สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิจัยพัฒนาเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด

Development of Husk Waste Stove for Bag Culture Pasteurizer

นายสือพงษ์ ลือนาม

RCH
ล 5247ก
2555

สชทมู.....
เลขทะเบียน 140372
รับ.เดือน.ปี 19 มี.ค. 2559

b. 12139352
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

10 ตุลาคม 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชื่อโครงการ การวิจัยพัฒนาเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2555 จำนวนเงิน 100,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ พฤศจิกายน 2554 ถึง ตุลาคม 2555
ผู้ดำเนินการวิจัย นาย ลือพงษ์ ลือนาม ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์
หน่วยงานที่ทำวิจัย คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ 02-329-8520 โทรสาร 02-329-8520

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด โดยแยกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นเตาเผาแกลบ ประกอบด้วย เตาแกลบ ตะแกรงใต้เตา หม้อต้มน้ำ และฝาปิดเตา และส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ประกอบด้วย ถังนึ่ง ตะแกรงบรรจุก้อนเห็ด และฝาปิดถังนึ่ง ซึ่งการทำงานเตาเผาแกลบทำหน้าที่ผลิตไอน้ำส่งตามท่อไปยังถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่บรรจุได้ 48 ก้อน จากผลการทดสอบพบว่า ใช้เชื้อเพลิงแกลบ 20.33 กิโลกรัม และใช้ไม้ฟืน 9.83 กิโลกรัม การใช้เชื้อเพลิงแกลบร่วมกับไม้ฟืนจำนวน 30.16 กิโลกรัม ในอัตราส่วนแกลบต่อไม้ฟืน 2 ต่อ 1 เพื่อเผาไหม้ให้ความร้อนกับหม้อต้มน้ำสำหรับผลิตไอน้ำนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดในถังนึ่ง สามารถผลิตไอน้ำได้เฉลี่ย 24.97 ลิตร จากน้ำที่บรรจุหม้อต้ม 30 ลิตร ทำให้มีอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดขณะนึ่งฆ่าเชื้อคงที่ระดับ 98-99 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานกว่า 2 ชั่วโมง 53 นาที หลังจากการเผาแกลบนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ได้ถ่านแกลบจากการเผานึ่งก้อนเชื้อเห็ด 5.07 กิโลกรัม

ดังนั้น เตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด โดยใช้เชื้อเพลิงในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ในอัตราส่วนแกลบต่อไม้ฟืน 2 ต่อ 1 จึงสามารถนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดได้ ด้วยอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานกว่า 2 ชั่วโมง และได้ถ่านแกลบนำใช้ประโยชน์ทางการเกษตรจำนวนกว่า 5 กิโลกรัม

คำสำคัญ : เห็ด, แกลบ, เตาต้มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Research Title : Development of Husk Waste Stove for Bag Culture Pasteurizer
Researcher : Mr.Luepon Luenam
Faculty: Agricultural Technology

Abstract

The objective of this research was to develop a rice-husk-fuel boiler for pasteurizing mushroom substrate bags. The system consisted of 2 components – boiling unit and pasteurizing unit. The boiling unit consisted of a rice husk furnace, a furnace rack, a boiling tank, and a furnace top. Pasteurizing unit consisted of a pasteurizing chamber, mushroom racks, and a chamber lid. The boiler generated stream using rice husk fuel. The stream was then delivered to the pasteurizer unit. The Pasteurizing chamber could contain up to 48 mushroom substrate bags. This study found that a mixture of 20.33 kg of rice husk and 9.83 kg of firewood (ratio of 2:1) could generate 24.97 liters of stream from 30 liters of water in the boiling tank for mushroom substrate pasteurization. The system could generate a constant pasteurizing temperature of 98-99 °C for 173 minutes. Remaining charcoal from the combustion was 5.07 kg.

The conclusion is that the rice-husk-fuel boiler for pasteurizing mushroom cultivating substrate was developed. A mixture of rice husk and firewood at the ratio of 2:1 as the fuel could be used for mushroom substrate pasteurizing at temperature higher than 90 °C for more than 2 hours. The process also produced about 5 kg of charcoal that can be used in various agricultural activities.

Keywords : mushroom, rice-husk, boiler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้ โดยการได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบรายได้ประจำปี 2555 ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะคณาจารย์ ข้าราชการ นักศึกษา เจ้าหน้าที่ ตลอดจนเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดที่ให้คำปรึกษา อนุเคราะห์ข้อมูล ความรู้ และเสนอแนะการดำเนินการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

นอกจากนี้คณะผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ขอขอบคุณ บุคคล องค์กร หน่วยราชการ สถานประกอบการและที่ไม่ได้กล่าวนาม ซึ่งให้ความร่วมมือหรือมีส่วนช่วยให้มีการศึกษาครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้ดำเนินการวิจัย

ตุลาคม 2555

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	2
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 สถานการณ์การผลิตเห็ดของประเทศไทย	4
2.2 การผลิตก้อนเชื้อเห็ด	5
2.3 การฆ่าเชื้อในการเพาะเห็ด	5
2.4 หม้อต้มไอน้ำหรือเครื่องกำเนิดไอน้ำ	6
2.5 เชื้อเพลิงสำหรับการผลิตไอน้ำอบฆ่าเชื้อก้อนเห็ด	7
2.6 เชื้อเพลิงชีวมวล	7
2.7 ปริมาณแกลบในประเทศไทย	8
2.8 กระบวนการแปรรูปข้าวเปลือก	9
2.9 ลักษณะวัสดุเชื้อเพลิงแกลบ	9
2.10 วัสดุที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบและส่วนประกอบต่างๆ	9
2.11 ประโยชน์ของเถ้าแกลบ	11
2.12 การเผาไหม้ตรง (Direct Combustion)	11
2.13 เตาแก๊สชีวมวลจากเศษวัสดุทางการเกษตร	12
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	13
3.1 การออกแบบและทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น	13
3.2 การศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด	15
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	19
4.1 ผลการศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น	19
4.2 ผลการศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าก้อนเชื้อเห็ด	23
4.3 อภิปรายผลการวิจัย	28
บทที่ 5 สรุปและเสนอแนะ	29
5.1 สรุปผลการศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น	29
5.2 สรุปผลการศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าก้อนเชื้อเห็ด	29
5.3 ข้อเสนอแนะ	30
บรรณานุกรม	31
ภาคผนวก ก	32
ภาคผนวก ข	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันการบริโภคเห็ดเป็นที่นิยมกันแพร่หลายทั้งแบบสด บรรจุกระป๋อง แบบตากแห้ง และมีแนวโน้มที่จะบริโภคเห็ดเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากรูปแบบ และรสชาติเฉพาะตัวที่แตกต่างจากอาหารประเภทพืชผักด้วยกัน รวมทั้งการนิยมรับประทานอาหารแบบมังสวิรัติมีมากขึ้น ทำให้เห็ดถูกนำมาใช้ปรุงอาหารแทนเนื้อสัตว์มากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งมีงานวิจัยหลายชิ้นที่ยืนยันสรรพคุณของเห็ดว่ามีคุณสมบัติป้องกันโรคได้ โดยปริมาณผลผลิตเห็ดทั่วโลกมีประมาณ 4.27 ล้านตัน เป็นผลผลิตเห็ดแชมปิญองร้อยละ 38 เห็ดนางรมร้อยละ 25 และเห็ดฟางร้อยละ 16 โดยในประเทศไทยมีการผลิตเห็ดฟางมากที่สุดร้อยละ 68.9 รองมาเป็นเห็ดนางรมร้อยละ 12.3 เห็ดหูหนูร้อยละ 11.5 เห็ดหอมร้อยละ 2.5 มีมูลค่าของผลผลิตเห็ดรวมกันกว่า 5 พันล้านบาท (ฐานข้อมูลผลิตเห็ด, 2550) การเพาะเห็ดเพื่อจำหน่ายจึงมีกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งแหล่งเพาะเห็ดที่สำคัญตั้งอยู่ในเขตภาคกลางแถบจังหวัด พระนครศรีอยุธยา สระบุรี นครนายก ปทุมธานี และอ่างทอง (ชาญยุทธ์ และคณะ, 2540)

การผลิตไอน้ำนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ส่วนใหญ่เกษตรกรนิยมนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งลูกทุ่ง ซึ่งเป็นถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร นึ่งได้ถังละประมาณ 100 ถุง โดยใช้ฝากรวยครอบปิดอีกทีหนึ่ง ฝาจะเจาะรูตรงกลางขนาดเท่ากับตะปู 6 นิ้ว ที่ฝามีเข็มขัดเหล็กรัดฝาไว้ ด้านในทาสีกันสนิมที่ก้นถังมีชั้นวางของซึ่งเป็นเหล็กที่ทำขึ้นได้เอง เพื่อเป็นที่วางอาหาร หรือวัสดุเพาะเห็ดอื่นๆ ใส่น้ำลงไประดับน้ำประมาณ 15 เซนติเมตร แล้วต้มน้ำจนเดือดไอน้ำจะแผ่ความร้อนมายังอาหารและดันออกทางฝาถังตามรูตะปู ความดันจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อุณหภูมิที่ใช้ คืออุณหภูมิน้ำเดือดธรรมดา 98-100 องศาเซลเซียส จับเวลาที่อุณหภูมิน้ำเดือดติดต่อกันประมาณ 2-4 ชั่วโมง การจะใช้เวลานานเท่าไหร่ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของหม้อนึ่งโดยปกติหากเป็นหม้อนึ่งขนาดเล็กที่นึ่งได้ไม่เกิน 100 ก้อน ใช้เวลานึ่งประมาณ 2-3 ชั่วโมง ขนาดไม่เกิน 1,000 ก้อน ใช้เวลานึ่ง 3-4 ชั่วโมง หากใหญ่กว่านั้นให้ใช้เวลา 4-6 ชั่วโมง ปัจจุบันนี้เกษตรกรได้พัฒนาการใช้หม้อนึ่งลูกทุ่งให้ดีกว่าเก่าคือ สามารถนึ่งได้ครั้งละประมาณ 500 ถุง โดยใช้ถังเก็บน้ำขนาดความจุ 1,000 ลิตร มาดัดแปลงโดยใช้ถัง 200 ลิตร เป็นแหล่งกำเนิดไอน้ำแล้วต่อท่อไอน้ำเข้าไปในถัง 1,000 ลิตรอีกที หลังจากนึ่งฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้วทิ้งไว้ให้เย็นก็นำมาเขี่ยเชื้อจากหัวเชื้อในเมล็ดข้าวฟ่าง เชื้อจุลินทรีย์อื่นที่ปะปนมาจึงจะตาย หลังจากนึ่งฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้วทิ้งไว้ให้เย็นก็นำมาเขี่ยเชื้อจากหัวเชื้อในเมล็ดข้าวฟ่าง (ชยพร, 2551: ปัญญา, 2537: ข้อมูลเห็ดขอนขาว เห็ดบด, 2551)

ปัจจุบันมีการนำแกลบมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ การสีข้าว การเผาอิฐ การเคี่ยวน้ำตาล การผลิตไฟฟ้า กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ และนอกจากนี้ยังใช้เชื้อเพลิงในภาคครัวเรือนและอื่นๆ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตข้าวของประเทศประมานปีละไม่ต่ำกว่า 30 ล้านตัน จะมีปริมาณแกลบประมาณ 6 ล้านตัน เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลและจะได้เถ้าแกลบประมาณ 1.2 ล้านตัน (สำนักเทคโนโลยีชุมชน, 2552)

การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน สำหรับการหุงต้มประกอบอาหารหรือในอุตสาหกรรมครัวเรือน เป็นสิ่งทดแทนแหล่งผลิตฟืนและถ่านที่เหลืออยู่น้อยแล้ว และยังเป็นสิ่งที่หาได้ง่าย มีการกระจัดกระจายอยู่ตามท้องถิ่นชุมชนต่างๆ ของเกษตรกรอีกทั้งมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าหรือก๊าซธรรมชาติ และเป็นการนำวัสดุทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าต่อเกษตรกรและชุมชนเพิ่มมากยิ่งขึ้น (พลังชีวมวล, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชีวมวลเป็นพลังงานทดแทน สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานชีวมวลที่ให้พลังงานความร้อนได้ ซึ่งได้จากไม้โตเร็ว หรือสิ่งเหลือทิ้งทางการเกษตร อาทิ แกลบ ซังข้าวโพด ขี้เลื่อย เป็นต้น สมัยโบราณได้รู้จักการนำไม้มาเผาไฟ เพื่อใช้ในการหุงต้มอาหารนานนับหลายล้านปี ด้วยกระบวนการเผาไหม้ (Combustion) ด้วยปฏิกิริยาคายความร้อน และปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นระหว่างสารต่าง ๆ ทำให้เกิดความร้อนและเปลวไฟออกมา และได้พัฒนาเทคโนโลยีด้วยการเปลี่ยนเชื้อเพลิงประเภทถ่านไปเป็นแก๊สเชื้อเพลิงแข็งให้อยู่ในสภาพแก๊ส ด้วยกระบวนการกลั่นก๊าซจากไม้ (gasification) จะเกิดขึ้นได้ด้วยการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งในที่ที่มีปริมาณออกซิเจนจำกัดเกิดความร้อนบางส่วน และความร้อนนี้จะไปเร่งปฏิกิริยาต่อเนื่องอื่นๆ ให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิงได้ (วรนุช, 2551)

ดังนั้น การพัฒนาเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ด้วยหลักการเผาไหม้แกลบวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จึงเป็นการจัดการทรัพยากรในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์ เป็นการวิจัยพัฒนาต่อยอดจากแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลวัสดุจากเหลือทิ้งทางการเกษตรในท้องถิ่น ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและเกิดความคุ้มค่ามากขึ้น ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในการผลิต อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดโดยตรง ทั้งการผลิตไอน้ำในการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด รวมถึงเป็นการหมุนเวียนและจัดหาเชื้อเพลิงภายในท้องถิ่น เกิดแหล่งพลังงานใช้ในครัวเรือน อันเป็นส่วนช่วยส่งเสริมสนับสนุนการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร นำมาเป็นวัสดุเชื้อเพลิงเกิดแหล่งพลังงานภายในชุมชน เพิ่มแหล่งพลังงานในท้องถิ่น เกิดความเข้มแข็งภายในชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล ในการประหยัดพลังงานและการหาแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น การสร้างความเข้มแข็งภายในชุมชน และนโยบายของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) ทั้งด้านพลังงานและด้านเกษตรและอาหาร

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการนี้มีเป้าหมายเพื่อวิจัยพัฒนาการผลิตไอน้ำนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดจากเชื้อเพลิงแกลบ มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อออกแบบ สร้าง พัฒนาเตาผลิตไอน้ำจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแกลบในนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด
2. เพื่อทดสอบเตาเผาแกลบนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดต้นแบบ

1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การศึกษาวิจัยโครงการนี้ จะมุ่งเน้นพัฒนาออกแบบเตาผลิตไอน้ำนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดจากเชื้อเพลิงแกลบที่เหลือทิ้ง ด้วยหลักการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง จนเกิดความร้อนขึ้นภายในเตาที่ทำให้น้ำในภาชนะหรือหม้อต้มเดือดกลายเป็นไอ จนได้ปริมาณไอน้ำที่มากพอสำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด โดยมีค่าชี้ผลของการศึกษาวิจัย ได้แก่ อุณหภูมิภายในก้อนเห็ด ระยะเวลาในการนึ่งก้อนเห็ด ปริมาณแกลบที่ใช้นึ่งก้อนเห็ด ประสิทธิภาพเชิงความร้อน อัตราการผลิตไอน้ำ เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านแกลบ ประสิทธิภาพการผลิตถ่านแกลบ เป็นต้น

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ได้เทคโนโลยีที่ใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลจากแกลบผลิตพลังงานความร้อนในการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด
2. เกษตรกรผู้ผลิตเห็ดได้เทคโนโลยีในการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดเพื่อการเพาะเห็ด
3. เกษตรกรผู้ผลิตเห็ดได้ผลิตภัณฑ์ถ่านแกลบเพื่อการจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4. เกษตรกรผู้ผลิตเห็ดประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและเพิ่มรายได้

5. ส่งเสริมให้เกิดแหล่งพลังงานในชุมชนชีวมวลจากแกลบภายในท้องถิ่น

6. สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) ทั้งด้านพลังงาน และด้านเกษตรและอาหาร

7. สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล. ทั้งด้านพลังงานทดแทน และการลดใช้สารเคมีในการผลิตทางการเกษตร

9. สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล. ทั้งด้านการลดใช้สารเคมีในการผลิตทางการเกษตร

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาการผลิตทางการเกษตรให้สามารถได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ เพียงพอต่อความต้องการ และต้นทนการผลิตจะต้องไม่สูงมากนัก อันเป็นที่ต้องการของเกษตรกร แต่เนื่องจากสภาพวะการขาดแคลนพลังงานหรือค่าใช้จ่ายได้พลังงานทางการเกษตรสูงขึ้น ทำให้เกษตรกรประสบปัญหาการขาดทุน เนื่องจากราคาจำหน่ายไม่ได้เพิ่มขึ้นตามต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะการผลิตเห็ดของเกษตรกร ที่มีค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานเพิ่มสูงขึ้นจากค่าเชื้อเพลิงในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ด และปริมาณเชื้อเพลิงไม้ฟืนในธรรมชาติลดลง แนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงจำเป็นต้องหาพลังงานทดแทน ที่สามารถหาได้ภายในท้องถิ่น เช่น แกลบ ซังข้าวโพด อื่นๆ เป็นต้น นำมาเป็นพลังงานทดแทน อันเป็นการลดต้นทุนในการผลิตเห็ดของเกษตรกรและสามารถหาเชื้อเพลิงได้ภายในชุมชน

