การพัฒนาหม้อผลิตไอน้ำโดยใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

Development Steam Boiler Using Fire-Wood For Sterilization of Mushroom Propagation Bag

วีระวัฒน์ ศรีชา, [1] นุชิดา สุวแพทย์, [2] โสภา แคนสี, [3*]
Veerawat Srichar, [1] Nuchida Suwapaet, [2] Sopa Cansee, [3*]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาและสร้างหม้อผลิตไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงโดยใช้เชื้อเพลิงจากไม้ฟืนใช้สำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ด หลักการของหม้อไอน้ำ จะอาศัยหลักการต้มน้ำในปริมาณที่น้อยทำให้เกิดการผลิตไอน้ำอย่างรวดเร็ว โดยออกแบบผนังด้านข้างทั้ง 3 ด้านให้กักเก็บน้ำและมีท่อความร้อนทั้งด้านบนและด้านล่างเพื่อเพิ่มพื้นที่การแลกเปลี่ยนความร้อน การเติมน้ำเข้าสู่หม้อผลิตไอน้ำอย่างต่อเนื่องโดยแรงโน้มถ่วงของโลกและควบคุมระดับน้ำโดยใช้ลูกลอย จากการทดสอบหม้อผลิตไอน้ำโดยต่อท่อผลิตไอน้ำเข้ากับตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ด พบว่า หม้อผลิตไอน้ำ สามารถบรรจุน้ำได้ 35 ลิตร มีอัตราการผลิตไอน้ำ 22 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 13.48 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพสูงสุด 31.16 เปอร์เซ็นต์ สามารถประหยัดน้ำ ไม้ฟืนและเวลาได้ 39.88 36.66 และ 38.88 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบแท็งก์น้ำสี่เหลี่ยมโดยใช้ถัง 200 ลิตร เป็นหม้อต้มของเกษตรกร นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาต้นทุนการนึ่งก้อนเชื้อเห็ด พบว่าต้นทุนรวมในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเท่ากับ 0.223 บาทต่อก้อน

คำสำคัญ : หม้อผลิตไอน้ำ ก้อนเชื้อเห็ด นึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ด

Abstract

This research aims to develop and manufacture a high-efficiency steam boiler using fire wood for sterilizing mushroom propagation bag. The principle of the steam boiler needs water in small quantity in order to produce steam quickly. Three sides of walls are designed to retain water and equipped with heat pipes at the top and bottom for increasing surface area of the heat exchanger. Water was added to the steam boiler continuously under gravity and controlled by

[1] นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา, [2] อาจารย์, [3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

[1] Graduate Program, [2] Lecturer, [3]Assist. Prof., Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha sarakham 44150, Thailand.

* Corresponding author: Sops Cansee, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kamriang, Kantharawichai District, Maha sarakham 44150, Thailand. Email address: sopa.c@msu.ac.th

float. Test of steam boiler is conducted by connecting the pipes to room sterilizing. It was found that 35 liters boiler could produce steam at the rate of 22 kg per hour. Fuel consumption was 13.48 kg per hour at the maximum efficiency of 31.16 percent. The reducing percentages of water, fire-wood and steaming time were 39.88, 36.66 and38.88 percent, respectively, when compared with farmers boiler. Moreover, cost analysis revealed that the total production cost of sterilized propagation bag was0.223 baht per piece.

Keywords : Steam Boiler, Mushroom Propagation Bag, Sterilizing Mushroom Propagation Bag

