนดให้ TC คือ ค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการอัดซีลเยื่อ TFC คือ ค่าใช้จ่ายในส่วนที่เป็นต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่องอัดซีลเยื่อ และค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในเครื่องอัดซีลเยื่อ และ TVC คือค่าใช้จ่ายในส่วนที่เป็นต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าจ้างแรงงาน ค่าพลังงานไฟฟ้า และค่าบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายนี้แปรเปลี่ยนตามปริมาณการใช้งาน

$$\text{ดังนั้น } TC = TFC + TVC$$

โดย TFC = ค่าเสื่อมราคาของเครื่องอัด (DC) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (OC), บาท

$$TVC = \text{ค่าจ้างแรงงาน (LC) + ค่าพลังงานไฟฟ้า (EC) + ค่าบำรุงรักษา (MC), บาท}$$

เมื่อ DC = ราคาเครื่อง (P) x อายุการใช้งาน (y), บาท

$$OC = \text{มูลค่าของเครื่องอัด} \times \text{อัตราดอกเบี้ย (i), บาท}$$

$$LC = \text{จำนวนแรงงาน} \times \text{อัตราค่าจ้างงาน (L) \times จำนวนวันทำงาน, บาท}$$

$$EC = \text{กำลังไฟฟ้า (E)} \times \text{ชั่วโมงการทำงาน} \times \text{อัตราค่าใช้กระแสไฟฟ้าต่อกิโลวัตต์, บาท}$$

$$MC = \text{คิดเป็น 15\% ของค่าพลังงาน (สุรพล, 2527), บาท}$$

## 2. อัตราผลตอบแทน ระยะเวลาดำเนินทุน และจุดคุ้มทุน

อัตราผลตอบแทนคิดจากสัดส่วนระหว่างผลตอบแทนเบื้องต้นในแต่ละปีต่อจำนวนเงินลงทุนทั้งหมด ถ้าหากอัตราผลตอบแทนสูงกว่าอัตราดอกเบี้ย การลงทุนในเครื่องอัดซีลี้อย่าจะคุ้มกับการลงทุน สำหรับระยะเวลาดำเนินทุน คิดจากสัดส่วนระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการลงทุนต่อผลตอบแทนเบื้องต้นในปี

จุดคุ้มทุนหรือจุดเท่าทุน คือ จุดซึ่งรายได้จากการลงทุนคุ้มกับค่าลงทุน หรืออีกนัยหนึ่งหมายถึง จุดที่แสดงค่าใช้จ่ายกับรายรับเท่ากัน ซึ่งมีความหมายว่าเป็นจุดซึ่งมีกำไรเป็นศูนย์นั่นเอง (วันชัย และช่อม, 2531) จุดคุ้มทุนคิดได้จาก

$$BEP = \frac{TFC}{P-V}$$

เมื่อ

$$BEP = \text{จุดคุ้มทุน (ถุง)}$$

$$TFC = \text{ต้นทุนคงที่ (บาท)}$$

$$P = \text{อัตราค่าบริการต่อหน่วย (บาท/ถุง)}$$

$$V = \text{ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย (บาท/ถุง)}$$

## ผลการทดลองและวิจารณ์

Fig. 2 แสดงเครื่องอัดซีลี้อยู่สำหรับการเพาะเห็ด มีมิติ 43 x 53 x 102 ซม. น้ำหนัก 38 กก. ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับการใช้แรงคน สรุปได้ดังนี้ (ระวิน, 2541)

ก). ความหนาแน่นของการอัด Table 1 แสดงความหนาแน่นเฉลี่ยในการอัดซีลี้อยู่และฟางหมักเครื่องอัดซีลี้อยู่แบบปรับปรุงใหม่ ให้ความหนาแน่นภายหลังการอัดเฉลี่ย 0.64 ก./ลบ.ซม.(cv= 3.3%) ในขณะที่มือ