2.1 สถานการณ์การผลิตเห็ดของประเทศไทย

ปัจจุบันการบริโภคเห็ดได้รับความสนใจ เพื่อดูแลสุขภาพกันมากขึ้น เนื่องจากเห็ดมีรสชาติดี มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะโปรตีน เกลือแร่ วิตามิน และให้พลังงานต่ำ มีไขมันน้อย จึงเหมาะสำหรับผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับ ไขมันในเส้นเลือดสูง และโรคหัวใจ นอกจากนี้ยังปลอดภัยจากสารพิษ สำหรับประเทศไทยคาดว่ามีผลผลิตเห็ดประมาณ 1.2 แสนตัน มีมูลค่ากว่า 5 พันล้านบาท ก่อให้เกิดธุรกิจหมุนเวียนต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 1.2 หมื่นล้านบาท แยกตามชนิดของเห็ด ได้แก่ เห็ดฟางร้อยละ 68.9 เห็ดนางรมร้อยละ 12.3 เห็ดหูหนูร้อยละ 11.5 เห็ดหอมร้อยละ 2.5 เห็ดแชมปิญองร้อยละ 0.7 และเห็ดอื่น ๆ เช่น เห็ดเข็มทอง เห็ดลม และเห็ดแครง รวมร้อยละ 4.1 ซึ่งใช้บริโภคภายในประเทศสูงถึงร้อยละ 95 ส่งออกเพียงร้อยละ 5 เท่านั้น โดยการผลิตเห็ดแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้ (ฐานข้อมูลผลิตเห็ด, 2550)

1. การผลิตเห็ดในถุงพลาสติก ใช้วัสดุเพาะจำพวกขี้เลื่อยบรรจุถุงพลาสติก เช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม เห็ดหอม เห็ดลม และเห็ดหูหนู เป็นต้น

2. การผลิตเห็ดบนวัสดุเพาะ ใช้วัสดุเพาะจำพวกฟางหรือเศษวัสดุทางการเกษตร กองบนชั้นหรือบนพื้น เช่น การเพาะเห็ดฟางกองเตี้ย การเพาะเห็ดฟางและเห็ดกระดุมในโรงเรือน เป็นต้น

3. การผลิตเห็ดบนท่อนไม้ ใช้ท่อนไม้เจาะรู บรรจุอาหารและหัวเชื้อเห็ด จะมีอายุเก็บเกี่ยวได้นาน เช่น เห็ดหูหนู เห็ดหอม เห็ดลม เป็นต้น

สำหรับการผลิตเห็ดในประเทศที่แบ่งตามลักษณะการผลิต สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ (ชาญยุทธ์ และคณะ, 2550)

1. การเพาะเห็ดในถุงพลาสติก เป็นการเตรียมถุงเพาะเห็ดด้วยการนำขี้เลื่อยหรือวัสดุการเกษตรอื่น ๆ มาเป็นวัสดุเพาะ

2. การเพาะเห็ดกลางแจ้ง ส่วนใหญ่เป็นการเพาะเห็ดฟางที่มีปริมาณมากที่สุดของเห็นในประเทศไทย โดยใช้วัสดุเพาะจำพวกฟางข้าว เปลือกถั่วเขียว เปลือกมันสำปะหลัง ทะลายปาล์ม หรือวัสดุการเกษตรอื่น ๆ ที่มีอยู่ในท้องถิ่น มีลักษณะการเพาะเป็นแบบกองเตี้ย ใช้ระยะเวลาในการเพาะจนสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ประมาณ 10-15 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. การเพาะในโรงเรือนแบบอุตสาหกรรม เป็นการเพาะเห็ดที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับสูงในการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ซึ่งเพาะเห็ดได้ตลอดทั้งปี ส่วนมากนิยมเพาะเห็ดฟาง เห็ดแชมปิญอง เห็ดเข็มทอง เห็ดถั่ว หรือเห็ดโคนน้อย เป็นต้น

2.2 การผลิตก้อนเชื้อเห็ด

1. ก้อนเชื้อเห็ดหรือถุงเชื้อเห็ด หมายถึง เชื้อเห็ดที่เลี้ยงในถุงพลาสติกทนร้อน ซึ่งใช้วัตถุดิบเป็นขี้เลื่อยฟางหมักหรือปุ๋ยหมัก เพื่อเป็นอาหารเชื้อเห็ดให้เจริญเติบโตในระยะบ่ม และระยะการเกิดดอกออกในโรงเรือนเพาะเห็ด

2. การทำก้อนเชื้อเห็ด มีวัสดุหลักในการทำ ได้แก่ ถุงพลาสติกทนร้อน ขี้เลื่อยไม้ยางพารา อาหารเสริม (รำละเอียด ข้าวโพดป่น น้ำตาลทราย) ดีเกลือ ปูนขาว คอขวดพลาสติก เป็นต้น โดยนำขี้เลื่อยไม้ยางพารามาคัดแยกสิ่งเจือปนออก กองขี้เลื่อยบนพื้นปูนซิเมนต์ ผสมตามสูตรต่าง ๆ ที่เหมาะสม คลุกเคล้า ขี้เลื่อยไม้ยางพาราและอาหารเสริมเข้าด้วยกัน กระจายกองส่วนผสมเติมน้ำลงบนกองขี้เลื่อย ผสมให้ได้ระดับความชื้นที่เหมาะสม นำส่วนผสมบรรจุลงในถุงพลาสติกทนร้อน ประมาณถุงละ 0.8-1.0 กิโลกรัม แล้วอัดก้อนเชื้อให้แน่นพอสมควร เมื่ออัดก้อนขี้เลื่อยจนแน่นแล้ว จึงทำการสวมคอขวดพลาสติก ใช้ยางรัดจุกอุดด้วยสำลี นำถุงวัสดุเพาะไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งแบบลูกทุ่งนานประมาณ 3-4 ชั่วโมง แล้วพักถุงวัสดุเพาะให้เย็น ในไปเขี่ยเชื้อที่เจริญเติบโตบนเมล็ดธัญพืชภายในห้องที่มีลมสงบ โดยเขี่ยเชื้อลงในถุงวัสดุเพาะ 20-30 เมล็ด ปิดจุดสำลี นำก้อนวัสดุเพาะไปบ่มในที่มืด 3-4 สัปดาห์ ให้เส้นใยจะเจริญเต็มวัสดุเพาะ ในขณะบ่มก้อนเชื้อควรฉีดยาฆ่าแมลงคลุมถุงก่อนเชื้อไว้ เพื่อป้องกันมดหรือแมลงมากัด

2.3 การฆ่าเชื้อในการเพาะเห็ด

1. การฆ่าเชื้อ หมายถึง ขั้นตอนทำให้วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเห็ดปราศจากเชื้ออื่น ๆ หรือกำจัดเชื้อเจือปนที่ไม่ต้องการ ทั้งเชื้อราและแบคทีเรีย โดยเฉพาะขั้นตอนการเลี้ยงเส้นใยและการทำหัวเชื้อเห็ด การฆ่าเชื้อจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญยิ่งในงานเพาะเลี้ยงเห็ด โดยเฉพาะขั้นตอนการเลี้ยงเส้นใย และการทำหัวเชื้อเห็ด (ฐานข้อมูลผลิตเห็ด. 2550) จึงต้องใช้ความร้อนจากน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในการเพาะเห็ด (ปัญญา, 2537)

1) การฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ เป็นการนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์พวกเชื้อโรค เชื้อรา แมลงและสัตว์ที่มีขนาดเล็กเท่านั้น เพื่อไม่ให้สิ่งมีชีวิตเจริญเติบโตแข่งขันกับเชื้อเห็ด การนึ่งแบบนี้นิยมใช้สำหรับการนึ่งก้อนเชื้อในตู้ หรือการนึ่งในหม้อนึ่งแบบลูกทุ่ง จะใช้เวลานึ่งนานประมาณ 2-3 ชั่วโมง

2) การฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรส์ เป็นการนึ่งฆ่าเชื้อให้ตายหมดโดยสิ้นเชิง นิยมใช้นึ่งฆ่าเชื้อที่ติดมากับอาหารวุ้น และเม็ดธัญพืช โดยการใช้หม้อนึ่งความดัน เพื่อฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่จะเจริญแข่งขันกับเชื้อเห็ด ซึ่งตามปกติจะใช้ความดันที่ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานประมาณ 20-30 นาที

3) การฆ่าเชื้อแบบทินดอลไลซ์เซชั่น เป็นการนึ่งด้วยไอน้ำเดือดนาน 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ 1 วัน ในวันที่ 2 เวลาเดิมทำการนึ่งด้วยไอน้ำเดือดอีก 1 ชั่วโมง และในวันที่ 3 ทำการนึ่งด้วยไอน้ำเดือดอีก 1 ชั่วโมง คือการฆ่าเชื้อเป็นการนึ่ง 3 วัน วันละ 1 ครั้ง เพื่อเป็นการนึ่งฆ่าเชื้อราและเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่ไม่ได้อยู่ในรูปของสปอร์ จะเหมะสมในเขตประเทศที่มีอากาศหนาว สำหรับประเทศไทยให้นึ่ง 3 ครั้งแต่ละครั้งห่างกัน 18-20 ชั่วโมง การนึ่งวิธีนี้จะสิ้นเปลืองแรงงาน เชื้อเพลิง และเสียเวลาอย่างมากจึงไม่เป็นที่นิยมของเกษตรกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. หม้อนึ่ง สำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ในการเพาะเห็ดทุกชนิดต้องมีการกำจัดศัตรูเห็ด ซึ่งอาจจะเป็นการฆ่าเชื้อเฉพาะส่วนที่เป็นศัตรูของเห็ด หรือฆ่าเชื้อให้หมดโดยสิ้นเชิง จะต้องอาศัยหม้อนึ่งความดันเป็นตัวฆ่าเชื้อ ยกเว้นการเพาะแบบเชื้อก้อนเชื้อมาเพาะเปิดดอกหรือผลิตก่อนเชื้อแล้วซื้อเชื้อเห็นมาต่อเอก ก็ไม่จำเป็นต้องมีหม้ออบความดันใช้ภายในฟาร์ม โดยหม้อนึ่งแยกได้เป็นหลายแบบ ดังนี้ (บรรณ, 2537)

1) หม้อนึ่งความดันแบบออโตเคลฟ ใช้สำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารวุ้น และเมล็ดธัญพืช หม้อนึ่งความดันจัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาค่อนข้างแพง เนื่องจากจะทำด้วยโลหะที่มีความทนทานต่อแรงกดดันได้ดีเป็นพิเศษ เพราะในการนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จำเป็นใช้ความดันค่อนข้างสูง มีขนาดเล็กเป็นทรงกลม ปกติไม่ค่อยมีใช้ตามฟาร์มเห็ดต่าง ๆ เนื่องจากนึ่งก้อนเห็ดได้จำนวนน้อย

2) หม้อนึ่งความดันแบบดัดแปลง ปรับปรุงจากหม้อนึ่งแบบออโตเคลฟ โดยทำจากเหล็กแผ่นหนา ม้วนเป็นวงกลม แล้วเชื่อมเข้าด้วยกัน ทำให้มีขนาดใหญ่ มีอุปกรณ์ควบคุมเช่นเดียวกับแบบออโตเคลฟ สามารถนึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้ทุกชนิด และได้ครั้งละมาก ๆ จำนวนหลายร้อยก้อนต่อการนึ่งแต่ละครั้งเหมาะสำหรับฟาร์มเห็ดขนาดเล็ก

3) หม้อนึ่งความดันขนาดใหญ่หรือหม้อนึ่งสตีม ปรับปรุงจากหม้อนึ่งความดันแบบดัดแปลงให้มีขนาดใหญ่ขึ้น มีทั้งแบบกลมและแบบสี่เหลี่ยม สามารถนึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้ครั้งละ 500-1000 ก้อน เหมาะสำหรับฟาร์มเห็ดขนาดใหญ่มาก

4) หม้อนึ่งแบบลูกทุ่ง ดัดแปลงมากจากถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ที่ฝาของถังเจาะรูขนาด 1 นิ้ว ตรงกลางฝาถัง 1 รู ทำชั้นว่างสูงประมาณ 12-15 เซนติเมตร และตะแกรงก้อนเชื้อเห็ดไว้ภายในถัง เพื่อป้องกันไม่ให้ถุงก้อนเชื้อติดด้านข้างหม้อนึ่ง จากนั้นเติมน้ำลงภายในหม้อนึ่งให้ต่ำกว่าชั้นว่างเล็กน้อย นำตะแกรงก้อนเชื้อบรรจุภายในหม้อนึ่ง เรียงก้อนเชื้อเห็ดว่างในตะแกรง ทำการนึ่งโดยการจับเวลาตั้งแต่น้ำเดือดหรือไอน้ำพุ่งออกจากรูที่เจาะนานประมาณ 2-3 ชั่วโมง แต่ถ้าเป็นหม้อนึ่งที่บรรจุก้อนเชื้อเห็น ตั้งแต่ 1,000 ถุงขึ้นไป ควรใช้เวลานึ่งนานประมาณ 4-5 ชั่วโมง ซึ่งเหมาะสมสำหรับฟาร์มเห็ดขนาดเล็กและขนาดกลาง

2.4 หม้อต้มไอน้ำหรือเครื่องกำเนิดไอน้ำ

พิกัดหม้อไอน้ำ หมายถึง อัตราการผลิตไอน้ำที่หม้อไอน้ำสามารถผลิตได้ต่อหน่วยเวลาเป็นกิโลกรัมต่อชั่วโมง ปอนด์ต่อชั่วโมง หรือตันต่อชั่วโมง แต่บางครั้งการกำหนดพิกัดหม้อไอน้ำ จะขึ้นกับชนิดของไอน้ำที่ผลิตออกมา ถ้าเป็นไอน้ำอิ่มตัวจะกำหนดเป็นอัตราการผลิตไอน้ำต่อหน่วยเวลา เช่น 1 ตันต่อชั่วโมง หมายถึง ปริมาณความร้อนที่สามารถทำให้น้ำขนาด 1 ตันที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส กลายเป็นไอน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส หมดภายในเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งหม้อผลิตไอน้ำทั่วไป จะมีส่วนประกอบสำคัญ ดังนี้ (สมคิด, 2550)

1. เตา เป็นส่วนเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมการเผาไหม้เชื้อเพลิง และห้องเผาไหม้สำหรับเชื้อเพลิงของแข็งส่วนล่างของเตาจะเป็นตะแกรงไฟ ส่วนเชื้อเพลิงเหลว แก๊สและถ่านหินผงจะใช้หัวเผา ส่วนมากเตาและหม้อไอน้ำจะเป็นชุดเดียวกัน

2. หม้อไอน้ำ เป็นส่วนได้ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้และส่งถ่ายความร้อน ให้กับน้ำซึ่งอยู่ภายในทำให้น้ำกลายเป็นไอ หม้อผลิตไอน้ำประกอบด้วย ท่อทรงกระบอก และท่อน้ำ หรือท่อไฟ ส่วนที่รับความร้อนประกอบด้วยพื้นผิวติดกับห้องเผาไหม้ จะรับความร้อนจากเปลวไฟโดยการแผ่รังสีสูง จึงเรียกว่า ผิวนำความร้อนด้วยการแผ่รังสี ส่วนพื้นผิวที่อยู่ห่างจากห้องเผาไหม้ จะได้รับความร้อนส่วนใหญ่จากการสัมผัสกับแก๊สเผาไหม้ที่มีความร้อนสูง จึงเรียกว่า ผิวนำความร้อนโดยการพา ตัวหม้อไอน้ำเป็นภาชนะทนความดันได้สูงที่บรรจุน้ำและไอน้ำอิ่มตัว ซึ่งจะบรรจุน้ำอยู่ประมาณ 2/3-3/4 ของปริมาตรของตัวหม้อไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. อุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของหม้อไอน้ำ ส่วนมากมีอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ประกอบย่อย ได้แก่ ลิ้นนิรภัย ลิ้นถ่ายน้ำวาล์วต่างๆ เครื่องมือวัดความดัน เครื่องมือวัดระดับน้ำและเครื่องขจัดเขม่า เป็นต้น

2.5 เชื้อเพลิงสำหรับการผลิตไอน้ำอบฆ่าเชื้อก้อนเห็ด

การผลิตไอน้ำอบฆ่าเชื้อในการเพาะเห็ด นิยมใช้เตาแบบถังน้ำมัน 200 ลิตร เนื่องจากมีราคาไม่แพง วิธีการใช้ไม่ยุ่งยาก โดยใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด ได้แก่ ไม้ฟืน น้ำมันเตา ซังข้าวโพด น้ำมันดีเซล แก๊สหุงต้ม น้ำมันเครื่องเก่า และยางรถยนต์ เป็นต้น (เสกสรร, 2541) แต่มีข้อจำกัดและปัญหาในการใช้งาน คือ ไม่มีชนวนป้องกัน ตั้งอยู่กลางแจ้ง เกิดการสูญเสียความร้อนให้กับอากาศ ขณะเผาเชื้อเพลิงหรือไม้ฟืนเพื่อทำการต้มน้ำ ทำให้ต้องสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำนวนมากในการผลิตไอน้ำ เป็นผลทำให้การต้มน้ำให้เดือดต้องใช้เวลานาน และไม่สามารถควบคุมระดับอุณหภูมิของไอน้ำให้คงที่ได้ เนื่องจากการสูญเสียความร้อนจากลมพัดถังหรือหม้อต้มน้ำขณะทำการต้มน้ำ และยังมีข้อจำกัดของการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด ดังนี้ (ธนิตย์, 2545)

