สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา สำหรับการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ด จึงได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 การศึกษากระบวนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดของผู้ประกอบการและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดของผู้ประกอบการ ความสามารถในการผลิต เครื่องมือ อุปกรณ์และแรงงานที่ใช้ในการดำเนินการ รวมถึงข้อมูลที่จำเป็น เพื่อเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับกำหนดแนวคิดในการพัฒนาเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ด โดยการสุ่มสำรวจฟาร์มเห็ดของผู้ประกอบการ ที่มีการผลิตดอกและก้อนเชื้อเห็ดจำหน่าย จากศูนย์เชื้อพันธุ์เห็ดอีสาน จังหวัดกาฬสินธุ์ ศูนย์บำบัดยาเสพย์ติด จังหวัดขอนแก่น กระติ๊บฟาร์มเห็ด จังหวัดขอนแก่น คุณบัวฟาร์มเห็ด จังหวัดร้อยเอ็ด และคุณประดิษฐ์ฟาร์มเห็ด จังหวัดชัยภูมิ

3.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อและวัสดุเพาะเห็ด

คุณสมบัติทางกายภาพอันได้แก่ ขนาด รูปร่าง ปริมาตร ความหนาแน่น และคุณลักษณะทางกายภาพอื่น ๆ เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ เมื่อจะศึกษาถึงกระบวนการหรือการพัฒนาเครื่องมือให้มีหลักการทำงานที่เหมาะสมกับงานนั้น ๆ (บัณฑิต จริโมภาส, 2545) การศึกษาขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของก้อนเชื้อเห็ดและวัสดุเพาะเห็ด เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพัฒนาเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ และเป็นข้อกำหนดในการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินการดังนี้

3.2.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อเห็ด

การศึกษาคุณสมบัติของก้อนเชื้อเห็ดด้านน้ำหนักของก้อนเชื้อเห็ด ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ดและความชื้นของวัสดุเพาะที่ผู้ประกอบการนิยมปฏิบัติ สำหรับเป็นข้อมูลเบื้องต้นใช้พิจารณากำหนดหลักการทำงานของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ เพื่อให้สามารถผลิตก้อนเชื้อเห็ดให้มีคุณสมบัติของก้อนเชื้อเห็ดที่เหมาะสมตามที่ผู้ประกอบการนิยมปฏิบัติ โดยทำการเก็บข้อมูลจากฟาร์มเห็ดตัวอย่างจากกระติ๊บฟาร์มเห็ด จังหวัดขอนแก่น และคุณบัวฟาร์มเห็ด จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งมีการผลิตก้อนเชื้อเห็ดจำหน่ายทั้งการจำหน่ายดอกและก้อนเชื้อเห็ด ดำเนินการมาแล้วกว่า 14 ปี และศูนย์บำบัดยาเสพย์ติดขอนแก่น ซึ่งเป็นหน่วยงานราชการที่มีการฝึกอาชีพเพาะเห็ดและผลิตก้อนเชื้อเห็ดให้แก่ผู้เข้ารับการอบรมให้มีรายได้และสามารถนำไปประกอบอาชีพ ซึ่งดำเนินการมาแล้วกว่า 7 ปี

คุณสมบัติทางกายภาพบางประการของก้อนเชื้อเห็ด ได้แก่ น้ำหนักต่อก้อน ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ด และความชื้นของวัสดุเพาะเห็ดที่ผู้ประกอบการนิยมปฏิบัติ โดยก้อนเชื้อเห็ดที่เก็บตัวอย่างครั้งนี้ได้มาจากฟาร์มของผู้ประกอบการ คือ กระติ๊บฟาร์มเห็ด จังหวัดขอนแก่น และ คุณบัวฟาร์มเห็ด จังหวัดร้อยเอ็ด และศูนย์ราชการที่มีการเพาะเห็ด คือ ศูนย์บำบัดยาเสพย์ติด จังหวัดขอนแก่น สุ่มการเก็บตัวอย่างก้อนเชื้อเห็ดมาชั่งน้ำหนัก วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความสูง เพื่อคำนวณหาค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ด และสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุเพาะมาหาค่าความชื้น

3.2.1.1 วิธีดำเนินการศึกษา:

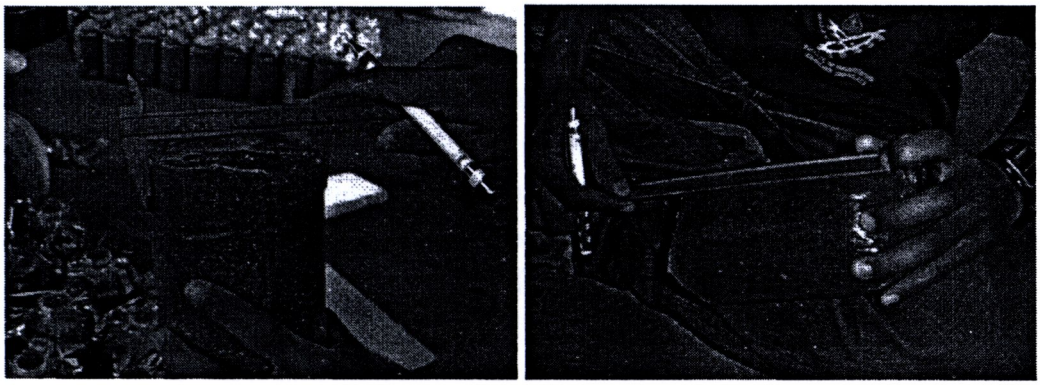
1) สุ่มเก็บตัวอย่างก้อนเชื้อเห็ดเพื่อหาค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ดจากฟาร์มตัวอย่าง จำนวนแหล่งละ 35 ก้อน ทำการวัดความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางเพื่อหาปริมาตร และชั่งน้ำหนักก้อนเชื้อเห็ด (ภาพที่ 3.1) นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ด จากสมการที่ (1)

$$\rho = \frac{M}{V} \qquad \text{---------- (1)}$$

เมื่อ ρ คือ ค่าความหนาแน่นของวัสดุ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

M คือ น้ำหนักของก้อนเชื้อเห็ด (กรัม)

V คือ ปริมาตรของก้อนเชื้อเห็ด (ลูกบาศก์เซนติเมตร)



ภาพที่ 3.1 การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงของก้อนเชื้อเห็ด

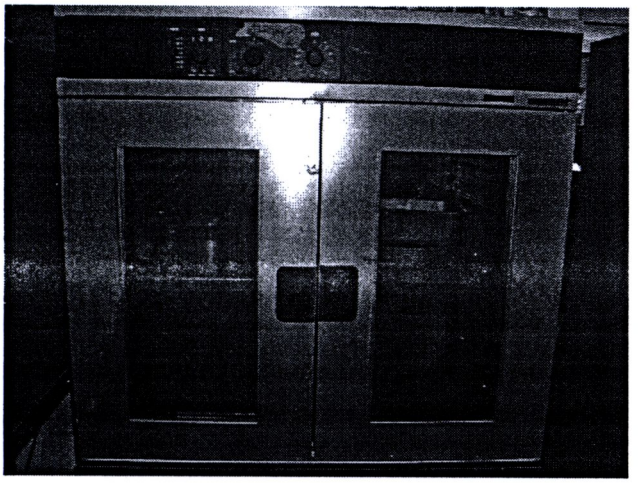
2) สุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุเพาะเชื้อเห็ดเพื่อนำมาหาค่าความชื้น โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุที่ผ่านการผสมแล้ว จำนวน 5 ตัวอย่าง ใส่ในกระป๋องเก็บตัวอย่าง นำมาชั่งน้ำหนัก นำเข้าตู้อบลดความชื้น (ภาพที่ 3.2) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส อบทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐานของ ASAE (คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเกษตร 1, 2550) แล้วนำมาชั่งน้ำหนักหลังอบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก จากสมการที่ (2)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (มาตรฐานเปียก)} = \frac{(\text{น้ำหนักของวัสดุก่อนอบ} - \text{น้ำหนักของวัสดุหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักของวัสดุก่อนอบ}} \qquad \text{---------(2)}$$

3.2.1.2 ค่าชี้ผลการศึกษา:

1) น้ำหนักต่อก้อนเชื้อเห็ด ค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ด

2) ความชื้นของวัสดุเพาะเห็ดที่ผ่านการผสม



ภาพที่ 3.2 ตู้อบลดความชื้นวัสดุ

3.2.2 ศึกษาคุณสมบัติทางการภาพของวัสดุเพาะเห็ด

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติบางประการของวัสดุเพาะเห็ด ให้ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องประกอบการพิจารณาออกแบบและกำหนดหลักการทำงานของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ โดยทำการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ด ได้แก่ ขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณที่ได้จากฟาร์มเห็ดของเกษตรกรในจังหวัดร้อยเอ็ดซึ่งสามารถใช้แทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราได้ดี ราคาถูก และรำอ่อนจากโรงสีข้าว

3.2.2.1 ขนาดอนุภาคของวัสดุ เป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณากำหนดวิธีการผสมวัสดุ พิจารณาจากขนาดเฉลี่ยและการกระจายตัวของอนุภาค โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุเพาะเห็ด คือ ขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณและรำอ่อน อย่างละ 5 ซ้ำๆละประมาณ 250 กรัม (อบก่อนที่อุณหภูมิ 100 °C จนมีน้ำหนักคงที่) นำมาร่อนด้วยเครื่องเขย่าและตะแกรงร่อน 7 ขนาด (ภาพที่ 3.3) ใช้เวลาเขย่า 5 นาที แล้วนำไปหาเปอร์เซ็นต์การผ่านรูตะแกรงเพื่อหาขนาดเฉลี่ยและการกระจายตัวของขนาดอนุภาคจากสัดส่วนโดยมวล (Henderson & Perry, 1980) ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคหาได้จากสมการที่ (3)

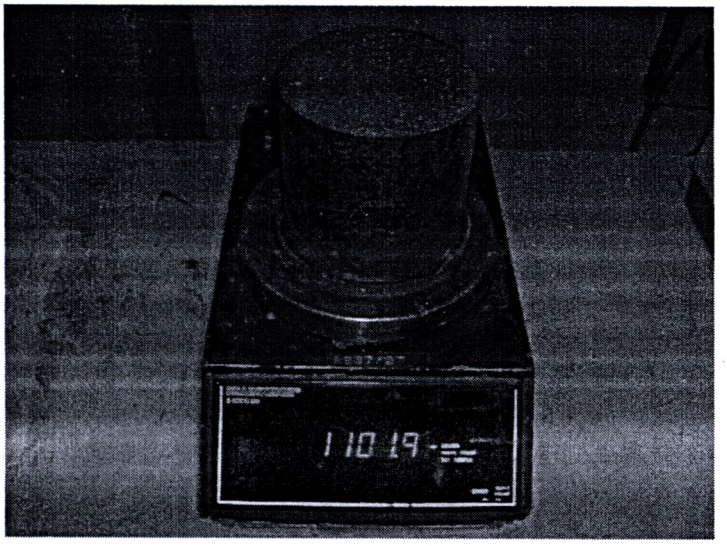
$$D = 0.0041(2)^{F.M.} \qquad \text{---------- (3)}$$

