การออกแบบและประสิทธิภาพเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด
Cube Mushroom Steaming Oven Design and Performance

บัญชา ใต้ศรีโคตร, ประสพสุข สร้อยทอง, ธราธิป ภู่ระหงษ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม
ถ.นิตโย ต.หนองญาติ อ.เมือง จังหวัดนครพนม 48000
E-mail: tharathip_ph@npu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่มีประสิทธิภาพในการลดการใช้เชื้อเพลิง และลดการสูญเสียพลังงานความร้อนของเตาประสิทธิภาพสูง จากการออกแบบโครงสร้างสามารถแบ่งส่วนประกอบทั้งหมดออกได้เป็น 3 ส่วน คือ เตาประสิทธิภาพสูง , ถังบรรจุก้อนเชื้อเห็ด และอุปกรณ์ตรวจจับและแจ้งเตือนอุณหภูมิ โดยได้แบ่งวิธีการทดสอบและเปรียบเทียบออกเป็น 2 วิธี คือ การทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ด และการคำนวณหาค่าอัตราการไหลของความร้อนของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด ผลการทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ด เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงใช้ปริมาณน้ำในการนึ่งปริมาณ 10 ลิตร ถังสามารถบรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้ครั้งละ 80 ก้อน ใช้ระยะเวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อรวมทั้งสิ้น 240 นาที และอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิสามารถแจ้งเตือนด้วยสัญญาณเสียงเมื่อมีอุณหภูมิต่ำกว่า 90 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 105 องศาเซลเซียส ซึ่งเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงสามารถลดการใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงได้เท่ากับ 31.82 เปอร์เซ็นต์ของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของจำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่เท่ากัน และจากการคำนวณหาค่าอัตราการไหลของความร้อนของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด ทำให้สรุปได้ว่า เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงสามารถลดการสูญเสียความร้อนได้มากกว่าเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบเท่ากับ 17.234 วัตต์ ต่อการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดในแต่ละครั้ง

คำสำคัญ: ก้อนเชื้อเห็ด

Abstract

This research aims at designing a high-efficiency steam oven in order to reduce the use of fuel and heat loss. The structure of the oven consists of three main parts: 1) high-efficiency furnace, 2) tank for packing cubes mushroom and 3) temperature detecting and warning devices. Oven performance test was done by steaming cube mushrooms, and calculating the heat transfer within the oven. The results showed that the designed oven used 10 liters of water for steaming 80 mushroom chunks. The time required for steaming mushrooms was 240 minutes. Temperature detecting and warning device worked effectively, warning when the temperatures above 105℃, and below 90℃. In terms of energy used, the designed oven can significantly reduce the use of firewood by 31.32 percent, compared to conventional ovens. With the same amount of mushroom, the designed oven can greatly reduce heat loss by 17.23 watts.

Keyword: Infected Mushroom Loaf

1. บทนำ

ปัจจุบันอาชีพเพาะเห็ดเป็นอาชีพที่เกษตรกรได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากสามารถทำได้ตลอดทั้งปี อุตสาหกรรมเห็ดจึงเป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวทั่วโลกมีผลผลิตเห็ดมากกว่า 2 ล้านตันต่อปี (Kues and Liu, 2000) ซึ่งประเทศไทยสามารถผลิตเห็ดชนิดต่างๆ ได้รวม 100,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 4,193.1 ล้านบาท (สามารถ, 2541) วิธีการเพาะเห็ดโดยส่วนมากจะนิยมเพาะเห็ดในถุงพลาสติก เนื่องจากมีเห็ดหลายชนิดที่เพาะในถุงพลาสติก เช่น เห็ดขอน เห็ดบด เห็ดหูหนู เห็ดนางรม นางฟ้า เป๋าอื้อ เป็นต้น ในขั้นตอนการเพาะเห็ดในถุงพลาสติก เมื่อผสมขี้เลื่อยและอาหารของเห็ดให้เข้ากันดีแล้วตามสัดส่วนที่กำหนดจึงบรรจุลงในถุงพลาสติกและการปิดปากถุงเพื่อป้องกันไอน้ำเข้าก้อนเชื้อเห็ดในขั้นตอนการนึ่ง การนึ่งเพื่อฆ่าเชื้อเห็ด/ราที่มีอยู่ตามธรรมชาติด้วยหม้อต้มไอน้ำก่อนที่จะนำไปเพาะเลี้ยงให้มีการขยายของเส้นใยจนกลายเป็นผลผลิตของดอกเห็ด