1. ไม้ฟืน มีราคาแพงและหายาก แต่ยังใช้เชื้อเพลิงชีวมวลทดแทนได้ เช่น ซังข้าวโพด เศษไม้ เป็นต้น
2. น้ำมันดีเซลและแก๊สหุงต้ม มีราคาแพงไม่คุ้มค่าต่อการผลิตไอน้ำฆ่าเชื้อในโรงเรือนเพาะเห็ด
3. ยางรถยนต์เก่า ก่อให้ปัญหาเกิดมลภาวะและส่งกลิ่นเหม็น ซึ่งเป็นสาระก่อมะเร็ง เมื่อเผายางรถยนต์จะทำให้สารก่อมะเร็งออกสู่บรรยากาศ จนบางท้องถิ่นไม่อนุญาตหรือออกกฎหมายไม่ให้ใช้ยางรถยนต์เป็นเชื้อเพลิง
4. น้ำมันเครื่องเกาหรือน้ำมันขี้โล้ ก่อให้เกิดเป็นอันตรายต่อมนุษย์ เนื่องจากประกอบด้วยโลหะและอโลหะ ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว สารหนู เป็นต้น

2.6 เชื้อเพลิงชีวมวล

การผลิตทางการเกษตรในแต่ละปี จะก่อให้เกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำมาแปรเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อผลิตพลังงานทดแทนได้อย่างมากมาย โดยมีการประเมินศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จำแนกได้ตามชนิดของพืช ดังตารางที่ 1 ได้แก่ อ้อย ข้าว ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด ถั่วลิสง ฝ้าย ถั่วเหลือง ข้าวฟาง เป็นต้น จากรายงานการใช้เชื้อเพลิงในปี 2542 มีปริมาณการใช้ฟืน 6.7 ล้านตัน ถ่านไม้ 3.3 ล้านตัน โดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ ในอุตสาหกรรมอาหารอบนึ่ง ใช้กับเตาในอุตสาหกรรมเซรามิค การผลิตอิฐ และการผลิตปูนขาว ส่วนใหญ่ใช้หุงต้มประกอบอาหารในครัวเรือนชนบท ส่วนถ่านไม้ใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือน หุงต้มประกอบอาหารทั้งครัวเรือนชนบทและในเมือง รายงานกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานในปี 2539 มีแหล่งผลิตฟืนและถ่านเหลือเพียง 25.6 % โดยปริมาณการใช้ฟืนและถ่านคิดเป็น 16.7 % เทียบกับการใช้พลังงานอื่น ๆ ดังนั้นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนยังก่อให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าต่อชุมชน ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.1 การประเมินศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ชนิด	ผลผลิต/ ปี (10^6 กก.)	วัสดุเหลือใช้	อัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต	วัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้น (10^6 กก.)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ใช้เป็นพลังงาน (10^6 กก.)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (10^6 กก.)	ค่าความร้อน (เมกะจูล/กก.)	พลังงาน (เทราจูล)
1. อ้อย	53,494	ชานอ้อย	0.291	15,567	12344	3,222	14.40	46,401
		ส่วนยอดและใบ	0.302	16,155	0	15,929	17.39	277,006
2. ข้าว	**24,172**	**แกลบ**	**0.230**	**5,560**	**2819**	**2,741**	**14.27**	**39,112**
		ฟาง(ส่วนบน)	**0.447**	**10,805**	**0**	**7,391**	**10.24**	**75,679**
3. ปาล์มน้ำมัน	3,256	ทะลายปาล์มเปล่า	0.428	1,394	42	814	17.86	14,535
		เส้นใยปาล์ม	0.147	479	411	64	17.62	1,130
		กะลาปาล์ม	0.049	160	94	6	18.46	109
		ก้าน	2.604	8,479	0	8,479	9.83	83,345
		ทะลายตัวผู้	0.233	759	0	759	16.33	12,389
4. มะพร้าว	1,400	เปลือก	0.362	507	146	302	16.23	4,894
		กะลามะพร้าว	0.160	224	93	85	17.93	1,518
		ทะลายมะพร้าว	0.049	69	10	58	15.40	891
		ทางมะพร้าว	0.225	315	50	255	16.00	4,077
5. มันสำปะหลัง	19,064	ลำต้น	0.088	1,678	0	683	18.42	12,577
6. ข้าวโพด	4,286	ซังข้าวโพด	0.273	1,170	226	784	18.04	14,142
7. ถั่วลิสง	138	เปลือก	0.323	45	0	45	12.66	564
8. ฝ้าย	36	ลำต้น	3.232	116	0	116	14.49	1,686
9. ถั่วเหลือง	319	ลำต้น,ใบ,เปลือก	2.663	849	6	646	19.44	12,551
10. ข้าวฟ่าง	142	ใบ,ต้น	1.252	178	21	115	19.23	2,215
รวมทั้งหมด								604,822

ที่มา : พลังงานชีวมวล, 2547.

2.7 ปริมาณแกลบในประเทศไทย

ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศ ด้วยคุณภาพและมาตรฐานที่ขึ้นชื่อทำให้ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวสารได้เป็นอันดับ 1 ของโลก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมากกว่า 20 ปี โดยในปี พ.ศ. 2551 มีการส่งออกข้าวสารประมาณ 10 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 203 ล้านบาท โดยมีปริมาณส่วนแบ่งการตลาดมากถึงร้อยละ 35 ดังนั้นอุตสาหกรรมการผลิตข้าวจึงเป็นอุตสาหกรรมที่มีแกลบเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันมีการนำแกลบมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ การสีข้าว การเผาอิฐ การเคี่ยวน้ำตาล การผลิตไฟฟ้า กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ และนอกจากนี้ยังใช้เชื้อเพลิงในภาคครัวเรือนและอื่นๆอีกเล็กน้อย ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตข้าวของประเทศประมานปีละไม่ต่ำกว่า 30 ล้านตัน จะมีปริมาณแกลบประมาณ 6 ล้านตัน เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลและจะได้เถ้าแกลบประมาณ 1.2 ล้านตัน ดังนั้นจึงมีปริมาณแกลบเหลือทิ้งในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำแกลบมาใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8 กระบวนการแปรรูปข้าวเปลือก

ในกระบวนการแปรรูปข้าวเปลือกจะให้แกลบเป็นวัสดุเหลือทิ้งโดยเมื่อนำข้าวเปลือก 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปต่าง ๆ แล้วจะใช้พลังงานทั้งสิ้น 30 – 60 กิโลวัต-ชั่วโมง เพื่อให้ได้ข้าวประมาณ 600–700 กิโลกรัมและจะมีวัสดุเหลือทิ้ง คือ แกลบ ประมาณ 220 กิโลกรัม จากการสำรวจพื้นที่เพาะปลูกข้าวในประเทศไทยเมื่อปี 2542 พบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวรวม 62.70 ล้านไร่ แบ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง 6.46 ล้านไร่ และพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี 56.24 ล้านไร่ โดยมีผลผลิตรวมของทั้งประเทศประมาณ 23.0 ล้านตัน ข้าวเปลือกแบ่งเป็นข้าวนาปรัง 4.336 ล้านตัน และข้าวนาปี 18.663 ล้านตัน ประมาณร้อยละ 67.5 เป็นผลผลิตที่ได้มาจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง (วารสารพลังงาน, 2553)

2.9 ลักษณะวัสดุเชื้อเพลิงแกลบ

แกลบ คือ เปลือกนอกของเมล็ดข้าว คิดเป็น 20% โดยน้ำหนักของการเก็บเกี่ยวข้าวเปลือก แต่ละปีมีข้าวเปลือกจากทั่วโลกมากกว่า 80 ล้านตัน เฉพาะที่ประเทศไทยมีโรงสีข้าวประมาณ 40,000 โรง และมีแกลบจากการสี 4.4-4.6 ล้านตันต่อปี ซึ่งคิดเป็นค่าความร้อนเทียบเท่ากับปริมาณน้ำมันดิบ1.46-1.53 ล้านตัน เนื่องด้วยแกลบจัดเป็นเชื้อเพลิงแข็งชนิดหนึ่งและเป็นเชื้อเพลิงแข็งที่เบามากลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็งจะเป็นการเผาไหม้แบบ Diffusion คือ ก้อนเชื้อเพลิงจะติดไฟที่ผิวนอกก่อน แล้วจึงค่อยๆ ลามเข้าไปข้างในก้อนเชื้อเพลิง และเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไปก่อนจะกลายเป็นขี้เถ้า (Ash) ขัดขวางการลามเข้าไปในก้อนเชื้อเพลิงของเปลวไฟ จึงทำให้เชื้อเพลิงมักจะเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ต่างกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวหรือก๊าซ ที่จะมีการผสมกันของเชื้อเพลิงและอากาศก่อน ที่เรียกว่า Premixed จึงทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์กว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง จากการศึกษามีรายงานจำนวนมากของเตาเผาหลายชนิดที่มีการใช้วัสดุชีวมวลหรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ในจำนวนเหล่านั้นเทคโนโลยีฟลูอิดไดซ์เบด จะเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งหรือเศษเหลือจากการเกษตรเป็นพลังงาน เนื่องจากว่ามีข้อได้เปรียบตามธรรมชาติ คือ สามารถเปลี่ยนเชื้อเพลิงได้ตามความเหมาะสมทำงานที่อุณหภูมิต่ำเงื่อนไขการทำงานที่อุณหภูมิคงที่การใช้วิธีการของฟลูอิดไดซ์เบดนั้น ต้องการห้องเผาไหม้ที่สูงมากเพื่อลดอัตราการหลุดลอยของอนุภาคเชื้อเพลิงและทำให้อนุภาคอยู่ในห้องเผาไหม้นานขึ้น สำหรับในเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบดต้องมีความสูงรวมของฟรีบอร์ดมากกว่า 15 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเบด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้เชื้อเพลิงแข็งที่เบามาก

2.10 วัสดุที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบและส่วนประกอบต่างๆ

แกลบเมื่อถูกการเผาไหม้จะกลายเป็นเถ้าแกลบซึ่งจะมีปริมาณคิดเป็นร้อยละ 20 – 25 ของแกลบ มีขนาดอนุภาคตั้งแต่ 1 – 100 ไมครอน ลักษณะผิวขรุขระเป็นเหลี่ยมมุม มีรูโพรงอยู่ภายในทำให้โครงสร้างมีความพรุนสูง มีพื้นที่ผิวมาก และมีความว่องไวต่อปฏิกิริยา โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นซิลิการ้อยละ 85 – 99 (ตารางที่ 2.2) ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์ของธาตุต่างๆ นั้น ขึ้นอยู่กับแหล่งที่เพาะปลูกข้าว ชนิดของข้าวและปุ๋ยที่ใช้ (สรรเสริญ, 2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
ซิลิกา	93.2
อะลูมินา	0.41
เฟร์ริกออกไซด์	0.21
แคลเซียมออกไซด์	0.41
แมกนีเซียมออกไซด์	0.45
โซเดียมออกไซด์	0.08
โพแทสเซี่ยมออกไซด์	2.31
น้ำหนักที่สูญเสียหลังการเผาที่ 1000 องศาเซลเซียส	2.77

ที่มา: สรรเสริญ, 2530

ลักษณะของเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาไหม้จะมีสีและโครงสร้างของซิลิกาแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเผา ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อสมบัติของเถ้าแกลบที่สามารถนำไปใช้โดยส่วนมากเถ้าแกลบที่พบจะมีสีเทา สีขาว และสีดำ ดังแสดงภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างขี้เถ้าแกลบ
ที่มา: สรรเสริญ, 2530

แกลบสีเทา ได้จากการเผาแกลบที่อุณหภูมิไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส โดยมีความชื้นพอประมาณ ซิลิกาที่ได้จะมีโครงสร้างในรูปอสัญฐาน (amorphous)

เถ้าแกลบสีขาว ได้จากการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ที่อุณหภูมิสูงไม่เกิน 1000 องศาเซลเซียส ซิลิกาที่ได้จะมีโครงสร้างในรูปอสัญฐานน้อย แต่จะอยู่ในรูปผลึกแบบคริสโทบาไลต์ (cristobalit) ซึ่งเป็นโครงสร้างผลึกรูปแบบหนึ่งของซิลิกา เป็นจำนวนมากทำให้ความพรุนและพื้นที่ผิวลดลงความว่องไวต่อปฏิกิริยาลดลง

เถ้าแกลบสีดำ ได้จากการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีอากาศไม่เพียงพอ ที่อุณหภูมิสูงไม่เกิน 1200 องศาเซลเซียส อย่างรวดเร็ว ทำให้หลังการเผาแล้วมีคาร์บอนเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 5 – 30 ซึ่งถูกกักอยู่ในโครงสร้างที่พรุนของซิลิกา จึงทำให้เถ้าแกลบมีสีดำ และซิลิกาจะอยู่ในรูปผลึกแบบคริสโทบาไลต์เป็นส่วนมาก (สรรเสริญ, 2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.11 ประโยชน์ของเถ้าแกลบ

เถ้าแกลบ ใช้เป็นส่วนผสมในงานวัสดุก่อสร้าง ได้แก่ การผลิตอิฐ ปูนซีเมนต์และคอนกรีตกำลังสูง ใช้ในอุตสาหกรรมเซลามิก โดยการเตรียมซิลิกาจากแกลบให้มีความบริสุทธิ์สูง เหมาะสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสีเซรามิก เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์ซิลิกอนไนไตรด์ ซึ่งเป็นเซรามิกชนิดหนึ่งที่มีความแข็งแรงสูง ใช้ในงานที่อุณหภูมิสูงได้ดี มีน้ำหนักเบาจึงเป็นวัสดุในการผลิตเครื่องยนต์ดีเซล เครื่องกังหันแก๊สที่ใช้กับรถยนต์ นำไปสังเคราะห์เป็นธาตุซิลิคอนเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผงโซล่าเซลสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วัสดุทนไฟ เพื่อใช้ในการผลิตฉนวนป้องกันความร้อน แผ่นรองเผา ตัวรองสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ปลอก Thermocouple ใช้ทดแทนซิลิกาจาแหล่งธรรมชาติ โดยใช้เป็นสารเพิ่มความแข็งแรงในอุตสาหกรรมพลาสติก ยาง และพอลิเมอร์ ใช้ช่วยเพิ่มความหนืดในจารบี สี หมึก และเครื่องสำอาง และใช้เป็นสารขัดถูในยาสีฟัน เป็นสารกรอง (filter acid, filtermedia) สำหรับกรองน้ำในสระว่ายน้ำ แทนไดอะทอไมต์ และเป็นวัสดุดูดซับสารพิษ เช่น สารระเหย โลหะหนัก ซึ่งเป็นมลพิษในสิ่งแวดล้อม (อนุชิต, 2529)

2.12 การเผาไหม้ตรง (Direct Combustion)

การเผาไหม้ตรงเป็นปฏิกิริยาเคมีการรวมตัวกันระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนอย่างรวดเร็ว ทาให้เกิดการลุกไหม้และการคายความร้อนออกมา โดยใช้ก๊าซออกซิเจนร้อยละ 23 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 77 โดยน้าหนัก ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ก๊าซออกซิเจนสัมผัสกับพื้นผิวเชื้อเพลิง การเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้ได้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ การปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมาที่พื้นผิว และการเกิดปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์กับออกซิเจนเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และเทคโนโลยีที่ใช้สาหรับป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ระบบการเผาไหม้ซึ่งมีใช้อยู่ 5 ระบบ ได้แก่

1. ระบบใช้แรงงานคนป้อนเชื้อเพลิง ระบบนี้อาศัยคนงานที่มีความชำนาญในการกระจายเชื้อเพลิงให้ทั่วสม่ำเสมอบนตะกรันเตาไฟ ที่ทำจากเหล็กหล่อเป็นตอน ๆ อากาศที่ใช้สำหรับเผาไหม้จะถูกส่งจากใต้เตาเหนือตะกรับเตาไฟ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของระบบนี้ค่อนข้างต่ำ

2. ระบบสโตกเกอร์ (Stoker) เป็นระบบแรกที่มีการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาโดยอาศัยเครื่องกลแทนแรงงานคน ข้อดีของระบบนี้คือ มีราคาถูก และสามารถออกแบบให้ใช้ได้กับเชื้อเพลิงแข็งหลายชนิดแต่ระบบสโตกเกอร์มีขีดความสามารถในการผลิตไอน้ำร้อนในระดับต่ำ

3. ระบบฟลเวอร์ไรซ์ (Pulverised) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเตาระบบฟลเวอร์ไรซ์จะเกิดขึ้นในลักษณะที่เชื้อเพลิงแขวนลอยอยู่ ดังนั้นเชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาเผาแบบนี้จะต้องมีขนาดเล็กเพียงพอที่จะแขวนลอยอยู่ในอากาศภายในเตา อากาศส่วนแรกจะถูกอุ่นก่อนส่งเข้าเตา เพื่อใช้ในการอบแห้งเชื้อเพลิงในขณะที่อากาศส่วนที่สองถูกส่งเข้าเตาโดยตรง เพื่อช่วยให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบรูณ์ ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้จะถูกพัดพาออกจากเตาเผาติดมากับแก๊สร้อนที่ได้จากการเผาไหม้

4. ระบบไซโคลน (Cyclone) เตาเผาระบบไซโคลน เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าเตาเผาโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงเช่นเดียวกับระบบฟลเวอร์ไรซ์ แต่ไม่จำเป็นต้องบดเชื้อเพลิงให้มีขนาดเล็ก ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการบดเชื้อเพลิงลงได้ การเผาไหม้ในระบบไซโคลนจะใช้หัวเผาแบบ Horizontal water-cooled ขนาดเล็ก ทำให้เตาเผาระบบไซโคลนมีขนาดเล็กกว่าเตาเผาระบบฟลเวอร์ไรซ์เมื่อคิดต่อหน่วยปริมาตร อากาศจะเข้าสู่เตาเผาในแนวสัมผัสกับผนังของห้องเผาไหม้ ซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงเกิดการเคลื่อนที่แบบปั่นป่วน (Turbulence) ในห้องเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้ดียิ่งขึ้น อุณหภูมิของการเผาไหม้ภายในเตาระบบไซโคลนสูงถึง 1650 °C ซึ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทำให้ขี้เถ้าถูกเผาไหม้กลายเป็นขี้โลหะเหลว (Liquid Slag) ได้ประมาณ 30 -50 % และเหลือขี้เถ้าที่ปนออกมากับแก๊สร้อนเพียง 70-50% ขี้โลหะเหลวที่เกิดขึ้นภายในเตาเผาระบบไซโคลนนี้สามารถปล่อยออกทางด้านล่างของเตาเผาได้