เมื่อ D = ขนาดของอนุภาคเฉลี่ย

F.M. = ค่าโมดูลัสความละเอียด

ภาพที่ 3.3 เครื่องเขย่าและตะแกรงร่อนวัสดุ

3.2.2.2 ความหนาแน่นรวมของวัสดุเพาะ เป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาออกแบบขนาดถังผสมให้สามารถรองรับวัสดุได้เพียงพอต่อความต้องการผสม โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุเพาะเห็ดได้แก่ ขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณ และ รำอ่อน ใส่วัสดุลงในภาชนะเก็บตัวอย่างทรงกระบอกที่รู้ปริมาตรและน้ำหนัก (ภาพที่ 3.4) แล้วนำไปชั่งและบันทึกข้อมูลน้ำหนัก เก็บตัวอย่างวัสดุทั้ง 2 ชนิด ๆ ละ 10 ตัวอย่าง และเก็บตัวอย่างวัสดุทั้ง 2 ชนิด ๆ ละ 5 ตัวอย่าง เพื่อคำนวณค่าความชื้นของวัสดุขณะทดสอบจากสมการที่ (2) ตวงวัสดุใส่ภาชนะให้เต็มแล้วปาดวัสดุเพาะให้เรียบเสมอกับขอบภาชนะแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก



ภาพที่ 3.4 การหาค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุเพาะเห็ด

ความหนาแน่นรวมของวัสดุสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$\rho = \frac{M}{V} \qquad \text{---------- (4)}$$

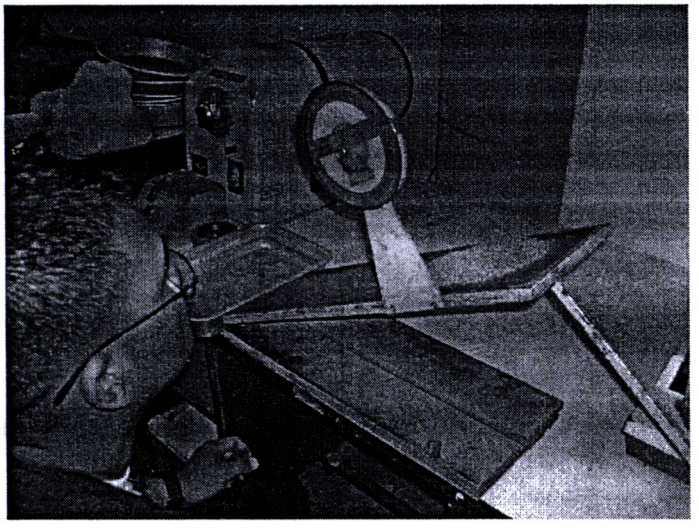
เมื่อ ρ คือ ค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
M คือ น้ำหนักของวัสดุ (กรัม)
V คือ ปริมาตรของภาชนะบรรจุ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.2.2.3 ความชื้นของวัสดุเพาะ เป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดเงื่อนไขการทดสอบและกำหนดอัตราส่วนของส่วนผสมในการทดสอบเพื่อให้ได้คุณสมบัติของวัสดุอยู่ในช่วงที่ผู้ประกอบการนิยมปฏิบัติ โดยนำตัวอย่างวัสดุที่ใช้ทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่าง มาชั่งน้ำหนัก นำเข้าตู้อบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส อบทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐานของ ASAE (คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเกษตร 1, 2550) แล้วนำมาชั่งน้ำหนักหลังอบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าความชื้น จากสมการที่ (2)

3.2.2.4 มุมเสียดทานการไหล เป็นตัวแปรที่เกี่ยวกับการออกแบบส่วนประกอบของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ด เช่น การเลือกวัสดุให้เหมาะสมและมุมของพื้นเอียงที่ทำให้วัสดุไหลได้ เป็นต้น ทดสอบหามุมเสียดทานโดยใช้อุปกรณ์ทดสอบหามุมเสียดทาน (ภาพที่ 3.5) วางขี้เลื่อยและรำอ่อนบนพื้นของอุปกรณ์ทดสอบหามุมเสียดทาน ยกพื้นขึ้นจนสังเกตเห็นวัสดุเริ่มไหลจากสภาวะหยุดนิ่ง จึงบันทึกค่ามุมที่อ่านได้ ทำการทดสอบกับพื้นรองรับที่เป็นวัสดุต่างกัน ได้แก่ แผ่นไม้ แผ่นพลาสติก และแผ่นเหล็ก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตของวัสดุ จากสมการที่ (5)

$$\mu = \tan\alpha \qquad \text{---------- (5)}$$

เมื่อ μ คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต
α คือ มุมเสียดทาน



ภาพที่ 3.5 การทดสอบหาค่ามุมเสียดทานวัสดุผสมขี้เลื่อยและรำอ่อน

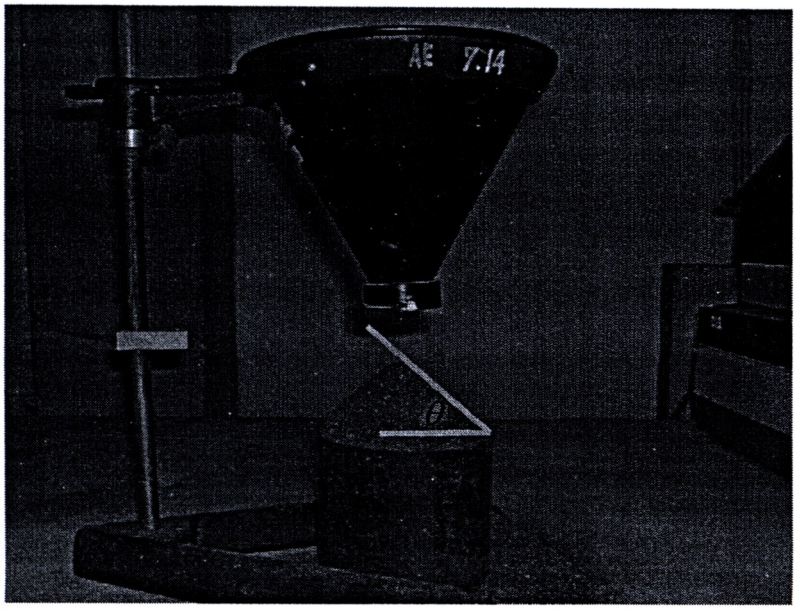
3.2.2.5 มุมกองของวัสดุ เป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาออกแบบอุปกรณ์จัดเก็บวัสดุให้มีปริมาตรรองรับปริมาณของวัสดุได้อย่างเหมาะสม โดยใช้อุปกรณ์หาค่ามุมกองที่มีฐานเป็นวงกลมที่ทราบเส้นผ่าศูนย์กลาง (ภาพที่ 3.6) ปล่อยวัสดุตกแบบอิสระและวัดความสูงจากฐานถึงปลายของกองวัสดุ และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่ามุมกอง จากสมการที่ (6)

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \qquad \text{---------- (6)}$$

เมื่อ θ คือ มุมกองของวัสดุ (Angle of repose)

y คือ ความสูงจากฐานถึงปลายของกองวัสดุ

x คือ ระยะจากกึ่งกลางฐานถึงขอบฐาน



ภาพที่ 3.6 การทดสอบหาค่ามุมกองวัสดุของขี้เลื่อยและรำอ่อน

จากวิธีการศึกษาคุณสมบัติทางการภาพของวัสดุเพาะเห็ด มีค่าชี้ผลการศึกษา ดังนี้

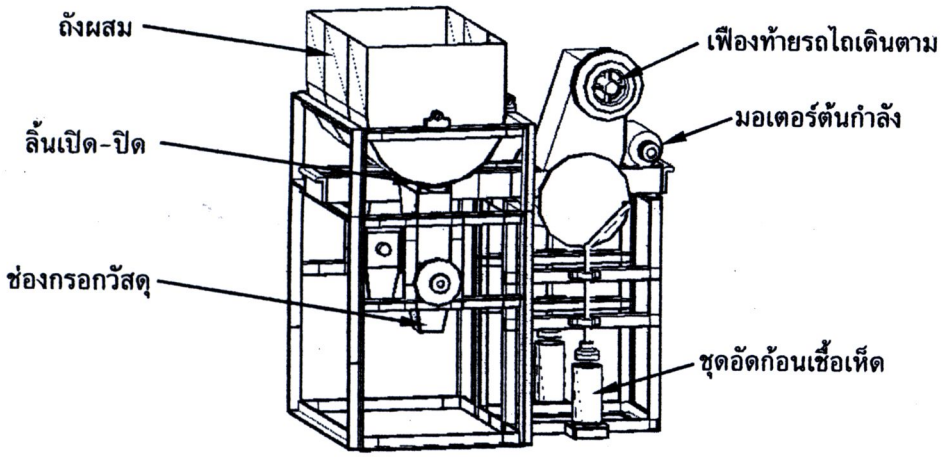
1) ขนาดอนุภาคของวัสดุเพาะเห็ด
2) ความหนาแน่นรวมของวัสดุ
3) ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุ
4) มุมเสียดทานและสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
5) มุมกองของวัสดุ

3.3 การทดสอบชุดผลิตก้อนเชื้อเห็ด

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหลักการทำงาน ทดสอบการทำงานโดยภาพรวม ของชุดผลิตก้อนเชื้อเห็ด และปัญหาในการทำงานของชุดผลิตก้อนเชื้อเห็ดเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ

3.3.1 การศึกษาหลักการทำงานของชุดผลิตก้อนเชื้อเห็ด

ชุดผลิตก้อนเชื้อเห็ดมีส่วนประกอบคือ ถังผสม ใบผสมแบบเกลียว (Ribbon) ชุดลิ้นเปิดปิดสำหรับเทวัสดุ ช่องกรอกวัสดุ 2 ข้าง ชุดอัดก้อนเชื้อเห็ด ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า ถ่ายทอดกำลังด้วยชุดเฟืองท้ายรถไถเดินตาม (ภาพที่ 3.7) ใช้คนควบคุมการทำงาน 5 คน ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากผสมวัสดุโดยใช้คนเทส่วนผสมสำหรับเพาะเห็ดลงในถังผสมแล้วเติมน้ำตามสัดส่วนให้ได้ความชื้นที่พอเหมาะ หลังจากผสมเสร็จแล้ว ทำการกรอกวัสดุโดยใช้ถุงรองที่ช่องกรอกวัสดุแล้วดึงลิ้นเปิดเปิดให้วัสดุไหลออกจากถังผสม แล้วจึงนำถุงที่กรอกได้ไปอัด โดยบรรจุถุงขี้เลื่อยที่ได้จากการกรอกลงในกระบอกสำหรับอัดก้อน และมีหัวอัดทำหน้าที่อัดก้อนเชื้อเห็ดในกระบอกอัดให้มีความหนาแน่น