บทนำ

ประเทศไทยเป็นอีกประเทศที่สามารถผลิตเห็ดชนิดต่างๆ ได้ประมาณปีละ 30,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,580 ล้านบาท[1,2] ส่งผลต่อเศรษฐกิจของประเทศ การเพาะเห็ดจึงเป็นอาชีพที่เกษตรกรไทยได้รับความนิยมอย่างสูง เนื่องจากสามารถทำรายได้ตลอดทั้งปีและมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเอื้ออำนวยต่อการเพาะเห็ดรวมไปถึงวัสดุเหลือใช้จากผลผลิตทางการเกษตรจำนวนมากทั้งจากพืชและสัตว์[3] เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมการเพาะเห็ดในถุงพลาสติก[4] โดยขั้นตอนการเพาะเห็ดในถุงพลาสติกจะมีขั้นตอนเริ่มจาก การนำส่วนผสมวัตถุดิบที่เตรียมมาผสมกันทั้งหมดตามสัดส่วน การบรรจุใส่ถุงพลาสติกทนร้อน ใส่คอขวดปิดปากขวดด้วยถุงพลาสติกแล้วมัดด้วยหนังยางให้แน่น และนำไปนึ่งฆ่าเชื้อราและแบคทีเรีย[5] ก่อนนำไปหยอดเชื้อเพื่อเพาะเลี้ยงให้มีการขยายตัวของเส้นใยจนกลายเป็นผลผลิตของดอกเห็ด การนึ่งฆ่าเชื้อราเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการเพาะเห็ด เนื่องจากในขั้นตอนของการเพาะเห็ดในถุงพลาสติกอาจมีสปอร์ของราบางชนิด และแบคทีเรียปลอมปนอยู่จึงต้องมีการกำจัดโดยการนึ่งด้วยความร้อน 90-100 องศาเซลเซียส[3] ลักษณะการเผาไหม้และถ่ายเทความร้อนของระบบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล พบว่า อุณหภูมิที่มีความเหมาะสมในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดจะอยู่ที่ 70-100 องศาเซลเซียส[6]

การนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเป็นการนึ่งให้สุกจากไอน้ำร้อนของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบต่างๆ จะมีวิธีการนึ่งที่แตกต่างกันออกไปโดยจะขึ้นอยู่กับรูปแบบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดของเกษตรกร เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบลูกทุ่งทำจากถัง 200 ลิตร แบบกะทัดรัด หาซื้อได้ง่ายและไม่ต้องดัดแปลงมาก ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง 47 กิโลกรัมต่อครั้ง ระยะเวลาในการนึ่ง 135 นาที บรรจุได้ 90-100 ก้อน[3] แต่มีข้อจำกัดของ จำนวนการนึ่งต่อรอบน้อยมีผลต่อการผลิตก้อนเชื้อเห็ดไม่เพียงพอและก้อนเห็ดมักเสียหายขณะทำการนึ่ง เนื่องจากผนังเตาเป็นแผ่นสังกะสีร้อน จากการสัมผัสผนังเตานึ่ง ทำให้ถุงพลาสติกขาดรั่วได้ ในขณะที่เทคโนโลยีเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาเป็นเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม สามารถนึ่งได้หลากหลาย 800-1,000 ก้อน ตัวกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมดูแข็งแรงทนทานน่าเชื่อถือ[7] ทำให้สามารถสร้างความน่าเชื่อถือแก่ฟาร์ม ซึ่งมีผลต่อการผลิตก้อนเชื้อเห็ดได้เพียงพอ ใช้เวลานึ่ง 8-12 ชั่วโมง ใช้เชื้อเพลิง 150-200 กิโลกรัม ข้อเสียคือใช้เวลานึ่งต่อรอบนานสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก แต่มีฟาร์มเห็ดของเกษตรกรบางส่วนใช้เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบผนังปูนขนาดบรรจุ 500-800 ก้อน ใช้เวลานึ่ง 8-12 ชั่วโมง สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงประมาณ 150-200 กิโลกรัม[8] และจากการสัมภาษณ์เกษตรกรศูนย์เรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงบ้านดอนมันกล่าวว่า สาเหตุที่ใช้เวลานึ่งนานและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก เพราะเกษตรกรจะอาศัย