การเพาะเห็ดในถุงพลาสติกจำเป็นต้องมีกระบวนการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนที่จะนำเชื้อเห็ดไปบรรจุใส่ถุงเพื่อเพาะเลี้ยงต่อไป เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบเดิมที่มีอยู่จะสิ้นเปลืองปริมาณเชื้อเพลิง และระยะเวลาในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดนาน การรายงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทน (2551) ซึ่งนึ่งเชื้อเห็ดจำนวน 220 ก้อน ใช้เวลารวม 5.5 ชั่วโมง ปริมาณเชื้อเพลิงไม้ฟืนยูคาลิปตัส 92 กิโลกรัม (ไมตรี พิทยาคุณ, 2010) การนึ่งก้อนเชื้อเห็ดด้วยเตาแบบลูกทุ่งด้วยความร้อน 90-100 °C ใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 3 ชั่วโมง นับจากอุณหภูมิได้ 90 °C และความร้อนที่ให้ต้องสม่ำเสมอ ปัจจุบันการใช้เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบเดิมเป็นเตาที่มีการออกแบบให้สามารถบรรจุเชื้อเพลิงได้ทีละมากๆ ในการต้มน้ำปริมาณมาก ทำให้การต้มน้ำให้เดือดในแต่ละครั้งใช้เวลานานถึง 1/2-1 ชั่วโมง พร้อมทั้งส่วนของเตาเผาเชื้อเพลิงเป็นแบบก่ออิฐบล็อกปิดซ้ายขวาสูงประมาณ 70 เซนติเมตร ส่วนด้านหน้าและด้านหลังมีช่องขนาดใหญ่สำหรับป้อนเชื้อเพลิงและตักเศษขี้เถ้า ทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงมีการสูญเสียพลังงานความร้อนออกทางด้านหน้าและด้านหลังของเตาเผา ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานความร้อนเพื่อใช้ในการต้มน้ำให้เดือดมากยิ่งขึ้น

คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดสร้าง “เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูง” ขึ้น โดยมีแนวคิดคือ สร้างเตาประสิทธิภาพสูงโดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ขึ้น และบังคับน้ำให้ไหลจากที่สูงลงมาสู่ที่ต่ำอย่างต่อเนื่องในปริมาณน้อย ซึ่งน้ำจะไหลผ่านท่อโลหะขนาดเล็กที่ถูกติดตั้งไว้ส่วนบนของเตาประสิทธิภาพสูง ซึ่งความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะทำให้ท่อโลหะร้อนและอุณหภูมิของน้ำภายในท่อโลหะก็จะเพิ่มสูงขึ้นจนเดือด แรงดันไอน้ำที่เกิดจากการเดือดของน้ำก็จะไหลเข้าสู่ถังนึ่งเพื่อเป็นการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งจากขั้นตอนการต้มน้ำให้เดือดจนกระทั่งถึงกระบวนการการฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ดจะใช้เวลาในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเพียง 3-4 ชั่วโมง ทำให้ช่วยลดระยะเวลาและปริมาณเชื้อเพลิงในการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ดได้ในปริมาณมาก และเพื่อเป็นการควบคุมอุณหภูมิความร้อนและแรงดันภายในถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด จึงมีการติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเตือนด้วยสัญญาณเสียงเมื่ออุณหภูมิความร้อนภายในถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่ำหรือสูงเกินค่าที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งมีวาล์วระบายแรงดันแบบอัตโนมัติเพื่อป้องกันการระเบิดของถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