5. ระบบฟลูอิดไดซเบด (Fluidized Bed) อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิงและเมื่อเพิ่มค่าความเร็วของอากาศถึงค่าหนึ่งเชื้อเพลิงที่วางอยู่จะลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายของไหล ในตอนเริ่มติดเตานั้นเบดจะได้รับความร้อนจากภายนอกจนอุณหภูมิถึงจุดติดไฟของเชื้อเพลิงหลังจากนั้นเชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าไปอย่างสม่ำเสมอ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นทั่ว ๆ บริเวณเตา โดยปกติจะใส่สารเฉื่อย (Inert Material) เช่น ทราย หรือสารที่ทำปฏิกิริยา (Reaction Material) เช่นหินปูน (Limestone) หรือตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ซึ่งจะช่วยในด้านการถ่ายเทความร้อนและช่วยทำความสะอาดภายในเตาระบบฟลูอิดไดซ์เบด

2.13 เตาแก๊สชีวมวลจากเศษวัสดุทางการเกษตร

เตาแก๊สชีวมวลเป็นเตาที่จัดสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับการหุงต้มอาหารในครัวเรือน โดยใช้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง โดยมีหลักการทำงานแบบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวล (Gasifier) แบบอากาศไหลขึ้น (Updraf Gasifier) เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่ที่จำกัดปริมาณอากาศให้เกิดความร้อนบางส่วนแล้วไปเร่งปฏิกิริยาต่อเนื่อง เพื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ที่สามารถติดไฟได้ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไฮโดรเจน และแก๊สมีเทน เป็นต้น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ พลังงาน ,2553)

1. เตาแก๊สชีวมวลจากแกลบ บ้านสันทราย ตำบลป่าอ้อดอนชัย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย การผลิตเตาแก๊สชีวมวลเพื่อการประหยัด พลังงานและเงินทุนในการใช้เตาแก๊สทั่วไป ถือได้ว่าเป็นแนวคิดที่ดีและสามารถนำมาใช้ได้จริง ซึ่งมีวิธีการง่ายๆ โดยนำแกลบมาเผาในเตาที่ทำขึ้นเป็นพิเศษ มีลักษณะคล้ายกับเตาแก๊สทั่วไป แต่ต่างกันแค่สิ่งที่นำมาบรรจุอยู่ด้านใน คือแกลบกับแก๊ส ซึ่งแค่ชื่อก็รู้แล้วว่าราคามีความแตกต่างกันมาก เมื่อนำมาทดลองใช้เตาชนิดนี้สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายและช่วยลด การใช้พลังงานได้เป็นอย่างดี

2. เตาแก๊สชีวมวลจากแกลบ วัดศรีคิรินทราราม จังหวัด แพร่ เตาแกลบหรือเตาแก๊สชีวมวล เป็นรูปแบบที่ถูกนำมาจัดแสดงไว้ในวัด เป็นเครื่องมือหนึ่งในการดำรงชีวิตในครัวเรือนที่ทำให้ประหยัดไม่ฟุ้งเฟ้อฟุ่มเฟือย ในการหุงต้มอาหารที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเรื่องเชื้อเพลิงหุงต้มการใช้เตาแกลบในการหุงต้มนั้นไม่ยาก วัสดุที่นำมาใช้ก็หาได้ง่าย ตราบใดที่คนไทยยังปลูกข้าว กินข้าวอยู่ เราจะมีแกลบไว้ใช้เป็นวัตถุดิบได้ตลอดไป วิธีการคือนำแกลบมาใส่ในช่องกระบอกเตาอัดให้แน่น เตาที่ใช้จุแกลบได้ 1.2 กิโลกรัม ก็เต็มกระบอก จากนั้นจุดไฟที่ด้านบนด้วยเศษกระดาษ เมื่อไฟติดแกลบเล็กน้อย เปิดสวิตช์พัดลมที่ค่าไฟ 6 โวลต์ ลมจะเป่าย้อนจากด้านล่างขึ้นบน ทำให้ไฟติดและมีเปลวแรง นำฝาคลอบหรือฐานตั้งภาชนะสวมด้านบน เหมือนเตาแก๊สทั่วไป

3. เตาชีวมวลแบบ Sun Sun เป็นเตาที่สามารถวางภาชนะได้หลายขนาด มีระบบการต้ม การทอดและการอุ่นแบบต่อเนื่องมีระบบการกรองพิษจากเขม่า และควันพิษด้วยม่านไอน้ำ 2 ชั้น มีระบบต้มน้ำโดยใช้ความร้อนจากปล่องควัน เชื้อเพลิงที่ใช้จะเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง เช่นกะลามะพร้าว ซังข้าวโพด กิ่งไม้ เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น เชื้อเพลิง 9 กิโลกรัมสามารถหุงอาหารได้ 2-3 ชั่วโมง

4. เตาชีวมวลแบบ SME เป็นเตาที่มีระบบการกรองพิษจากเขม่าด้วยม่านไอน้ำ สามารถวางภาชนะได้หลายขนาด มีหัวเตาสำหรับประกอบอาหาร และหัวเตาสำหรับการอุ่นอาหารแบบต่อเนื่อง เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด กิ่งไม้ เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น เชื้อเพลิง 10 กิโลกรัมสา มารถหุงอาหารได้ 2-3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้การศึกษาวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ การผลิตไอน้ำด้วยเชื้อเพลิงแกลบ จึงได้ดำเนินการศึกษาแบ่งเป็นขั้นตอน โดยมีวิธีการดำเนินการ ดังนี้

3.1 การออกแบบและทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น

การศึกษาในขั้นตอนนี้ การออกแบบและสร้างเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น และการทดสอบการทำงานของเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำ เพื่อนำผลจากการศึกษาไปพัฒนาในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ด มีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 การออกแบบและสร้างเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น ด้วยหลักการของกรรมวิธีการเผาไหม้ด้วยกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น เพื่อผลิตความร้อนจากการเผาแกลบเป็นเชื้อเพลิง สำหรับทดลองต้มน้ำในถังต้มน้ำในการผลิตไอน้ำ โดยเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้นประกอบ 3 ส่วน ดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 เตาเผาแกลบผลิตไอน้ำ

1. ห้องเผาไหม้หรือส่วนเตาเผา เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนจากการเผาไหม้ โดยใช้แกลบบรรจุภายในห้องเผาไหม้จนเต็มถังขนาด 200 ลิตร เจาะช่องหน้าเตาสำหรับเป็นช่องลมและเผาไม้ฟืนเป็นเชื้อไฟบริเวณที่ทำให้เกิดกระบวนการเผาไหม้แกลบภายในเตา ทำให้อุณหภูมิและความร้อนในเตาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นจะสัมผัสแลกเปลี่ยนความร้อนกับผนังถังต้มที่ตั้งอยู่ภายในห้องเผาไหม้ ทำให้น้ำภายในถังต้มน้ำมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จนเดือดกลายเป็นไอน้ำ

2. ส่วนถังต้มน้ำหรือหม้อกำเนิดไอน้ำ เป็นถังบรรจุน้ำขนาด 36 ลิตร ตั้งอยู่ภายในห้องเผาไหม้ โดยรับความร้อนจากการเผาไหม้แกลบภายในเตาและไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตา ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของน้ำภายในถังต้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามระดับความร้อนภายในเตา และระยะเวลาในการเผาไหม้จนเดือดกลายเป็นไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

และเกิดแรงดันภายในถังต้มน้ำ แล้วไอน้ำจะดันพุ่งออกจากถังต้มน้ำไปตามท่อส่งไอน้ำ และพุ่งออกจากปลายท่อกระจายในอากาศจนสามารถสังเกตได้

3. ส่วนที่เป็นปล่องควันหรือฝาปิดเตา เป็นอุปกรณ์ในการปิดฝาถังขนาด 200 ลิตร มีปล่องควันติดตั้งกับฝาถังด้วย เพื่อให้ควันและอากาศร้อนจากการเผาไหม้หน้าเตาและภายในห้องเผาไหม้ สัมผัสกับผนังถังต้มน้ำและเป็นทางออกของอากาศ ทำให้ถังต้มน้ำได้รับความร้อนตั้งแต่เริ่มจุดไฟหน้าเตา ยาวนานต่อเนื่องจนสิ้นสุดการผลิตไอน้ำ

การทำงานของเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้น โดยการบรรจุแกลบเข้าเตาเผาทางด้านบนห้องเผาไหม้หรือถังขนาด 200 ลิตร เริ่มจากการวางถังต้มน้ำบนตะแกรง ภายในห้องเผาไหม้ เติมน้ำลงในถังต้มน้ำ 30 ลิตร และเติมแกลบลงในห้องเผาไหม้จนเต็ม ปิดฝาถังหรือห้องเผาไหม้ ทำการเปิดช่องทางออกควัน โดยการนำแกลบออกไปทางหน้าเตา จนเกิดช่องวางภายในเตาและปล่องควัน และทำการจุดไฟหน้าเตา สำหรับผลิตไอน้ำต่อไป

3.1.2 วิธีการดำเนินการทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น โดยการทดลองต้มน้ำให้เดือดจนกลายเป็นไอ เพื่อเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิภายในเตา อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิไอน้ำ ปริมาณเชื้อเพลิง ปริมาณน้ำที่ระเหย ปริมาณน้ำที่เหลือในหม้อต้ม เวลาในการเผาแกลบผลิตไอน้ำ มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมอุปกรณ์และตรวจสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น

2. สุ่มตัวอย่างแกลบเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งหมด 5 ตัวอย่าง เพื่อนำมาหาค่าความชื้น

3. จากนั้นวางถังต้มน้ำไว้ภายในเตาแกลบ เติมน้ำลงในถังต้มน้ำปริมาณ 30 ลิตร โดยการวัดปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปในถังต้มแล้วจดบันทึก

4. เตรียมไม้ฟืนสำหรับจุดเชื้อไฟหน้าเตา โดยการชั่งน้ำหนักเตรียมแยกไว้เป็นกอง ๆ

5. ชั่งน้ำหนักแกลบเชื้อเพลิง ทำการบรรจุแกลบภายในเตาจนเต็ม แล้วการบันทึกน้ำหนักแกลบเชื้อเพลิงที่เข้าเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้น และติดตั้งหัววัดอุณหภูมิภายในเตา หน้าเตา ท่อไอน้ำ และอากาศแวดล้อม

6. ปิดฝาห้องเผาไหม้ นำแกลบออกจากหน้าเตาและปล่องควัน ทำเป็นช่องระบายอากาศและควันระหว่างการเผาไหม้ เพื่ออากาศร้อนจากการเผาไหม้สัมผัสกับถังต้มน้ำได้ดี

7. จุดไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตา สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง เริ่มบันทึกเวลาในการจุดเชื้อไฟหน้าเตาและเก็บข้อมูลน้ำหนักไม้ฟืนเชื้อไฟที่ใช้จุดหน้าเตา เริ่มบันทึกอุณหภูมิในแต่ละจุดของการทดลอง ณ หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่องเตา และท่อไอน้ำ ทำการบันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 5 นาที

8. สังเกตปากท่อไอน้ำ บันทึกลักษณะการเกิดไอน้ำ และเวลาที่เริ่มเกิดไอน้ำพุ่งออกจากปากท่อโดยเฉพาะช่วงที่เริ่มเกิดไอน้ำ

9. สังเกตลักษณะของไอน้ำที่พุ่งออกจากปากท่อ และสังเกตปากปล่องควัน ตั้งแต่เริ่มไอน้ำออกจากปากท่อจนถึงปากปล่องควันไม่มีควันเกิดขึ้น โดยบันทึกเวลาการเกิดไอน้ำไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง

10. เมื่อครบกำหนดตามเวลาให้ทำการปิดเตา บันทึกเวลาที่ปิดเตา และให้หยุดบันทึกอุณหภูมิ ณ หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่องเตา และท่อไอน้ำ ปล่อยให้ถ่านแกลบเย็นตัวภายในเตาเป็นเวลา 36 ชั่วโมง

11. หลังจากปิดเตาครบตามกำหนดเวลา ทำการเปิดเตา ชั่งน้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ในถังต้มน้ำแล้วบันทึกผล จากนั้นนำถ่านแกลบออกจากเตา แล้วนำมาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

12. ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1 – 11 จนครบการทดลองทั้ง 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น โดยการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบจะทำการวัดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเตา และอุณหภูมิของไอน้ำช่องทางออก แล้วนำข้อมูลที่ได้สร้างกราฟความสัมพันธ์ แสดงผลการทดสอบเป็นตารางเปรียบเทียบ จากการคำนวณด้วยสมการ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%) = [(MiCpdT+MeL) x 100]/MH

เมื่อ M = มวลของแกลบเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)

H = ค่าความร้อนของแกลบเชื้อเพลิง (กิโลจูล/กิโลกรัม)

Mi = น้ำหนักของน้ำที่ใช้ในการต้ม (กิโลกรัม)

Cp = ความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.19 กิโลจูล/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส)

dT = อุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลง (องศาเซลเซียส)

Me = น้ำหนักของน้ำที่ระเหยกลายเป็นไอ (กิโลกรัม)

L = ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ (2256 กิโลจูล/กิโลกรัม)

2. อัตราการผลิตไอน้ำ (ลิตร/ชั่วโมง) = $\frac{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหย (ลิตร)}}{\text{ระยะเวลาที่เกิดไอน้ำ (ชั่วโมง)}}$

3. ความชื้นแกลบเชื้อเพลิง (%ฐานเปียก) = $\frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม) – น้ำหนักหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)}} \times 100$

4. การเผาแกลบให้เป็นถ่านแกลบ (%) = $\frac{\text{น้ำหนักถ่านแกลบที่ได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักแกลบที่เผา (กรัม)}} \times 100$

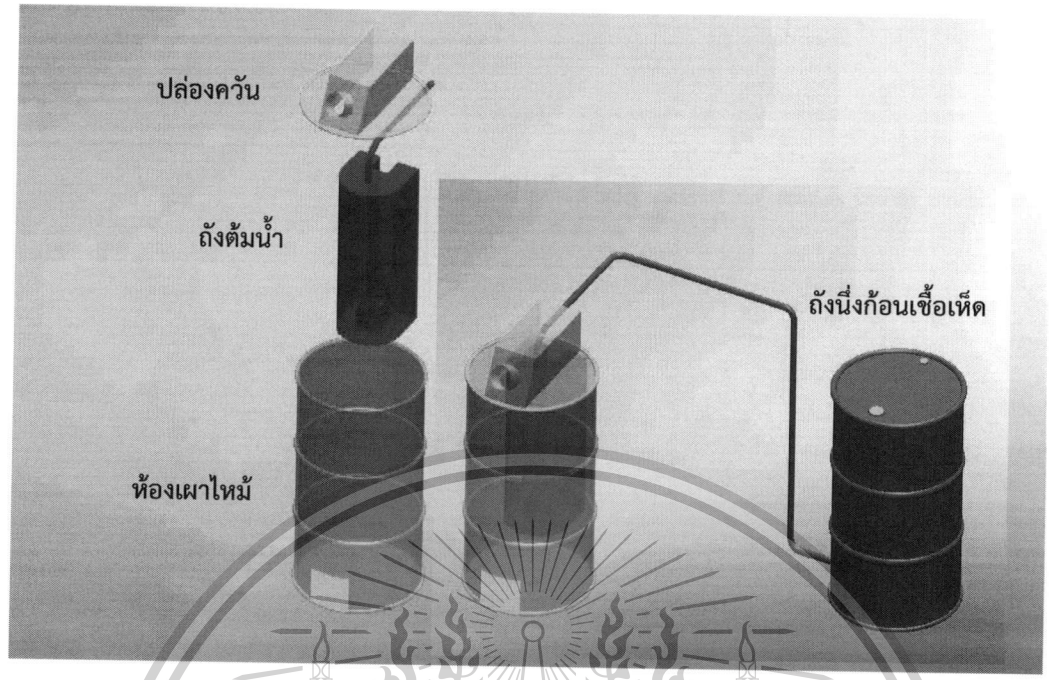
5. ประสิทธิภาพการผลิตถ่านแกลบ (%) = $\frac{\text{น้ำหนักถ่านแกลบที่ได้ (กรัม)–น้ำหนักแกลบที่เหลือ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักถ่านแกลบที่ได้ (กรัม)}} \times 100$

3.2 การศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด

หลักจากการศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น ได้ทราบถึงปัญหา อุปสรรค และข้อจำกัดในการผลิตไอน้ำจากเตาเผาแกลบเป็นเชื้อเพลิงภายในถังขนาด 200 ลิตร ดังนั้น การปรับปรุงพัฒนาเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำจากการศึกษาเบื้องต้น เพื่อแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ตลอดจนลดข้อจำกัดในการทำงานของเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด จึงได้ทำการออกแบบปรับปรุงเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด และดำเนินการทดสอบการทำงานของเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำ มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การปรับปรุงพัฒนาเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ด้วยหลักการของกรรมวิธีการเผาไหม้ด้วยกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น เพื่อผลิตความร้อนจากการเผาแกลบเป็นเชื้อเพลิง โดยทำการปรับปรุงถังต้มน้ำให้มีรูปทรงที่สามารถสัมผัสความร้อนได้ดีขึ้น ซึ่งออกแบบให้มีท่อและปล่องควัน พร้อมถังต้มน้ำเป็นชิ้นส่วนเดียวกัน ทำให้เกิดการสัมผัสความร้อนทั้งบริเวณใต้และผนังถังต้มน้ำ โดยเฉพาะบริเวณผนังที่มีปล่องควันทางออกของอากาศร้อน และมีฝาปิดถังหรือห้องเผาไหม้ที่สามารถเติมแกลบเพิ่มเข้าไปในห้องเผาไหม้ได้ด้วย จึงทำให้สามารถเผาไหม้ได้นานหรือต้มน้ำผลิตไอน้ำได้นานมากขึ้น โดยมีท่อต่อไอน้ำที่ผลิตได้เข้ากับถังนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดขนาด 200 ลิตร บรรจุก้อนเห็ดได้ 48 ก้อน ดังภาพที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 3.2 เตาเผาแกลบผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