ประสบการณ์ในการนึ่ง สังเกตจากการเปลี่ยนสีของก้อนเชื้อเห็ด ความอ่อนนุ่ม บางครั้งจะสังเกตส่วนผสมอาหารของเห็ดคือรำอ่อนที่มีปลายข้าวผสมสังเกตว่าถ้าข้าวสุกแสดงว่าหยุดเติมเชื้อเพลิงหรือหยุดการนึ่งก้อนเชื้อเห็ด และเกษตรกรส่วนใหญ่เมื่อเลือกใช้เตานึ่งก้อนเห็ดรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งแล้วจะยึดติดกับรูปแบบนั้นไม่เปลี่ยนแปลงถึงจะใช้เวลามากและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานต่ำ และ จากการสำรวจรูปแบบเตานึ่งของเกษตรกรที่กล่าวมาทั้งหมดพบว่า รูปแบบเตานึ่งที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นแบบแยกระหว่างตู้นึ่งและหม้อผลิตไอน้ำ ที่หลากหลายทำให้สมรรถนะในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่ำ คือใช้เวลานาน ใช้เชื้อเพลิงมาก สิ้นเปลืองน้ำมาก ซึ่งเกิดจากตู้นึ่งหรือหม้อผลิตไอน้ำที่มีสมรรถนะต่ำ จึงมีสมมติฐานว่า ถ้ามีหม้อผลิตไอน้ำที่ดีเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับตู้นึ่งของเกษตรกรจะทำให้สมรรถนะการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดดีขึ้น จึงได้มีการนำหลักวิชาการเข้ามาควบคุมระบบการนึ่ง โดยออกแบบเตานึ่งเพิ่มพูนทรัพย์ ใช้ปริมาณเชื้อเพลิงไม้ยูคาลิปตัส 64.3 กิโลกรัมต่อครั้ง ใช้เวลาในการนึ่ง 3.83 ชั่วโมง สามารถประหยัดฟืนได้ 65% ลดเวลา ได้ 63% ประหยัดน้ำได้ 53% ขนาดบรรจุ 1,280 ก้อน [9] แต่ยังมีข้อจำกัดคือ การติดตั้งยากไม่สะดวกเคลื่อนย้าย อาจมีไฟลามบริเวณผนังของตู้นึ่ง และลูกลอยควบคุมน้ำที่ติดตั้งอยู่ข้างในเสียหายบ่อย

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาหม้อผลิตไอน้ำ เพื่อลดข้อจำกัดของหม้อผลิตไอน้ำชนิดต่างๆ จึงเป็นที่มาและความสำคัญของปัญหาในการลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ลดเวลาการใช้นึ่งนาน และเพิ่มจำนวนการนึ่งต่อรอบให้มากขึ้น การกระจายอุณหภูมิภายในตู้นึ่ง ระยะเวลานึ่ง การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพทางความร้อน เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีฐานข้อมูลให้เกษตรกรใช้ประโยชน์ เพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ลดเวลาการนึ่ง ลดปริมาณการใช้น้ำ และทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนหม้อผลิตไอน้ำสูงขึ้น โดยยังคงใช้เชื้อเพลิงจากไม้ฟืน เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดให้กับผู้สนใจในอาชีพเพาะเห็ดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการผลิตไอน้ำมาใช้ในการนึ่งฆ่าเชื้อของก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งส่วนใหญ่หม้อผลิตไอน้ำแบบดั้งเดิมของเกษตรกรจะใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำมาก นอกจากนี้ยังใช้ไม้ฟืนจำนวนมาก ใช้เวลาในการนึ่งนาน สิ้นเปลืองน้ำจำนวนมากด้วย ดังนั้นจึงได้ทำการพัฒนาหม้อผลิตไอน้ำ ที่มีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง ใช้เชื้อเพลิงน้อย ประหยัดเวลา ประหยัดน้ำ สามารถนำไปใช้นึ่งฆ่าเชื้อการพัฒนาและสร้างหม้อผลิตไอน้ำซุปเปอร์ฮิตเพื่อใช้ในการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ดสามารถประยุกต์ใช้ได้กับตู้นึ่งของเกษตรกร Figure 1 หม้อผลิตไอน้ำและตู้นึ่งของเกษตรกรซึ่งประยุกต์ใช้ถัง 200 ลิตร เป็นหม้อผลิตไอน้ำและใช้แท็งก์น้ำสี่เหลี่ยมเป็นตู้นึ่ง ซึ่งสามารถบรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้ 600-800 ก้อน ใช้เวลาในการนึ่ง 8-10 ชั่วโมง ใช้ฟืน 115 กิโลกรัม ใช้น้ำ 130 ลิตร ประสิทธิ ภาพเชิงความร้อน 17.20 เปอร์เซ็นต์ [3,8]

