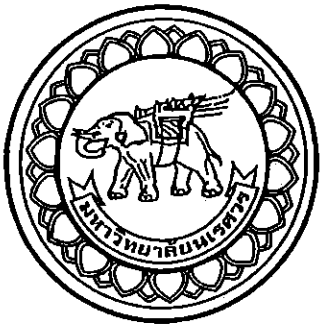


การพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ

DEVELOPMENT OF SEMI-AUTOMATIC MUSHROOM GROW BAG COMPRESSING MACHINE

นายพรชัย มีครองแบ่ง รหัส 49363670

นายสิทธิชัย แสงรัตน์ รหัส 49363793

นายอนุวัฒน์ ชาตรี รหัส 49363861

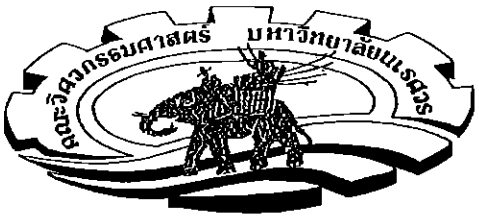
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 14 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 150730S4
เลขเรียกหนังสือ ...
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552



คณะวิศวกรรมศาสตร์

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน : การพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ (Development of semi-automatic mushroom grow bag compressing machine)

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายพรชัย มีครองแบ่ง รหัสนิสิต 49363670
นายสิทธิชัย แสงรัตน์ รหัสนิสิต 49363793
นายอนุวัฒน์ ชาตรี รหัสนิสิต 49363861

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

.....ประธานกรรมการ
(ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์)

.....กรรมการ
(รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี)

.....กรรมการ
(อาจารย์นพรัตน์ สีหะวงษ์)

หัวข้อโครงงาน	: การพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ			
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายพรชัย	มีครองแบ่ง	รหัสนิสิต	49363670
	นายสิทธิชัย	แสงรัตน์	รหัสนิสิต	49363793
	นายอนุวัฒน์	ชาตรี	รหัสนิสิต	49363861
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ดร.รัตนา	การุญบุญญานันท์		
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล			
ปีการศึกษา	: 2552			

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด เพื่อเพิ่มกำลังการผลิต แก้ปัญหาการขับของถุงและความหนาแน่นที่ไม่สม่ำเสมอ ลักษณะเครื่องที่ทำการออกแบบมี 3 ส่วนประกอบหลัก คือ 1) ถังบรรจุและกรอกวัสดุปลูกลงถุง 2) จานหมุน และ 3) ส่วนอัดก้อนเชื้อเห็ด การทำงานทั้งสามส่วนจะต้องมีความสัมพันธ์กันทั้งหมด ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลังขับผ่านชุดทดเกียร์ 50:1 และมู่เลย์ ในถังบรรจุมีเกลียวลำเลียงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร ระยะพิทช์ 7 เซนติเมตร เคลื่อนที่หมุนด้วยความเร็วรอบ 3.5 รอบต่อนาที เพื่อกรอกวัสดุปลูกลงถุง จานหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วรอบ 1 รอบต่อนาที และหัวอัดเคลื่อนที่หมุนด้วยความเร็วรอบ 8 รอบต่อนาที การทำงานของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดอัตโนมัติที่ทำการออกแบบ จะใช้แรงงานคนทั้งหมด 2 คน คือคนนำถุงใส่หัวจับ และคนนำกระบอกอัดเข้าและออกจากจานหมุน เมื่อนำถุงใส่กระบอกอัดและวางบนจานหมุน จากนั้นเครื่องจะทำงานโดยอัตโนมัติโดยจะหมุนเข้าไปกรอกวัสดุปลูก และเข้าสู่กระบวนการอัดโดยอัตโนมัติ หลังจากนั้นนำก้อนเชื้อเห็ดออกจากกระบอกอัดแล้วนำถุงใหม่ใส่แทนที่ เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดอัตโนมัติต้นแบบสามารถผลิตก้อนเชื้อเห็ดได้ 329 ก้อนต่อชั่วโมง หรือ 164 ก้อนต่อคน-ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตของศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลกที่ต้องกรอกวัสดุปลูกใส่ถุงแล้วเคลื่อนย้ายมาเข้าเครื่องอัดเพื่อทำการอัดจำนวน 2 ครั้ง พบว่ามีความสามารถในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด 124 ก้อนต่อคน-ชั่วโมง ดังนั้นเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดอัตโนมัติต้นแบบ สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 32 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นมวลรวมของก้อนเชื้อเห็ดในแต่ละส่วนไม่แตกต่างกัน และสามารถแก้ปัญหาถุงยับได้ถึง 83 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเดิมที่มีการอัด 1 ครั้ง

Project title	: Development of semi-automatic mushroom grow bag compressing machine			
Name	: Mr Pornchai	mekrongbaeng	ID.	47363670
	Mr Sittivhai	sangrat	ID.	49363793
	Mr Anuwat	chartee	ID.	49363861
Project Advisor	: Dr. Rattana	Karoonbooyanan		
Department	: Mechanical Engineering			
Academic Year	: 2009			

Abstract

This project aims to design and develop mushroom grow bag compressing machine to increase production capacity, prevent wrinkle problem of bags, and improve density consistency. The machine consisted of 3 main interrelated components, which were, 1) media surge bin and bagging unit, 2) rotating disk and 3) compressing unit. The machine was driven by 1-hp motor via 50:1 gearbox and pulley. The screw conveyor of the surge bin had its diameter of 14 cm and the pitch of 7 cm, rotating at the speed of 3.5 rpm to fill the growing media into bags. Rotating disk rotated at the speed of 1 rpm while the compressing unit rotated at the speed of 8 rpm. The machine required two operators. The first operator placed the empty bag into the cylinder and the other operator put the growing bag into and out of the rotating disk. Once empty bag was placed into the rotating disk, the disk rotated and moved the bag into the filling station; media was filled into the bag; the bag was automatically compressed; the operator removed the growing bag out of the cylinder and started the next cycle. The prototype compressing machine had its production capacity of 329 bags/hour or 164 bags/man-hour. Comparing to the original method of Mushroom Growing Center, Phitsanulok, in which the media was manually filled into the bag and transported to compressed twice with the production capacity of 124 bags/man-hour, the newly developed machine had increased production capacity by 32%, produced consistent density of bags and decreased the bag wrinkle problem by 83% compared to the original machine when compressing only one.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินโครงงานขอขอบพระคุณคณะบุคคลที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง ช่วยเหลือและอนุเคราะห์ในการดำเนินโครงงานจนสำเร็จลุลวงเป็นอย่างดี มีดังนี้

- ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่คอยให้คำปรึกษา ดูแลและช่วยเหลือตลอดมา

- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยโครงการ IRPUS ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงงาน

- คุณธนพล บุญมี จากศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลกที่ช่วยเหลือด้านข้อมูลและการปฏิบัติงานต่างๆ

- คุณเอกพล หาญน้อย ที่ให้คำปรึกษาและช่วยสร้างเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ

ณ โอกาสนี้จึงขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยและสิ่งศักดิ์สิทธิ์จงช่วยเหลือคุ้มครองปกปักรักษาบุคคลเหล่านี้ด้วยเทอญ

นายพรชัย มีครองแบ่ง
นายสิทธิชัย แสงรัตน์
นายอนุวัฒน์ ชาตรี

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 กิจกรรมการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ลักษณะของก้อนเชื้อเห็ด	3
2.2 ขั้นตอนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดและอุปกรณ์ที่ใช้	3
2.3 การพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ	
3.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตก้อนเชื้อเห็ดจากศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลก	9
3.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก	12
3.3 การตรวจวัดคุณภาพของก้อนเชื้อเห็ด	18
3.4 ออกแบบและสร้างเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ	20
3.5 การทดสอบเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ	23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก 26

4.2 เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด 27

บทที่ 5 บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง 28

5.2 ข้อเสนอแนะ 28

เอกสารอ้างอิง 29

ภาคผนวก 30

ภาคผนวก ก. สมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก 31

ภาคผนวก ข. ผลการทดสอบเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ 36

ภาคผนวก ค. แบบเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ 40

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 48

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ขนาดของสกรูลำเลียงเบอร์ต่างๆ 6

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก 26

ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดของศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลกและเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ 27

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 เครื่องผสมขี้เลื่อยด้วยคน 4
รูปที่ 2.2 เครื่องผสมขี้เลื่อยด้วยเครื่อง 4
รูปที่ 2.3 การกรอกวัสดุปลูก 5
รูปที่ 2.4 รูปแสดงลักษณะของเกลียวลำเลียง 5
รูปที่ 2.5 เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด 2 IN 1 ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น 7
รูปที่ 2.6 รูปแสดงการเคลื่อนที่แบบ Slider Crank 7
รูปที่ 2.7 เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด (ศรีทอง,2551) 8
รูปที่ 2.8 เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด (ฟาร์มเห็ดสุเทพ) 8
รูปที่ 2.9 แสดงกลไกแบบ Scotch Yoke 8
รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตก้อนเชื้อเห็ด 10
รูปที่ 3.2 คนงานนำวัสดุปลูกที่ผสมแล้วตักใส่ถุง 10
รูปที่ 3.3 วัสดุปลูกที่ใส่ถุงแล้ว 10
รูปที่ 3.4 กระบอกพลาสติกและแผ่นเหล็ก 11
รูปที่ 3.5 ทำการอัดครั้งที่ 1 11
รูปที่ 3.6 คนงานจะดึงปลายถุงยกขึ้นและหมุนเล็กน้อย อัดถุงวัสดุปลูกครั้งที่ 2
รูปที่ 3.7 ก้อนเชื้อเห็ด 11
รูปที่ 3.8 เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดของศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลก 12
รูปที่ 3.9 การหาขนาดอนุภาคของวัสดุปลูก 14
รูปที่ 3.10 หาความหนาแน่นของวัสดุปลูก 15
รูปที่ 3.11 การอบวัสดุปลูก 16
รูปที่ 3.12 แสดงการหาขนาดมุมเทของวัสดุปลูก 17
รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะวัสดุปลูก หลังการเทวัสดุปลูกแล้ว 18
รูปที่ 3.14 ก้อนเชื้อเห็ดแบบถุงเรียบและถุงยับ 18
รูปที่ 3.15 ก้อนเชื้อเห็ดที่ตัดออกเป็น 3 ส่วน 19
รูปที่ 3.16 เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติที่ทำการออกแบบ 20
รูปที่ 3.17 ลักษณะถังกรอก 21
รูปที่ 3.18 ลักษณะจานหมุน 22
รูปที่ 3.19 ลักษณะการจับปากถุง 22
รูปที่ 3.20 ลักษณะอัดก้อนเชื้อเห็ด 23

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3.21 การปริมาตรของถังกรอกวัสดุปลูก 24
รูปที่ 3.22 แสดงการหาความสามารถในการทำงานของเครื่อง 25
รูปที่ 3.23 การหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดเห็ด 25