คนทำความหนาแน่นในการอัดเฉลี่ย 0.73 ก./ลบ.ซม. (cv=6.5%) การนำเอาถุงซีลี้อยู่ของแต่ละวิธีไปเพาะเห็ดพบว่า เห็ดมีการเจริญเติบโตดีสำหรับถุงซีลี้อยู่จากเครื่องอัด แต่ถุงซีลี้อยู่ที่อัดโดยแรงคน เส้นใยเห็ดเติบโตช้ากว่า 2-3 วัน อันนี้อาจอธิบายได้ว่า แรงงานคนอัดซีลี้อยู่แน่นเกินไป และมีความแปรปรวนมาก ในขณะที่เครื่องอัดสามารถอัดได้สม่ำเสมอ การตรวจสอบความชื้นจากตูบของซีลี้อยู่และฟางหมักที่ใช้ทดสอบพบว่า มีความชื้นเฉลี่ย 62.0 และ 63.1% wb ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่นักวิชาการเห็ดแนะนำแรงกดอัดซีลี้อยู่เฉลี่ยของเครื่องวัดได้ 41.9 กก. ค่านี้สูงกว่าค่าที่วัดโดยใช้เครื่องชั่งสปริง (บัณฑิต และคณะ, 2541) เพราะเป็นการวัดแรงกดโดยตรงด้วย Load cell

ข) อัตราการอัดซีลี้อยู่ Table 2 แสดงความ

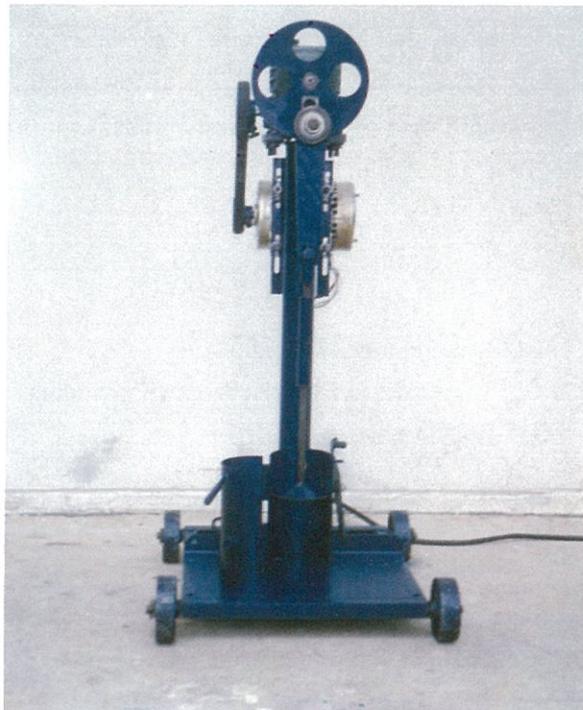


Fig. 2 Developed sawdust-compressing machine.

Table 1 Average density of sawdust and fermented straw.

Method of compression	Average density (g./cc.)			
	Sawdust	cv(%)	Fermented straw	cv (%)
Machine	0.64	3.3	0.36	7.9
Human	0.73	6.5	0.38	8.2

สามารถในการอัดขี้เลื่อยและฟางหมักเปรียบเทียบระหว่างเครื่องอัดขี้เลื่อยและมือคน เครื่องมีสมรรถนะสูงกว่าคนมาก กล่าวคือ สำหรับขี้เลื่อย เครื่องและคนสามารถอัดได้ 576 และ 112 ถุง/ชม. สำหรับฟางหมัก

เครื่องและคนสามารถอัดได้ 372 และ 172 ถุง/ชม. ตามลำดับ การนำถุงขี้เลื่อยและถุงฟางหมักที่ผ่านการอัดแล้วไปทำการเพาะเห็ดพบว่า มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเป็นปกติ

Table 2. Capacity of compressing sawdust and fermented straw.