2. การดำเนินการออกแบบ

2.1 ออกแบบโครงสร้างเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูง

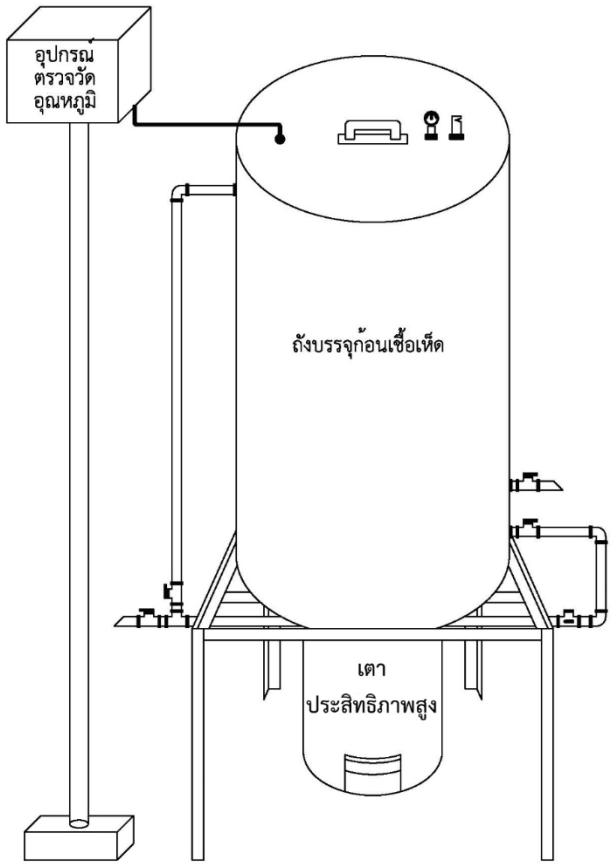
โครงสร้างของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงที่ออกแบบและจัดทำขึ้นในโครงการเป็นดังภาพที่ 1

2.2 วิธีสร้างเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูง

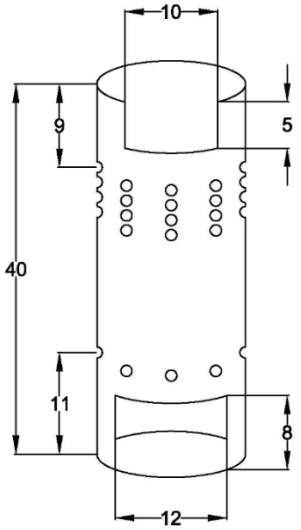
2.2.1 นำท่อเหล็กขนาด 6 นิ้ว มาตัดให้ได้ความยาว 40 เซนติเมตร และเจาะรูรอบๆ ท่อเหล็กขนาด 10 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 2

2.2.2 นำท่อเหล็กหรือแผ่นอะลูมิเนียมม้วนขนาด 8 นิ้ว มาตัดให้ได้ความยาว 35 เซนติเมตร และเจาะช่องด้านล่างดังภาพที่ 3

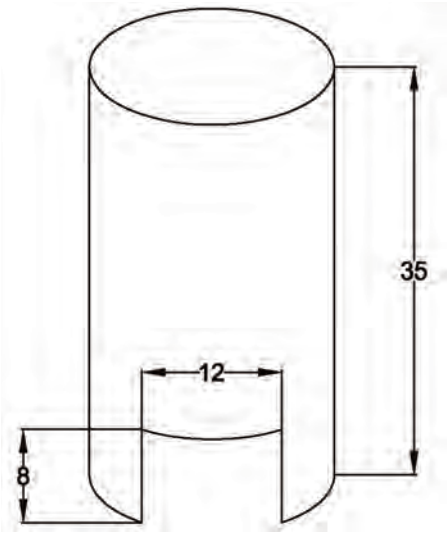
2.2.3 นำถังสีขนาด 10 นิ้ว มาเจาะรูช่องด้านล่างของถังสี และเจาะรูบนฝาถังสี นำชิ้นส่วนข้างต้นมาประกอบเข้าด้วยกัน ก็จะได้เตาประสิทธิภาพสูง ดังภาพที่ 4