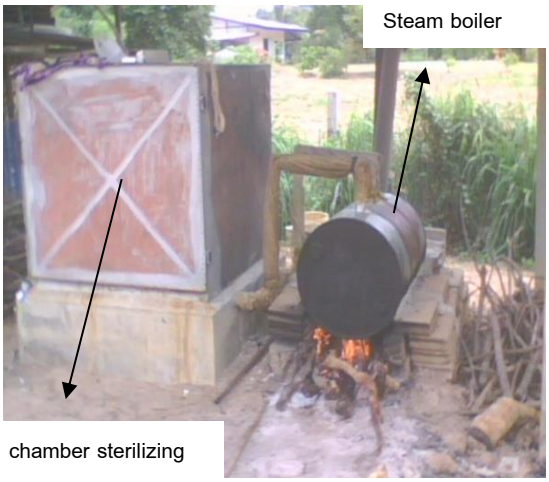

Figure 1 Steam boiler and chamber sterilizing of farmers

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนค่อนข้างต่ำ สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง น้ำ และเวลาเป็นอย่างมาก จึงได้มีการพัฒนาหม้อผลิตไอน้ำ ขึ้นเพื่อประยุกต์ใช้กับตู้นึ่งแบบต่างๆของเกษตรกร Figure 2 การพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหม้อผลิตไอน้ำ โดยใช้เชื้อเพลิงจากฟืนที่ประกอบเข้ากับชุดอุปกรณ์ตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดโดยมีโครงสร้างของหม้อผลิตไอน้ำ คล้ายกับตู้ทรงสี่เหลี่ยมโดยบริเวณผนังโดยรอบทั้ง 3 ด้านของหม้อผลิตไอน้ำ จะถูกออก แบบให้เป็นที่ผนังกักเก็บน้ำเพื่อขยายพื้นที่ห้องเผาไหม้ให้กว้างขึ้นและต้มน้ำในปริมาณที่น้อย

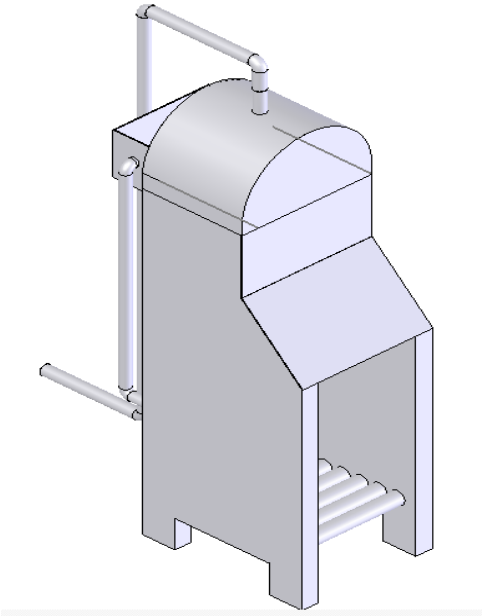

Figure 2 Steam boiler new design

ด้านล่างตัวหม้อผลิตไอน้ำ จะเป็นท่อรับความร้อนซึ่งถูกออกแบบให้เป็นตะกรับแบบเอียงภายในตัวด้วยเพื่อง่ายต่อการป้อนฟืนและกำจัดขี้เถ้า ส่วนตรงกลางของหม้อผลิตไอน้ำจะเป็นห้องเผาไหม้เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนโดยเป็นช่องสี่เหลี่ยม ส่วนด้านบนจะมีชุดท่อความร้อนเพื่อรองรับเปลวไฟด้านบนการเผาไหม้เชื่อเพลิงจะเกิดขึ้นบริเวณตรงกลางแล้วก็จะแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับตะกรับเอียงซึ่งเป็นท่อความร้อนที่อยู่ด้านล่างและผนังทั้ง 3 ด้านของห้องเผาไหม้ จากนั้นความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับน้ำซึ่งถูกบรรจุอยู่ในผนังด้านข้างทั้ง 3 ด้านและอยู่ในท่อความร้อนด้านล่างกับด้านบน น้ำได้รับความร้อนก็จะระเหยขึ้นไปด้านบนของตัวเตาซึ่งมีห้องกักเก็บไอ จากนั้นก็จะถูกปล่อยออกไปตามท่อเข้าตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อไป การเติมน้ำใช้หลักการแรงโน้มถ่วงของโลกปล่อยน้ำเข้าไปแทนที่โดยใช้ลูกลอยเป็นตัวควบคุมโดยจะติดตั้งอยู่ด้านหลังตัวเตา

จากนั้นทำการทดสอบหาความสามารถในการผลิตไอน้ำ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อผลิตไอน้ำ ซึ่งหาได้จากสมการที่ 1 [3,6,10]

$$\eta = \frac{mC_p(T_2 - T_1) + (m - m_1)L}{m_t H_t} \qquad (1)$$

m = น้ำหนักของน้ำก่อนต้ม (กรัม)