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องด้วยศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลก เป็นศูนย์พัฒนาอาชีพให้แก่เกษตรกรที่มีความสนใจในการเพาะเห็ด ปัจจุบันทางศูนย์ฯได้เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายก้อนเชื้อเห็ดให้แก่เกษตรกรหรือบุคคลผู้สนใจ แต่ทางศูนย์เพาะเห็ดประสบปัญหาการผลิตก้อนเชื้อเห็ดไม่ทันต่อความต้องการของเกษตรกร จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าวิธีการผลิตก้อนเชื้อเห็ดที่ศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลกใช้อยู่ในปัจจุบันคือ นำขี้เลื่อยและส่วนผสมอื่นๆใส่ลงในเครื่องผสมที่เป็นถังในแนวแกนนอนภายในใช้ใบผสมแบบเกลียวคู่ การทำงานของเครื่องจะกวนกลับไปกลับมา ทำให้วัสดุคลุกเคล้าเข้ากันได้สม่ำเสมอ เมื่อเสร็จแล้วจะนำออกมากองวางไว้บนพื้นซีเมนต์ แล้วใช้แรงงานคนตักขี้เลื่อยที่ผสมแล้ว (วัสดุปลูก) ใส่ถุงโดยใช้แรงงานคนตะเนปริมาณให้เท่ากันทุกถุง โดยอาศัยความชำนาญจาก นั้นนำถุงวัสดุปลูกที่ได้มาใส่ลงในกระบอกพลาสติก เพื่อป้องกันแรงอัดของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดที่จะทำให้ถุงวัสดุปลูกแตกออกด้านข้างและเสียรูปก่อนที่เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดอัดลงมา คนงานจะต้องใส่แผ่นเหล็กในถุงวัสดุปลูกก่อนและใช้ความชำนาญและรู้จังหวะในการใส่ถุงวัสดุปลูกเข้าเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด หลังจากที่ถุงวัสดุปลูกถูกอัดครั้งที่หนึ่ง คนงานจะดึงปลายถุงยกขึ้นและหมุนเล็กน้อย เพื่อที่ทำให้ถุงตึงไม่เกิดรอยยับ จากนั้นปล่อยให้ถุงขี้เลื่อยถูกอัดอีกครั้งหนึ่งซึ่งวิธีการดังกล่าวทำให้สูญเสียเวลาในการทำงาน จากการสอบถามพบว่า ถ้าไม่ทำการดึงถุงขึ้นมาใหม่และมีการอัดซ้ำอีกครั้งหนึ่งนั้นจะเกิดปัญหาการยับของถุง ซึ่งเป็นผลให้เห็ดเกิดการเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่หรือบางครั้งจะเกิดความเสียหายได้ และจากการศึกษาเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า น้ำหนักแต่ละก้อนไม่เท่ากัน และความหนาแน่นไม่เท่ากันตลอดทั้งถุง ซึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่ดีจะต้องมีความหนาแน่นที่สม่ำเสมอจึงจะทำให้เชื้อเห็ดเจริญเติบโตได้ดี (โอสถ, 2547)

จากปัญหาดังกล่าวพบว่า หลักการทำงานของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดที่ศูนย์เพาะเห็ดใช้อยู่ไม่มีความสะดวกในการใช้งานเพราะต้องเสี่ยงกับอันตรายในขณะทำงาน ถ้ามีการผิดพลาดอาจทำให้ได้รับบาดเจ็บได้และการอัดถุงวัสดุปลูกถึง 2 ครั้งต่อถุง ทำให้เสียเวลาในการทำงาน ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงงานจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติขึ้น คือนำถังสำหรับใส่ขี้เลื่อยที่ผสมแล้วมาติดตั้งรวมกับเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งสามารถกรอกวัสดุปลูกใส่ถุงและเคลื่อนที่หมุนไปโดยอัตโนมัติเพื่อทำการอัดในเครื่องเดียวกัน ในระหว่างอัดจะมีอุปกรณ์ยึดไม่ให้ถุงเกิดการยับ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ
2) เพื่อเพิ่มกำลังการผลิต
3) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และเพิ่มคุณภาพของก้อนเชื้อเห็ด
4) เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

เพื่อพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้นและสามารถแก้ปัญหาความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ดที่ไม่สม่ำเสมอและลดปัญหาการยับของถุง

1.4 กิจกรรมการดำเนินงาน

กิจกรรม	พ.ศ. 2552							พ.ศ. 2553		
	มิ.ย.	ก.ค	ส.ค	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาปัญหาและเก็บข้อมูลจากศูนย์เพาะเห็ด	←	→								
2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อเห็ด			←		→					
3. ออกแบบและสร้างเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ					←		→			
4. ทดลองและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ								←	→	
5. ทดลองและประเมินผล									←	→
6. สรุปข้อมูลและเขียนรายงาน										← →

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ
2) ผู้ประกอบการสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้
3) สามารถแก้ปัญหาการยับของถุงให้กับผู้ประกอบการได้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ลักษณะของก้อนเชื้อเห็ด

ลักษณะของก้อนเชื้อเห็ดที่ดีควรจะมีความหนาแน่นสม่ำเสมอทั้งก้อน กรณีที่ก้อนเชื้อเห็ดมีความหนาแน่นสูงจะทำให้เชื้อเห็ดขยายตัวยาก ส่งผลให้ได้ผลผลิตต่ำ เช่นเดียวกันกรณีที่ความหนาแน่นต่ำ จะทำให้เชื้อเห็ดที่ใส่เกาะตัวกันได้น้อย ขยายตัวได้ยากผลผลิตก็จะต่ำ ดังนั้นจึงต้องใช้ค่าความหนาแน่นที่เหมาะสม ซึ่งจากการศึกษาทดลองพบว่าค่าความหนาแน่นที่ดีที่สุด เหมาะสมกับการเจริญงอกงามของเห็ด นั่นคือ ความหนาแน่นเฉลี่ย 0.8 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และก้อนเชื้อเห็ดมีค่าน้ำหนักอยู่ในช่วง 800 -1200 กรัม ต่อถุง (สุเมธ, 2547)

2.2 ขั้นตอนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดและอุปกรณ์ที่ใช้

ขั้นตอนการผลิตโดยทั่วไปจะมีอยู่ 3 วิธี คือ การผสม การกรอก การอัด อุปกรณ์ที่ใช้ส่วนใหญ่ คือถุงพลาสติกทนร้อนขนาด 7 x 11 นิ้ว คอขวด หนังยาง สำลีขาว กระดาษหนังสือพิมพ์ พลั่วสำหรับผสมขี้เลื่อย บัวรดน้ำ (วังน้ำเขียว, 2553)

2.2.1 วัตถุดิบที่ใช้เป็นก้อนเชื้อเห็ด

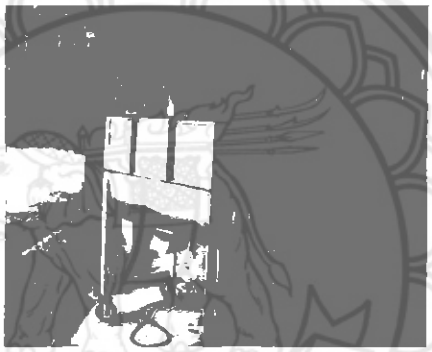
วัตถุดิบหลักโดยทั่วไปที่ใช้เป็นก้อนเชื้อเห็ด ได้แก่ ขี้เลื่อยจากไม้ หรือใช้วัสดุอื่นแทน เช่น ชานอ้อย ฟางข้าว และซังข้าวโพด เป็นต้น ฟางข้าวอัดใส่ไม้แบบและใส่อาหารเสริมจำพวก ไส้นุ่น ไส้ฝ้ายหรือปุ๋ยมูลวัว รำละเอียด แป้งข้าวเจ้าหรือน้ำตาล เกลือ ปูนขาว

2.2.2 การผสมวัสดุปลูก

จะมีการผสม 2 วิธี คือ ผสมด้วยมือ (รูปที่ 2.1) และผสมด้วยเครื่อง (รูปที่ 2.2) ยกตัวอย่างการผสมด้วยมือจะผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน โดยทยอยเติมส่วนผสมทีละน้อยจนหมด เติมน้ำให้มีความชื้น ซึ่งสังเกตได้จากการใช้มือกำขี้เลื่อยที่ผสมเสร็จแล้วแล้วแบมือออก หากขี้เลื่อยคงตัวเป็นก้อนแล้วแตกออกแสดงว่าความชื้นพอดี แต่หากปล่อยมือแล้วขี้เลื่อยแตกทันทีแสดงว่าความชื้นไม่พอ และถ้าไม่แตกเลยแสดงว่าชื้นแฉะเกินไป ส่วนลักษณะการผสมด้วยเครื่องจะแตกต่างกันที่ไม่ต้องใช้แรงงานคน

รูปที่ 2.1 เครื่องผสมขี้เลื่อยด้วยคน

(http://www.khaomak.com/i/articles.php?article_id=2)

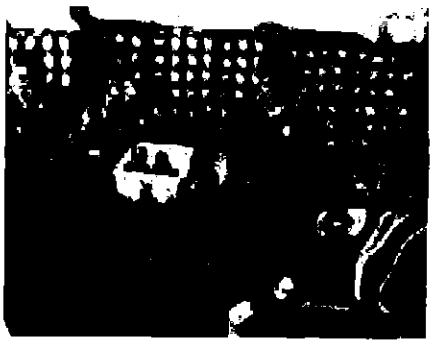


รูปที่ 2.2 เครื่องผสมขี้เลื่อยด้วยเครื่อง

(http://www.vcharkarn.com/vblog/32242)

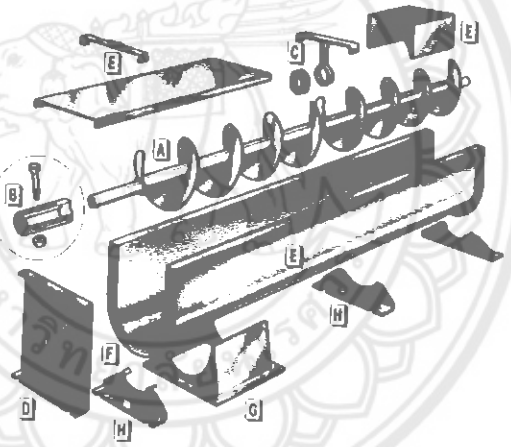
2.2.3 การกรอกวัสดุปลูก

แบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอนคือ ใช้พลั่วเล็กตักขี้เลื่อยที่ผสมแล้วใส่ถุงให้เต็ม (น้ำหนักประมาณ 900 กรัม) ดังรูปที่ 2.3 และเกลียวลำเลียง (Screw conveyor) ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งสามารถกำหนดอัตราการขนถ่ายได้ ใบเกลียวทำด้วยเหล็กหรือสแตนเลส ขนาดของสกรูลำเลียงแสดงดังตารางที่ 2.1



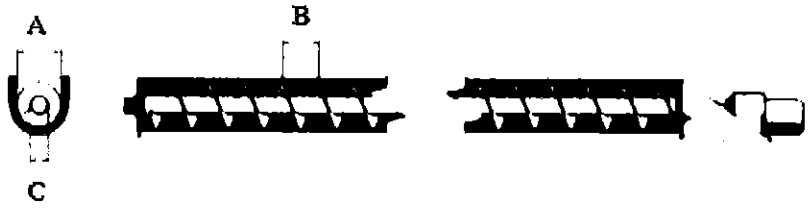
รูปที่ 2.3 การกรอกวัสดุปลูก

(http://www.khaomak.com/i/articles.php?article_id=2)



รูปที่ 2.4 รูปแสดงลักษณะของเกลียวลำเลียง

(http://www.screwconveyor.com/com...ents.htm)



ตารางที่ 2.1ขนาดของสกรูลำเลียงเบอร์ต่าง (www.siamsuntech.com/Default.aspx?pageid=22)

A(in)	B(mm)	C (in)
4	100	1
6	150	1.5
8	200	1.5
10	250	2
12	300	2.5
14	350	3

2.2.4 การอัดก้อนเชื้อเห็ด

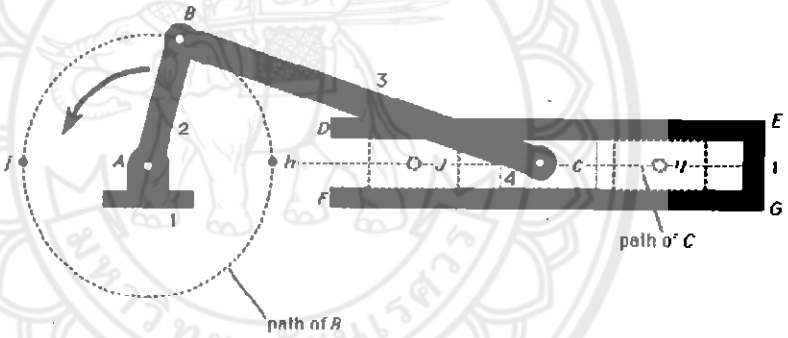
การอัดจะมีหลายวิธี เช่น อัดด้วยมือ อัดด้วยกลไกเหมือนลูกสูบ (slider-clank mechanism) และอัดด้วยระบบไฮโดรริก และอื่นๆ