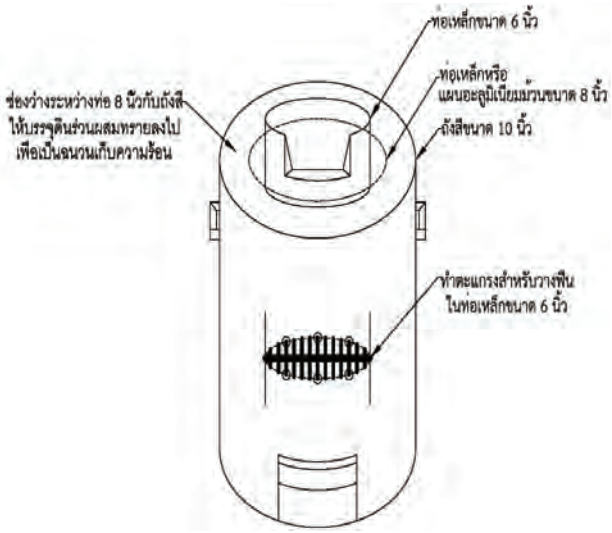
ภาพที่ 1 การออกแบบโครงสร้างเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูง



ภาพที่ 2 โครงสร้างของท่อเหล็กขนาด 6 นิ้ว



ภาพที่ 3 ท่อเหล็กหรือแผ่นอะลูมิเนียมม้วนขนาด 8 นิ้ว



ภาพที่ 4 โครงสร้างของเตาประสิทธิภาพสูงเมื่อนำส่วนต่าง ๆ

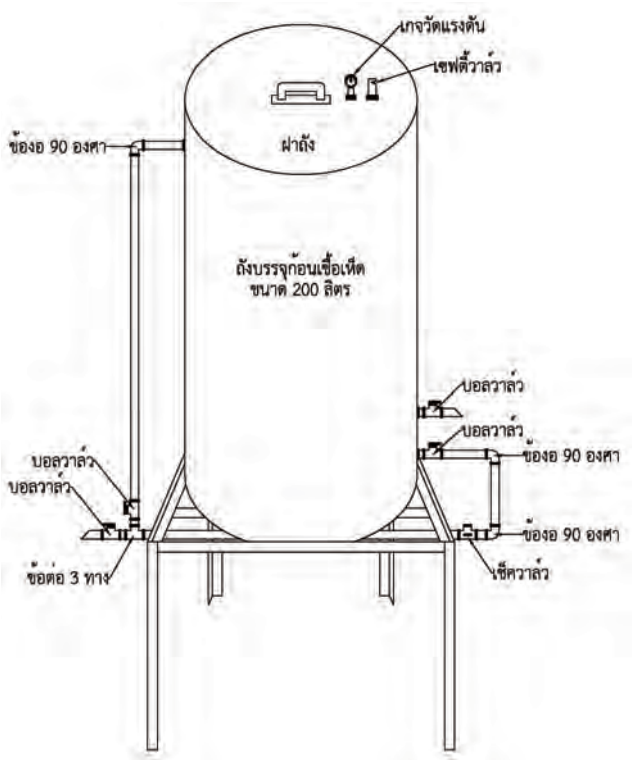
2.3 วิธีการสร้างถังบรรจุก้อนเชื้อเห็ด

นำถังขนาด 200 ลิตรมายึดไว้บนฐาน และทำการประกอบส่วนประกอบต่าง ๆ เข้ากับถังขนาด 200 ลิตร ดังภาพที่ 5

2.4 ทดสอบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูง

2.4.1 การทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ทำการทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ดด้วยเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูง และจัดเก็บข้อมูล และทำการเปรียบเทียบและสรุปผลการทดสอบ

เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบกับเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูง



ภาพที่ 5 โครงสร้างฐานเมื่อทำการยึดถังขนาด 200 ลิตร

2.4.2 การหาค่าอัตราการไหลของความร้อนของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ และเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูง มีสมการดังนี้

$$H = \frac{kA\,(T_2 - T_1)}{L} \qquad (1)$$

เมื่อ H = ค่าอัตราการไหลของความร้อน (W)

K = ค่าสภาพการนำความร้อนของสสาร (W/m)

A = พื้นที่หน้าตัดของฉนวนความร้อน (m^2)

T_2 = อุณหภูมิเตาก่อนหุ้มฉนวน (C^0)

T_1 = อุณหภูมิเตาหลังหุ้มฉนวน (C^0)

L = ความหนาของฉนวน (m)

3. ผลการดำเนินงาน

3.1 ผลการทดสอบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูง

3.1.1 การทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ด จากการเก็บข้อมูลของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบและเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูง ทำให้ได้ผลการทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางข้อมูลผลการทดสอบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด

ข้อมูลที่จัดเก็บ	เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด	
	เตานึ่งฯต้นแบบ	เตานึ่งฯ ประสิทธิภาพสูง
1. ปริมาณน้ำที่ใช้นึ่ง (ลิตร/ครั้ง)	200	10
2. จำนวนก้อนเห็ดที่นึ่ง (ก้อน/ครั้ง)	800	80
3. ระยะเวลานึ่ง 0-100^{0}C (นาที)	90	60
4. ระยะเวลานึ่งที่ $\geq$ 100^{0}C (นาที)	240	180
5. ปริมาณฟืนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ครั้ง)	440	30

จากตารางที่ 1 สามารถสรุปผลการทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ดของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด ได้ดังนี้

ผลการทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ดกับเตานึ่งฯต้นแบบใช้ปริมาณน้ำในการนึ่งปริมาณ 200 ลิตร บรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้จำนวน 800 ก้อน ใช้ระยะเวลา 90 นาทีในการต้มน้ำให้ได้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลานึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ดต่ออีกเป็นระยะเวลา 240 นาที รวมปริมาณฟืนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงทั้งสิ้น 440 กิโลกรัม

ผลการทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ดกับเตานึ่งฯประสิทธิภาพสูงใช้ปริมาณน้ำในการนึ่งปริมาณ 10 ลิตร บรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้จำนวน 80 ก้อน ใช้ระยะเวลา 60 นาทีในการต้มน้ำให้ได้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลานึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ดต่ออีกเป็นระยะเวลา 180 นาที รวมปริมาณฟืนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงทั้งสิ้น 30 กิโลกรัม

เนื่องจากเตานึ่งฯประสิทธิภาพสูงมีขนาดของเตานึ่งที่แตกต่างจากเตานึ่งฯต้นแบบ เพื่อให้เห็นผลการทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่ชัดเจนขึ้น ทางผู้จัดทำวิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบเตานึ่งฯประสิทธิภาพสูงกับเตานึ่งฯต้นแบบ โดยการเปรียบเทียบ

ประสิทธิผลของเตานึ่งฯ โดยการใช้อัตราส่วนปริมาณฟืนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อจำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่เท่ากัน

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบอัตราส่วนปริมาณฟืนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อจำนวนก้อนเชื้อเห็ด

เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด	อัตราส่วน (กิโลกรัม : ก้อน)
1. เตานึ่งฯต้นแบบ	400 : 800
2. เตานึ่งฯประสิทธิภาพสูง	30 : 80

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ด โดยเปรียบเทียบระยะเวลากับอุณหภูมิ

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
	เตานึ่งฯต้นแบบ	เตานึ่งฯประสิทธิภาพสูง
0	28	28
15	35	35
30	45	50
45	60	65
60	75	85
75	85	100
90	100	105
105	105	110
120	105	115
135	105	116
150	105	116
165	105	116
180	105	116
195	105	-
210	105	-
225	105	-
240	105	-
255	105	-
270	105	-
285	105	-
300	105	-
315	105	-
330	105	-