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ (4,186 จูนล์/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส)

T_1 = อุณหภูมิที่น้ำเดือด (องศาเซลเซียส)

T_2 = อุณหภูมิของน้ำก่อนต้ม (องศาเซลเซียส)

m_1 = น้ำหนักของน้ำที่เหลือ (กรัม)

L = ความร้อนแฝงของน้ำ (540 แคลอรี/กรัม)

m_t = น้ำหนักฟืน (กรัม)

H_t = ค่าความร้อนที่ได้จากฟืน (7689.6 แคลอรีต่อกรัม- เซลเซียส)

โดยติดตั้งเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3 ติดตั้งถังวัดระดับน้ำเพื่อเติมน้ำเข้าสู่หม้อผลิตไอน้ำ จากนั้นทำการติดตั้งสาย Thermocouple Type K ต่อเข้ากับ Dual Thermometer DIGICON DP-7 เพื่อใช้วัดอุณหภูมิน้ำ ไอน้ำ ห้องกักเก็บไอ ใช้ไม้ฟืนในการทดสอบทำการชั่งไม้ฟืนโดยใช้ตาชั่งขนาดจำกัดน้ำหนักไม่เกิน 15 กิโลกรัม จากนั้นทำการทดสอบนึ่งก้อนเชื้อเห็ด โดยต่อส่งท่อไอเข้าตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ด เพื่อเปรียบเทียบกับระบบการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดของเกษตรกร

Figure 3 Test of steam boiler

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบหม้อผลิตไอน้ำ

ผลการทดสอบอัตราการผลิตไอน้ำ อัตราการป้อนฟืน และประสิทธิภาพเชิงความร้อน พบว่า หม้อผลิตไอน้ำ สามารถบรรจุน้ำได้ 35 ลิตร มีอัตราการผลิตไอน้ำ 22 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการป้อนฟืน 13.48 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนซึ่งหาได้จากสมการที่ 1 มีค่าเท่ากับ 31.16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดของเกษตรกร 4 รูปแบบ ซึ่งเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดของเกษตรกรมีประสิทธิภาพทางความร้อนค่อนข้างต่ำ อยู่ในช่วง 13-25 เปอร์เซ็นต์ [3,8] พบว่า หม้อผลิตไอน้ำ มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังแสดงลายละเอียดใน Table 1 นอกจากนี้ยังพบว่าหม้อผลิตไอน้ำ สามารถใช้เวลาเพียง 7 นาที สามารถผลิตไอน้ำได้หลังจากจุดไฟ เนื่องจากมีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนจากผนังทั้ง 3 ด้าน และท่อความร้อนทั้งด้านบนด้านล่าง และใช้หลักการต้มน้ำในปริมาณน้อย [10] ทำการวัดอุณหภูมิห้องกักเก็บไอมีอุณหภูมิสูงสุด 125 องศาเซลเซียส แต่เมื่อปล่อยไอน้ำออกที่ปลายท่อส่งไอ พบว่ามีอุณหภูมิไอน้ำ 100 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบใช้นึ่งก้อนเชื้อเห็ด