2.3 การพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

ได้มีการพัฒนาหลายรูปแบบ เช่น เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดให้อยู่ในเครื่องเดียวกันแบบ 2 IN 1 ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น ลักษณะเครื่องออกแบบให้เป็นถังผสมในแนวแกนนอนใช้ในการผสมวัสดุให้เข้ากัน ภายในถังผสมมีใบผสมแบบเกลียวคู่ เมื่อเทส่วนผสมลงถังแล้วเปิดเครื่องใบผสมนี้จะทำการกวนวัสดุกลับไปกลับมาแนวแกน ทำให้วัสดุคลุกเคล้าเข้ากันได้สม่ำเสมอ เครื่องสามารถผสมวัสดุให้เข้ากันได้ใช้เวลา 15 นาที จากนั้นจะส่งไปส่วนอัดก้อนเชื้อเห็ด มีลักษณะการทำงานคล้ายกับการทำงานของกระบอกลูกสูบของเครื่องยนต์ ซึ่งส่วนการอัดมี 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย กระบอกและจานอัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ช่วงชัก 15 เซนติเมตร และส่วนสุดท้ายคือระบบถ่ายทอดกำลัง ใช้ระบบชุดเฟืองท้ายรถไถเดินตาม และใช้มอเตอร์ขนาด 1/3 แรงม้า หรือขนาด 0.25 กิโลวัตต์

รูปที่ 2.5 เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด 2 IN 1 ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น (สุเมธ, 2547)

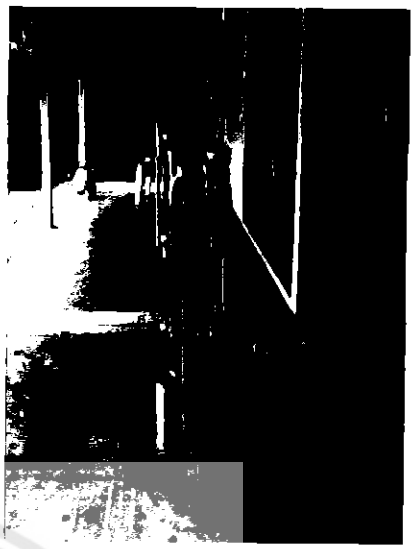
การพัฒนาอีกรูปแบบหนึ่งจะเป็นการพัฒนาจากกลไกเหมือน**ลูกสูบ** (slider-clank mechanism) ดังรูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7 หรือมีการพัฒนาโดยเพิ่มหัวอัดเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตดังรูปที่ 2.8 แต่ลักษณะการทำงานจะเหมือนกัน



รูปที่ 2.6 รูปแสดงการเคลื่อนที่แบบ Slider Crank

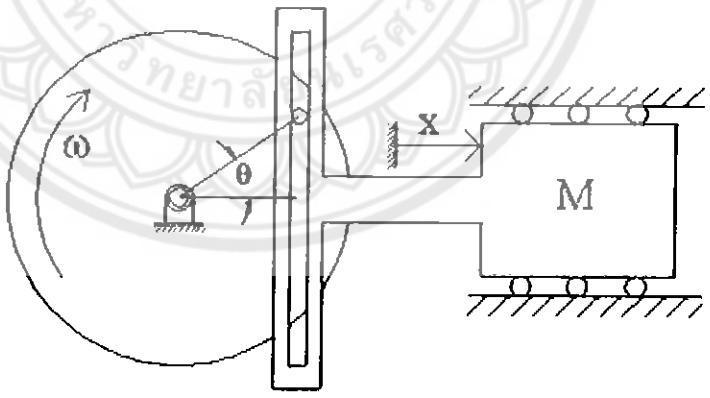
(http://www.britannica.com/EBchec...echanism)

รูปที่ 2.7 เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด(ศรีทอง, 2551)



รูปที่ 2.8 เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด (http://www.farmhetsootep.com)

กลไกอีกชนิดหนึ่งก็คือ กลไกแบบ Scotch Yoke กลไกชนิดนี้ยังไม่มีการพัฒนาเป็นหัวอัด เนื่องจากยังไม่เป็นที่รู้จัก ลักษณะการเคลื่อนที่จะเป็นแบบซิมเปิลฮาร์โมนิก (Simple harmonic)



รูปที่ 2.9 แสดงกลไกแบบ Scotch Yoke

(http://www.bime.ntu.edu.tw/~dsfo...ro00.htm)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงการ

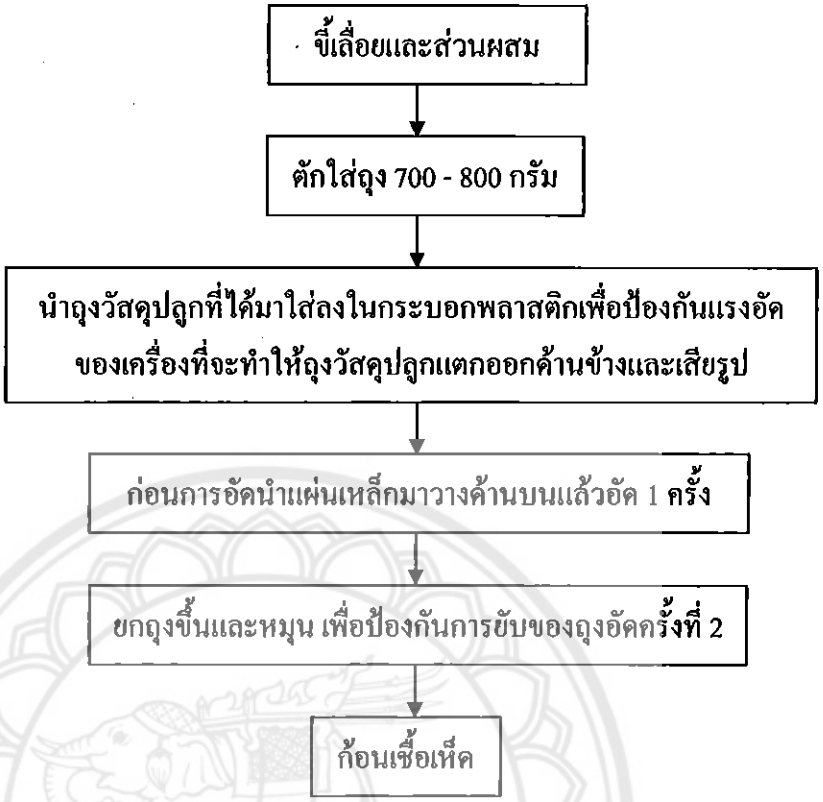
3.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตก้อนเชื้อเห็ดจากศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลก

ปัจจุบันศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลกเป็นวิสาหกิจชุมชนศูนย์ส่งเสริมการเพาะเห็ดพิษณุโลก เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งศูนย์จะทำการผลิตทุกวัน โดยใช้แรงงานคนประมาณ 5-6 คนต่อวัน เพื่อทำการผลิตก้อนเชื้อเห็ดจำหน่ายแก่เกษตรกร ซึ่งไม่ทันต่อความต้องการของเกษตรกรและเกิดปัญหาถุงยับ จึงได้หาทางแก้ปัญหาโดยการพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มกำลังการผลิต และแก้ปัญหาการยับของถุงด้วย

3.1.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดจากทางศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลก

ก้อนเชื้อเห็ดที่ทางศูนย์เพาะเห็ดได้ทำการผลิตมีกระบวนการผลิต (รูปที่ 3.1) ดังนี้

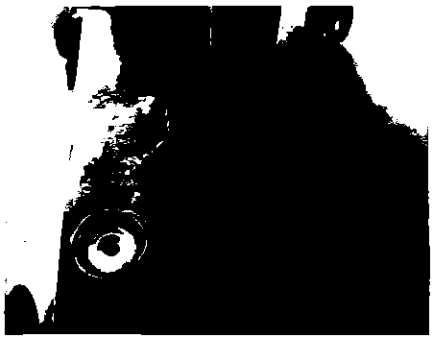
1) นำขี้เลื่อยและส่วนผสมอื่นๆใส่ลงในเครื่องผสม โดยจะผสมประมาณ 20 นาที จะได้วัสดุปลูกที่สามารถนำไปอัดก้อนเชื้อเห็ดได้ประมาณ 200 ก้อน หลังจากผสมเสร็จจะนำออกมากองวางไว้บนพื้นซีเมนต์
2) แรงงานคนตักวัสดุปลูกที่ผสมแล้วใส่ถุงประมาณ 700-800 กรัม (รูปที่ 3.2 และ 3.3)
3) นำถุงวัสดุปลูกที่ได้มาใส่ลงในกระบอกพลาสติกและใส่แผ่นเหล็กในถุงวัสดุปลูกก่อนแล้วนำเข้าเครื่องอัด (รูปที่ 3.4)
4) ทำการอัดครั้งที่ 1 หลังจากนั้นคนงานจะดึงปลายถุงยกขึ้นและหมุนเล็กน้อย และทำการอัดครั้งที่ 2 จะได้ก้อนเชื้อเห็ดที่ถุงไม่ยับ (รูปที่ 3.5 ถึง 3.7)



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตก้อนเชื้อเห็ด

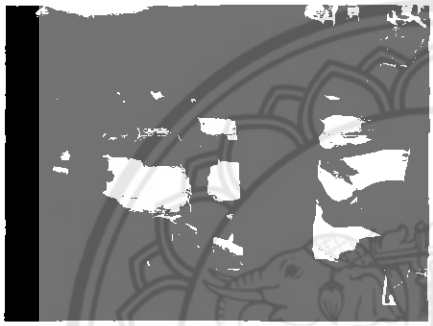
รูปที่ 3.2 คนงานนำวัสดุปลูกที่ผสมแล้วตักใส่ถุง

รูปที่ 3.3 วัสดุปลูกที่ใส่ถุงแล้ว



รูปที่ 3.4 กระบอกพลาสติกและแผ่นเหล็ก

รูปที่ 3.5 ทำการอัดครั้งที่ 1



รูปที่ 3.6 คนงานจะดึงปลายถุงยกขึ้นและหมุนเล็กน้อย อัดถุงวัสดุปลูกครั้งที่ 2

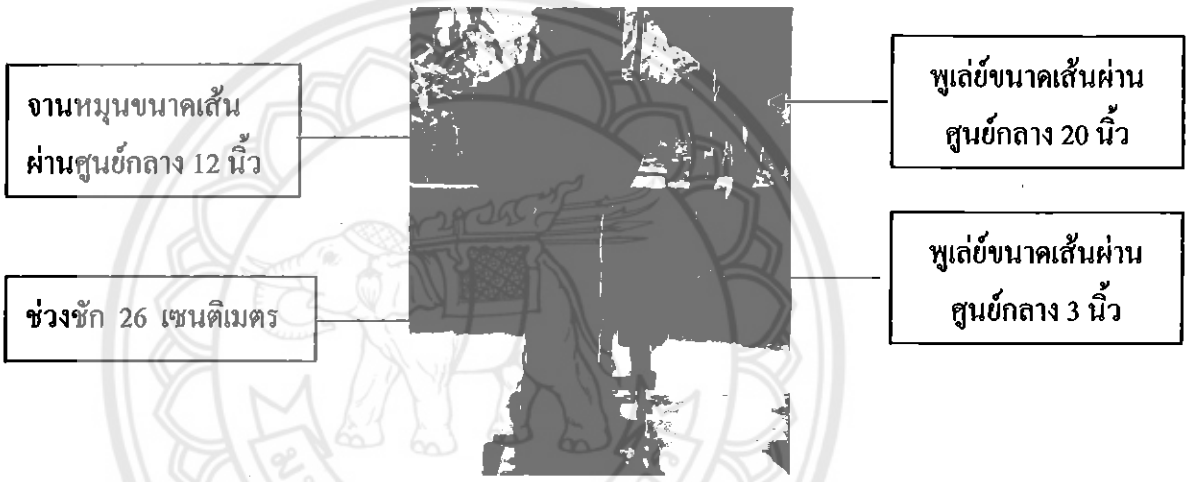
รูปที่ 3.7 ก้อนเชื้อเห็ด

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดพบว่าใช้แรงคนมากและใช้เวลานานมาก คนงานมีความสามารถในการกรอกวัสดุปลูกใส่ถุง 210 ถุงต่อชั่วโมง เครื่องอัดมีความสามารถในการทำงาน 300 ก้อนต่อชั่วโมง จึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อให้เครื่องสามารถทำการกรอกวัสดุปลูกลงถุงและทำการอัดก้อนในเครื่องเดียวกัน ดังนั้นคนจะมีหน้าที่ในการนำถุงใส่เข้ากับปลอกและดึงก้อนเชื้อเห็ดออกหลังจากที่ทำการอัดเรียบร้อยแล้ว ซึ่งสามารถลดเวลาในการทำงานได้