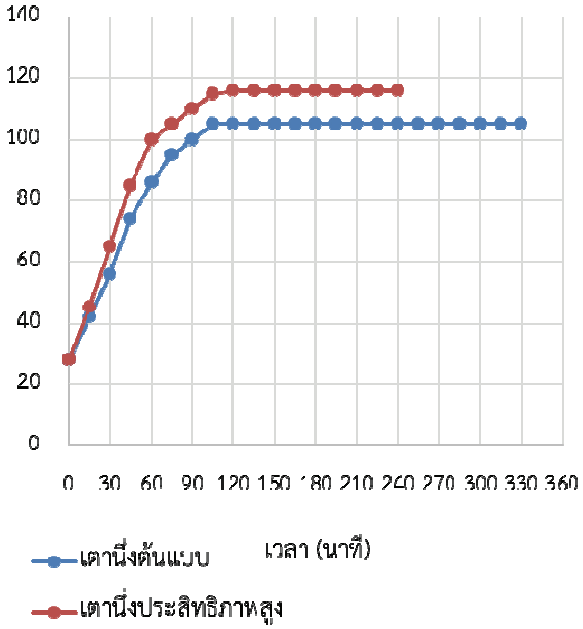
จากตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนปริมาณฟืนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อจำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่เท่ากัน โดยเมื่อจัดให้อยู่ในรูปของเศษส่วน สามารถเขียนได้ว่า

$$\frac{440}{800} \text{ และ } \frac{30}{80}$$

จากเศษส่วนข้างต้น เตานึ่งฯต้นแบบสามารถบรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้มากกว่าเตานึ่งฯประสิทธิภาพสูงคิดเป็น 10 เท่า ดังนั้นเมื่อจัดให้อยู่ในรูปของเศษส่วนที่เท่ากัน โดยการนำเอา 10 มาคูณ 30 หารด้วย 80 ทั้งเศษและส่วน สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเศษส่วนที่เท่ากันได้ว่า

$$\frac{440}{800} \text{ และ } \frac{300}{800}$$

จากรูปเศษส่วนที่เท่ากันข้างต้น จะเห็นได้ว่า เตานึ่งฯต้นแบบใช้ปริมาณฟืน 440 กิโลกรัมต่อจำนวนก้อนเชื้อเห็ด 800 ก้อน และเตานึ่งฯประสิทธิภาพสูงใช้ปริมาณฟืน 300 กิโลกรัมต่อจำนวนก้อนเชื้อเห็ด 800 ก้อน



ภาพที่ 6 กราฟแสดงผลการทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

3.2 การหาค่าอัตราการไหลของความร้อนของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด

3.2.1 การหาค่าอัตราการไหลของความร้อนของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการทำให้ได้ค่าอัตราการไหลของความร้อนของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ ดังนี้

$$H = \frac{kA\,(T_2 - T_1)}{L}$$

$$H = \frac{0.8\ \text{W/m.K} \times (0.52\ \text{m} \times 1.4\ \text{m}) \times (106^{\circ}\text{C} - 79^{\circ}\text{C})}{0.15\ \text{m}}$$

$$H = 104.832\ \text{W}$$

เนื่องจากเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ มีผนัง 2 ด้าน ทำให้

$$H = 104.832\ W \times 2 = 209.664\ W$$

3.2.2 การหาค่าอัตราการไหลของความร้อนของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูง

$$H = \frac{KA\,(T_2 - T_1)}{L}$$

$$H = \frac{K\left(2\pi r^2 h\right)\left(T_2 - T_1\right)}{L}$$

$$H = \frac{0.52\ W/mK \times \left(2\pi \times 0.127^2\ m \times 0.35\ m\right) \times \left(302^{\circ}C - 37^{\circ}C\right)}{0.0254\ m}$$

$$H = 192.43\ W$$

การหาค่าอัตราการไหลของความร้อนของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบและเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงในสมการเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงมีค่าอัตราการไหลของความร้อนน้อยกว่าเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ ซึ่งทำให้เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงสามารถลดการสูญเสียความร้อนได้มากกว่าเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบเท่ากับ 209.664 -192.43 = 17.234 W ต่อการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดในแต่ละครั้ง