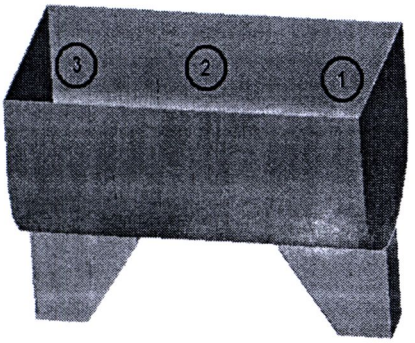


ภาพที่ 3.7 ส่วนประกอบหลักของชุดผลิตก้อนเชื้อเห็ด

3.3.2 การทดสอบชุดผลิตก้อนเชื้อเห็ด

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการทำงานของชุดผลิตก้อนเชื้อเห็ดโดยภาพรวมและหาค่าความสามารถในการทำงานกระบวนการต่าง ๆ ของชุดผลิตก้อนเชื้อเห็ด สำหรับการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การผสมวัสดุเพาะ และการอัดก้อนเชื้อเห็ด

3.3.2.1 ศึกษาและหาเวลาที่เหมาะสมในการผสมวัสดุเพาะเห็ดทำการศึกษาที่เวลา 5 10 15 20 และ 25 นาที ตามลำดับ ค่าชี้ผลการศึกษาคือ ความสม่ำเสมอของความชื้น กำหนดวัสดุในการผสมคือ ขี้เลื่อย 6 กิโลกรัม และน้ำ 9 ลิตร เก็บตัวอย่างวัสดุที่ผสม 3 จุด ๆ ละ 3 ซ้ำ ตามแนวยาวของถังผสมและลึกจากขอบถังผสมด้านบน 2/3 เท่าของความสูงของถังผสม (ภาพที่ 3.8) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการผสม ณ จุดต่าง ๆ โดยพิจารณาถึงความสม่ำเสมอของความชื้น ณ จุดทั้ง 3 จุดที่เวลานั้น ๆ ซึ่งค่าความชื้นหาได้จากสมการที่ (2)



ภาพที่ 3.8 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างวัสดุ

3.3.2.2 ศึกษาความเร็วของระดับเกียร์ที่ใช้อัดและจำนวนครั้งในการอัด คือ ใช้เกียร์ 1 (ความเร็วในการผสม 18.9 รอบต่อนาที) และเกียร์ถอยหลัง (ความเร็วในการผสม 14.2 รอบต่อนาที) อัด 1 ครั้ง และ อัด 2 ครั้ง ค่าชี้ผลคือ ความสามารถในการอัดและความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ด ทดสอบการอัดก้อน แล้วทำการจับเวลาที่ใช้ในการอัดก้อนเชื้อเห็ด แล้วนำตัวอย่างก้อนเชื้อเห็ดที่ได้ไปวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง และชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ด

ค่าชี้ผลการศึกษา :

1) ความสามารถในการทำงานเชิงวัสดุ หรือความสามารถในการอัดก้อนเชื้อเห็ด มีหน่วยเป็นก้อนต่อชั่วโมง ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (7)

$$MC = MO/T \qquad \text{---------- (7)}$$

เมื่อ MC = ความสามารถในการทำงานเชิงวัสดุ (ก้อน/ชั่วโมง)

MO = จำนวนถุงที่อัดได้ได้ (ก้อน)

T = เวลาที่ใช้ในการกรอกถุง (ชั่วโมง)

2) ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ด มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (4)

3.4 การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดสำหรับทดสอบ

การศึกษาในขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดสำหรับทดสอบ เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ โดยพิจารณาจากข้อมูลการศึกษากระบวนการผลิตก้อนเชื้อเห็ด คุณสมบัติของวัสดุเพาะเห็ด และการศึกษาหลักการทำงานและทดสอบการทำงานเบื้องต้นของชุดผลิตก้อนเชื้อเห็ด ในหัวข้อที่ 3.1 ถึง 3.3 จากข้อมูลการศึกษาดังกล่าว การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ด จึงมีเกณฑ์การออกแบบและรายละเอียดของส่วนประกอบของเครื่อง ดังนี้

3.4.1 เกณฑ์การออกแบบเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ด

เกณฑ์การออกแบบเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ด มีข้อกำหนดที่สำคัญ ดังนี้

1) เครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดที่มีความสามารถในการผลิตไม่น้อยกว่า 1,340 ก้อนต่อวัน

2) ผลผลิตก้อนเชื้อเห็ดที่ได้จากการใช้เครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดนี้ ต้องมีความหนาแน่น 0.63 ถึง 0.81 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

3) เป็นเครื่องที่รวมขั้นตอนการทำงานหลัก ได้แก่ การผสม การบรรจุวัสดุลงถุง และการอัดก้อนเชื้อเห็ด ให้อยู่ในเครื่องเดียวกัน เครื่องสามารถทำงานได้ต่อเนื่องและเคลื่อนย้ายได้สะดวก

4) เครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดมีระบบการทำงานไม่ซับซ้อนเกินไป ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่าย

3.4.2 รายละเอียดการออกแบบเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ

จากข้อมูลการศึกษาในหัวข้อที่ 3.1 ถึง 3.3 และเกณฑ์ในการออกแบบดังกล่าวข้างต้น รายละเอียดส่วนประกอบของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบซึ่งมีส่วนประกอบหลัก ดังนี้

3.4.2.1 ถังผสม จากข้อมูลการศึกษาที่ได้จากการสอบถามผู้ประกอบการมีความสามารถผลิตก้อนเชื้อเห็ดเฉลี่ย 1,340 ก้อนต่อวัน โดยผู้ประกอบการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการผสมวัสดุเพาะแล้วกองกับพื้นเพื่อกรอกถุงและอัดก้อน เวลา 1 ใน 4 ของเวลาในการทำงานต้องใช้ในการผสมวัสดุ และจากการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุเพาะในหัวข้อที่ 3.2 วัสดุที่ศึกษา คือ ขี้เลื่อยและรำอ่อน พบว่า ขี้เลื่อยมีความหนาแน่นรวมเฉลี่ย 0.17 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ 173.02 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นวัสดุเพาะ 13 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) น้ำหนักเฉลี่ยของก้อนเชื้อเห็ดที่ได้จากการศึกษา 0.96 กิโลกรัม และจากการศึกษาของระวิน สืบค้า (2541) พบว่า ก้อนเชื้อเห็ด 1 ก้อน หนักประมาณ 1 กิโลกรัม และมีความชื้นประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก)

ก้อนเชื้อเห็ด 1 ก้อนมีน้ำผสมอยู่ = 65-13 = 52 เปอร์เซ็นต์
ก้อนเชื้อเห็ด 1 ก้อนใช้วัสดุเพาะ = [(100-52)/100] x1000= 480 กรัม
ก้อนเชื้อเห็ด 1,340 ก้อนใช้วัสดุเพาะ = 1,340x480/1,000 = 643 กิโลกรัม

ถังผสมที่ออกแบบเป็นถังผสมแนวนอนครึ่งวงกลม มีขนาดที่สามารถรองรับปริมาณการผสมวัสดุเพาะเห็ดแต่ละครั้ง จากคุณสมบัติของวัสดุซึ่งมีลักษณะเป็นของแข็งและอนุภาคขนาดเล็ก ดังนั้น จึงเลือกออกแบบถังผสมแนวนอนรูปครึ่งวงกลม ปิดหัวท้าย ภายในมีชุดผสมวัสดุ เพื่อให้การออกแบบครอบคลุมถึงการสูญเสียของวัสดุเพาะในกรณีต่าง ๆ เช่น วัสดุตกค้างในถังผสม เป็นต้น จึงกำหนดให้ใช้วัสดุเพาะ 650 กิโลกรัม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นขี้เลื่อย จึงใช้ค่าความหนาแน่นรวมของขี้เลื่อยซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.17 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มาพิจารณา กำหนดให้เครื่องผสมวัสดุได้ครั้งละ 25 กิโลกรัม ปริมาตรของวัสดุที่ใช้ผสมแต่ละครั้ง = (25/0.17)/1,000 = 0.12 ลูกบาศก์เมตร

ถังผสมแนวนอนครึ่งวงกลม (ภาพที่ 3.9) เมื่อพิจารณาตามแนวขวาง จะเห็นว่าลักษณะของถังผสมแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นครึ่งวงกลมและส่วนที่เป็นสี่เหลี่ยม จากการทดสอบผสมวัสดุเพาะเห็ดด้วยถังผสมแนวนอน พบว่า สามารถผสมวัสดุเพาะได้ 3 ใน 4 ส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางใบผสมซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับความกว้างของถังผสม (D) จึงประมาณได้ว่า ถังผสมสามารถผสมวัสดุได้ 3/4 ของความกว้างของถังผสม ปริมาตรของถังผสมหาได้จากสมการที่ (8) และสมการที่ (9)

กรณีผสมได้ครึ่งถังผสม :

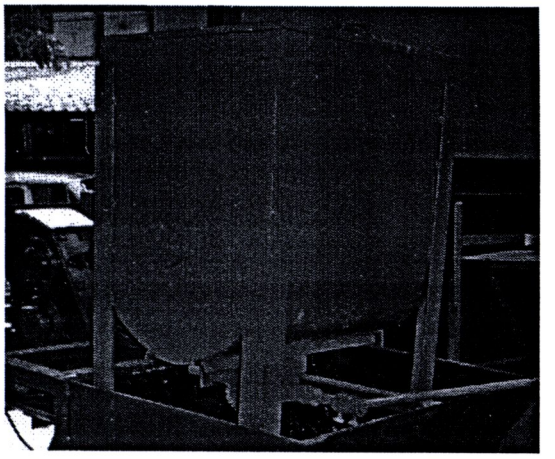
$$\text{ปริมาตรในการผสม} = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{4}D^2\right)L \qquad \text{---------- (8)}$$

กรณีผสมได้ (3/4) ของใบผสม :

$$\text{ปริมาตรในการผสม} = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{4}D^2\right)L+\left(\frac{D}{4}\times D\times L\right) \qquad \text{---------- (9)}$$

เมื่อ D คือ ความกว้างของถังผสม

L คือ ความยาวของถังผสม



ภาพที่ 3.9 ลักษณะถังผสมแนวนอนครึ่งวงกลม

ถังผสมต้องสามารถรองรับปริมาณวัสดุที่ผสมแต่ละครั้ง นั่นคือต้องมีปริมาตรมากกว่า 0.12 ลูกบาศก์เมตร และวัสดุในขณะที่กำลังผสมจะถูกกวนผสมให้เข้ากัน เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุที่ผสมกระเด็นออกมานอกถังในช่วงที่ทำการผสม จึงออกแบบให้ความสูงจากศูนย์กลางของแกนเพลาผสมเป็น 3 ใน 4 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางถังผสม ซึ่งความสูงของถังผสมจากเพลาผสมหาได้จากสมการที่ (10)

$$\text{ความสูงของถังผสมจากเพลาผสม (H)} = \frac{3}{4}D \qquad \text{---------- (10)}$$