3.1.2 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดที่ศูนย์เพาะเห็ดใช้อยู่ในปัจจุบัน (รูปที่ 3.8) จะใช้มอเตอร์จำนวน 1 ตัวในการขับเคลื่อนเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดให้ทำงาน โดยมอเตอร์จะมีขนาด ¼ แรงม้า มีความเร็ว 1470 รอบต่อนาที ใช้พูเล่ย์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้วติดกับเพลาของมอเตอร์ขับพูเล่ย์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นิ้ว โดยใช้สายพานในการขับซึ่งพูเล่ย์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นิ้ว ซึ่งหมุนด้วยความเร็ว 188 รอบต่อนาทีต่อกับเพลาตรงซึ่งไปขับเคลื่อนตัวเฟืองทดเพื่อให้รอบช้าลง หลังจากนั้นจะมีเพลาที่ต่อจากเฟืองทดไปหมุนจานหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้วซึ่งจะหมุน

ด้วยความเร็ว 38 รอบต่อนาที และจะมีกลไกเหมือนลูกสูบ (slider-clank mechanism) ซึ่งมีช่วงชัก 26 เซนติเมตร เคลื่อนที่ขึ้นลงเพื่ออัดก้อนวัสดุปลูก หลักการผลิตก้อนเชื้อเห็ดที่ศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลกทำอยู่ในปัจจุบันคือนำขี้เลื่อยและส่วนผสมอื่นๆใส่ในเครื่องผสมและให้เครื่องหมุนทำงาน เมื่อผสมเข้ากันดีแล้วจะได้วัสดุปลูกสำหรับการเพาะเห็ด จากนั้นตักวัสดุปลูกใส่ถุงทีละถุงโดยใช้แรงงานคนและใช้ความชำนาญในการคาดคะเนปริมาณให้เท่ากันทุกถุง หลังจากนั้นคนงานจะนำถุงวัสดุปลูกที่ได้มาใส่ลงในกระบอกพลาสติกและใส่แผ่นเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ในถุงวัสดุปลูกก่อนแล้วนำเข้าเครื่องอัด ทำการอัดครั้งที่ 1 หลังจากนั้นคนงานจะดึงปลายถุงยกขึ้นและหมุนเล็กน้อย และทำการอัดครั้งที่ 2 จะได้ก้อนวัสดุปลูก



รูปที่ 3.8 เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดของศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลก

3.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก

วัสดุปลูกที่นำมาทำการศึกษาเป็นสูตรการทำวัสดุปลูกสำหรับเห็ดนางฟ้าที่ทางศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลกใช้อยู่ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

1)	ขี้เลื่อย	100	กิโลกรัม
2)	อาหารผง (TP01)	5	กิโลกรัม
3)	อาหารเหลว (TP03)	1	ลิตร
4)	น้ำ	40-60	ลิตร
5)	ความชื้น	65-75	%

วิธีการผสมส่วนประกอบของวัสดุปลูก

1) นำขี้เลื่อย 100 กิโลกรัม ใส่ในเครื่องผสม ผสมกับอาหารผง 5 กิโลกรัม ผสมให้เข้ากัน

2) เมื่อขี้เลื่อยและอาหารผงเข้ากันดีแล้วนำอาหารเหลว 1 ลิตร ผสมให้เข้ากัน

3) นำน้ำ 40-60 ลิตร มาเทใส่ จากนั้นปล่อยให้เครื่องผสมทำงานไป

เมื่อผสมเสร็จแล้วปล่อยขี้เลื่อยที่ทำการผสมเสร็จแล้ว ทิ้งไว้ 20-30 นาที แล้วนำไปใช้งาน

สมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูกที่ทำการศึกษามีรายละเอียดและวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

3.2.1 การหาขนาดของอนุภาคของวัสดุปลูก

ในการหาขนาดของวัสดุปลูก (ASAE S319.3, 2000) จะมีขั้นตอนการหาดังนี้

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

1) ตะแกรงเบอร์ 4,8,10,16,20,30,40,50 และถาดรองรับ
2) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล
3) เครื่องสั่น
4) แปรงปัด
5) นาฬิกาจับเวลา
6) วัสดุปลูก 300 กรัม

วิธีการหาขนาดของวัสดุปลูก

1) ชั่งน้ำหนักของตะแกรงแต่ใบและถาดรองรับ บันทึกผล
2) นำตะแกรงมาวางบนถาดรองรับและเรียงซ้อนกันจากเบอร์มากอยู่ข้างล่างสุด และเรียงลำดับไปหาเบอร์น้อยที่สุด
3) ทำการชั่งวัสดุปลูก 300 กรัมและนำไปใส่ในตะแกรงชั้นบนสุด
4) นำตะแกรงร่อนเข้าไปใส่เครื่องสั่น จับเวลา สั่น 20 นาที ดังรูปที่ 3.9 ก
5) นำตะแกรงออกมาชั่งน้ำหนักดังรูปที่ 3.9 ข บันทึกผลการทดลอง
6) ใช้แปรงทำความสะอาดตะแกรง แล้วทำการทดลองซ้ำอีก 2 รอบ หาค่าน้ำหนักวัสดุ ปลูกเฉลี่ยของแต่ละตะแกรง

ก) ลักษณะของเครื่องสั่น

ข) การชั่งน้ำหนักวัสดุปลูกในแต่ละตะแกรง

รูปที่ 3.9 การหาขนาดอนุภาคของวัสดุปลูก

3.2.2 การหาความหนาแน่นมวลรวมของวัสดุปลูก (Bulk density)

การหาความหนาแน่นมวลรวมของวัสดุปลูกมีขั้นตอนต่อไปนี้

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

1) เครื่องชั่งน้ำหนัก
2) ตลับเมตร
3) เวอร์เนีย
4) กระดาษ
5) ท่อพีวีซีขนาด 100 mm

วิธีการหาความหนาแน่นมวลรวมของวัสดุปลูก

1) ทำการชั่งน้ำหนัก วัดความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อพีวีซีขนาด 100 mm คำนวณหาปริมาตรของท่อพีวีซี
2) นำวัสดุปลูกมาใส่ท่อพีวีซี แล้ววัดความสูง และชั่งน้ำหนัก ดังรูปที่ 3.10
3) คำนวณหาความหนาแน่นมวลรวมของวัสดุปลูก ตามสมการที่ 3.1 บันทึกผล ทำการทดลอง 3 ซ้ำและหาค่าเฉลี่ย

ความหนาแน่นมวลรวมของวัสดุปลูก (g/cm^3) $= \frac{m}{v}$ .....(3.1)

โดยที่ m = มวล (g)

v = ปริมาตร (cm^3)

ก) วัดความสูง

ข) ชั่งน้ำหนัก

รูปที่ 3.10 หาความหนาแน่นของวัสดุปลูก

3.2.3 การหาค่าความชื้นของวัสดุปลูก

การหาความชื้นของวัสดุปลูกมีขั้นตอนต่อไปนี้

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

1) กระป๋องใส่วัสดุปลูก 3 กระป๋อง
2) วัสดุปลูก
3) เครื่องชั่งน้ำหนัก
4) ตู้อบลมร้อน

วิธีการหาความชื้นของวัสดุปลูก

1) นำกระป๋องอะลูมิเนียมมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล
2) นำวัสดุปลูกมาใส่กระป๋องอะลูมิเนียม 3 กระป๋อง แล้วนำเข้าตู้อบดังรูปที่ 3.11 ตั้งอุณหภูมิที่ 103 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 24 ชั่วโมง
3) นำวัสดุปลูกออกจากตู้อบ แล้วนำมาชั่งและบันทึกผล
4) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความชื้นตามสมการที่ 3.2

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (\%w.b.)} = \frac{m_w - m_s}{m_w} \times 100 \qquad \ldots(3.2)$$

โดยที่ m_w = น้ำหนักวัสดุปลูกก่อนอบ (g)

m_s = น้ำหนักวัสดุปลูกหลังอบ (g)

รูปที่ 3.11 การอบวัสดุปลูก

3.2.4 การหาขนาดมุมเทของวัสดุปลูก

การหาขนาดมุมเทของวัสดุปลูกมีขั้นตอนดังนี้

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

1) ไม้กระดานรองวัสดุปลูก
2) อุปกรณ์วัดมุม เช่น ไม้ครึ่งวงกลม
3) วัสดุปลูก
4) เชือก

วิธีการหาขนาดมุมมุมเทของวัสดุปลูก

1) นำวัสดุปลูกมาวางติดกับไม้กระดาน (รูปที่ 3.12 ก) แล้วใช้**เชือกผูกติดกับไม้กระดาน**
2) นำวัสดุปลูกมาวางบนวัสดุปลูกที่ยึดติดกับไม้กระดาน
3) **ยกแผ่นไม้กระดานขึ้นจนกว่าวัสดุปลูกจะไถลแล้ววัดมุมของไม้กระดานที่วัสดุปลูกเริ่มไถลลงพื้น (รูปที่ 3.12 ข)**
4) **ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย**

ก) ติดวัสดุปลูกกับไม้กระดาน

ข) ยกแผ่นไม้กระดาน

รูปที่ 3.12 แสดงการหาขนาดมุมแทของวัสดุปลูก

3.2.5 การหาขนาดมุมกองของวัสดุปลูก

การหาขนาดมุมกองของวัสดุปลูกมีขั้นตอนดังนี้

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

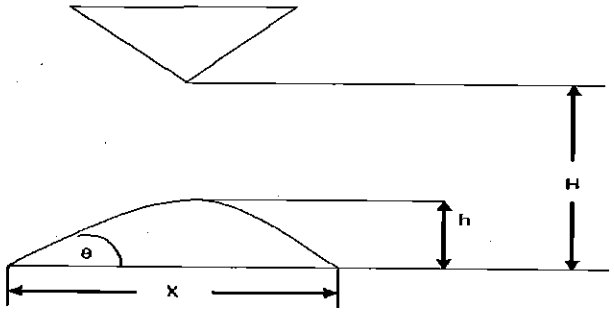
1) วัสดุปลูก
2) กรวยกระดาษ
3) ไม้บรรทัด
4) จานยึดกรวย
5) ไม้กระดานรองวัสดุปลูก

วิธีการหาขนาดมุมกองของวัสดุปลูก

1) วางฐานยึดกรวยกับพื้นให้แข็งแรงและวางไม้กระดานให้ราบกับพื้นที่เรียบเสมอกัน พร้อมกับตวงวัสดุปลูกให้ได้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม
2) เทวัสดุปลูกที่ตวงไว้ 1 กิโลกรัมในกรวยโดยมีความสูงจากพื้นถึงทางออกของวัสดุปลูก 50 เซนติเมตร และวัดค่าความกว้าง ความสูงของกองวัสดุปลูกดังรูปที่ 3.13 คำนวณหาค่ามุมเอียงของวัสดุปลูก (องศา) ดังสมการที่ 3.3

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาขนาดมุมกองของวัสดุปลูก

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{2h}{x}\right) \qquad \text{....(3.3)}$$