4. สรุปและอภิปรายผล

การสร้างเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่มีประสิทธิภาพในการลดการใช้เชื้อเพลิง และลดการสูญเสียพลังงานความร้อนของเตาประสิทธิภาพสูง

ผลการทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ด เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงใช้ปริมาณน้ำในการนึ่งปริมาณ 10 ลิตร ถังสามารถบรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้ครั้งละ 80 ก้อน ใช้ระยะเวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อรวมทั้งสิ้น 240 นาที และอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิสามารถแจ้งเตือนด้วยสัญญาณเสียงเมื่อมีอุณหภูมิต่ำกว่า 90 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 105 องศาเซลเซียส ซึ่งเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงสามารถลดการใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงได้เท่ากับ 31.82 % ของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของจำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่เท่ากัน และจากการคำนวณหาค่าอัตราการไหลของความร้อนของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด ทำให้สรุปได้ว่า เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงมีค่าอัตราการไหลของความร้อนน้อยกว่าเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ ซึ่งทำให้เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงสามารถลดการสูญเสียความร้อนได้มากกว่าเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบเท่ากับ 17.234 W ต่อการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดในแต่ละครั้ง

5. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากตัวเตาประสิทธิภาพสูงมีน้ำหนักมาก ลำบากต่อการเคลื่อนย้ายเข้า-ออก ดังนั้นจึงได้สร้างฐานของเตาประสิทธิภาพสูงที่มีล้อเลื่อนขึ้น เพื่อให้สะดวกในการเคลื่อนย้าย

เนื่องจากในขั้นตอนการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่อุณหภูมิสูงสุด 116 องศาเซลเซียส ทำให้ถุงก้อนเชื้อเห็ดเกิดการบิดเบี้ยว เสียรูปทรง จึงต้องทำการตั้งค่าอุปกรณ์แจ้งเตือนฯใหม่โดยให้แจ้งเตือนที่อุณหภูมิสูงสุด 105 องศาเซลเซียสแทนค่าอุณหภูมิเดิม

เตาประสิทธิภาพสูงมีน้ำหนักมาก และยังคงมีการสูญเสียพลังงานความร้อนที่ค่อนข้างมาก เนื่องจากใช้ดินเป็นฉนวนความร้อน ดังนั้นหากจะพัฒนาเตาประสิทธิภาพสูงให้มีน้ำหนักเบาและลดการสูญเสียพลังงานความร้อนได้มากขึ้นนั้น จะต้องทำการหาสารอื่นมาเป็นฉนวนความร้อนแทนดิน ซึ่งต้องมีน้ำหนักเบาและมีค่าสภาพนำความร้อนของสสาร

6. บรรณานุกรม

[1] ชัชวาล โยธะพันธ์, โสภา แคนสี, สุพรรณ ยั่งยืน และอดิศักดิ ปัตติยะ. (2554). **การพัฒนาเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประหยัดพลังงาน.** วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3 พิเศษ) : 458-461.

[2] พรประสิทธิ์ คงบุญ, จีระศักดิ์ เพียรเจริญ และสุเทพ ชูกลิ่น. (2554). **การพัฒนาเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำสำหรับ อุตสาหกรรมครัวเรือน**. วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 38 ฉบับที่ 2 (111-116) เมษายน – มิถุนายน 2554.

[3] สภา แคนสี และคณะ. (2555). **การถ่ายทอดเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประหยัดพลังงาน.** โครงการคลินิกเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.