1. ห้องเผาไหม้หรือส่วนเตาเผา เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนจากการเผาไหม้ โดยใช้แกลบบรรจุภายในห้องเผาไหม้จนเต็มถังน้ำมัน 200 ลิตร เจาะช่องหน้าเตาสำหรับเป็นช่องลมและเผาไม้ฟืนเป็นเชื้อไฟเป็นบริเวณที่ทำให้เกิดกระบวนการเผาไหม้แกลบภายในเตา เพื่อทำให้อุณหภูมิและความร้อนในเตาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นจะสัมผัสแลกเปลี่ยนความร้อนกับผนังถังต้มที่ตั้งอยู่ภายในห้องเผาไหม้ ทำให้น้ำภายในถังต้มน้ำมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จนเดือดกลายเป็นไอน้ำ

2. ส่วนถังต้มน้ำหรือหม้อกำเนิดไอน้ำ มีลักษณะเป็นถังรูปทรงสี่เหลี่ยม มีช่องด้านข้างของถังต้มเพื่อเป็นปล่องควัน และด้านใต้ถังมีท่อเชื่อมระหว่างผนังปล่องควัน เพื่อทำให้ความร้อนสัมผัสผิวถังต้มน้ำและทำให้น้ำภายในถังต้มเดือดกลายเป็นไอน้ำเร็วขึ้น สามารถบรรจุน้ำได้จำนวน 42 ลิตร ตั้งอยู่ภายในห้องเผาไหม้ โดยรับความร้อนจากการเผาไหม้แกลบภายในเตาและไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตา สำหรับการเติมแกลบลงในห้องเผาไหม้จะแยกออกจากปล่องควันได้เลย จึงไม่ต้องคอยนำเอาแกลบออกจากปล่องควัน ทำให้แยกส่วนที่เผาไหม้กับส่วนทางออกควันออกจากกัน ซึ่งทำให้เติมแกลบได้เรื่อย ๆ โดยไม่ไปอุดปล่องควัน และทำให้ความร้อนภายในเตาสม่ำเสมอต่อเนื่องด้วย

3. ส่วนฝาปิดเตาหรือช่องทางออกควัน เป็นอุปกรณ์ในการปิดฝาเตา สามารถเติมแกลบได้ และมีช่องเพื่อให้ควันหรืออากาศร้อนจากการเผาไหม้ให้ระบายออก ช่องระบายความร้อนออกเป็นช่องที่ท่อไอน้ำออกจากถังต้มด้วย ทำให้ไอน้ำที่ออกจากท่อถังต้มได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย เป็นผลให้ไอน้ำที่ออกจากท่อมีความร้อนสูงเพิ่มสูงขึ้นด้วย

4. ถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด เป็นถังน้ำมัน 200 ลิตร ที่สามารถปิดล็อกฝาได้ ทำการเจาะช่องไอน้ำเข้าและออกควบคุมด้วยวาล์วเปิดปิด ภายในมีตะแกรงเหล็ก เป็นชั้นวางก้อนเชื้อเห็ดจำนวน 3 ชั้น ๆ ละ 16 ก้อน บรรจุก้อนเชื้อเห็ดรวมทั้งหมด 48 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หลักการทำงานของเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด เริ่มจากการวางถังต้มน้ำภายในห้องเผาไหม้ เติมน้ำลงในถังต้ม 30 ลิตร แล้วต่อท่อไอน้ำออกจากถังต้มด้วยเกลียวต่อออกจากด้านบนถังต้ม จากนั้นบรรจุแกลบเชื้อเพลิงลงในเตาเผาทางด้านบนห้องเผาไหม้หรือถังน้ำมัน 200 ลิตร เติมแกลบลงในห้องเผาไหม้จนเต็ม ปิดฝาถังหรือห้องเผาไหม้ ให้ช่องทางออกควันออกไปในทางเดียวกับท่อส่งไอน้ำ ที่ต่อไปยังด้านล่างของถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด จากนั้นทำการจุดไฟหน้าเตา สำหรับผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

3.2.2 การดำเนินการทดสอบ โดยทำการเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดจำนวน 48 ก้อน ซึ่งทำการศึกษาอัตราการผลิตและประสิทธิภาพในการผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด อุณหภูมิภายในเตา อุณหภูมิไอน้ำ ปริมาณเชื้อเพลิง ปริมาณน้ำที่ระเหย ปริมาณน้ำที่เหลือในหม้อต้ม ระยะเวลาในการผลิตไอน้ำ ผลผลิตถ่านหลังจากการเผา อุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ด การทดสอบเตาเผาแกลบนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด โดยทดลองจำนวน 3 ครั้ง ซึ่งมีอุปกรณ์ในการทดสอบ ได้แก่ เตาเผาแกลบผลิตไอน้ำ ถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ตาชั่งนาฬิกา เครื่องวัดอุณหภูมิ เช่น เป็นต้น

1. ตรวจสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำ ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิในเตาเผาแกลบ หน้าเตา ปากปล่อง และถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศแวดล้อม
2. สุ่มตัวอย่างแกลบที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งหมด 5 ตัวอย่าง เพื่อนำมาหาค่าความชื้น
3. จากนั้นวางถังต้มน้ำไว้ภายในเตาแกลบ เติมน้ำลงในถังต้มน้ำปริมาณ 30 ลิตร โดยการวัดปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปในถังต้มแล้วจดบันทึก
4. เตรียมไม้ฟืนสำหรับจุดเชื้อไฟหน้าเตา โดยการชั่งน้ำหนักเตรียมแยกไว้เป็นกอง ๆ
5. ชั่งน้ำหนักแกลบเชื้อเพลิง ทำการบรรจุแกลบภายในเตาจนเต็ม แล้วการบันทึกน้ำหนักแกลบเชื้อเพลิงที่เข้าเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้น
6. บรรจุก้อนเชื้อเห็ดที่จะทำการทดลองในตะแกรงแต่ละชั้น และนำเข้าถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด
7. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิในเตาเผาแกลบ หน้าเตา ปากปล่อง และถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศแวดล้อม
8. ปิดฝาห้องเผาไหม้ นำแกลบออกจากหน้าเตา ทำเป็นช่องระบายอากาศระหว่างการเผาไหม้เพื่ออากาศร้อนจากการเผาไหม้สัมผัสกับถังต้มน้ำได้ดี
9. จุดไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตา สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง เริ่มบันทึกเวลาในการจุดเชื้อไฟหน้าเตาและเก็บข้อมูลน้ำหนักไม้ฟืนหน้าเตา เริ่มบันทึกอุณหภูมิในแต่ละจุดของการทดลอง ณ หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่องเตา ก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศแวดล้อม บันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 5 นาที
10. สังเกตปากท่อทางออกไอน้ำจากถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด บันทึกลักษณะการเกิดไอน้ำ และเวลาที่เริ่มเกิดไอน้ำพุ่งออกจากปากท่อ โดยเฉพาะช่วงที่เกิดไอน้ำเริ่มต้น
11. สังเกตลักษณะของไอน้ำที่พุ่งออกจากปากท่อถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด และปากปล่องควันเตาแกลบผลิตไอน้ำ โดยบันทึกเวลาการเกิดไอน้ำไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง
12. เมื่อครบกำหนดตามเวลาให้ทำการปิดเตา บันทึกเวลาที่ปิดเตา และให้หยุดบันทึกอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ปล่อยให้ถ่านแกลบเย็นตัวภายในเตาเป็นเวลา 36 ชั่วโมง
13. หลังจากปิดเตาครบตามกำหนดเวลา ทำการเปิดเตา ชั่งน้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ในถังต้มน้ำแล้วบันทึกผล จากนั้นนำถ่านแกลบออกจากเตา แล้วนำมาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
14. ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1 – 13 จนครบการทดลองทั้ง 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.
140372

3.3.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด โดยการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบ จะทำการวัดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเตา อุณหภูมิของไอน้ำ และอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดทั้ง 3 ชั้น แล้วนำข้อมูลที่ได้สร้างกราฟความสัมพันธ์ แสดงผลการทดสอบเป็นตารางเปรียบเทียบ จากการคำนวณด้วยสมการ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%) = [(MiCpdT+MeL) x 100]/MH

เมื่อ M = มวลของแกลบเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)
H = ค่าความร้อนของแกลบเชื้อเพลิง (กิโลจูล/กิโลกรัม)
Mi = น้ำหนักของน้ำที่ใช้ในการต้ม (กิโลกรัม)
Cp = ความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.19 กิโลจูล/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส)
dT = อุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลง (องศาเซลเซียส)
Me = น้ำหนักของน้ำที่ระเหยกลายเป็นไอ (กิโลกรัม)
L = ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ (2256 กิโลจูล/กิโลกรัม)

2. อัตราการผลิตไอน้ำ (ลิตร/ชั่วโมง) = ปริมาณน้ำที่ระเหย (ลิตร) / ระยะเวลาที่เกิดไอน้ำ (ชั่วโมง)

3. ความชื้นเชื้อเพลิง (%ฐานเปียก) = น้ำหนักก่อนอบ (กรัม) – น้ำหนักหลังอบ (กรัม) / น้ำหนักก่อนอบ (กรัม) X 100

4. การเผาแกลบให้เป็นถ่านแกลบ (%) = น้ำหนักถ่านแกลบที่ได้ (กรัม) / น้ำหนักแกลบที่เผา (กรัม) X 100

5. ประสิทธิภาพการผลิตถ่านแกลบ (%) = น้ำหนักถ่านแกลบที่ได้ (กรัม)–น้ำหนักแกลบที่เหลือ (กรัม) / น้ำหนักถ่านแกลบที่ได้ (กรัม) X 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การศึกษาออกแบบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การออกแบบสร้างทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น และการปรับปรุงทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำนึ่งกันเชื้อเห็ด มีผลการศึกษาและอภิปรายได้ ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น

การออกแบบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำ ให้มีรูปแบบที่ง่ายต่อการสร้าง การบำรุงรักษา และการใช้งาน จะเหลือกใช้วัสดุที่หาได้ง่ายนำมาทำเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำ ด้วยหลักการเผาไหม้แบบคาร์บอนไนเซชั่น โดยตัวเตาเผาแกลบใช้ถังขนาด 200 ลิตร ด้านล่างถังตัดเป็นช่องหน้าเตา ฝาถังมีช่องปล่องควันระบายความร้อนจากการเผาไหม้ และภายในวางถังต้มน้ำขนาด 36 ลิตร มีท่อทางออกไอน้ำ ซึ่งถังต้มน้ำจะอยู่วางบนตะแกรงภายในเตาเผาแกลบ เติมน้ำลงไปในถังต้มน้ำจำนวน 30 ลิตร แล้วเติมแกลบลงในห้องเผาไหม้จนเต็ม ทำการเปิดช่องปล่องควัน จนเกิดช่องวางภายในเตาและปล่องควัน เพื่อเว้นช่องด้านหลังเอาไว้สำหรับเป็นทางออกของควันไฟ แล้วการนำแกลบออกจากใต้ตะแกรงภายในเตา จากนั้นทำการปิดฝาถังหรือเตาเผาแกลบ และนำทรายเปียกผสมขี้เถ้ามาปิดฝาเตาป้องกันให้ความร้อนหรือควันออก และป้องกันการสูญเสียความร้อนภายในเตาเผาแกลบ แล้วทำการจุดไฟหน้าเตา เริ่มทำการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ซึ่งดำเนินการทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำ (ภาพที่ 4.1) โดยทดลองจำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งให้มีระยะเวลาการเกิดไอน้ำไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง บริเวณสถานที่ทดสอบสภาพอากาศแวดล้อมมีอุณหภูมิประมาณ 28-34 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิภายในเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำแต่ละการทดลองดังภาพที่ 4.2 สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ภาพที่ 4.1 การทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น

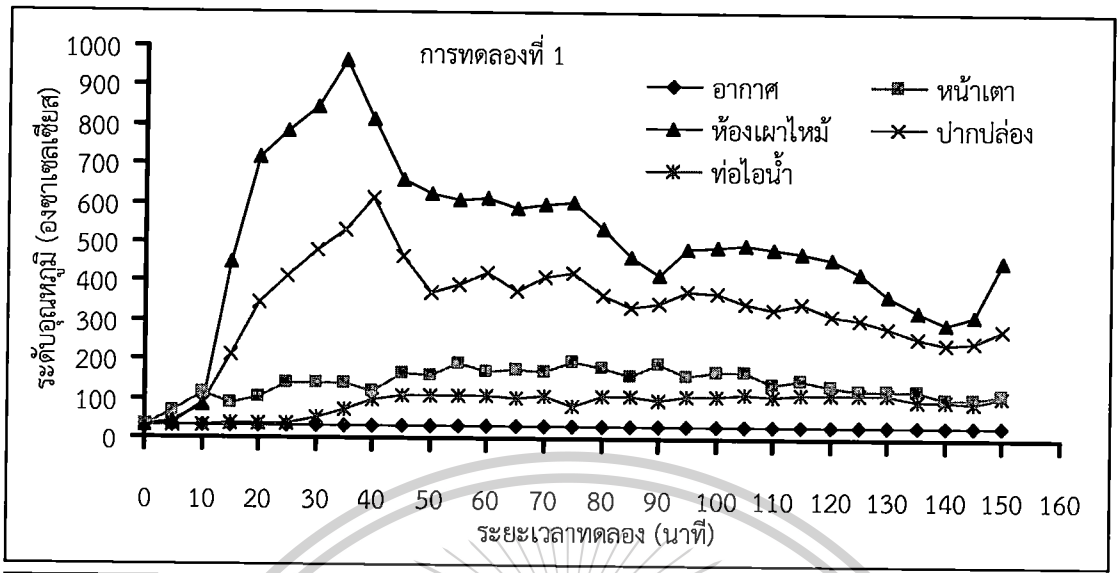
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

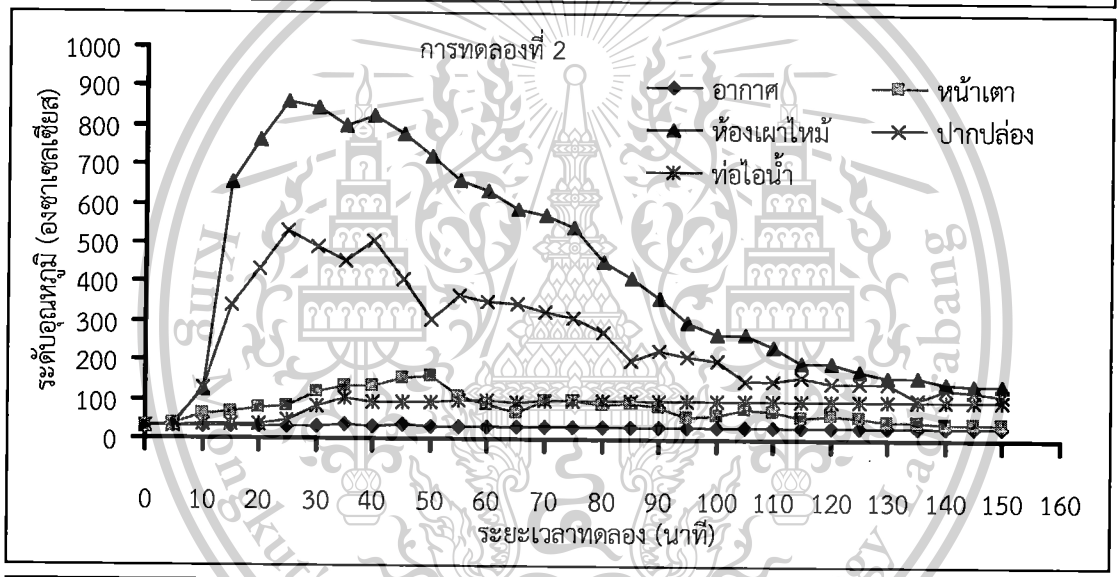
การทดลองที่ 1 เริ่มจุดเตาช่วงเวลา 17:40 นาฬิกา ใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืนและถ่านใช้เป็นเชื้อหน้าเตา จำนวน 7.5 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น 6.07 %(ฐานเปียก) และปริมาณแกลบที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง 16.5 กิโลกรัม มีค่าความชื้น 7.03 %(ฐานเปียก) และใช้ปริมาณน้ำในถังต้มจำนวน 18 ลิตร โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่อง และท่อไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 30.6 29.8 32 30.5 และ 30.2 องศาเซลเซียสตามลำดับ เมื่อเริ่มจุดเตาจะสังเกตเห็นควันบริเวณปากปล่องออกมาเป็นจำนวนมาก จากนั้นอุณหภูมิณ จุดต่างเริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 38 นาที สังเกตเห็นไอน้ำเริ่มออกมาจากท่อไอน้ำ จากนั้นเวลาผ่านไป 40 นาที สังเกตเห็นไอน้ำพุ่งออกมาจากท่อไอน้ำ โดยอุณหภูมิของอากาศทั่วไป หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่อง และท่อไอน้ำสูงถึง 30.1 119.4 816.8 613.8 และ 99.5 องศาเซลเซียสตามลำดับ ซึ่งเป็นอุณหภูมิของไอน้ำที่สูงถึง 99.5 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิในระดับที่สามารถนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดได้ หลักจากนั้นการทดลองดำเนินไปอีก 5 นาที หรือระยะเวลาผ่านไป 45 นาที ควันบริเวณปากปล่องเริ่มจางลง กลายเป็นควันใสหรือไม่มีควันเกิดขึ้น เนื่องจากเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ภายในเตา ลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นต่อเนื่องจน เมื่อระยะเวลาการทดลองผ่านไป 3 ชั่วโมง 15 นาที ปริมาณแกลบที่ใช้ในการเผาไหม้ใกล้หมดลง จึงหยุดกระบวนการเผาไหม้ ด้วยการเป็นหน้าเตาและปากปล่องควัน แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