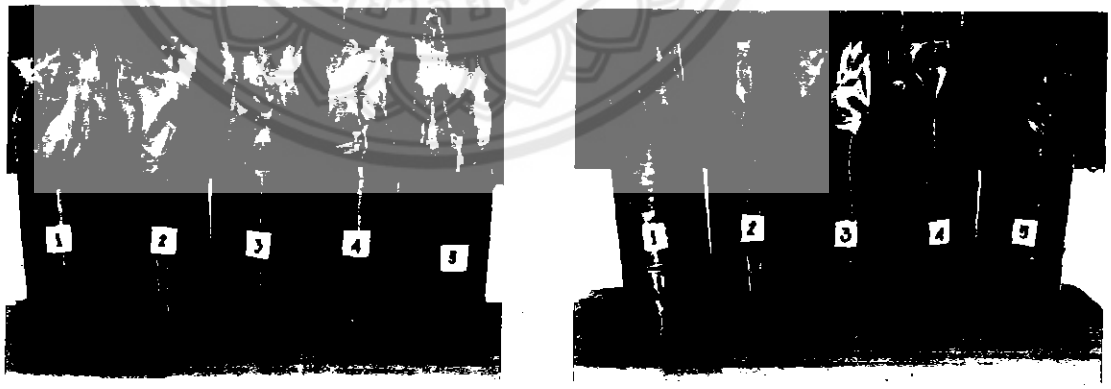
รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะวัสดุปลูก หลังการเทวัสดุปลูกแล้ว

3.3 การตรวจวัดคุณภาพของก้อนเชื้อเห็ด

คุณภาพของก้อนเชื้อเห็ดที่ทำการตรวจวัดมี 2 ประการคือ ความเรียบหรือยับของถุงบรรจุก้อนเชื้อเห็ดหลังการอัดก้อน และความไม่สม่ำเสมอของความหนาแน่นในแต่ละส่วนของก้อนเชื้อเห็ด วิธีการดำเนินงานการตรวจวัดคุณภาพก้อนเชื้อเห็ดมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การตรวจวัดความเรียบหรือยับของถุงบรรจุก้อนเชื้อเห็ด

ความเรียบหรือยับของถุงบรรจุก้อนเชื้อเห็ด ประเมินโดยการสังเกตที่ผิวของถุงหลังจากทำการอัดก้อนเชื้อเห็ดเรียบร้อยแล้ว ถุงบรรจุก้อนเชื้อเห็ดแบบถุงเรียบและยับแสดงดังรูปที่ 3.14



ก) แบบถุงเรียบ ข) แบบถุงยับ

รูปที่ 3.14 ก้อนเชื้อเห็ดแบบถุงเรียบและถุงยับ

3.3.2 ความหนาแน่นมวลรวมของก้อนเชื้อเห็ดในแต่ละส่วน

การหาความหนาแน่นมวลรวมของก้อนเชื้อเห็ดมีขั้นตอนต่อไปนี้

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

1) **ก้อนเชื้อเห็ดจำนวน 10 ก้อน แบ่งเป็นถุงเรียบ 5 ก้อนและถุงยับ 5 ก้อน**
2) **เครื่องชั่งน้ำหนัก**
3) **มีด**
4) **เวอร์เนีย**
5) **กระดาษ**

วิธีการหาความหนาแน่นมวลรวมของก้อนเชื้อเห็ดในแต่ละส่วน

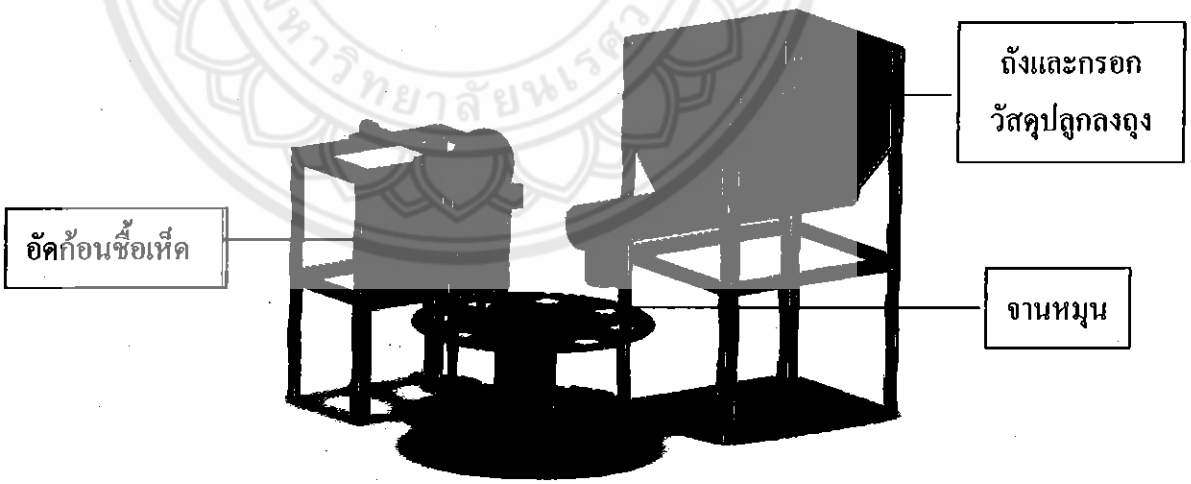
1) ทำการชั่งน้ำหนัก ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางของก้อน**เชื้อเห็ดทั้ง 10** ก้อน แบ่งเป็นถุงเรียบ 5 ก้อนและถุงยับ 5 ก้อน บันทึกผล **ตามลำดับ**
2) คำนวณหาความหนาแน่นมวลรวมของแต่ละก้อน ตามสมการที่ 3.1
3) ทำการตัดก้อนเชื้อเห็ดแต่ละก้อน โดยแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ **บน** กลางและล่าง ทั้งถุงเรียบและถุงยับ ดังรูป 3.15
4) ทำการชั่งน้ำหนัก วัดความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละส่วนทั้ง 10 ก้อนบันทึกผล ตามลำดับ
5) คำนวณหาความหนาแน่นมวลรวมของแต่ละส่วน ตามสมการที่ 3.1

รูปที่ 3.15 ก้อนเชื้อเห็ดที่ตัดออกเป็น 3 ส่วน

3.4 ออกแบบและสร้างเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ

จากการศึกษาหลักการทำงานของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดที่ศูนย์เพาะเห็ดพิษณุโลกใช้อยู่ไม่มีความสะดวกในการใช้งานเพราะต้องเสี่ยงกับอันตรายในขณะทำงาน ถ้ามีการผิดพลาดอาจทำให้ได้รับบาดเจ็บได้ อีกทั้งแรงงานคนไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากแรงงานคนต้องใช้แรงดึงถุงเพื่อไม่ให้ถุงยับ ทำให้มีอาการปวดเมื่อยและสูญเสียเวลาเพราะต้องอัดถุงวัสดุปลูกถึง 2 ครั้งต่อถุง จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติขึ้น คือสามารถกรอกวัสดุปลูกใส่ถุงและเคลื่อนที่หมุนไปโดยอัตโนมัติเพื่อทำการอัดในเครื่องเดียวกัน ในระหว่างอัดจะมีอุปกรณ์ยึดไม่ให้ถุงเกิดการยับ ดังนั้นแรงงานคนที่ใช้จะมีหน้าที่ในการใส่ถุงเข้าเครื่องและนำก้อนเชื้อเห็ดที่อัดเรียบร้อยแล้วออกจากเครื่องเท่านั้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวสามารถลดเวลาในการทำงานได้เครื่องสามารถทำงานได้ตลอดเวลาทำให้เพิ่มกำลังการผลิตได้ มีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ก้อนเชื้อเห็ดที่ได้มีคุณภาพสูงขึ้นมีความหนาแน่นสม่ำเสมอและถุงไม่ยับ

จากที่ได้ศึกษาพบว่าเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่มีความสะดวกในการทำงานไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติขึ้นโดยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ 1) ถังบรรจุและกรอกวัสดุปลูกใส่ถุง 2) จานหมุน 3) อัดก้อนชื้อเห็ด



รูปที่ 3.16 เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติที่ทำการออกแบบ

เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติที่ทำการออกแบบแสดงดังรูปที่ 3.16 การออกแบบในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

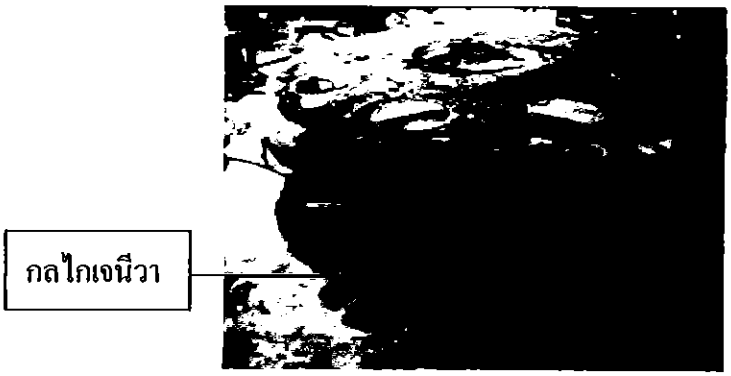
1) ถังบรรจุและกรอกวัสดุปลูกลงถุง

เนื่องจากเครื่องผสมที่ศูนย์เพาะเห็ดพิษณุโลกที่ใช้ในปัจจุบันมีความสามารถในการผสมวัสดุปลูก เพื่อทำการผลิตก้อนเชื้อเห็ดได้ 200 ก้อน ต่อการผสม 1 ครั้ง ซึ่งถ้านำไปออกแบบถังให้ได้ขนาดบรรจุวัสดุปลูก 200 ก้อนพบว่าถังไม่มีความสมดุลกับตัวเครื่องอัดและจานหมุน ดังนั้นจึงทำการออกแบบถังให้มีขนาดบรรจุวัสดุปลูกได้ประมาณ 100 ก้อน ถังบรรจุที่ทำการออกแบบมีขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร สูง 127 เซนติเมตร ถังเอียง 60 องศา ภายในถังจะมีเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร ระยะพิทช์ 7 เซนติเมตร ยาว 98 เซนติเมตรไว้ลำเลียงวัสดุปลูกดังรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.17 ลักษณะถังกรอก

2) จานหมุน

ทำการออกแบบจานหมุนให้มีจำนวน 8 ช่อง ซึ่งจานหมุนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร โดยแต่ละช่องมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูงจากพื้น 42 เซนติเมตร ระยะห่างแผ่นบนกับแผ่นล่าง 31 เซนติเมตร ส่วนกลไกที่ใช้ในการทำงานเป็นแบบเจนีวาดังรูปที่ 3.18 หมุนด้วยความเร็ว 1 รอบต่อนาที และมีกลไกการจับยึดถุง ซึ่งเป็นแบบตัวล็อค เพื่อใช้ในการจับถุงและนำไปใส่ในกระบอกพลาสติก ดังรูปที่ 3.19 แล้วนำไปวางในจานหมุน



รูปที่ 3.18 ลักษณะจานหมุน

รูปที่ 3.19 ลักษณะการจับปากถุง

3) อัดก้อนเชื้อเห็ด

เนื่องจากการเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดที่ศูนย์เพาะเห็ดพิษณุโลกใช้เป็นกลไก Slider Crank มีการเคลื่อนที่แบบแนวตรง แต่ต้องมีตัวประคองเพื่อให้แกนอัดนั้นเคลื่อนที่ขึ้นลงให้เป็นแนวตรง ดังนั้นจึงทำการออกแบบการอัดก้อนเชื้อเห็ดโดยใช้กลไก Scotch Yoke จะเป็นการเคลื่อนที่แบบในแนวตรงตลอดเวลา เพื่อแก้ปัญหาการแกว่งของหัวอัดได้และมีช่วงชัก 20 เซนติเมตร มีความเร็ว 8 รอบต่อนาที ดังรูปที่ 3.20