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ดังนั้น ปริมาตรของถังผสมหาได้จากสมการที่ (11)

$$\text{ปริมาตรของถังผสม} = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{4}D^2\right)L + \left(\frac{3}{4}D \times D \times L\right) \qquad \text{---------- (11)}$$

คำนวณหาค่าปริมาตรในการผสมและปริมาตรของถังผสม โดยการแปรค่าความกว้าง (D) และความยาว (L) ของถังผสม ลงในสมการ (9) และ (11) โดยกำหนดความกว้าง (D) ของถังผสมมีค่าเริ่มต้น 0.4 เมตร เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.1 เมตร จนมีค่าถึง 0.9 เมตร และความยาวมีค่าเริ่มต้นจาก 0.4 เมตร เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.1 เมตร จนมีค่าถึง 1.0 เมตร

เมื่อกำหนดให้ D = 0.4 เมตร และ L = 0.4 เมตร แทนค่าลงในสมการที่ (9) และ (11)

จากสมการที่ (9); ปริมาตรในการผสม = 0.03 ลูกบาศก์เมตร

จากสมการที่ (11); ปริมาตรของถังผสม = 0.07 ลูกบาศก์เมตร

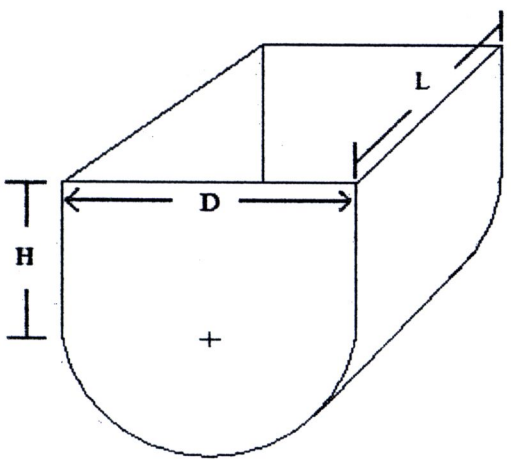
เมื่อกำหนดให้ D = 0.6 เมตร และ L = 0.9 เมตร แทนค่าลงในสมการที่ (9) และ (11)

จากสมการที่ (9); ปริมาตรในการผสม = 0.12 ลูกบาศก์เมตร

จากสมการที่ (11); ปริมาตรของถังผสม = 0.37 ลูกบาศก์เมตร

แทนค่า D = 0.6 เมตร ลงในสมการ (10) จะได้ความสูงของถังผสมจากเพลาผสม (H) = 0.45 เมตร

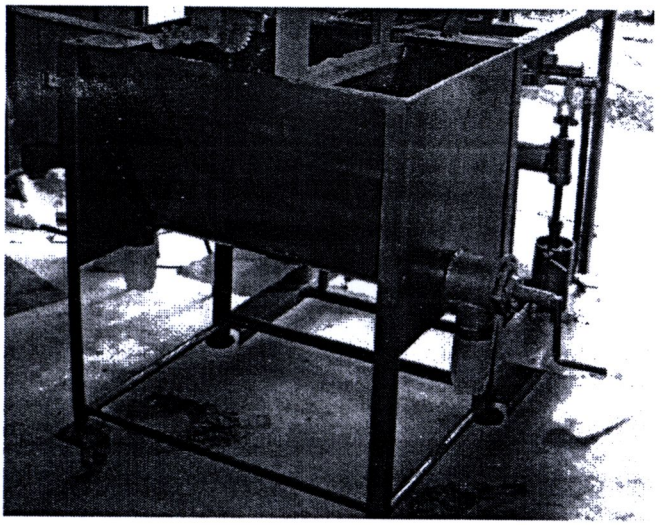
ดังนั้น จึงเลือกออกแบบให้ถังผสมมีขนาดกว้าง (D) = 0.6 เมตร ยาว (L) = 0.9 เมตร และมีความสูง จากแกนกลางเพลาถึงขอบถังด้านบน (H) = 0.45 เมตร (ภาพที่ 3.10)



ภาพที่ 3.10 ลักษณะของถังผสม และมิติในด้านกว้าง (D) ยาว (L) และสูง (H)

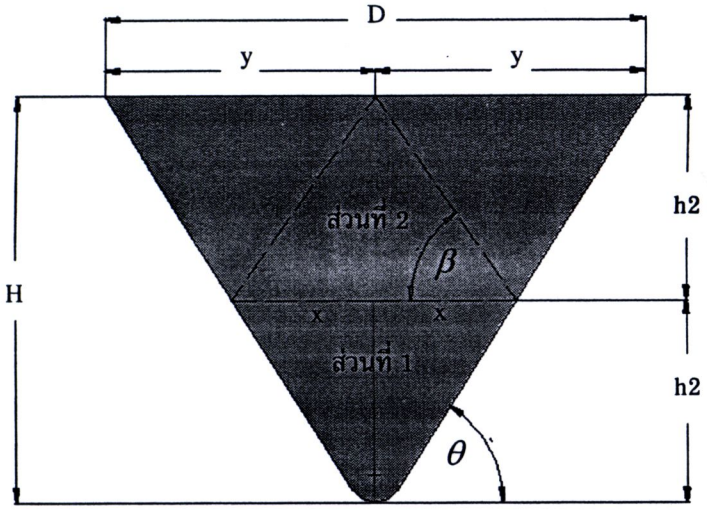
3.4.2.2 ถังพักวัสดุ (ภาพที่ 3.11) เพื่อให้การผสมทำได้ต่อเนื่องหลังจากผสมวัสดุเพาะเสร็จจึงจำเป็นต้องมีถังสำหรับพักวัสดุและเตรียมกรอกลงถุง ซึ่งการออกแบบพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุด้านมุมเสียดทานของวัสดุและมุมกองของวัสดุ จากข้อมูลการศึกษาคุณสมบัติทางการภาพของวัสดุในหัวข้อที่ 3.2 พบว่า ขี้เลื่อยและรำอ่อนเมื่อทดสอบกับแผ่นเหล็กมีค่ามุมเสียดทานเฉลี่ย 36.99 องศา และ 41.45 องศาตามลำดับ เพื่อให้วัสดุเกิดการไหลได้ต้องออกแบบให้มีมุมมากกว่ามุมเสียดทานเพื่อเอาชนะ

แรงเสียดทานของผนังถังพัก กำหนดให้มุมเสียดทานเป็น 60 องศา และมุมกองของขี้เลื่อยและรำอ่อนมีค่าเฉลี่ย 35.03 องศา และ 44.50 องศา ตามลำดับ จึงเลือกใช้แผ่นเหล็กเป็นวัตถุในการสร้างถังพักและออกแบบให้ถังพักมีลักษณะหน้าตัดทรงสามเหลี่ยม และส่วนล่างเป็นลักษณะโค้งสำหรับติดตั้งอุปกรณ์กรอกวัสดุ



ภาพที่ 3.11 ลักษณะของถังพักวัสดุ

พิจารณาวัสดุที่ได้จากการผสม พบว่า ในการผสมวัสดุ 1 ครั้ง ใช้วัสดุ 25 กิโลกรัม ผสมให้ได้ความชื้นประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) (ระวิน สืบค้า, 2541) ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุเพาะที่ได้จากการศึกษาเฉลี่ย 16 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ต้องเพิ่มความชื้น = 65-16 = 49 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นต้องผสมน้ำ = (49x25)/100 = 12.25 ลิตร หลังจากผสมเสร็จ 1 ครั้งจะได้วัสดุที่ผมแล้วหนัก 25+12.25 = 37.25 กิโลกรัม หรือประมาณ 40 กิโลกรัม และจากการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเบื้องต้น พบว่า วัสดุที่ผสมแล้วมีความหนาแน่นรวมเฉลี่ย 0.54 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร กำหนดให้ปริมาณวัสดุในถังพักเป็น 2.5 เท่าของวัสดุจากการผสมหรือ 2.5 เท่าของ 40 กิโลกรัม เท่ากับ 100 กิโลกรัม ดังนั้น วัสดุในถังพักมีปริมาตร (v) =(100x1000)/0.54 = 185,185 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อประมาณลักษณะการกองของวัสดุหลังจากเทออกจากถังผสม สามารถประมาณได้ว่าภาพหน้าตัดประกอบด้วยพื้นที่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่มีลักษณะเป็นพื้นที่สามเหลี่ยม และส่วนที่ 2 ประมาณว่ามีลักษณะเป็นพื้นที่สามเหลี่ยมเช่นกัน (ภาพที่ 3.12) กำหนดค่ามุมเสียดทานประมาณ 60 องศา และมุมกองมีค่าประมาณ 35 องศา



ภาพที่ 3.12 ลักษณะภาพหน้าตัดของถังพักวัสดุ

กำหนดให้ x = 30 เซนติเมตร หาค่า h_1 และ h_2 จากสมการที่ (12)

$$\tan\theta = \frac{h}{x} \qquad \text{---------- (12)}$$

เมื่อมุมเสียดทาน θ = 60 องศา จะได้ h1 = 52 เซนติเมตร
เมื่อมุมกองวัสดุ β = 35 องศา จะได้ h2 = 21 เซนติเมตร

พื้นที่หน้าตัดของลักษณะการกองของวัสดุในถังพัก ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ประมาณว่าเป็นหน้าตัดรูปสามเหลี่ยม ดังนั้น หาพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด จากสมการที่ (13)

พื้นที่หน้าตัดทั้งหมด = พื้นที่หน้าตัดส่วนที่ 1 + พื้นที่หน้าตัดส่วนที่ 2

$$A = 2\left(\frac{1}{2}\times h_1 \times x\right) + 2\left(\frac{1}{2}\times h_2 \times x\right) \qquad \text{---------- (13)}$$

แทนค่า h_1 = 52 เซนติเมตร h_2 = 21 เซนติเมตร และ x = 30 เซนติเมตร ลงในสมการที่ (13) จะได้ พื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (A) = 2,189 ตารางเซนติเมตร คำนวณหาความยาวของถังผสมได้จากสมการที่ (14)

$$\text{ความยาวของถังพัก (L)} = \frac{\text{ปริมาตรของวัสดุในถังผสม (ลบ.ซม.)}}{\text{พื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (ตร.ซม.)}} \qquad \text{---------- (14)}$$

$$\text{ความยาวของถังพัก (L)} = \frac{185{,}185}{2{,}189} = 84.60 \text{ เซนติเมตร}$$

ดังนั้น ความยาวของถังพัก (L) = 85 เซนติเมตร

ความกว้างของถังพัก (D) หาได้จาก

จากสมการตรีโกณมิติ ; $\tan\alpha = \frac{y}{H}$ ---------- (15)

เมื่อ y = ครึ่งหนึ่งของความกว้างถังพัก (D/2)