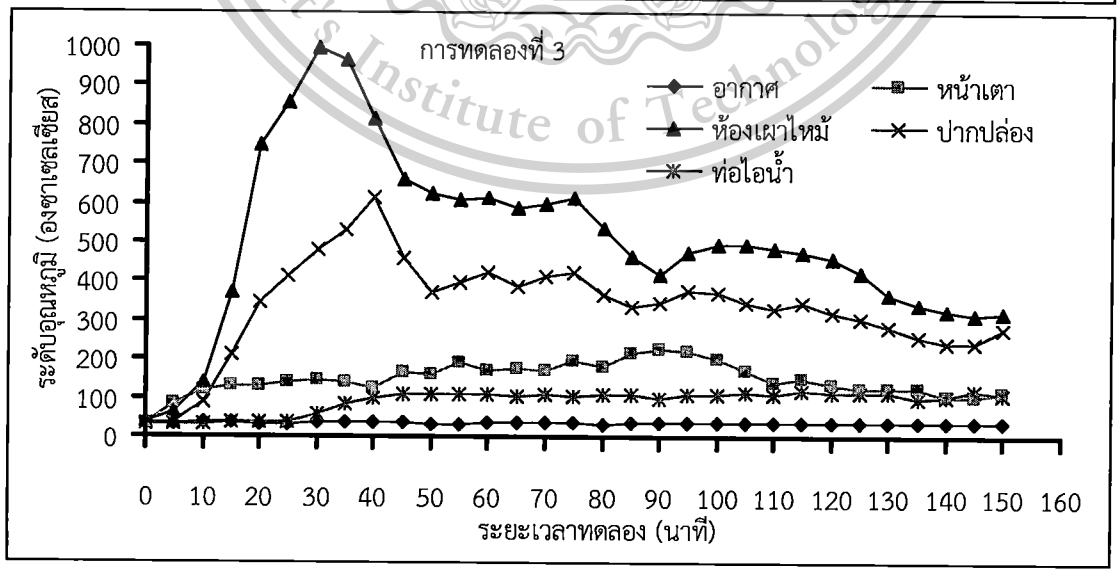
การทดลองที่ 2 เริ่มจุดเตาช่วงเวลา 15:00 นาฬิกาใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืนและถ่านใช้เป็นเชื้อหน้าเตา จำนวน 7 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น 6.79 %(ฐานเปียก) และปริมาณแกลบที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง 15 กิโลกรัม มีค่าความชื้น 7.14 %(ฐานเปียก) และใช้ปริมาณน้ำในถังต้มจำนวน 17.7 ลิตร โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่อง และท่อไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 32.8 29.8 33.2 32.5 และ 32.8 องศาเซลเซียสตามลำดับ เมื่อเริ่มจุดเตาจะสังเกตเห็นควันบริเวณปากปล่องออกมาเป็นจำนวนมาก จากนั้นอุณหภูมิณ จุดต่างเริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 32 นาที สังเกตเห็นไอน้ำเริ่มพุ่งออกมาจากท่อไอน้ำ จากนั้นเวลาผ่านไป 35 นาที สังเกตเห็นไอน้ำพุ่งออกมาจากท่อไอน้ำ โดยอุณหภูมิของอากาศทั่วไป หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่อง และท่อไอน้ำสูงถึง 34 135.5 801 453.6 และ 101.2 องศาเซลเซียสตามลำดับ ซึ่งเป็นอุณหภูมิของไอน้ำที่สูงถึง 101.2 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิในระดับที่สามารถนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดได้ หลักจากนั้นการทดลองดำเนินไปอีก 10 นาที หรือระยะเวลาผ่านไป 45 นาที ควันบริเวณปากปล่องเริ่มจางลง กลายเป็นควันใสหรือไม่มีควันเกิดขึ้น เนื่องจากเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ภายในเตา ลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นต่อเนื่องจน เมื่อระยะเวลาการทดลองผ่านไป 2 ชั่วโมง 30 นาที ปริมาณแกลบที่ใช้ในการเผาไหม้ใกล้หมดลง จึงหยุดกระบวนการเผาไหม้ ด้วยการเป็นหน้าเตาและปากปล่องควัน แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

การทดลองที่ 3 เริ่มจุดเตาช่วงเวลา 8:50 นาฬิกาใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืนและถ่านใช้เป็นเชื้อหน้าเตาจำนวน 7 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น 6.83 %(ฐานเปียก) และปริมาณแกลบที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง 15.5 กิโลกรัม มีค่าความชื้น 7.19 %(ฐานเปียก) และใช้ปริมาณน้ำในถังต้มจำนวน 16.58 ลิตร โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่อง และท่อไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 33.7 32.4 34.1 33.7 และ 30.4 องศาเซลเซียสตามลำดับ เมื่อเริ่มจุดเตาจะสังเกตเห็นควันบริเวณปากปล่องออกมาเป็นจำนวนมาก จากนั้นอุณหภูมิณ จุดต่างเริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังจากมีการเติมฟืนหน้าเตา เมื่อเวลาผ่านไป 38 นาที สังเกตเห็นไอน้ำเริ่มพุ่งออกมาจากท่อไอน้ำ จากนั้นเวลาผ่านไป 40 นาที สังเกตเห็นไอน้ำพุ่งออกมาจากท่อไอน้ำ โดยอุณหภูมิของอากาศทั่วไป หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่อง และท่อไอน้ำสูงถึง 33.8 121.8 816.8 613.8 และ 99.7องศาเซลเซียสตามลำดับ ซึ่งเป็นอุณหภูมิของไอน้ำที่สูงถึง 99.7 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิในระดับที่สามารถนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดได้ และควันบริเวณปากปล่องเริ่มจางลง กลายเป็นควันใสหรือไม่มีควันเกิดขึ้น เนื่องจากเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ภายในเตา ลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นต่อเนื่องจน และเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง 40 นาที ปริมาณแกลบที่ใช้ในการเผาไหม้ใกล้หมดลง จึงหยุดกระบวนการเผาไหม้ จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.







ภาพที่ 4.2 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในแต่ละการทดลองเตาแกลบผลิตไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากการทดสอบเตาผลิตไอน้ำจากเชื้อเพลิงแกลบเบื้องต้น โดยมีการใช้แกลบร่วมกับไม้ฟืนปริมาณทั้งหมดโดยเฉลี่ยประมาณ 22.83 กิโลกรัม โดยการใช้เชื้อเพลิงแกลบเฉลี่ย 15.67 กิโลกรัม มีความชื้น 7.12 เปอร์เซ็นต์(%ฐานเปียก) และใช้ไม้ฟืนเฉลี่ยประมาณ 7.17 กิโลกรัม มีความชื้น 6.56 เปอร์เซ็นต์(%ฐานเปียก) เมื่อวิเคราะห์สันส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไอน้ำทั้ง 2 ชนิด มีอัตราส่วน แกลบต่อไม้ฟืน เท่ากับ 2 ตอ 1 โดยประมาณ หรือมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงร่วมกันเฉลี่ย 8.62 กิโลกรัม/ชั่วโมง ในการเผาให้ความร้อนหม้อต้มน้ำสำหรับผลิตไอน้ำของเตาต้นแบบ สามารถต้มน้ำภายในหม้อต้มขนาด 36 ลิตร ที่บรรจุน้ำในปริมาณเฉลี่ย 30 ลิตร ทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำเฉลี่ยประมาณ 17.43 ลิตร พบว่า หลังจากจุดไฟหน้าเตาให้ความร้อนเป็นเวลานานเฉลี่ย 34 นาที ถึงจะเริ่มเกิดไอน้ำพุ่งออกมาจากท่อไอน้ำ และทำให้น้ำเดือนต่อเนื่องเป็นระยะเวลาเฉลี่ย 2 ชั่วโมง 26 นาที จากการวิเคราะห์มีอัตราการผลิตไอน้ำเฉลี่ย 7.58 ลิตร/ชั่วโมง ไอน้ำที่ได้มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 110.6 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการเผาทดสอบผลิตไอน้ำทั้งหมดเฉลี่ย 3 ชั่วโมง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ย 14.84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่ได้ถ่านแกลบเลยเนื่องจากการเผาไหม้ทำให้ถ่านแกลบกลายเป็นขี้เถ้า

ตารางที่ 4.1 การศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำจากเชื้อเพลิงแกลบเบื้องต้น

รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองที่			
	1	2	3	เฉลี่ย
น้ำหนักไม้ฟืนเชื้อไฟ (กิโลกรัม)	7.5	7.0	7.0	7.17
น้ำหนักแกลบเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)	16.5	15.0	15.5	15.67
ความชื้นไม้ฟืนหน้าเตา (%ฐานเปียก)	6.07	6.79	6.83	6.56
ความชื้นแกลบภายในเตา (%ฐานเปียก)	7.03	7.14	7.19	7.12
ปริมาณน้ำในหม้อต้ม (ลิตร)	30	30	30	30
อุณหภูมิไอน้ำสูงสุด (องศาเซลเซียส)	112.3	101.2	118.2	110.6
ระยะเวลาที่เกิดไอน้ำ (ชั่วโมง : นาที)	3:15	2:00	2:03	2:26
ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด (ชั่วโมง : นาที)	3:50	2:30	2:40	3:00
ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมด (กิโลกรัม)	24.0	22.0	22.5	22.83
ปริมาณไอน้ำที่ระเหย (ลิตร)	18.0	17.7	16.6	17.43
อัตราการผลิตไอน้ำ (ลิตร/ชั่วโมง)	5.71	8.85	8.18	7.58
อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	6.86	9.56	9.37	8.62
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	14.29	15.37	14.86	14.84

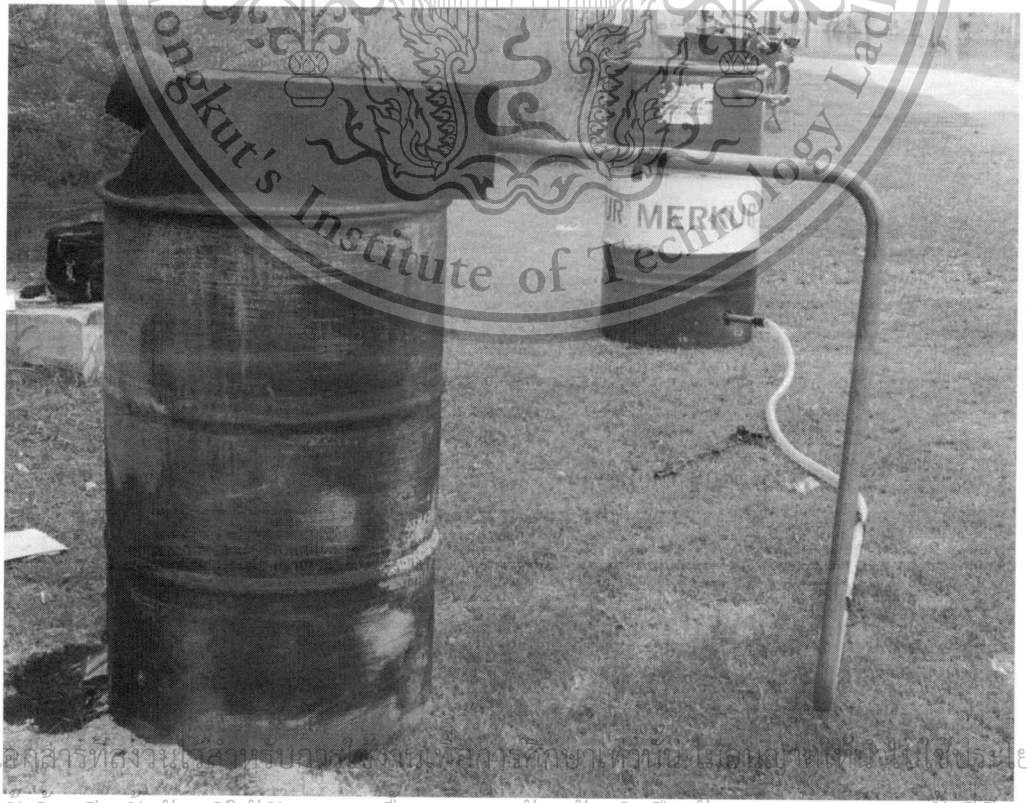
ผลการศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำจากเชื้อเพลิงแกลบต้นแบบ แสดงให้เห็นว่า การใช้เชื้อเพลิงแกลบร่วมกับไม้ฟืนจำนวน 22.83 กิโลกรัม ในอัตราส่วนแกลบต่อไม้ฟืน 2 ต่อ 1 เพื่อเผาไหม้ให้ความร้อนกับหม้อต้มน้ำสำหรับผลิตไอน้ำ ในเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร ที่มีหม้อต้มน้ำขนาด 36 ลิตร บรรจุน้ำภายใน 30 ลิตร สามารถผลิตไอน้ำได้อุณหภูมิสูงเกินกว่า 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานกว่า 2 ชั่วโมง โดยผลิตได้ไอน้ำได้อุณหภูมิสูงสุด 110.6 ระยะเวลาเกิดไอน้ำ 2 ชั่วโมง 26 นาที ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิที่สามารถดำเนินการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ดได้ แต่เนื่องจากผลการศึกษาครั้งนี้ เป็นเพียงผลการศึกษาเบื้องต้นเท่านั้น จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาศึกษาทดสอบปฏิบัติการนึ่งก้องเชื้อเห็ด เพื่อการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ผล ให้ทราบถึงผลการนำเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่ชัดเจนถูกต้องต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 ผลการศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าก้อนเชื้อเห็ด

การดำเนินการศึกษา ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น โดยการออกแบบและสร้างหม้อต้มน้ำขึ้นใหม่ เพื่อให้สามารถผลิตไอน้ำได้ดีขึ้นและมีช่องปล่องควันเป็นส่วนหนึ่งของผนังหม้อต้ม จึงได้ดำเนินการสร้างเตาและทดสอบการทำงาน ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตามแบบดังภาพที่ 3.2 โครงสร้างของเตาเผาแกลบนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดทำจากถัง 200 ลิตร และภายในเตามีหม้อต้มน้ำที่ออกแบบขึ้น ว่างบนตระแกรงทรง 4 เหลี่ยมวางอยู่ในเตาหม้อต้มน้ำ โดยจะวางหม้อต้มอยู่บนตะแกรงให้ชิดด้านหลังของเตา ส่วนด้านหน้าเป็นช่องเติมแกลบเชื้อเพลิงให้อยู่บนตะแกรงระดับเดียวกันกับหม้อต้มน้ำ ด้านใต้ตะแกรงเป็นช่องเติมไม้ฟืนหน้าเตา เพื่อทำการจุดไฟเตาและเป็นช่องให้อากาศไหลเข้าไปภายในเตา สำหรับด้านบนของเตาจะมีฝาปิด เพื่อบังคับให้อากาศไหลเข้าทางช่องเติมไม้ฟืนเพียงทางเดียว

การดำเนินการทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด โดยทดลองผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดในถังนึ่ง 200 ลิตร บรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้ 48 ก้อน แล้วดำเนินการทดลองเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดจำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ระยะเวลา 1 วัน การทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดทั้ง 3 การทดลองเริ่มจากการวางถังต้มน้ำภายในห้องเผาไหม้ เติมน้ำลงในถังต้ม 30 ลิตร แล้วต่อท่อไอน้ำออกจากถังต้มด้วยเกลียวต่อออกจากด้านบนถังต้ม จากนั้นบรรจุแกลบเชื้อเพลิงลงในเตาเผาทางด้านบนห้องเผาไหม้ เติมแกลบลงในห้องเผาไหม้จนเติม ปิดฝาถังหรือห้องเผาไหม้ ให้ช่องทางออกควันออกไปในทางเดียวกับท่อส่งไอน้ำที่ต่อไปยังด้านล่างของถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด จากนั้นทำการจุดไฟหน้าเตา สำหรับผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดดังภาพที่ 4.2 สภาพพื้นที่และสภาพภูมิอากาศแวดล้อมบริเวณทดสอบ มีแสงแดดตลอดทั้งวัน อุณหภูมิอากาศประมาณ 32 องศาเซลเซียส ได้ผลศึกษาและข้อมูลการทดสอบแสดงในภาคผนวก กราฟการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ดังภาพที่ 4.4 และผลทดสอบวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 4.2 โดยอภิปรายผลดังนี้