จากการทดสอบใช้หม้อผลิตไอ นึ่งก้อนเชื้อเห็ดโดยทำการต่อท่อส่งไอน้ำเข้าไปยังตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ด โดยบรรจุก้อนเชื้อเห็ด 800-1000 ก้อน ทำการวัดอุณหภูมิของก้อนเชื้อเห็ด อากาศภายในตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ด เพื่อเปรียบเทียบกับเตานึ่งของเกษตรกร ถ้าอุณหภูมิก้อนเชื้อเห็ดถึง 90 องศาเซลเซียส ให้หยุดเติมเติมเชื้อเพลิงและอบไว้อีก 3 ชั่วโมง ดังแสดงจากกราฟรูปที่ 5 พบว่า น้ำอุณหภูมิเริ่มต้น 30 องศาเซลเซียส สามารถกลายเป็นไอเมื่อเวลาผ่านไปเพียง 7 นาที จากการทดสอบใช้หม้อผลิตไอน้ำ นึ่งก้อนเชื้อเห็ดโดยทำการต่อท่อส่งไอน้ำเข้าไปยังตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ด โดยบรรจุก้อนเชื้อเห็ด 800-1000 ก้อน ทำการวัดอุณหภูมิของก้อนเชื้อเห็ด อากาศภายในตู้นึ่งก้อนเชื้อ เห็ด เพื่อเปรียบเทียบกับเตานึ่งของเกษตรกร ถ้าอุณหภูมิก้อนเชื้อเห็ดถึง 90 องศาเซลเซียส ให้หยุดเติมเติมเชื้อเพลิงและอบไว้อีก 3 ชั่วโมง พบว่า น้ำอุณหภูมิเริ่มต้น 30 องศาเซลเซียส สามารถกลายเป็นไอเมื่อเวลาผ่านไปเพียง 7 นาที อุณหภูมิน้ำและไอน้ำหลังจากนาทีที่ 7 ผ่านไปมีทิศทางไปในแนวเดียวกัน อุณหภูมิก้อนเชื้อเห็ดถึง 90 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเพียง 160 นาที ส่วนอากาศภายในตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดถึง 90 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ 2 ชั่วโมงแรก หม้อผลิตไอน้ำ ใช้น้ำประมาณ 56 ลิตร ฟืน 60 กิโลกรัม สามารถประหยัดน้ำ ไม้ฟืนและเวลาได้ 39.88 36.66 และ 38.88 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบจากแท็งก์น้ำสี่เหลี่ยมโดยใช้ถัง 200 ลิตร เป็นหม้อต้มของเกษตรกร

Table 1 efficiency of steam boiler

Type of steam boiler	η
Steam boiler type louktoong (ลูกทุ่ง)	20.30%
Steam boiler type tank steel	17.20%
Steam boiler type tank steel and chamber sterilizing	13.20%
Steam boiler saving energy	19.90%
Steam boiler new design	31.16%

Figure 4 Chamber sterilizing

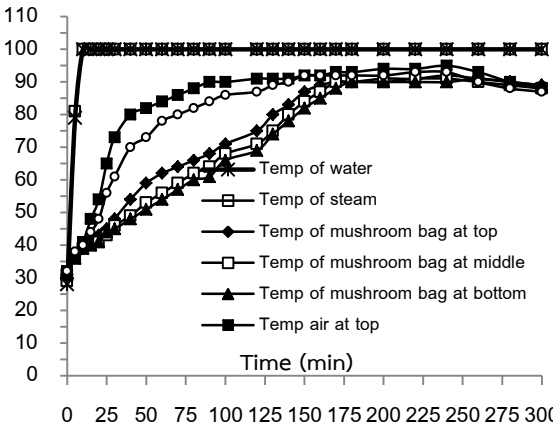

Figure 5 Temperature in chamber sterilizing

การวิเคราะห์ต้นทุนการนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

จาก Table 2 ในการวิเคราะห์ต้นทุนของการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดในงานวิจัยนี้จะทำการคำนวณจากต้นทุนของเชื้อเพลิง น้ำ ค่าแรงงาน ซึ่งต้นทุนของเชื้อเพลิงซึ่งเป็นไม้ฟืน เกษตรกรจะรับซื้อหรือหาเองตามท้องถิ่น จากการสอบถามถ้ารับซื้อจะอยู่ที่ตันละ 300 บาท ซึ่งเป็นราคาของเกษตรกร ส่วนค่าน้ำจะคิดตามค่าน้ำบ้าน 1 หน่วย หรือ 1000 ลิตร เท่ากับ 7 บาท ส่วนค่าแรงงานในการเติมฟืนจะจ้างเพียง 1 คน ค่าแรง 200 บาท จากนั้นจะรวบรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด แล้วนำมาคำนวณหาค่าใช้จ่ายต่อก้อนของการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดซึ่งสามารถคำนวนได้จาก ค่าใช้จ่ายต่อก้อน = (ค่าเชื้อเพลิง+ ค่าแรงงาน + ค่าน้ำ)/จำนวนก้อนทั้งหมด โดยจำนวนก้อนที่นึ่งแต่ละครั้งมีจำนวน 1,000 ก้อนจากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับค่าใช่จ่ายต่อก้อนของเตานึ่งของเกษตรกร พบว่าต้นทุนรวมในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเท่ากับ 0.223 บาทต่อก้อน ค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันมากที่สุดคือค่าเชื้อเพลิงซึ่งต่างกันถึง 7.5 บาท ต่อครั้ง สมมติ 1 ปี มีฤดูทำเห็ด 8 เดือน คิดเป็น 240 วัน เกษตรกรจะประหยัดค่าเชื้อเพลิงได้ 1,920 บาท