H = ความสูงของถังพัก = h_1+h_2 = 52+21 = 73 เซนติเมตร

α = 30 องศา (มุมตรงข้ามมุมเสียดทาน)

แทนค่าลงในสมการ (15) และแก้สมการ จะได้ y = 42 เซนติเมตร ดังนั้น ความกว้างของถังพัก (D) = 2y = 84 เซนติเมตร

พิจารณาพื้นที่หน้าตัดของถังพักซึ่งประมาณว่ามีลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยม คำนวณปริมาตรถังพัก จากสมการที่ (16)

ปริมาตรถังพัก (V) = (D x H x L)/2 ---------- (16)

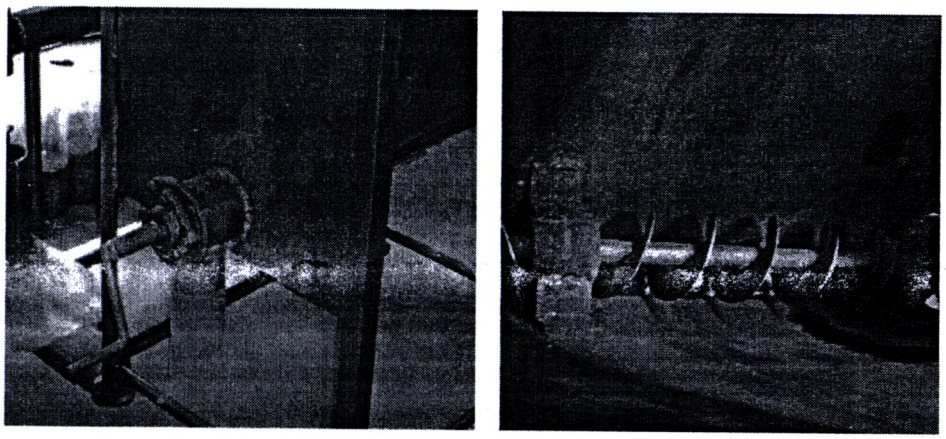
เมื่อ D = ความกว้างของถังพัก (เซนติเมตร)

H = ความสูงของถังพัก = h1+h2 (เซนติเมตร)

L = ความยาวของถังพัก (เซนติเมตร)

แทนค่า D = 84 เซนติเมตร H = 73 เซนติเมตร และ L = 85 เซนติเมตร ลงในสมการ (16) จะได้ปริมาตรถังพัก (V) = 260,610 ลูกบาศก์เซนติเมตร (เท่ากับ 0.26 ลูกบาศก์เมตร)
จะเห็นว่า ถังพักมีปริมาตรครอบคลุมปริมาตรของวัสดุเพาะที่ได้จากการผสม ดังนั้น การออกแบบถังพักจึงออกแบบถังพักให้มีขนาด กว้าง (D) = 84 เซนติเมตร ยาว (L) = 85 เซนติเมตร และสูง (H) = 73 เซนติเมตร

3.4.2.3 ชุดกรอกวัสดุ (ภาพที่ 3.13) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่บรรจุวัสดุที่ผ่านการผสมลงถุงเพื่อนำไปอัดเป็นก้อนเชื้อเห็ด ในการออกแบบอุปกรณ์กรอกวัสดุเพื่อให้สัมพันธ์กับลักษณะของถังพัก ซึ่งด้านล่างมีลักษณะโค้ง ดังนั้น จึงเลือกออกแบบให้เป็นลักษณะของเกลียวลำเลียง เพราะกลไกการทำงานไม่ซับซ้อน สามารถลำเลียงวัสดุออกได้สม่ำเสมอ ซึ่งปริมาณของวัสดุที่ถูกลำเลียงออกขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเกลียวและขนาดของเกลียว (Woodcock & Mason, 1987) เนื่องจากส่วนล่างของถังพักเป็นลักษณะโค้งท่อขนาดประมาณ 10 เซนติเมตร ดังนั้น จึงเลือกใช้เกลียวขนาด (D_{sc}) 10.16 เซนติเมตร (4 นิ้ว) ระยะพิต (ระยะระหว่างสันเกลียวถึงอีกสันเกลียวหนึ่ง, λ) ต้องไม่เกินขนาดของเกลียวกำหนดให้เท่ากับขนาดของเกลียว โดยทั่วไปความหนาของเกลียว (t) 0.3 เซนติเมตร (0.13 นิ้ว) และเลือกใช้เพลา (D_{sh}) ขนาด 1.9 เซนติเมตร (0.75 นิ้ว) ความยาวเกลียวลำเลียง 1 เมตร



ภาพที่ 3.13 ชุดกรอกวัสดุ และเกลียวลำเลียงวัสดุเพาะเห็ด

3.4.2.4 ชุดอัดก้อนเชื้อเห็ด (ภาพที่ 3.14) ทำหน้าที่อัดก้อนเชื้อเห็ดที่ได้จากการกรอกวัสดุให้มีความหนาแน่น จากการศึกษาของสมศักดิ์ พินิจด่านกลาง (2552) พบว่า ก้อนเชื้อเห็ดจะมีความหนาแน่นประมาณ 0.64 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จากข้อมูลการศึกษาคุณสมบัติของก้อนเชื้อเห็ดเมื่ออัดก้อนแล้วถุงมีขนาดกว้างเฉลี่ย 10 เซนติเมตร และถุงก้อนเชื้อเห็ดยาวเฉลี่ย 25 เซนติเมตร ต้องอัดวัสดุลงไป 35 เปอร์เซ็นต์ของถุง จะทำให้ได้ก้อนเชื้อเห็ดที่มีความหนาแน่นพอเหมาะ นั่นคือ ต้องอัดวัสดุลงไป = 35x25/100 = 8.75 เซนติเมตร ดังนั้น ความสูงของก้อนเชื้อเห็ด = 25-8.75 = 16.25 เซนติเมตร จากการข้อมูลการศึกษาคุณสมบัติของก้อนเชื้อเห็ด พบว่า ก้อนเชื้อเห็ดมีความสูงเฉลี่ย 16 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 10 เซนติเมตร ดังนั้น จึงออกแบบให้กระบอกอัดสูง 20 เซนติเมตร และกว้าง 10 เซนติเมตร เป็นทรงกระบอกผ่าซีก มีลักษณะเป็นบานพับเพื่อให้การบรรจุก้อนเพื่ออัดทำได้ง่ายและมีกลไกปิดกระบอกแบบง่ายเพื่อให้ครอบคลุมความกว้างและความสูงของก้อนเชื้อเห็ด

จากการศึกษาของระวิน สืบค้า (2541) พบว่า ต้องออกแรงกด 36 กิโลกรัม เพื่อให้อัดก้อนเชื้อเห็ดได้ความหนาแน่นที่เหมาะสม ดังนั้น แรงที่ใช้กดเท่ากับ 353.16 นิวตัน ($36 \times 9.81\ kg\text{-}m/s^2$)

สมมติให้ขนาดของเพลาอัด = d เมตร

พื้นที่หน้าตัดของเพลาอัด = $\frac{\pi d^2}{4}$ ตารางเมตร

เพลาอัดต้องรับแรง = 353.16 นิวตัน

$$\text{Compressive stress} = 353.16 / \left[\frac{\pi d^2}{4}\right] \qquad \text{---------- (17)}$$

แรงอัดในการออกแบบ (Design stress) = Compressive stress /ค่าความปลอดภัย

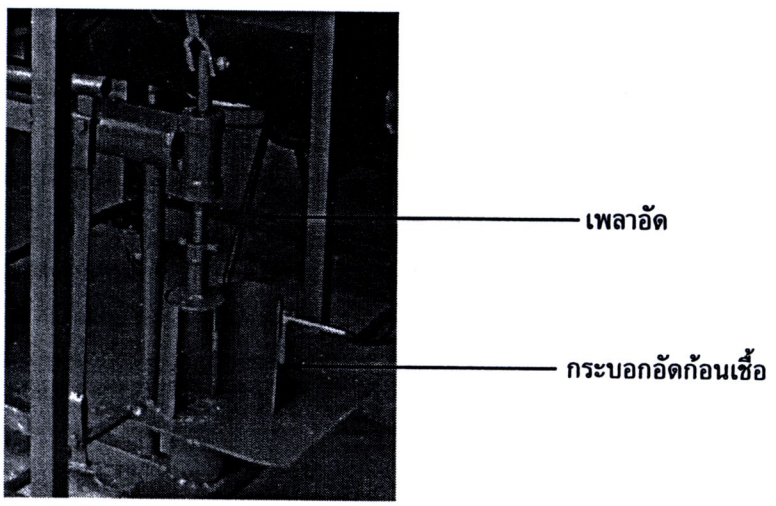
เหล็กโครงสร้างมีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงในช่วง 450 ถึง 600 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร (MN/m^2) (ระวิน สืบค้า, 2541) เลือกใช้ที่ 450 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร (MN/m^2) ค่าความปลอดภัยของวัสดุในกรณีเป็นการรับแรงกระแทกอย่างหนัก ค่าความปลอดภัยมีค่า 10 ถึง 15 (ชุมพล ศฤงคารศิริ, 2545)

เลือกใช้ค่าความปลอดภัย 12 ในการออกแบบดังนั้น Design stress = 450/12 = 37.5 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร จากสมการ (17) จะได้

$$37.5 = 353.16/\left[\frac{\pi d^2}{4}\right]$$

จะได้ $$\frac{\pi d^2}{4} = 353.16/37.5$$

จะได้ d = 12.0 มิลลิเมตร ดังนั้น ต้องเลือกเพลาอัดที่มีขนาด 12.0 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) ขึ้นไปจึงจะเหมาะสมกับแรงกด 36 กิโลกรัม ในการออกแบบชุดอัดก้อนเชื้อเห็ด ใช้กระบอกอัดผ่าซีกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร และใช้เพลาอัดขนาด 1 นิ้ว เพื่อให้หัวอัดสามารถกดวัสดุลงในกระบอกอัดได้จึงออกแบบให้ขนาดหัวอัดเล็กกว่าขนาดกระบอกอัด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวอัด 9 เซนติเมตร