รูปที่ 3.20 ลักษณะอัดก้อนเชื้อเห็ด

3.5 การทดสอบเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ

3.5.1 การหาปริมาตรบรรจุในถังกรอกวัสดุลงถุง

การหาปริมาตรบรรจุวัสดุปลูกในถังกรอกวัสดุลงถุงมีขั้นตอนต่อไปนี้

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

1) ถังกรอกวัสดุปลูก
2) เครื่องชั่งน้ำหนัก
3) ตะกร้า
4) วัสดุปลูก
5) แท่งไม้

วิธีการหาปริมาตรถังกรอก

1) นำวัสดุปลูกใส่ลงในถังกรอกจนเต็ม ดังรูปที่ 3.21 ก
2) นำแท่งไม้กวาดวัสดุปลูกให้อยู่ในระดับขอบถังพอดี ดังรูปที่ 3.21 ข
3) จากนั้นก็ทำการหมุนเกลียวเพื่อให้วัสดุปลูกออกมาให้หมดถัง
4) นำวัสดุปลูกไปชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาปริมาตรถังกรอกวัสดุปลูกดังสมการที่ 3.4 และหาจำนวนก้อนเชื้อเห็ดดังสมการที่ 3.5 ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง บันทึกผลและหาค่าเฉลี่ย

ปริมาตรถังกรอกวัสดุปลูก(cm^3) = $\frac{m_a}{\rho}$ .....(3.4)

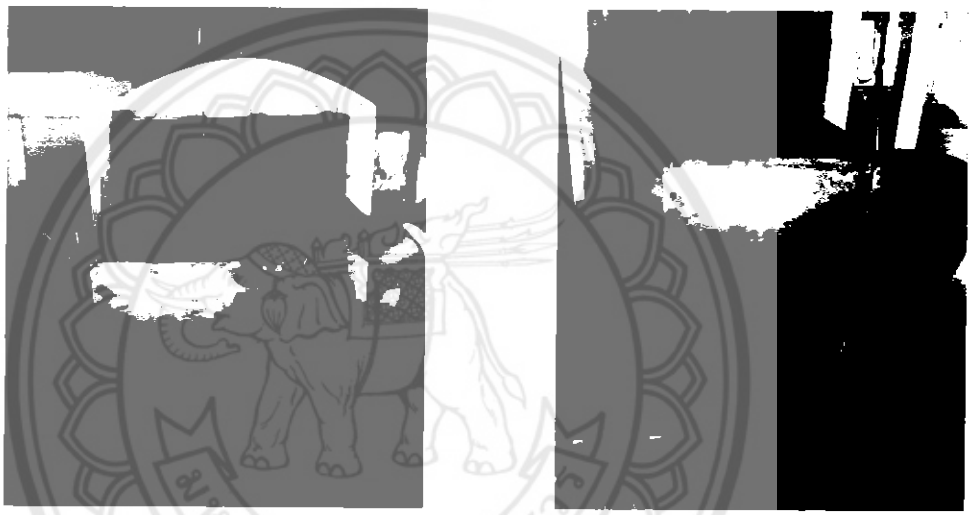
โดยที่ m_a = น้ำหนักวัสดุปลูกต่อถัง(kg)

ρ = ความหนาแน่นมวลรวมวัสดุปลูก(g/cm^3)

จำนวนก้อนเชื้อเห็ด(ก้อน/ถัง) = $\frac{v_a}{v}$ .....(3.5)

โดยที่ v_a = ปริมาตรถังกรอกวัสดุปลูก(cm^3)

v = ปริมาตรก้อนเชื้อเห็ด(cm^3)



ก) ลักษณะการนำวัสดุปลูกใส่ลงในถังกรอก ข) ลักษณะวัสดุปลูกในระดับขอบถังพอดี

รูปที่ 3.21 การปริมาตรของถังกรอกวัสดุปลูก

3.5.2 การหาความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

การหาความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดมีขั้นตอนต่อไปนี้

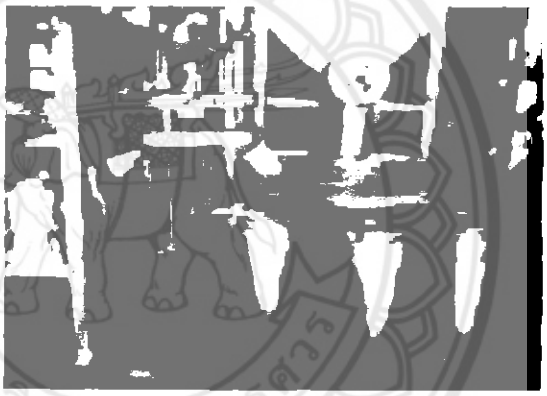
อุปกรณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

1) เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด
2) กระบอกพลาสติก
3) ถุงสำหรับใส่วัสดุปลูก ขนาด 8 x 8.5 x 30.5 เซนติเมตร
4) ตัวจับปากถุง
5) นาฬิกาจับเวลา
6) วัสดุปลูก

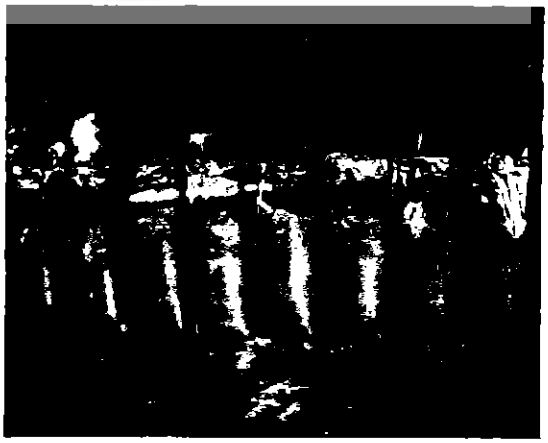
I5073054
วร.
W231
2552
ค.2

วิธีการหาความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

1) นำตัวจับปากถุงมาจับถุงสำหรับใส่วัสดุปลูก แล้วนำไปใส่ในกระบอกพลาสติก หลังจากนั้นนำไปวางในจานหมุนของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด
2) จากนั้นให้เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดทำงาน โดยที่จานหมุนจะหมุนไปกรอกวัสดุปลูกแล้วหมุนไปอัดก้อนเชื้อเห็ด ดังรูปที่ 3.22
3) จับเวลาตั้งแต่เริ่มนำตัวจับปากถุงมาจับถุงจนกระทั่งเอาถุงที่อัดแล้วออก จนครบ 8 ถุงคือ 1 รอบ บันทึกผล ทำจำนวน 3 ซ้ำ
4) คำนวณหาความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด
5) จากนั้นนำก้อนเชื้อเห็ดที่ได้มาวิเคราะห์ลักษณะของถุงเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.22 แสดงการหาความสามารถในการทำงานของเครื่อง



รูปที่ 3.23 การหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูกได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก

คุณสมบัติ	
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุปลูก	
-2.00 mm < D < 4.75 mm	5.2
-1.18 mm < D < 2.00 mm	28.1
-0.300 mm < D < 1.18 mm	57.9
-D < 0.300 mm	8.8
ความหนาแน่นมวลรวมของก้อนเชื้อเห็ด (g/cm^3)	0.34
เปอร์เซ็นต์ความชื้นของวัสดุปลูก(% w.b)	31.5
มุมเทของวัสดุปลูก (องศา)	
-สัมผัสโลหะ	30
-สัมผัสวัสดุปลูก	34
มุมกองของวัสดุปลูก (องศา)	33

จากตารางที่ 4.1 พบว่า 86 เปอร์เซ็นต์ ของวัสดุปลูกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 – 2.00 มิลลิเมตรและส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 – 1.18 มิลลิเมตร มุมเทของวัสดุปลูกสูงสุดพบที่ 34 องศา ดังนั้นในการออกแบบก้นถังบรรจุวัสดุปลูกและกรอกลงถุงจะต้องมีมุมเอียงมากกว่า 34 องศา เพื่อความสะดวกในการไหลของวัสดุปลูก

4.2 เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

สมรรถนะของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบและเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดของศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลกแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดของศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลกและเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ

รายการ	เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดของศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลก	เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ
น้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อน (g)	711.1	718.8
ลักษณะของถุงก้อนเชื้อเห็ดเมื่อทำการอัด 1 ครั้ง (%)		
-ถุงยับ	100	17
ความหนาแน่นมวลรวมของก้อนเชื้อเห็ด (g/cm^3)	0.47	0.44
ความหนาแน่นมวลรวมของก้อนเชื้อเห็ดของแต่ละส่วน (g/cm^3)		
-บน	0.34	0.44
-กลาง	0.36	0.44
-ล่าง	0.44	0.44
ความสามารถในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด (ก้อน/คน-ชั่วโมง)	124	164

จากตารางที่ 4.2 พบว่าก้อนเชื้อเห็ดที่ได้จากเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดของศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลกและเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ จะมีน้ำหนักที่ใกล้เคียงกันคือ 711.1 และ 718.8 กรัม เมื่อทำการอัดเพียง 1 ครั้ง พบว่าเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบสามารถแก้ไขปัญหาถุงยับได้ 83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเดิมที่มีการอัด 1 ครั้ง จากปัญหาการยับของถุงเมื่อใช้เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดของศูนย์เพาะเห็ด ทำให้ต้องอัด 2 ครั้ง ซึ่งการอัดครั้งที่ 2 ยกถุงขึ้นและหมุนเพื่อป้องกันการยับของถุง เป็นผลให้ความหนาแน่นมวลรวมของก้อนเชื้อเห็ดแต่ละส่วนไม่สม่ำเสมอกันคือส่วนล่างมากที่สุด เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบมีความหนาแน่นที่สม่ำเสมอกัน เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตพบว่าเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 32 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยมีแผ่นจานหมุนและมีกระบอกอัดก้อนเชื้อเห็ด 8 กระบอก มีหัวอัดแบบสก๊อตยอร์ค และมีถังกรอกวัสดุปลูกลงถุงมาอยู่ในเครื่องเดียวกันนั้น ทำให้การทำงาน ทั้ง 2 ขั้นตอน คือ กรอกวัสดุปลูกใส่ถุง และการอัด มาอยู่ในเครื่องเดียวกัน ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมาก ขึ้นเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบสามารถผลิตก้อนเชื้อเห็ดได้ 164 ก้อนต่อคน-ชั่วโมง โดยใช้แรงงานคน 2 คน เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดของศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลกที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน พบว่าสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 32 เปอร์เซนต์ และสามารถแก้ปัญหาการยับของถุงจากการอัด 1 ครั้งได้ถึง 83.3 เปอร์เซ็นต์ มีความปลอดภัยในการทำงาน โดยที่แรงงานคนมีหน้าที่เตรียมถุงใส่กระบอก รอเอากระบอกใส่และเอาออกจากแผ่นจานหมุน จึงทำให้มีความปลอดภัยในการทำงานมากขึ้น เมื่อเทียบกับเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดของศูนย์เพาะเห็ดจังหวัดพิษณุโลกที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

อาจปรับปรุงเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดให้ดีขึ้น โดยการเปลี่ยนการอัดก้อนเป็นระบบนิวเมติก

เอกสารอ้างอิง

วังน้ำเขียว, 2553. อุปกรณ์และวัสดุในการเพาะเห็ด. www.wangnamkheo.com/mutech02.htm

ศรีทอง, 2551. จำหน่ายอุปกรณ์เพาะเห็ด. www.sritongmushroom.com

สุเมธ วรรณพฤกษ์, 2547. เครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นทุนต่ำ ผลงานนักศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น

โอสถ คนซื่อ, 2547. เครื่องอัดก้อนเห็ดขนาดเล็กเพื่อเกษตรกร. สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร

ASAE S 319.3,2000. Method of determining and expressing fineness of feed meteriais by sieving. ASAE Standard 2000.