Table 2 Cost analysis and compare steam boiler

Cost analysis

cost	Steam boiler new design	Steam boiler of farmers
water	0.56 บาท	0.77 บาท
Labor	200 บาท	200 บาท
energy	27 บาท	34.5 บาท
Total cost per piece	0.223 บาท	0.230 บาท

วิจารณ์และสรุป

การพัฒนาหม้อผลิตไอน้ำเพื่อใช้สำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ได้พัฒนาหม้อผลิตไอน้ำ เพื่อใช้เป็นแหล่งกำเนิดไอน้ำ ซึ่งสามารถผลิตไอน้ำได้ภายในเวลา 7 นาที หลังจากจุดไฟ บรรจุน้ำได้ 35 ลิตร มีอัตราการผลิตไอน้ำ 22 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการป้อนไม้ฟืน 13.48 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิไอน้ำที่กักเก็บอยู่ห้องไอมีสูงถึง 125 องศา จากนั้นนำไปต่อเข้ากับตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดโดยตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดสามารถบรรจุได้ 800-1000 ก้อน จากนั้นเปรียบเทียบกับเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบจากแท็งก์น้ำสี่เหลี่ยมโดยใช้ถัง 200 ลิตร เป็นหม้อต้มของเกษตรกรพบว่า สามารถประหยัดน้ำ ไม้ฟืน

และเวลาได้ 39.88 36.66 และ 38.88 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาต้นทุนการนึ่งก้อนเชื้อเห็ด พบว่าต้นทุนรวมในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเท่ากับ 0.223 บาทต่อก้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยสำหรับนิสิตเรียนดี งบประมาณรายได้ ปี 2555 จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) โครงการประกวดนวัตกรรมชาวบ้านขอขอบคุณนิสิตระดับปริญญาตรีที่มีส่วนช่วยในการเก็บข้อมูลครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. สถาบัน กศน. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รายวิชาการเพาะเห็ด ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. สืบค้นได้จาก URL: http://esan.nfe.go.th/elearning/courses/100/section2.pdf January 10, 2014.
2. อภิชาต ศรีสะอาด. คู่มือการเพาะเห็ดเศรษฐกิจ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 33(5), 197 – 200. 2551.
3. ชัชวาล โยธะพันธ์. การพัฒนาเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประหยัดพลังงานโดยใช้เชื้อเพลิงจากฟืน. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2555.
4. ประภัสสร บุษหมั่น และโศภิษฐ์ เวทยสุภรณ์. การเพาะเห็ดเศรษฐกิจสกุลนางรมในถุงพลาสติกจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยไม่นึ่งฆ่าเชื้อ. โครงการวิจัยคณะเทคโนโลยี มหาสารคาม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2548.
5. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. โครงการพัฒนาการผลิตและการใช้เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด. กรุงเทพฯ : กระทรวงพลังงาน. 2551.
6. อนันตศักดิ์ ศักดิ์อำนวย. ลักษณะการเผาไหม้และการถ่ายเทความร้อนของระบบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน. มหาวิทยาลัยเทคโนพระจอมเกล้าธนบุรี, 2554.
7. วิวัฒนาการของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด. Jrfram108. บทความออนไลน์. สืบค้นได้จาก URL: http://www.jrfarm108.com/index.php?mo=1. January 5, 2014.
8. ปัญญา ทามาตย์ และเอกชัย เอกรักษา. การทดสอบสมรรถนะเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดในระดับเกษตรกร. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2554.
9. โครงการพัฒนาและถ่ายทอดเตาประหยัดพลังงานโดยใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลกับแก๊สชีวภาพสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด. เอกสารเผยแพร่เตานึ่งเพิ่มพูนทรัพย์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2554,
10. พรประสิทธ์ คงบุญ และคณะ.การพัฒนาเครื่องผลิตไอน้ำความดันต่ำสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน. วารสารวิศวกรรมสาร มข, 38(2), 111 – 116. 2554.