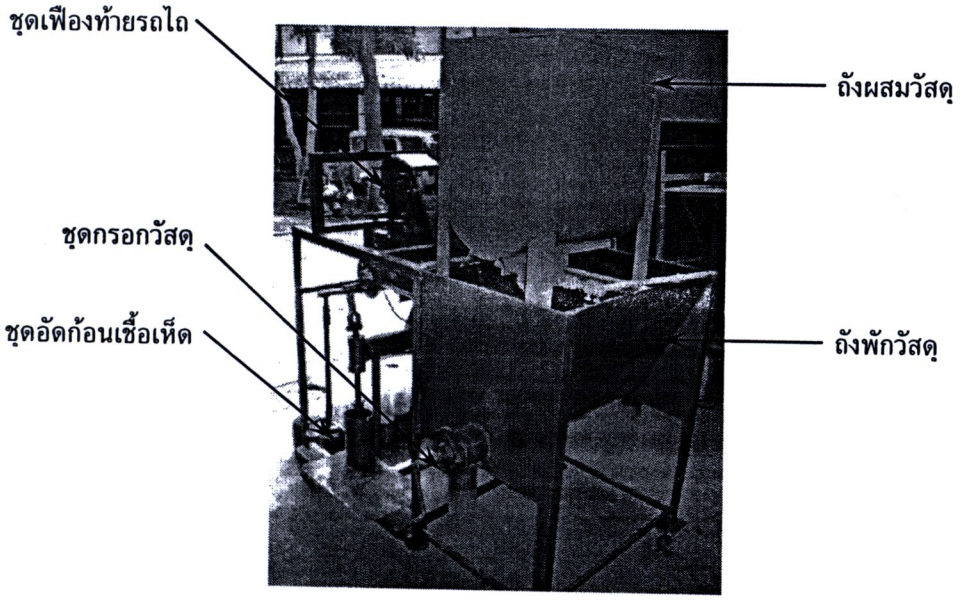


ภาพที่ 3.14 ชุดอัดก้อนเชื้อเห็ด

3.4.2.5 ชุดต้นกำลัง ชุดต้นกำลังประกอบด้วย มอเตอร์ต้นกำลัง และประยุกต์ใช้ชุดเฟืองท้ายรถไถเดินตามสำหรับทดรอบจากมอเตอร์ต้นกำลัง ส่งกำลังต่อไปยังชุดถังผสมด้วยเฟืองโซ่ และส่งกำลังผ่านเพลาขับสู่ชุดอัดก้อนเชื้อเห็ดที่ติดตั้งอยู่ด้านปลายเพลาขับทั้งสองข้าง

3.4.2.6 โครงสร้างของเครื่อง เป็นส่วนที่รองรับอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งต้องรับน้ำหนักของอุปกรณ์จึงเลือกใช้เหล็กฉากขนาด 5.08 เซนติเมตร (2 นิ้ว) หนา 3 มิลลิเมตร

จากการศึกษากระบวนการทำงาน คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุ การทดสอบชุดผลิตก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้น ได้นำข้อมูลที่สำคัญและข้อจำกัดต่าง ๆ สำหรับการออกแบบส่วนประกอบของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ (ภาพที่ 3.15) ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก คือ ถังผสม ถังพัก ชุดกรอกวัสดุ ชุดอัดก้อนเชื้อเห็ดและชุดต้นกำลัง ซึ่งรายละเอียดของเครื่องต้นแบบเป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบ



ภาพที่ 3.15 เครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้นสำหรับทดสอบ

หลังจากการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ ได้ดำเนินการทดสอบการทำงานเบื้องต้นเพื่อให้เครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบนี้พร้อมสำหรับการทดสอบ ซึ่งเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดมีขั้นตอนการทำงาน คือ เมื่อเดินเครื่องและเทส่วนผสมลงในถังผสม วัสดุผสมเข้ากันแล้วเทลงยังถังพักวัสดุซึ่งรองรับวัสดุที่ผ่านการผสมที่อยู่ด้านล่างถัดจากถังผสมลงมา บริเวณด้านล่างของถังพักวัสดุติดตั้งอุปกรณ์กรอกวัสดุลงถุง 2 ชุดติดตั้งที่ปลายถังพักทั้ง 2 ข้าง ใช้สำหรับบรรจุวัสดุลงถุงด้วยเกลียวลำเลียง กำหนดปริมาณวัสดุด้วยจำนวนรอบของการหมุนเกลียวลำเลียง วัสดุที่บรรจุลงถุงแล้วนำไปอัดที่อุปกรณ์อัดก้อนเชื้อเห็ดซึ่งมี 2 ข้าง สำหรับอัดก้อนเชื้อเห็ดให้มีความหนาแน่นตามมาตรฐานก้อนเชื้อเห็ด เครื่องดังกล่าวทดกำลังจากชุดเฟืองท้ายรถไถเดินตาม มีชุดถ่ายทอดกำลังเป็นแบบเฟืองโซ่และพูลเล่ย์สายพาน

3.5 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ด

การศึกษาขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ และหาจุดที่เหมาะสมในการทำงาน ในขั้นตอนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนของการผสมวัสดุเพาะเห็ด การกรอกวัสดุลงถุง และการอัดก้อนเชื้อเห็ด ในการทดสอบได้ดำเนินการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา มีดังนี้

3.5.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผสมวัสดุสำหรับเพาะเห็ด

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการทำงานในส่วนของการผสมวัสดุเพาะเห็ด (ภาพที่ 3.16) และหาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำงานกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงาน ให้ได้ค่าที่เหมาะสมในการผสมวัสดุเพาะ

ปัจจัยศึกษา:

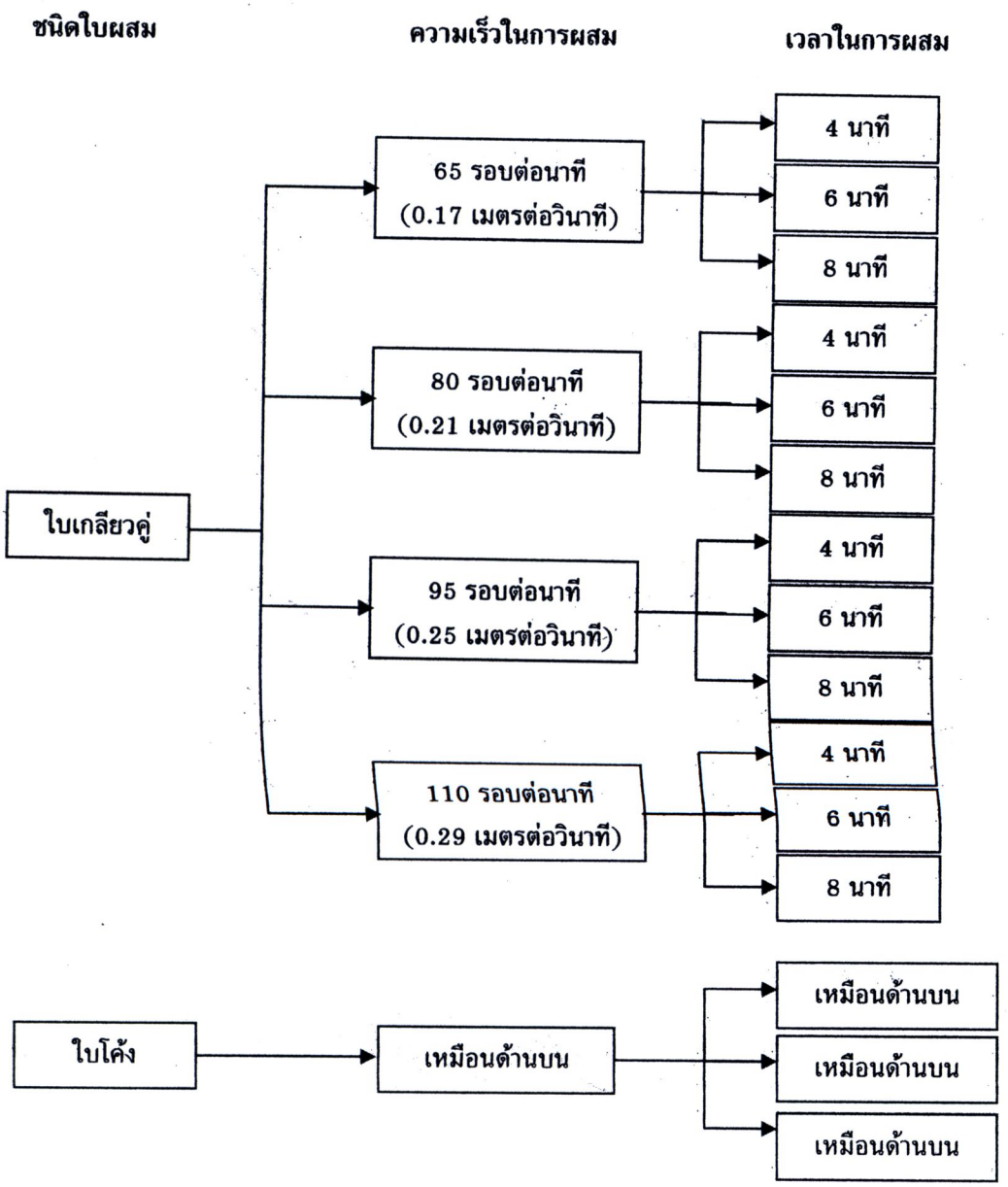
1) ชนิดใบผสม ศึกษาชนิดใบผสม 2 แบบ คือ ใบผสมแบบเกลียวคู่ (Ribbon) และใบผสมแบบใบโค้ง (ภาพที่ 3.17)

2) ความเร็วในการผสม โดยกำหนดระดับความเร็วในการผสม 4 ระดับ คือ 65 รอบต่อนาที (0.17 เมตรต่อวินาที) 80 รอบต่อนาที (0.21 เมตรต่อวินาที) 95 รอบต่อนาที (0.25 เมตรต่อวินาที)

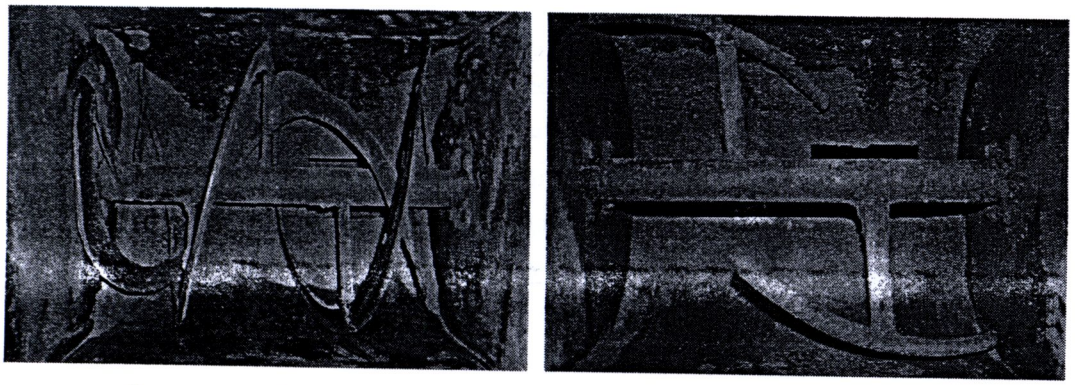
และ 110 รอบต่อนาที (0.29 เมตรต่อวินาที)

3) เวลาในการผสม โดยกำหนดเวลาในการผสม 3 ระดับ คือ 4 6 และ 8 นาที ตามลำดับ

แผนการทดสอบ:



ภาพที่ 3.16 แผนการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผสมวัสดุเพาะเห็ด (ก่อนผสมน้ำ)



ก. ใบผสมแบบเกลียวคู่ (Ribbon)　　ข. ใบผสมแบบใบโค้ง

ภาพที่ 3.17 ใบผสมที่ใช้ในการทดสอบ

วิธีดำเนินการศึกษา:

เตรียมวัสดุสำหรับทดสอบการผสม โดยใช้ขี้เลื่อย 10 กิโลกรัม รำอ่อน 0.5 กิโลกรัม ภูไมล์ ปูนขาว ยิปซัม อย่างละ 0.2 กิโลกรัม จากนั้นทำการผสมวัสดุด้วยใบผสมแบบเกลียวคู่ ในสัดส่วนที่กำหนด ปรับความเร็วในการผสม 65 รอบต่อนาที เก็บตัวอย่างวัสดุที่จุดต่าง ๆ 3 จุดตามแนวยาวของถังผสม สุ่มตัวอย่างจุดละ 3 ซ้ำ ภายหลังการผสมเมื่อเวลาผ่านไป 4 นาที เพื่อนำมาหาสัดส่วนขององค์ประกอบของวัสดุ และคำนวณหาค่าดัชนีการผสม ทำการผสมวัสดุและเก็บตัวอย่างตามจุดต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น ภายหลังจากการผสมเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 8 นาที ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการผสมเปียกโดยเทน้ำ 8 ลิตร ลงไปผสมกับวัสดุ และทำการผสมอีก 4 นาที และสุ่มวัดกำลังไฟฟ้าที่แต่ละระดับของชนิดใบผสมและระดับของความเร็วรอบเพลาผสม บันทึกข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ระดับปัจจัยละ 25 ค่า ทำการทดสอบผสมที่ความเร็วในการผสม 80 95 และ 110 รอบต่อนาที เช่นเดียวกับขั้นตอนการทดสอบดังกล่าวข้างต้น

สำหรับการทดสอบด้วยใบผสมแบบโค้ง ดำเนินการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบด้วยใบเกลียวคู่

ค่าชี้ผลการศึกษา:

1) ค่าดัชนีการผสม (Mixing index) โดยการตรวจสอบสัดส่วนขององค์ประกอบในของผสมจากแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาหลังการผสมผ่านไปเป็นช่วงเวลาหนึ่ง คำนวณหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนองค์ประกอบของแต่ละสัดส่วนในตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมา แล้วนำไปคำนวณหาค่าดัชนีการผสม ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$\text{ดัชนีการผสม (Mixing index, M)} = (s_0^2 - s^2)/(s_0^2 - s_r^2) \quad \text{---------- (18)}$$

เมื่อ s_0^2 = ค่าความแปรปรวนของการผสมตอนเริ่มต้น

s^2 = ค่าความแปรปรวนของการผสมที่สุ่มเก็บตัวอย่าง ณ เวลานั้น ๆ หาได้จากสมการที่ (19)

s_r^2 = ค่าความแปรปรวนของการผสมอย่างสมบูรณ์

$$s^2 = [1/(n-1)][(X_1 - \bar{x})^2 + (X_2 - \bar{x})^2 + \ldots + (X_n - \bar{x})^2] \quad \text{---------- (19)}$$

เมื่อ s = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

s^2 = ความแปรปรวน (variance)

n = จำนวนตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาแต่ละครั้ง

$X_1, X_2, ..., X_n$ = สัดส่วนขององค์ประกอบของ X ในตัวอย่างที่ 1, 2,..., n

$\bar{x}$ = สัดส่วนขององค์ประกอบเฉลี่ยขององค์ประกอบ X ในของผสมทั้งหมด

2) กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงาน (กิโลวัตต์) โดยใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าแบบคล้อง

การวิเคราะห์ข้อมูล :

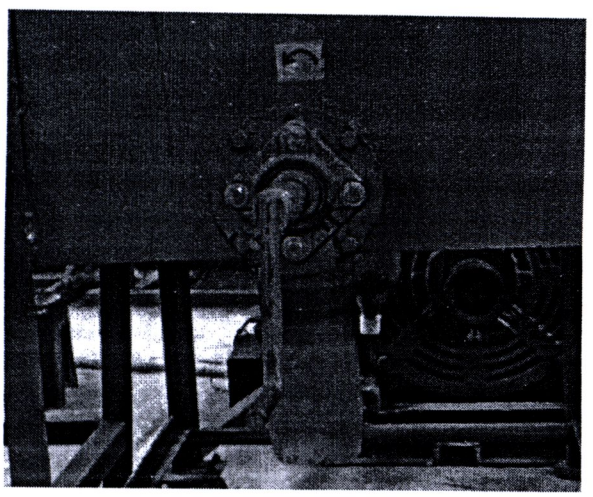
วิเคราะห์ผลการทดสอบโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ใช้แผนการทดลองแบบ 2 x3 x4 factorial in Complete Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบโดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

3.5.2 การศึกษาอัตราการป้อนที่มีผลต่อการกรอกวัสดุเพาะเห็ดลงถุง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการป้อนวัสดุเพาะเห็ดที่มีผลต่อการกรอกวัสดุเพาะเห็ดลงถุง และหาค่าที่เหมาะสม โดยมีค่าชี้วัดได้แก่ ความสามารถในการกรอกวัสดุเพาะลงถุงและความสม่ำเสมอของน้ำหนักถุงก้อนเชื้อที่กรอกได้จากชุดกรอกวัสดุ (ภาพที่ 3.18) ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

ปัจจัยศึกษา:

อัตราการป้อนวัสดุ โดยกำหนดอัตราการป้อนด้วยอัตราการป้อนวัสดุ 3 ระดับ คือ 8 9 และ 10 รอบต่อถุง ตามลำดับ

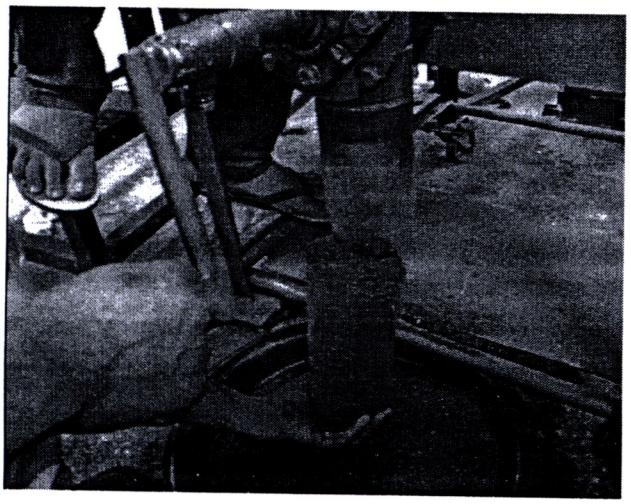


ภาพที่ 3.18 ชุดอุปกรณ์กรอกวัสดุเพาะเห็ดลงถุง

วิธีดำเนินการศึกษา:

เตรียมวัสดุเพาะเห็ด ที่ได้จากการทดสอบผสมในการศึกษาหัวข้อที่ 3.5.1 โดยฝึกผู้ปฏิบัติงานที่ไม่มีประสบการณ์ ทดลองกรอกวัสดุลงถุง (ภาพที่ 3.19) จนมีความชำนาญ ทำงานได้ต่อเนื่องและสม่ำเสมอ แล้วจึงให้ทำการทดสอบ ทำการทดสอบกรอกวัสดุลงถุงด้วยอัตราการป้อนวัสดุ 8 รอบต่อถุง บันทึกจำนวนถุงเชื้อเห็ดที่ได้และเวลาที่ใช้ในการทำงาน ทดสอบกรอกวัสดุลงถุงด้วยอัตราการป้อนวัสดุ 9 และ

10 รอบต่อถุง ตามลำดับ โดยทดสอบเช่นเดียวกับวิธีการทดสอบด้วยอัตราการป้อนวัสดุ 8 รอบต่อถุง บันทึกเวลาในการทำงานระดับปัจจัยละ 9 ซ้ำ เก็บตัวอย่างถุงเชื้อเห็ดที่กรอกได้ระดับปัจจัยละ 9 ครั้งๆ ละ 3 ตัวอย่าง เพื่อนำไปชั่งน้ำหนัก



ภาพที่ 3.19 การทดสอบกรอกวัสดุเพาะเห็ดลงถุง

ค่าชี้ผลการศึกษา:

1) ความสามารถในการทำงานเชิงวัสดุ หรือความสามารถในการกรอกถุง มีหน่วยเป็นถุงต่อชั่วโมง ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (7)

2) น้ำหนักถุงก้อนเชื้อเห็ดแต่ละก้อน มีหน่วยเป็นกรัม หาได้จากการนำตัวอย่างก้อนเชื้อเห็ดไปชั่งน้ำหนัก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

การวิเคราะห์ข้อมูล :

วิเคราะห์ผลการทดสอบโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบโดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

3.5.3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอัดก้อนเชื้อเห็ด

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานในการอัดก้อนเชื้อเห็ด (ภาพที่ 3.20) โดยพิจารณาที่ความสามารถในการอัดและความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ดที่ได้จากการทดสอบของชุดอัดก้อนเชื้อเห็ด (ภาพที่ 3.21) ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

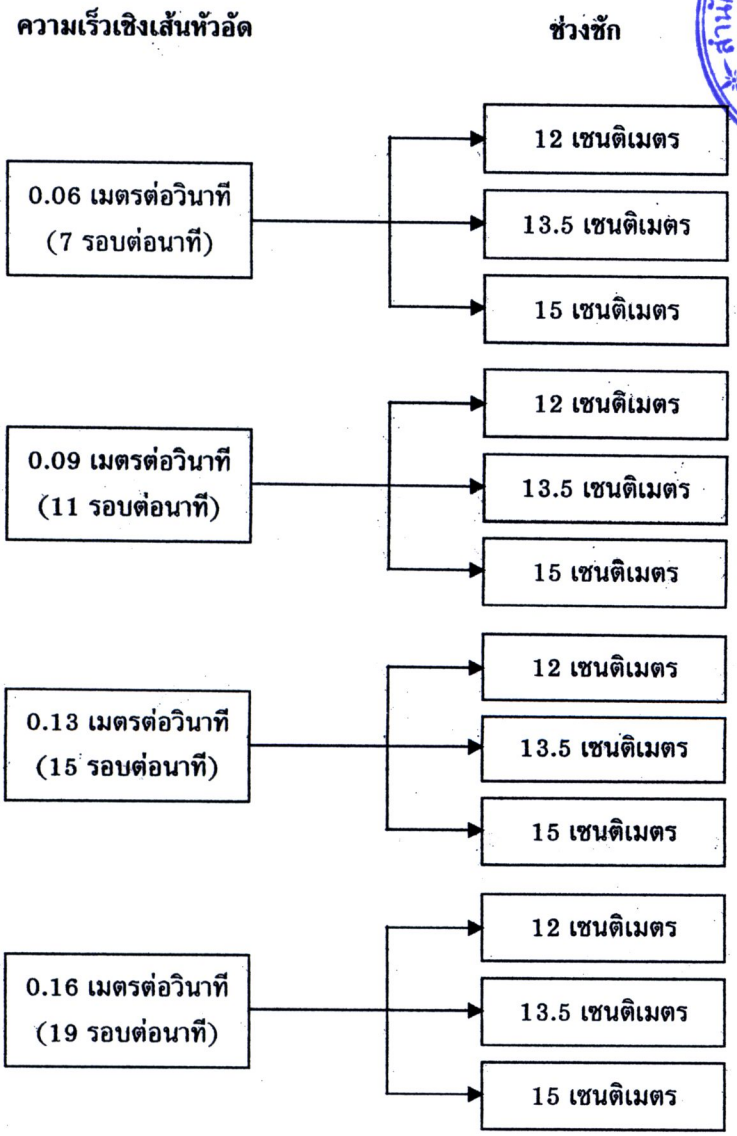
ปัจจัยศึกษา:

1) ความเร็วเชิงเส้นของหัวอัด โดยกำหนดความเร็วเชิงเส้นหัวอัด 4 ระดับ คือ 0.06 เมตรต่อวินาที (7 รอบต่อนาที) 0.09 เมตรต่อวินาที (11 รอบต่อนาที) 0.13 เมตรต่อวินาที (15 รอบต่อนาที) และ 0.16 เมตรต่อวินาที (19 รอบต่อนาที)

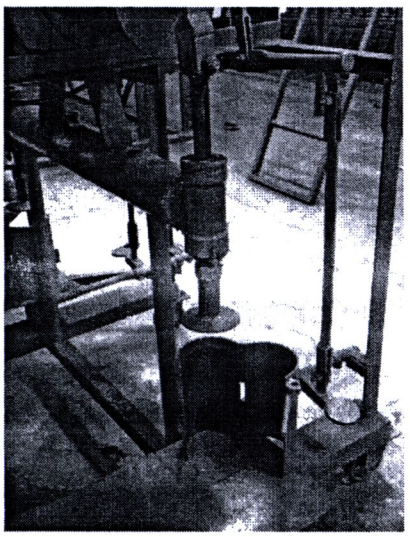
2) ช่วงชัก โดยกำหนดช่วงชัก 3 ระดับ คือ 12 13.5 และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

แผนการทดสอบ:



ภาพที่ 3.20 แผนการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการอัดก้อนเชื้อเห็ด

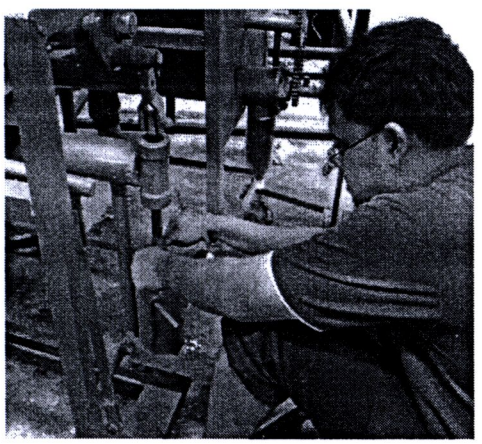


ภาพที่ 3.21 ชุดอุปกรณ์อัดก้อนเชื้อเห็ด

วิธีดำเนินการศึกษา:

เตรียมวัสดุสำหรับทดสอบผสมวัสดุเพาะ ที่ได้จากการทดสอบผสมในหัวข้อการศึกษาที่ 3.5.1 บรรจุวัสดุที่ผสมแล้วลงถุงพลาสติกสำหรับเพาะเห็ด โดยเลือกใช้ค่าที่เหมาะสมในการหมุนเกลียวลำเลียงวัสดุจากผลการศึกษาในหัวข้อที่ 3.5.2 ทดลองอัดก้อนเชื้อเห็ด โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่มีประสบการณ์ ทดลองอัดก้อนเชื้อเห็ด จนมีความชำนาญและทำงานได้ต่อเนื่อง แล้วจึงให้ทดสอบอัดก้อนเชื้อเห็ด (ภาพที่ 3.22) ด้วยความเร็วเชิงเส้นของหัวอัด 0.06 เมตรต่อนาที ที่ช่วงชัก 12 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างก้อนเชื้อเห็ด 3 ซ้ำๆ ละ 5 ตัวอย่าง บันทึกเวลาในการทำงาน ทำการทดสอบอัดก้อนเชื้อเห็ดด้วยความเร็วเชิงเส้นหัวอัด 0.06 เมตรต่อนาที ที่ช่วงชัก 13.5 และ 15 เซนติเมตร

ทดสอบอัดก้อนเชื้อเห็ดด้วยความเร็วเชิงเส้นหัวอัด 0.09 0.13 และ 0.16 เมตรต่อนาที ที่ช่วงชัก 12 13.5 และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยทำการทดสอบดังขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และนำตัวอย่างก้อนเชื้อเห็ดที่ได้จากการอัดไปชั่งน้ำหนัก วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความสูง เพื่อคำนวณหาความหนาแน่น



ภาพที่ 3.22 การทดสอบอัดก้อนเชื้อเห็ด

ค่าชี้ผลการศึกษา:

1) ความสามารถในการทำงานเชิงวัสดุ หรือความสามารถในการอัดก้อนเชื้อเห็ด มีหน่วยเป็น ก้อนต่อชั่วโมง ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (7)

2) ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ด มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (1)

การวิเคราะห์ข้อมูล :

วิเคราะห์ผลการทดสอบโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ใช้แผนการทดลองแบบ 4 x 3 factorial in Complete Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบโดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

จากผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด ทำให้ทราบค่าที่เหมาะสมต่อการทำงานส่วนต่าง ๆ แล้วจึงได้นำมากำหนดรายละเอียดการทำงานของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ และตรวจสอบการทำงานของเครื่องให้มีการทำงานที่สัมพันธ์กัน โดยทดสอบการทำงานเบื้องต้นเพื่อตรวจสอบปัญหาข้อขัดข้องที่เกิดขึ้นจากการทำงานเมื่อประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งอาจเกิดจากการออกแบบ การสร้าง รวมถึงปัญหาที่เกิดจากการออกแบบรายละเอียดการทำงานของเครื่องเพื่อปรับปรุง ให้เครื่องพร้อมสำหรับการทดสอบและประเมินผลการทำงานในขั้นตอนต่อไป

3.6 การทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต่อเนื่อง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ด หลังจากที่ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานในส่วนต่าง ๆ ผลจากการศึกษาทำให้ได้ค่าที่เหมาะสม ใช้กำหนดรายละเอียดการทำงานของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดในส่วนต่าง ๆ เพื่อทดสอบและประเมินผล โดยใช้ใบผสมแบบใบโค้ง ความเร็วรอบใบผสม 110 รอบต่อนาที ใช้เวลาผสมวัสดุ 6 นาที กรอกวัสดุลงถุงด้วยอัตราการป้อนวัสดุ 9 รอบต่อถุง การอัดก้อนเชื้อเห็ด ใช้ความเร็วเชิงเส้นหัวอัด 0.13 เมตรต่อวินาที ช่วงชัก 13.5 เซนติเมตร ซึ่งสรุปเงื่อนไขในการทำงานของเครื่องได้ดังตารางที่ 3.1 โดยมีขั้นตอนการดำเนินการศึกษา ดังนี้

ตารางที่ 3.1 เงื่อนไขในการทำงานของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ

ขั้นตอนการทำงาน	เงื่อนไขในการทำงาน
1) การผสมวัสดุเพาะ	- ใช้ใบผสมแบบใบโค้ง - ความเร็วรอบใบผสม 110 รอบต่อนาที - ใช้เวลาผสมวัสดุ 6 นาที
2) การกรอกวัสดุเพาะลงถุง	- อัตราการป้อนวัสดุ 9 รอบต่อถุง
3) การอัดก้อนเชื้อเห็ด	- ใช้ความเร็วเชิงเส้นหัวอัด 0.13 เมตรต่อนาที - ช่วงชัก 13.5 เซนติเมตร

เครื่องมือและอุปกรณ์:

1) เครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ

2) วัสดุเพาะเห็ด (ขี้เลื่อย รำอ่อน ปูนขาว ภูไมล์ ยิปซั่ม)

3) ถุงพลาสติกสำหรับเพาะเห็ดขนาด 6 นิ้วครึ่ง คูณ 12 นิ้วครึ่ง

4) เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

5) เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

6) นาฬิกาจับเวลา

7) ตราชั่งละเอียด

8) ตราชั่งหยาบ

วิธีการดำเนินงาน:

เตรียมวัสดุสำหรับทดสอบการผสม โดยใช้ขี้เลื่อย 10 กิโลกรัม รำอ่อน 0.5 กิโลกรัม ภูไมล์ ปูนขาว ยิปซัม อย่างละ 0.2 กิโลกรัม และปรับความเร็วรอบเพลาผสม 110 รอบต่อนาที จากนั้นทำการผสมวัสดุด้วยใบผสมแบบใบโค้ง ในสัดส่วนที่กำหนด ทำการผสมโดยใช้เวลาในการผสม 6 นาที หลังจากนั้นทำการผสมเปียกโดยเทน้ำ 8 ลิตร ลงไปผสมกับวัสดุ และทำการผสมอีก 4 นาที หลังจากผสมเสร็จ จึงเทวัสดุลงถังพัก แล้วทำการกรอกวัสดุลงถุงด้วยการอัตราการป้อนวัสดุ 9 รอบต่อถุง สุ่มจับเวลาใบการกรอกวัสดุและบันทึกเวลาในการทำงาน จากนั้นนำถุงเชื้อเห็ดที่กรอกได้ มาอัดให้มีความหนาแน่นโดยกำหนดความเร็วเชิงเส้นหัวอัด 0.13 เมตรต่อวินาที ช่วงชัก 13.5 เซนติเมตร ทดสอบโดยใช้ผู้ปฏิบัติงาน 5 คน (ผสมวัสดุ 1 คน กรอกวัสดุลงถุงและอัดก้อน 2 ข้าง ๆ ละ 2 คน) ทดสอบการทำงาน 5 ครั้ง ๆ ละ 32-35 นาที ดังแสดงในตารางที่ ค.1 (ภาคผนวก ค) สุ่มจับเวลาในการอัดก้อนเชื้อเห็ดและบันทึกเวลาในการทำงาน หลังจากอัดก้อนเชื้อเห็ดแล้วจึงนำก้อนเชื้อเห็ดที่ได้มาชั่งน้ำหนัก และวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง เพื่อคำนวณหาค่าความหนาแน่นของก่อนเชื้อเห็ด และสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุเพื่อหาค่าความชื้น

ค่าชี้ผลการศึกษา :

1) ความสามารถในการทำงาน (ก้อนต่อชั่วโมง) คำนวณได้จากสมการที่ (7)

2) ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ด (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) คำนวณได้จากสมการที่ (1)

3.7 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

การวิเคราะห์ผลการทดสอบใช้หลักการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของข้อมูลตามรูปแบบของแผนการทดสอบ ซึ่งทดสอบค่า F และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์