ภาพที่ 4.2 การทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การทดลองที่ 1 เริ่มทดลองช่วงบ่ายเวลา 16:30 น. โดยใช้แกลบบรรจุเข้าในเตา 18 กิโลกรัม แกลบมีความชื้น 8.96 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) และใช้ไม้ฟืนจุดหน้าเตา 9 กิโลกรัม ไม้ฟืนมีความชื้น 6.04 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) เริ่มทดลองส่วนของเตาแกลบผลิตไอน้ำมีอุณหภูมิ อากาศทั่วไป หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่องเตา และส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน อยู่ที่ระดับ 28.8 29.0 30.0 29.3 และ 31.3 30.9 32.7 30.9 องศาเซลเซียส มีระดับอุณหภูมิใกล้เคียงกัน จากนั้นอุณหภูมิส่วนของเตาแกลบผลิตไอน้ำ ณ ตำแหน่งต่างๆ จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 33 นาที ปรากฏว่ามีไอน้ำเริ่มลอยออกจากปากท่อหม้อต้ม ต่อเนื่องไปจนถึงนาที 34 ไอน้ำเริ่มพุ่งออกจากปากท่อหม้อต้ม โดยระดับอุณหภูมิตำแหน่งหน้าเตา ห้องเผาไหม้ และปากปล่องเตา 155.0 291.3 และ 282.4 องศาเซลเซียส จึงเริ่มทำการต่อท่อไอน้ำไปยังส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ระดับอุณหภูมิภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน 19.7 30.7 31.4 และ 32.1 องศาเซลเซียส จากนั้นระดับอุณหภูมิ ในส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด จะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ การเพิ่มอุณหภูมิภายในถังนึ่งจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดทั้ง 3 ชั้น ซึ่งจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบนจะเพิ่มขึ้นเร็วกว่าอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง จนเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง 30 นาที ระดับอุณหภูมิ ภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน เพิ่มขึ้นสูงถึง 97.6 91.5 91.2 และ 90.9 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นสูงขึ้นเรื่อยๆ จนคงที่ประมาณ 99 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิภายในเตาเริ่มลดลง จนเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง ระดับอุณหภูมิส่วนของเตาแกลบผลิตไอน้ำ หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่องเตา และส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ดภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน 279.7 456.9 381.0 และ 98.4 98.7 99.3 99.8 องศาเซลเซียส จึงทำการปิดหน้าเตาและปากปล่องควันเพื่อหยุดกระบวนการเผาไหม้ ใช้ระยะเวลาการเผาไหม้ทั้งหมด 4 ชั่วโมง 5 นาที โดยระดับอุณหภูมิส่วนของเตาแกลบผลิตไอน้ำสูงสุด หน้าเตา ห้องเผาไหม้ และปากปล่องเตา เท่ากับ 138.2 661.7 473.4 องศาเซลเซียส และส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ดสูงสุด ภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน เท่ากับ 102 103.6 103.1 และ 102 องศาเซลเซียส หลักจากนั้นพักถ่านแกลบไว้ในเตาไว้นานประมาน 24 ชั่วโมง จึงเปิดเตานำถ่านแกลบออกจากเตาชั่งน้ำหนักวัดปริมาณน้ำที่เหลือในหม้อต้ม ซึ่งได้ถ่านแกลบ 4.5 กิโลกรัม ไม่มีส่วนแกลบที่ไม่เผาหรือส้นถ่าน และปริมาณน้ำที่กลายเป็นไอ 24.3 ลิตร

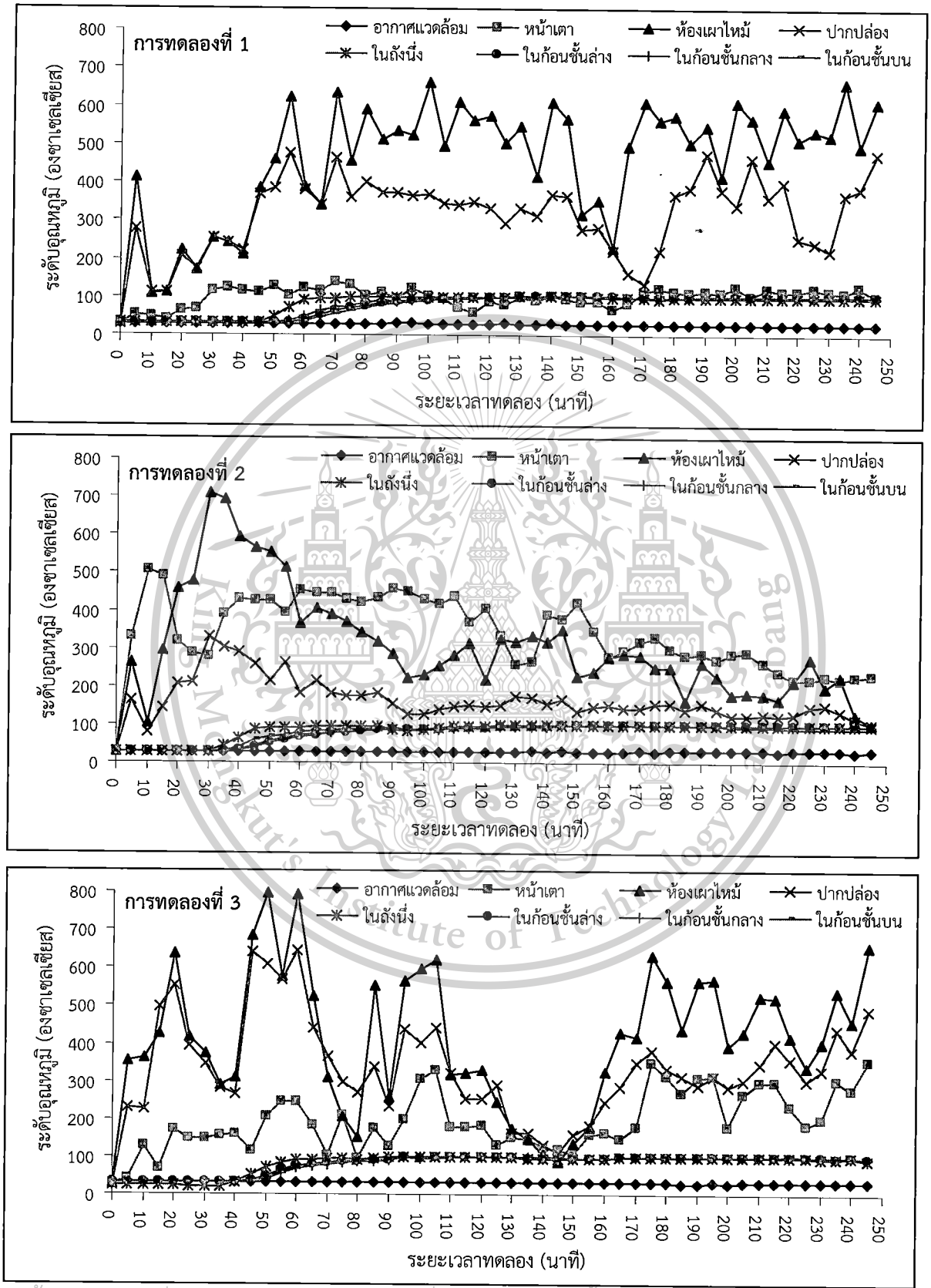
การทดลองที่ 2 เริ่มทดลองช่วงบ่ายเวลา 16.55 น.โดยใช้แกลบบรรจุเข้าภายในเตา 21 กิโลกรัม แกลบมีความชื้น 8.55 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) และใช้ไม้ฟืนจุดหน้าเตา 10 กิโลกรัม ไม้ฟืนมีความชื้น 6.29 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) เริ่มทดลองส่วนของเตาแกลบผลิตไอน้ำอุณหภูมิ อากาศทั่วไป หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่องเตา และส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง มีระดับอุณหภูมิใกล้เคียงกัน และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน อยู่ที่ระดับ 28.1 26.9 27.9 28.1 และ 28.4 28.7 28.8 27.6 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิส่วนของเตาแกลบผลิตไอน้ำ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 28 นาที ปรากฏว่ามีไอน้ำเริ่มลอยออกจากปากท่อหม้อต้ม ต่อเนื่องไปจนถึงนาที 30 ไอน้ำ เริ่มพุ่งออกจากปากท่อหม้อต้มโดยระดับอุณหภูมิ หน้าเตา ห้องเผาไหม้ และ ปากปล่องเตา 277.8 706.6 และ 329.8 องศาเซลเซียส จึงเริ่มทำการต่อท่อไอน้ำไปยังส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ระดับอุณหภูมิภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน 28.4 28.9 29.1 และ 28.0 องศาเซลเซียส จากนั้นระดับอุณหภูมิในส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ดจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ การเพิ่มอุณหภูมิภายในถังนึ่งจะสูงขึ้นอย่างเร็วกว่าอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดทั้ง 3 ชั้น ซึ่งจะค่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบนจะเพิ่มขึ้นเร็วกว่าอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง จนเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง 50 นาที ระดับอุณหภูมิ ภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน เพิ่มขึ้นสูงถึง 95.0 89.8 90.9 และ 90.5 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นสูงขึ้นเรื่อยๆ จนคงที่ประมาณ 98 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิภายในเตาเริ่มลดลง จนเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง 40 นาที ระดับอุณหภูมิส่วนของเตาแกลบผลิตไอน้ำ หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่องเตา และส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ดภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน 423.5 183.6 155.4 และ 97.9 99.8 99.8 97.5 องศาเซลเซียส จึงทำการปิดหน้าเตาและปากปล่องควัน เพื่อหยุดกระบวนการเผาไหม้ ใช้ระยะเวลาการเผาไหม้ทั้งหมด 4 ชั่วโมง 45 นาที โดยระดับอุณหภูมิส่วนของเตาแกลบผลิตไอน้ำสูงสุด หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่องเตา เท่ากับ 507.3 706.6 329.8 องศาเซลเซียส และส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ดสูงสุด ภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน เท่ากับ 28.4, 28.7, 28.8 27.6 องศาเซลเซียส หลักจากนั้นพักถ่านแกลบไว้ในเตาไว้นานประมาน 24 ชั่วโมง จึงเปิดเตานำถ่านแกลบออกจากเตาชั่งน้ำหนักวัดปริมาณน้ำที่เหลือในหม้อต้ม ซึ่งได้ถ่านแกลบ 5.2 กิโลกรัม ไม่มีส่วนแกลบที่ไม่เผาหรือส้นถ่าน และปริมาณน้ำที่กลายเป็นไอ 25 ลิตร

การทดลองที่ 3 เริ่มทดลองช่วงพลบค่ำเวลา 19.50 น.โดยใช้แกลบบรรจุเข้าภายในเตา 22 กิโลกรัม แกลบมีความชื้น 7.94 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) และใช้ไม้ฟืนจุดหน้าเตา 10.5 กิโลกรัม ไม้ฟืนมีความชื้น 5.43 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) เริ่มทดลองส่วนของเตาแกลบผลิตไอน้ำมีอุณหภูมิ อากาศทั่วไป หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่องเตา และส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน อยู่ที่ระดับ 30.3 29.5 29.5 24.4 และ 22.9 30.5 31.5 32.4 องศาเซลเซียส มีระดับอุณหภูมิใกล้เคียงกัน จากนั้นอุณหภูมิส่วนของเตาแกลบผลิตไอน้ำ ณ ตำแหน่งต่างๆ จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 43 นาที ปรากฏว่ามีไอน้ำเริ่มลอยออกจากปากท่อหม้อต้ม ต่อเนื่องไปจนถึงนาที 46 ไอน้ำเริ่มพุ่งออกจากปากท่อหม้อต้ม โดยระดับอุณหภูมิตำแหน่งหน้าเตา ห้องเผาไหม้ และปากปล่องเตา 111.7 385.9 และ 367.2 องศาเซลเซียส จึงเริ่มทำการต่อท่อไอน้ำไปยังส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน 31.7 31.4 33.0 และ 31.6 องศาเซลเซียส จากนั้นระดับอุณหภูมิ ในส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด จะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ อุณหภูมิภายในถังนึ่งจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดทั้ง 3 ชั้น จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบนจะเพิ่มขึ้นเร็วกว่าอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง จนเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง 45 นาที ระดับอุณหภูมิ ภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน เพิ่มขึ้นสูงถึง 100.5 95.5 95.9 และ 93.2 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นสูงขึ้นเรื่อยๆ จนคงที่ประมาณ 99 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิภายในเตาเริ่มลดลง จนเวลาผ่านไป 5 ชั่วโมง ระดับอุณหภูมิส่วนของเตาแกลบผลิตไอน้ำ หน้าเตา ห้องเผาไหม้ ปากปล่องเตา และส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ดภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้น 138.2 495.9 118.2 และ 100.5 101.7 98.7 98.1 องศาเซลเซียส จึงทำการปิดหน้าเตาและปากปล่องควัน เพื่อหยุดกระบวนการเผาไหม้ ใช้ระยะเวลาการเผาไหม้ทั้งหมด 5 ชั่วโมง โดยระดับอุณหภูมิส่วนของเตาแกลบผลิตไอน้ำสูงสุด หน้าเตา ห้องเผาไหม้ และปากปล่องเตา เท่ากับ 355.5 795.1 และ 646.4 องศาเซลเซียส และส่วนที่เป็นถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ดสูงสุด ภายในถังนึ่ง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลาง และภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบน เท่ากับ 100.8 101.1 101.35 และ 101.6 องศาเซลเซียส หลักจากนั้นพักถ่านแกลบไว้ในเตาไว้นานประมาน 24 ชั่วโมง จึงเปิดเตานำถ่านแกลบออกจากเตาชั่งน้ำหนักวัดปริมาณน้ำที่เหลือในหม้อต้ม ซึ่งได้ถ่านแกลบ 5.5 กิโลกรัม ไม่มีส่วนแกลบที่ไม่เผาหรือส้นถ่าน และปริมาณน้ำที่กลายเป็นไอ 25.6 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 4.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในแต่ละการทดลองเตาแกลบผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ผลการศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด พบว่า เตาเผาแกลบผลิตไอน้ำนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดสามารถนึ่งได้ครั้งละ 48 ก้อน โดยใช้เชื้อเพลิงแกลบร่วมกับไม้ฟืนรวมกัน 30.16 กิโลกรัม ด้วยการเติมบรรจุแกลบเข้าไปในเตาเฉลี่ย 20.33 กิโลกรัม ที่ความชื้น 8.48 เปอร์เซ็นต์(ฐานเปียก) และใช้ไม้ฟืนจุดไฟหน้าเตาเฉลี่ย 9.83 กิโลกรัม ที่ความชื้น 5.92 เปอร์เซ็นต์(ฐานเปียก) โดยมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมดสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด 6.71 กิโลกรัม/ชั่วโมง สามารถผลิตไอน้ำได้เฉลี่ย 24.97 ลิตร ทำให้อุณหภูมิภายในก้อนเชื้อสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในก้อนเชื้อเห็ดคงที่ 98-99 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานเฉลี่ย 2 ชั่วโมง 53 นาที ในอัตราการผลิตไอน้ำเฉลี่ย 6.48 ลิตรต่อชั่วโมง ทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอเฉลี่ย 24.97 ลิตร ใช้ระยะเวลาในการทำงานตั้งแต่เริ่มจนนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเสร็จสิ้นรวมทั้งหมด 4 ชั่วโมง 36 นาที หลังเสร็จสิ้นสุดการทดสอบพักให้เย็นตัวประมาณ 1 วัน จากนั้นเก็บข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ ปรากฏว่า มีถ่านแกลบเหลืออยู่ภายในเตา มีปริมาณถ่านแกลบเฉลี่ย 5.07 กิโลกรัม และการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบให้เป็นถ่านแกลบ 24.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถ่านแกลบเป็นผลพลอยได้จากเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ที่สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุเพาะต้นกล้าพืชก่อให้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ และเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ย 14.84 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด

รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองที่			
	1	2	3	เฉลี่ย
น้ำหนักไม้ฟืนเชื้อไฟ (กิโลกรัม)	9.0	10.0	10.5	9.83
น้ำหนักแกลบเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)	18	21	22	20.33
ความชื้นของไม้ฟืนเชื้อไฟ (%ฐานเปียก)	6.04	6.29	5.43	5.92
ความชื้นของแกลบเชื้อเพลิง (%ฐานเปียก)	8.96	8.55	7.94	8.48
ปริมาณน้ำในหม้อต้ม (ลิตร)	30	30	30	30
ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่นึ่ง (ก้อน)	42	42	42	42
อุณหภูมิไอน้ำในถังนึ่งสูงสุด (องศาเซลเซียส)	100.8	99.9	102.0	100.9
อุณหภูมิในก้อนเชื้อเห็ดที่นึ่งสูงสุด (องศาเซลเซียส)	103.6	100.1	100.8	101.5
ระยะเวลาที่เกิดไอน้ำ (ชั่วโมง : นาที)	3:32	4:17	4:17	4:02
ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด (ชั่วโมง : นาที)	4:05	4:45	5:00	4:36
ระยะเวลาอุณหภูมิในก้อนเชื้อเห็ดคงที่ (ชั่วโมง : นาที)	2:35	2:55	3:15	2:53
ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมด (กิโลกรัม)	27	31	32.5	30.17
ปริมาณไอน้ำที่ระเหย (ลิตร)	24.3	25	25.6	24.97
อัตราการผลิตไอน้ำ (ลิตร/ชั่วโมง)	7.31	5.99	6.13	6.48
อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	6.67	6.96	6.5	6.71
ปริมาณถ่านแกลบ (กิโลกรัม)	4.50	5.20	5.50	5.07
การเผาแกลบให้เป็นถ่านแกลบ (%)	25.0	24.8	25.0	24.9
ประสิทธิภาพการผลิตถ่านแกลบ (%)	100	100	100	100
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	14.29	15.37	14.86	14.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากผลการศึกษาวิจัยเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด แสดงให้เห็นว่า การใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ของเตาเผาแกลบที่ออกแบบขึ้นไม่เพียงพอ จำเป็นต้องใช้ไม้ฟืนรวมด้วยเนื่องจากใช้ความร้อนจากไม้ฟืนในการจุดไฟหน้าเตา เพื่อให้เกิดการหมุนของอากาศภายในเตา สำหรับเร่งปฏิกิริยาความร้อนการเผาไหม้ให้มีความร้อนมากพอในการต้มน้ำให้เกิดไอน้ำสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด โดยการใช้เชื้อเพลิงแกลบร่วมกับไม้ฟืนจำนวน 30.16 กิโลกรัม ในอัตราส่วนแกลบต่อไม้ฟืนประมาณ 2 ต่อ 1 ซึ่งแกลบจะบรรจุภายในเตาเผาแกลบขนาด 200 ลิตร ที่มีหม้อต้มน้ำขนาด 42 ลิตร และบรรจุน้ำ 30 ลิตร ส่วนไม้ฟืนใช้ในการจุดไฟหน้าเตาให้เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง สามารถผลิตไอน้ำนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดได้สูงกว่า 90 องศาเซลเซียส เป็นระดับอุณหภูมิที่สามารถดำเนินการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ดได้ โดยเตาเผาแกลบสามารถนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดภายในถังนึ่งจำนวน 48 ก้อน ให้มีอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดขณะนึ่งฆ่าเชื้อคงที่ระดับ 98-99 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานกว่า 2 ชั่วโมง 53 นาที เป็นผลการวิจัยที่สอดคล้องกันที่ทำให้ก้อนเชื้อเห็ดที่ผ่านการนึ่งด้วยเตาเผาแกลบที่ออกแบบขึ้น สามารถนำไปเขี่ยต่อเชื้อเพาะเห็ดได้ หลังจากการเผาแกลบนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดแล้ว ยังได้ถ่านแกลบที่เป็นผลพลอยได้เพิ่มขึ้นมาจำนวนกว่า 5.07 กิโลกรัม สามารถนำไปเพาะกล้าต้นไม้หรือเป็นวัสดุปลูกทางการเกษตรก่อประโยชน์โดยตรง ทั้งนี้ถ่านแกลบหากมีจำนวนมากสามารถจำหน่ายเพิ่มรายได้อีกทางหนึ่ง