ASTM E87 – 82(2006) Standard Test Method formoisture Analysis of Particulate wood fuels.

http://www.bime.ntu.edu.tw/~dsfo...ro00.htm 25/03/2010

http://www.bloggang.com/viewblog.php?id=hoonvi&date=18-06-2008&group=8&gblog=104

http://www.britannica.com/EBchec...echanism 25/03/2010

http://www.farmhetsootep.com

http://www.geocities.com/mushroom_club2002/index001.html 26/08/2009

http://www.khaomak.com/i/articles.php?article_id=2 25/03/2010

http://www.kku.ac.th/media/main/index.php?option=com_content&tak=view&id=82&Itemid=39

http://www.screwconveyor.com/com...ents.htm 25/03/2010

http://www.vcharkarn.com/vblog/32242 25/03/2010

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก

ตาราง ก.1 ขนาดอนุภาคของวัสดุปลูก

เบอร์ตะแกรง	ขนาดช่องเปิด mm	น้ำหนักตะแกรง(g)	น้ำหนักตะแกรง+วัสดุปลูก(g)	น้ำหนักวัสดุปลูก(g)	% Retain	% Passing
4	4.75	510	510	0	0	100
8	2.36	490	495	5.1	1.7	98.3
10	2.00	495	505	10.5	3.5	94.8
16	1.18	445	525	84.3	28.1	66.7
20	0.850	450	505	47.4	15.8	50.9
30	0.600	430	475	47.4	15.8	35.1
40	0.425	400	440	42.0	14.0	21.1
50	0.300	395	420	36.9	12.3	8.8
ถาด	-	315	350	26.4	8.8	0
รวม				300	100	

ตาราง ก.2 ความหนาแน่นมวลรวมของวัสดุปลูก

ครั้งที่	น้ำหนักวัสดุปลูก(g)	ความหนาแน่น(g/cm^3)
1	753.92	0.342
2	758.55	0.343
3	765.37	0.346
เฉลี่ย	759.28	**0.343**

ตาราง ก.3 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของวัสดุปลูก

ก้อนที่	น้ำหนักวัสดุปลูกก่อนอบ (g)	น้ำหนักวัสดุปลูกหลังอบ (g)	% ความชื้น (w.b.)
1	100.02	68.63	31.57
2	100.01	68.28	31.73
3	100.02	68.84	31.18
เฉลี่ย	**100.17**	**68.58**	**31.49**

ตาราง ก.4 มุมเริ่มไถลของวัสดุปลูก

พื้นที่สัมผัสของวัสดุปลูก	ปริมาณวัสดุปลูก (g)	มุมเริ่มไหล (องศา)
โลหะ	500	30
	500	31
	500	29
เฉลี่ย	**500**	**30**
วัสดุปลูก	500	35
	500	32
	500	35
เฉลี่ย	500	**34**

ตาราง ก.5 มุมกองของวัสดุปลูก

ความสูงจากพื้น(cm)	ความสูงกองวัสดุปลูก (cm)	ความกว้างกองวัสดุปลูก (cm)	มุมกองของวัสดุปลูก (องศา)
50	11.00	35.00	32.15
50	10.50	37.00	29.58
50	13.00	34.00	37.40
เฉลี่ย	**11.50**	**35.33**	**33.04**

ตาราง ก.6 ความหนาแน่นมวลรวมของก้อนเชื้อเห็ด

ลักษณะของถุง	ก้อนที่	น้ำหนัก (g)	ความสูง (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	ความหนาแน่นมวลรวม (g/cm^3)
ถุงเรียบ	1	712.61	16.70	10.70	0.475
	2	714.69	17.20	10.80	0.454
	3	696.75	16.80	10.70	0.461
	4	721.27	17.00	10.70	0.472
	5	710.28	16.80	10.70	0.470
	เฉลี่ย	**711.12**	**16.90**	**10.72**	**0.466**
ถุงยับ	1	704.07	21.5	10.70	0.447
	2	713.48	21.1	10.60	0.444
	3	711.63	20.8	10.70	0.440
	4	712.75	21.1	10.60	0.451
	5	708.87	20.7	10.60	0.451
	เฉลี่ย	**710.16**	**21.04**	**10.64**	**0.447**

ตาราง ก.7 ความหนาแน่นมวลรวมของแต่ละส่วนของก้อนเชื้อเห็ด

ลักษณะของถุง	ก้อนที่	น้ำหนัก (g)			ความสูง (cm)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)			ความหนาแน่นมวลรวมแต่ละส่วน (g/cm^3)		
		บน	กลาง	ล่าง	บน	กลาง	ล่าง	บน	กลาง	ล่าง	บน	กลาง	ล่าง
ถุงเรียบ	1	217.62	232.96	262.03	5.30	5.60	5.80	10.40	10.40	10.50	0.483	0.490	0.522
	2	225.03	230.75	258.91	5.80	5.80	5.60	10.40	10.40	10.50	0.457	0.468	0.534
	3	204.81	235.19	256.75	5.40	5.50	5.90	10.40	10.50	10.50	0.446	0.494	0.503
	4	208.37	223.34	289.56	5.20	5.30	6.50	10.20	10.40	10.50	0.490	0.496	0.514
	5	221.89	235.05	253.34	5.50	5.60	5.70	10.20	10.40	10.60	0.493	0.494	0.504
	เฉลี่ย	**215.54**	**231.46**	**264.12**	**5.44**	**5.56**	**5.90**	**10.32**	**10.42**	**10.52**	**0.474**	**0.488**	**0.515**
ถุงยับ	1	211.35	233.51	259.21	5.50	5.80	6.20	10.20	10.30	10.30	0.470	0.483	0.502
	2	208.03	250.66	254.79	5.90	6.40	6.30	10.10	10.20	10.20	0.440	0.479	0.495
	3	226.40	225.03	260.20	5.90	5.70	6.40	10.20	10.20	10.20	0.470	0.483	0.498
	4	210.21	237.30	265.24	5.70	5.90	6.30	10.20	10.50	10.50	0.451	0.464	0.486
	5	204.58	244.70	259.59	5.50	6.00	6.30	10.20	10.50	10.50	0.455	0.471	0.476
	เฉลี่ย	**212.11**	**238.24**	**259.81**	**5.70**	**5.96**	**6.30**	**10.18**	**10.34**	**10.34**	**0.457**	**0.476**	**0.491**

ภาคผนวก ข
ผลการทดสอบเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ

ตารางที่ ข.1 ปริมาตรถังกรอก

ครั้งที่	น้ำหนักวัสดุปลูก (kg)	ปริมาตรของถังกรอก (cm^3)	จำนวนก้อน/ถัง
1	62.16	218105.26	103
2	67.20	235789.47	111
3	63.00	221052.63	104
เฉลี่ย	**64.11**	**224972.63**	**106**

ตารางที่ ข.2 แสดงความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ต่อ 8 ก้อน(วินาที)	ความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด (ก้อน/ชั่วโมง)
1	94.45	305
2	85.88	335
3	82.58	349
เฉลี่ย	**87.63**	**329**

ตารางที่ ข.3 ลักษณะของถุงก้อนเชื้อเห็ด

ถุงที่	ลักษณะถุง(ยับ/ไม่ยับ)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	ไม่ยับ	ไม่ยับ	ไม่ยับ
2	ไม่ยับ	ไม่ยับ	ไม่ยับ
3	ไม่ยับ	ไม่ยับ	ไม่ยับ
4	ไม่ยับ	ไม่ยับ	ไม่ยับ
5	ไม่ยับ	ยับ	ไม่ยับ
6	ไม่ยับ	ไม่ยับ	ไม่ยับ
7	ไม่ยับ	ยับ	ไม่ยับ
8	ยับ	ไม่ยับ	ยับ

ตารางที่ ข.4 ความหนาแน่นมวลรวมของก้อนเชื้อเห็ด

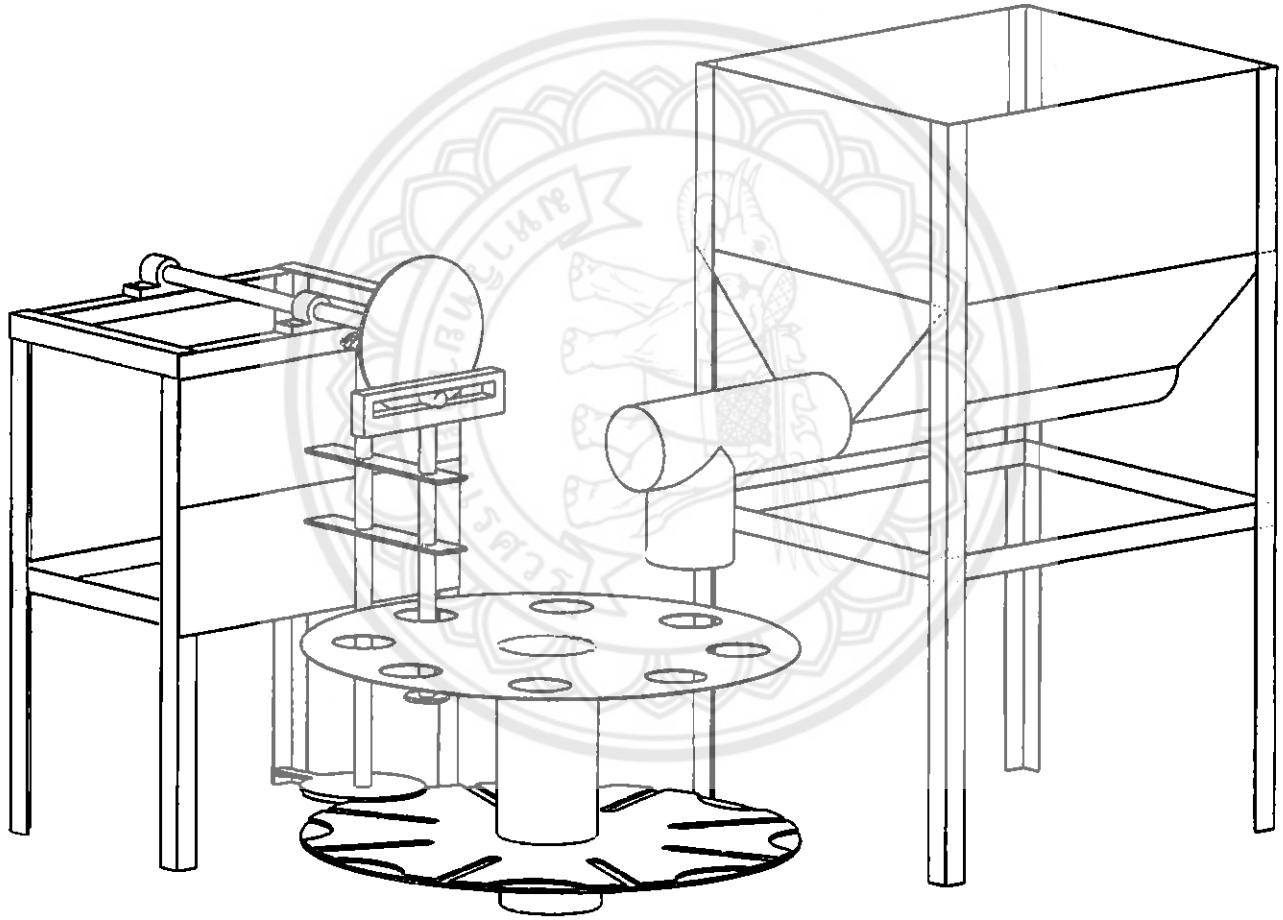
ก้อนที่	น้ำหนัก (g)	ความสูง (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	ความหนาแน่นมวลรวมของก้อนเชื้อเห็ด (g/cm^3)
1	710.79	18.5	10.73	0.425
2	696.96	18.3	10.63	0.429
3	715.23	18.6	10.73	0.425
4	721.67	18.1	10.57	0.454
5	753.00	18.7	10.76	0.443
6	725.28	18.6	10.66	0.437
7	743.08	18.8	10.73	0.437
8	684.24	17.7	10.63	0.435
เฉลี่ย	**718.78**	**18.41**	**10.68**	**0.436**

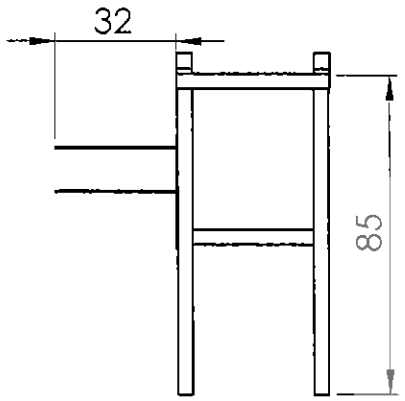
ตารางที่ ข.5 ความหนาแน่นมวลรวมของก้อนเชื้อเห็ดแต่ละส่วน