Method of compression	Capacity (bags/hr.)	
	Sawdust	Fermented straw
Machine (2 persons)	576	372
Human	112	172

การประเมินผลเครื่องอัดขี้เลื่อยเชิงเศรษฐศาสตร์

ในการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมของการใช้เครื่องอัดขี้เลื่อย ใช้เงื่อนไขของสภาพการณ์ทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน ได้แก่ อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการคิดค่าเสียโอกาสในการลงทุน ใช้อัตราดอกเบี้ย 12% ต่อปี อัตราค่าจ้างแรงงาน 160 บาท/คน ค่าไฟฟ้าที่ใช้คำนวณ 2 บาทต่อหน่วย และทดสอบความอ่อนไหวของต้นทุน ณ วันทำการ 50,100 วันต่อปี จะได้ว่า

- P = 12,000 บาท
- y = 5 ปี
- I = 12% ต่อปี
- MC = 15% ของค่าพลังงาน
- E = 0.675 KW จากการวัดค่าไฟฟ้าคิดหน่วยละ 2 บาท

L = 160 บาท/วัน ทำงานวันละ 8 ชม. และผู้ปฏิบัติงาน 2 คน

Table 3 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนใช้เครื่องอัดขี้เลื่อย เมื่อทดสอบความอ่อนไหวของต้นทุน ณ การทำงาน 50 และ 100 วัน/ปี อัตราค่าบริการอัดขี้เลื่อย 14 บาท/100 ถุง

อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนใช้เครื่องอัดขี้เลื่อย เมื่อคำนวณ 50 และ 100 วัน/ปี จะให้ผลเป็นระยะเวลาคืนทุนภายในหนึ่ง และครึ่งปีตามลำดับ ที่จุดคุ้มทุน = 68,093 ถุง

Table 3 Return rate out of an investment using sawdust compressing machine for 50 and 100 working days at compressing service rate of 14 baht/ 100 bags.

List	Working days (day/yr.)	
	50	100
Income (Baht)	27,832	55,664
Production (bag)	198,800	397,600
Fixed cost (Baht)	3,840	3,840
Variable cost (Baht)	16,621	33,242
Preliminary return (Baht/yr.)	11,211	22,422
Initial cost (Baht)	12,000	12,000
Rate of return (%)	93.43	186.85
Pay back period (yr.)	1.07	0.54
Break even point (bag)	68,093	68,093

## เอกสารอ้างอิง

- กองส่งเสริมพืชสวน. กรมส่งเสริมการเกษตร 2541. เทคนิคการเพาะเห็ดฟาง ปี 2540/41. 75 หน้า.
- บรรณ บวรณะชนบท. 2532. การเพาะเห็ดนางรม-นางฟ้า. ศูนย์ผลิตตำราเกษตรเพื่อชนบท นนทบุรี 63 หน้า.
- บัณฑิต จริโมภาส เสกสรร สีหพงษ์ และพัชรสิงห์ สิงหระ ณ อยุธยา. 2541. การทดสอบเครื่องอัดขี้เลื่อย สำหรับการเพาะเห็ด. *วารสารวิชาการเกษตร* 16 (2) : 94-102.
- มนตรี คำชู. 2537. หลักการชลประทานแบบน้ำหยด การออกแบบและการแก้ปัญหา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 224 หน้า
- ยงยุทธ์ สายฟ้า. 2537. การเพาะเห็ดนางรมด้วยวิธีการแผ่นใหม่ที่ไม่ต้องนั่งฆ่าเชื้อโรค. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 4 หน้า.
- ระวิน สืบคำ. 2541. การพัฒนาเครื่องอัดขี้เลื่อยสำหรับเพาะเห็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 99 หน้า.
- วันชัย ริจิรวนิช และช่อม พลอยมีค่า. 2531. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ. 350 หน้า.
- สามารถ ชื่นอ้อม. 2541. กรรมวิธีผลิตเห็ด. หน้า 1-18 ใน: เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่องเทคโนโลยีการออกแบบ ผลิต ใช้งาน และบำรุงรักษาเครื่องอัดขี้เลื่อยสำหรับการเพาะเห็ด ณ ห้องประชุม 4301 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม. 21-22 พ.ค.
- สุรพล เहरาปัตย์. 2527. การจัดการเครื่องทุนแรงฟาร์ม. วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษาชลบุรี. 286 หน้า.
- อานนท์ เอื้อตระกูล. 2530. การเพาะเห็ดนางรม-นางฟ้า. โรงพิมพ์มิตรสยาม กรุงเทพฯ 72 หน้า.