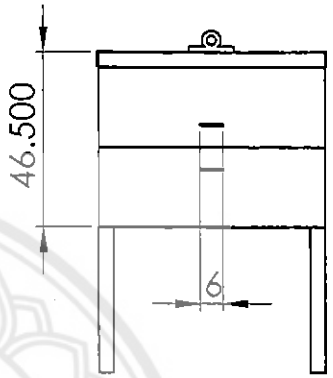
ก้อนที่	น้ำหนัก (g)			ความสูง (cm)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)			ความหนาแน่นมวลรวม แต่ละส่วน (g/cm^3)		
	บน	กลาง	ล่าง	บน	กลาง	ล่าง	บน	กลาง	ล่าง	บน	กลาง	ล่าง
1	224.05	233.55	253.18	6.20	5.90	6.40	10.47	10.72	10.69	0.42	0.438	0.441
2	226.01	235.48	235.47	6.00	6.10	6.20	10.56	10.69	10.72	0.43	0.43	0.421
3	229.12	237.31	248.81	6.30	6.20	6.10	10.56	10.66	10.79	0.415	0.429	0.446
4	235.96	241.09	244.62	6.10	6.00	6.00	10.56	10.85	10.72	0.441	0.434	0.452
5	243.57	245.46	263.98	6.10	6.20	6.40	10.56	10.69	10.82	0.456	0.441	0.448
6	230.13	239.66	255.49	6.00	6.20	6.40	10.50	10.60	10.72	0.443	0.438	0.442
7	248.22	249.34	245.52	6.30	6.20	6.30	10.66	10.82	10.72	0.441	0.437	0.432
8	222.53	230	231.71	5.90	5.90	5.90	10.50	10.63	10.66	0.435	0.439	0.44
เฉลี่ย	**232.45**	**238.99**	247.35	**6.11**	**6.09**	**6.21**	**10.55**	**10.71**	**10.73**	**0.435**	**0.436**	**0.44**

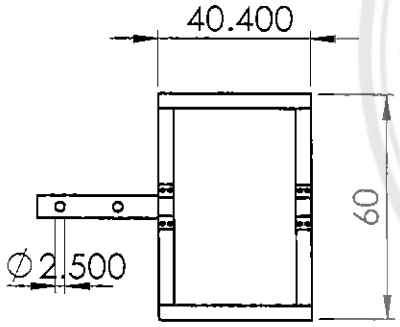
ภาคผนวก ค
แบบเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ

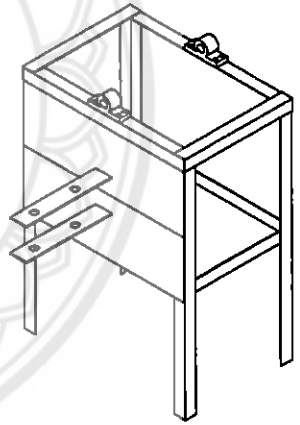
เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ











UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHKD			
APPVD			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

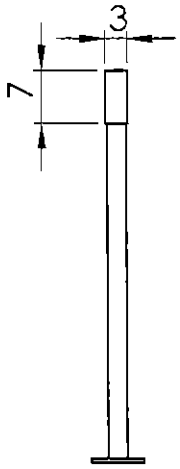
DWG NO. โครงสร้างเครื่องอัด

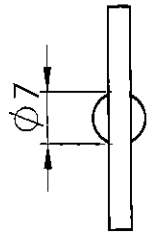
A4

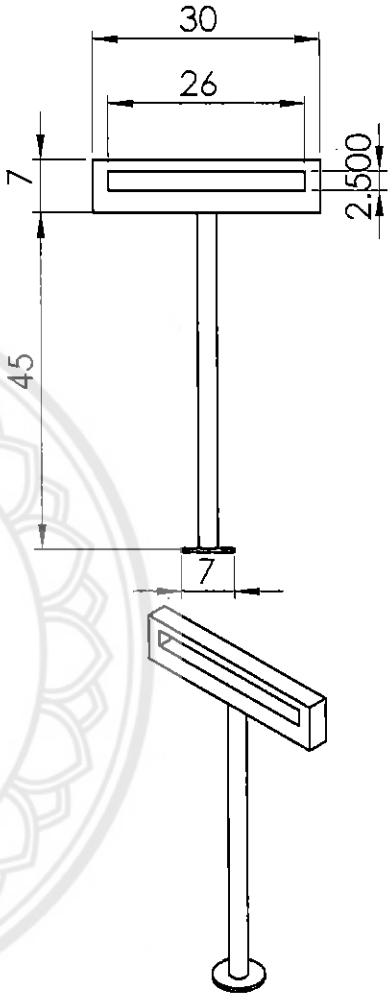
WEIGHT:

SCALE:1:20

SHEET 1 OF 1







UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

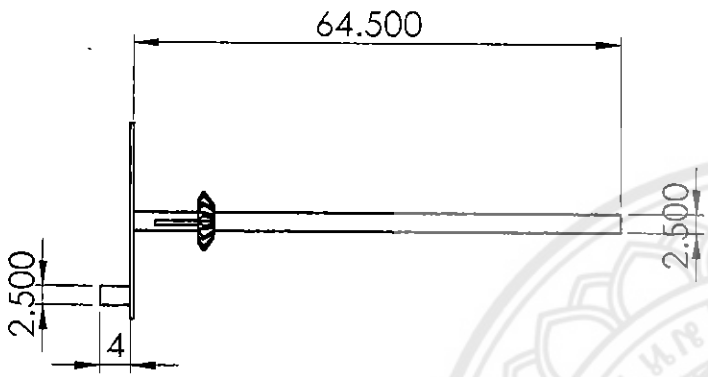
แท่งอัด

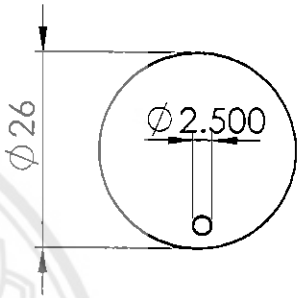
A4

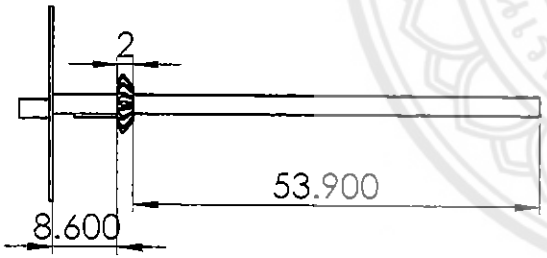
WEIGHT:

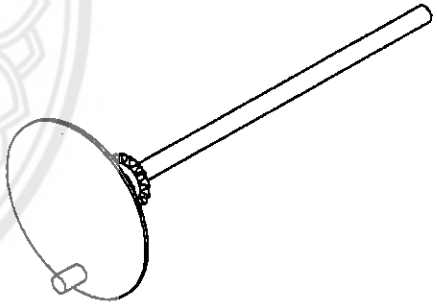
SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1









UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

MATERIAL:

WEIGHT:

TITLE:

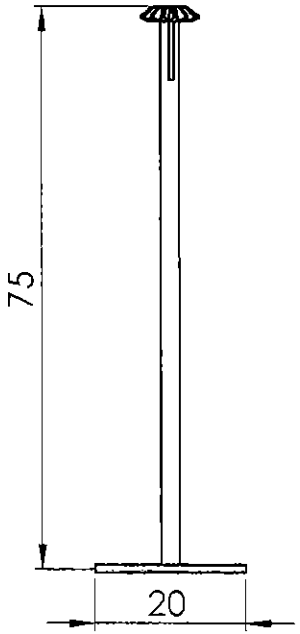
DWG NO.

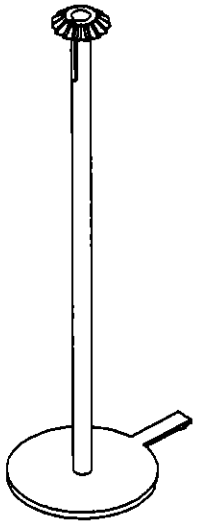
ก้านหมุนแท่งอัด

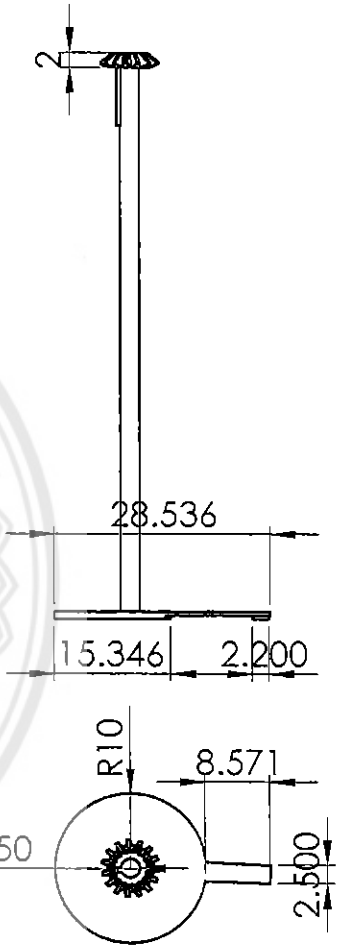
A4

SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1







UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

MATERIAL:

TITLE:

DWG NO.

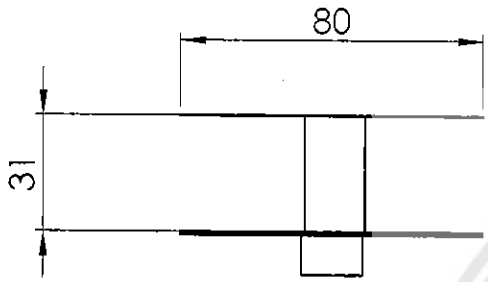
ตัวขับจานหมุน

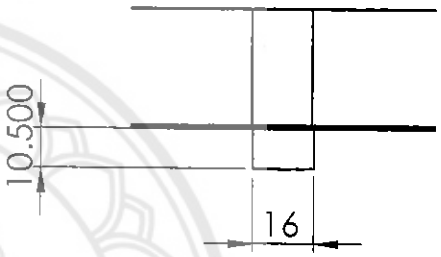
A4

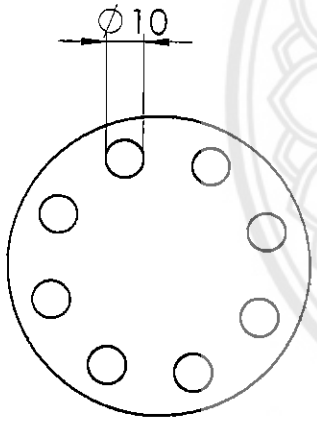
WEIGHT:

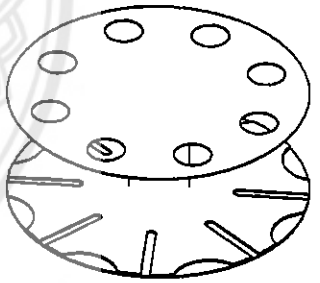
SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1





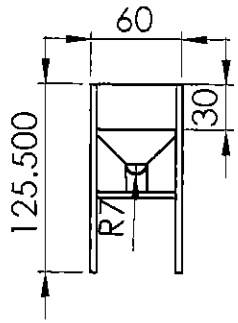


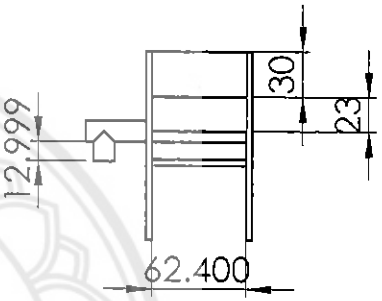


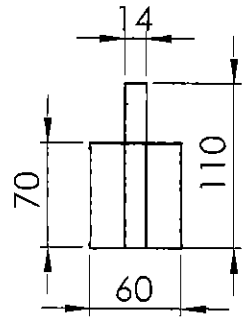
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A		MATERIAL:	DWG NO.
WEIGHT:		SCALE:1:20	SHEET 1 OF 1

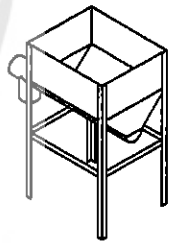
จานหมุน

A4









UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

ถังกรอก

A4

WEIGHT:

SCALE:1:50

SHEET 1 OF 1