4.3 อภิปรายผลการวิจัย

การนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดเป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการผลิตเห็ดก้อนหรือเห็ดถุง ได้แก่ เห็ดภูฐาน เห็ดฮังการี เห็ดขอนขาว ฯลฯ จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ภายในเชื้อก้อนทำให้ก้อนเชื้อเห็ดปราศจากเชื้อโรคและศัตรูของเห็ด ก่อนที่จะทำการเขี่ยต่อเชื้อเห็ดชนิดนั้นๆ ลงไปในก้อนเชื้อ ซึ่งการเพาะเห็ดปัจจุบันเชื้อเพลิงหลักในการนึ่งฆ่าก้อนเชื้อเห็ดหรือผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด คือ แก๊ส LPGและไม้ฟืน ส่วนมากแล้วเกษตรกรที่ทำฟาร์มเห็ดนิยมใช้แก๊สLPGเป็นเชื้อเพลิงมากกว่าไม้ฟืน การใช้แก๊ส LPGมีความสะดวกและต้มน้ำผลิตไอน้ำได้อย่างต่อเนื่อง แต่ก็มีราคาแพงและต้นทุนสูงกว่าการใช้ไม้ฟืน สำหรับการใช้เชื้อเพลิงแกลบยังไม่มีรายงานการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ซึ่งปริมาณแกลบมีมากและสามารถหาได้ง่ายตามท้องถิ่นชนบท การศึกษาวิจัยเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด จึงเป็นการนำเชื้อเพลิงที่มีอยู่ภายในท้องถิ่นชนบทจำนวนมากและสามารถหาได้ง่าย นำมาเป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานความร้อนในการต้มน้ำผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด สามารถทำการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดได้เป็นผลสำเร็จ เนื่องจากทำการต้มน้ำให้เดือดกลายเป็นไอ และทำให้อุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานกว่า 2 ชั่วโมง ในการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดจำนวน 48 ก้อน และได้ถ่านแกลบจากการเผาแกลบนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดจำนวน 5.07 กิโลกรัม

การพัฒนาวิธีการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดด้วยเตาเผาแกลบ ทำให้สามารถนึ่งก้อนเชื้อเห็ดด้วยเชื้อเพลิงแกลบที่มีทั่วไปในท้องถิ่นชนบท ราคาไม่แพง และหาได้ง่าย อีกทั้งหลังจากการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดแล้วยังได้ถ่านแกลบ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรเพิ่มขึ้นได้ด้วย แต่ยังมีข้อที่ต้องมีพัฒนาปรับปรุงเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำให้ดีขึ้นอีก เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและให้เพียงพอกับจำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่เกษตรกรต้องการ หรือการเพิ่มจำนวนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดให้มากขึ้น ควรมีทดสอบเพิ่มเติมกับจำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่เพิ่มมากขึ้น หากปริมาณไอน้ำไม่เพียงพอที่จะนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดให้อุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส ควรทำการออกแบบเตาเผาแกลบให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเพิ่มขนาดของหม้อต้มให้สามารถบรรจุน้ำเพิ่มมากขึ้น โดยยังอาศัยหลักการเผาแกลบให้เตาที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ เนื่องจากเป็นหลักการที่สามารถนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดได้สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุปและเสนอแนะ

การดำเนินการศึกษาวิจัยเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ด้วยการออกแบบสร้างเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น และศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ด้วยเตาเผาแกลบเตาที่ได้ออกแบบพัฒนาขึ้น สามารถสรุปผลการศึกษา ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น

การออกแบบสร้างเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำ ห้องเผาไหม้เตาเผาแกลบใช้ถังขนาด 200 ลิตร ด้านล่างถังตัดเป็นช่องหน้าเตา ฝาถังมีช่องปล่องควันระบายความร้อนจากการเผาไหม้ และภายในเตาเผาแกลบมีตะแกรงสำหรับวางถังต้มน้ำขนาด 36 ลิตร ด้านบนถังต้มมีท่อทางออกไอน้ำ ภายในถังต้มน้ำบรรจุน้ำจำนวน 30 ลิตร จากผลการทดสอบ พบว่า ใช้เชื้อเพลิงแกลบ 15.67 กิโลกรัม และใช้ไม้ฟืน 7.17 กิโลกรัม การใช้เชื้อเพลิงแกลบร่วมกับไม้ฟืนจำนวน 22.83 กิโลกรัม ในอัตราส่วนแกลบต่อไม้ฟืน 2 ต่อ 1 เพื่อเผาไหม้ให้ความร้อนกับหม้อต้มน้ำสำหรับผลิตไอน้ำ ในเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร สามารถต้มน้ำภายในหม้อต้มน้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำได้ 17.43 ลิตร หลังจากจุดไฟหน้าเตาเป็นเวลา 34 นาที จะเริ่มเกิดไอน้ำพุ่งออกมาจากท่อไอน้ำ และเกิดเป็นไอน้ำต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง 26 นาที ไอน้ำที่ได้มีอุณหภูมิสูงสุด 110.6 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผาทดสอบผลิตไอน้ำทั้งหมด 3 ชั่วโมง ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิที่สามารถดำเนินการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ดได้ แต่จากผลการศึกษาจำเป็นต้องมีการพัฒนาศึกษาทดสอบกับการนึ่งฆ่าก้องเชื้อเห็ด เพื่อให้ทราบผลการนำเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อไป

5.2 สรุปผลการศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าก้อนเชื้อเห็ด

จากผลการศึกษาเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด โดยมีส่วนประกอบของเตาแกลบ ที่ได้ปรับปรุงฝาปิดเตาเผาแกลบและหม้อต้มน้ำมีขนาด 42 ลิตร เพื่อสะดวกในการเติมน้ำและบรรจุแกลบ และส่วนที่เป็นถังนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดขนาด 48 ก้อน จากผลการทดสอบ พบว่า ต้องใช้ไม้ฟืนร่วมกับแกลบในการจุดไฟหน้าเตา เพื่อให้เกิดการหมุนของอากาศภายในเตา สำหรับเร่งปฏิกิริยาความร้อนการเผาไหม้ให้มีความร้อนมากพอ โดยการใช้เชื้อเพลิงแกลบร่วมกับไม้ฟืนจำนวน 30.16 กิโลกรัม ด้วยการเติมบรรจุแกลบเข้าไปในเตาเฉลี่ย 20.33 กิโลกรัม และใช้ไม้ฟืนจุดไฟหน้าเตาเฉลี่ย 9.83 กิโลกรัม ซึ่งมีอัตราส่วนแกลบต่อไม้ฟืนประมาณ 2 ต่อ 1 สามารถผลิตไอน้ำได้เฉลี่ย 24.97 ลิตร จากน้ำที่บรรจุหม้อต้ม 30 ลิตร ทำให้มีอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดขณะนึ่งฆ่าเชื้อคงที่ระดับ 98-99 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานกว่า 2 ชั่วโมง 53 นาที โดยสอดคล้องกันการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส เป็นระดับอุณหภูมิที่สามารถดำเนินการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ดได้ และใช้ระยะเวลาในการทดสอบตั้งแต่เริ่มจนนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเสร็จสิ้นรวมทั้งหมด 4 ชั่วโมง 36 นาที หลังจากการเผาแกลบนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ได้ถ่านแกลบที่เป็นผลพลอยได้เพิ่มขึ้นจำนวน 5.07 กิโลกรัม

ดังนั้น เตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด โดยใช้เชื้อเพลิงแกลบร่วมกับไม้ฟืนจำนวน 30 กิโลกรัม ในอัตราส่วนแกลบต่อไม้ฟืน 2 ต่อ 1 จึงสามารถนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดได้ ในถังนึ่งที่บรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้ 48 ก้อน ด้วยอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานกว่า 2 ชั่วโมง และได้ถ่านแกลบนำใช้ประโยชน์ทางการเกษตรจำนวนกว่า 5 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.3 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาวิธีการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดด้วยเตาเผาแกลบ ทำให้สามารถนึ่งก้อนเชื้อเห็ดด้วยเชื้อเพลิงแกลบที่มีทั่วไปในท้องถิ่นชนบท ราคาไม่แพง และหาได้ง่าย อีกทั้งหลังจากการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดแล้วยังได้ถ่านแกลบ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรเพิ่มขึ้นได้ด้วย แต่ยังมีข้อที่ต้องมีพัฒนาปรับปรุงเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำให้ดีขึ้นอีก เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและให้เพียงพอกับจำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่เกษตรกรต้องการ หรือการเพิ่มจำนวนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดให้มากขึ้น ควรมีทดสอบเพิ่มเติมกับจำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่เพิ่มมากขึ้น ดังนี้

1. ควรพัฒนาให้สามารถใช้เชื้อเพลิงแกลบเพียงอย่างเดียว สำหรับแหล่งผลิตเห็ดที่ไม่มีไม้ฟืน

2. ควรศึกษาวิจัยเพิ่มขนาดของเตาเผาแกลบให้เหมาะสมกับปริมาณก้องเชื้อเห็ดที่จะทำการนึ่งฆ่าเชื้อที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ให้มีปริมาณไอน้ำเพียงพอที่จะนึ่งก้อนเห็ดให้อุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมกับจำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่ทำการนึ่งแต่ละครั้ง

3. ควรศึกษาพัฒนาปรับปรุงขนาดถังนึ่งหรือตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดให้สามารถบรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้ปริมาณเพิ่มมากขึ้น

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2553. กระทรวงพลังงาน. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.network4ae.com/tech.php [14 มกราคม 2553]

ชาญยุทธ์ ภาณุทัต และคณะ. 2550. “การเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.doae.go.th/plant/ann/tbkh2.htm

ฐานข้อมูลผลิตเห็ด. 2550. “สถานการณ์การผลิตเห็ด” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.agric-prod.mju.ac.th/web-veg/mushroom/p11.htm

ธนิตย์ เรืองรุ่งชัยกุล. 2545. การพัฒนาเตาเพื่อผลิตไอน้ำสำหรับการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน.รายงานการวิจัย ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

บรรณ บูรณะชนบท. 2537. คู่มือเพาะเห็ด. เพ็ท-แพล้น พับลิชชิ่ง. เทพพิทักษ์. กรุงเทพฯ. 280 หน้า

ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ และกิตติพงษ์ ศิริวานิชกุล. 2537. เทคโนโลยีการเพาะเห็ด. พิมพ์รั่วเขียว. วี.พี.บุ๊คเซนเตอร์. กรุงเทพฯ. 421 หน้า

พลังงานชีวมวล, 2547 พลังงานชีวมวล. 2547. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://203.150.24.8/dede/renew/bio_p.htm

วารสารพลังงาน. 2546. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก www2.dede.go.th/km_ber/eleam/database/d2.pdf [20 ธันวาคม 2553]

วรนุช แจ้งสว่าง.2551.พลังงานหมุนเวียน.กรุงเทพ: สำนักโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมคิด สลัดยะนันท์. 2550. “หม้อไอน้ำ” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.oraclechem.com/

สรรเสริญ วิราพร. 2530. การวิเคราะห์ Loss on ignition ของเถ้าแกลบ. กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เสกสรร สีหวงษ์. 2541. การใช้น้ำมันเครื่องเก่าเป็นเชื้อเพลิงเพื่อเกษตรกร. ข่าวสารศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรแห่งชาติ. 11(เม.ย.-มิ.ย.). หน้า 6

อนุชิต กิจสวัสดิ์. 2529. ประโยชน์จากแกลบและเถ้าแกลบ. วิทยาศาสตร์สำหรับประชาชน ครั้งที่ 411

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลการทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก.1 ค่าความชื้นแกลบในเตาของการทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น

การทดลองที่	ตัวอย่างที่	น้ำหนักแกลบ (กก.)		ความชื้น (% ฐานเปียก)
		ก่อนอบ	หลังอบ	
1	1	44.94	41.74	7.12
	2	43.72	40.64	7.04
	3	44.88	41.76	6.95
	4	42.16	39.36	6.64
	5	45.36	42.02	7.36
	เฉลี่ย	44.21	41.10	7.03
2	1	47.22	43.78	7.29
	2	50.78	47.14	7.17
	3	51.10	47.44	7.16
	4	51.52	47.8	7.22
	5	50.80	47.30	6.89
	เฉลี่ย	50.28	46.69	7.14
3	1	49.38	45.82	7.21
	2	50.72	47.16	7.02
	3	47.24	3.76	7.37
	4	48.96	45.30	7.48
	5	50.60	47.12	6.88
	เฉลี่ย	49.38	45.83	7.19

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก.2 ค่าความชื้นไม้ฟืนหน้าเตาของทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น

การทดลองที่	ตัวอย่างที่	น้ำหนักไม้ฟืน (กก.)		ความชื้น (% ฐานเปียก)
		ก่อนอบ	หลังอบ	
1	1	58.24	54.72	6.04
	2	50.78	47.64	6.18
	3	45.08	42.40	5.94
	4	48.21	45.44	5.75
	5	49.56	46.38	6.42
	เฉลี่ย	50.37	47.31	6.07
2	1	46.80	43.84	6.32
	2	45.00	41.86	6.98
	3	39.24	36.52	6.93
	4	53.46	49.66	7.11
	5	57.32	53.52	6.63
	เฉลี่ย	48.36	45.08	6.79
3	1	51.34	48.36	5.80
	2	60.50	55.82	7.74
	3	48.72	45.30	7.02
	4	49.46	46.12	6.75
	5	62.74	58.52	6.73
	เฉลี่ย	54.55	50.82	6.83

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก.3 ผลการศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น

การทดลองที่	ปริมาณไม้ฟืนหน้าเตา (กก.)	ปริมาณแกลบในเตา (กก.)	ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมด (กก.)	ปริมาณน้ำในหม้อต้ม (ลิตร)	ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (ตามนาฬิกา)			ปริมาณขี้เถา (กก.)	ปริมาณน้ำที่เหลือในหม้อต้ม (ลิตร)	ระยะเวลาเกิดไอน้ำ (ชม.)	ระยะเวลาทั้งหมด (ชม.)
					เริ่มจุดไฟ	เกิดไอน้ำ	เวลาหยุด				
1	7.50	16.50	24.00	30	17:40	18:15	21:30	4.40	12.00	3:15	3:50
2	7.00	15.00	22.00	30	15:00	15:30	17:30	4.10	12.30	2:00	2:30
3	7.00	15.50	22.50	30	08:50	09:27	11:30	4.30	13.40	2:03	2:40
เฉลี่ย	7.17	15.67	22.83	30	-	-	-	4.27	12.57	2:26	3:00

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น การทดลองที่ 1

2 เม.ย.2555		ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)				
เวลา		อากาศ	หน้าเตา	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ท่อไอน้ำ
(น.)	นาที					
17:40	0	30.6	29.8	32.0	30.5	30.2
17:45	5	30.6	67.7	39.6	37.9	30.5
17:50	10	30.6	114.0	80.7	89.7	31.5
17:55	15	30.6	89.3	447.0	210.2	36.4
18:00	20	31.0	101.4	716.3	344.5	33.7
18:05	25	31.5	136.6	781.9	410.2	34.4
18:10	30	30.4	140.9	844.0	480.9	53.1
18:15	35	30.5	138.7	964.3	531.3	72.3
18:20	40	30.1	119.4	816.8	613.8	99.5
18:25	45	29.9	165.2	661.2	465.0	109.4
18:30	50	30.2	158.5	623.2	371.9	106.9
18:35	55	29.8	189.3	609.7	391.0	107.2
18:40	60	29.9	168.9	611.9	422.4	107.7
18:45	65	29.8	172.8	588.3	377.0	104.9
18:50	70	29.8	171.9	599.9	410.3	109.7
18:55	75	29.7	196.1	600.7	422.2	83.2
19:00	80	29.6	181.6	536.8	367.1	107.3
19:05	85	29.7	162.1	461.5	332.7	107.5
19:10	90	29.5	191.7	415.1	345.1	100.4
19:15	95	29.8	161.9	485.0	378.6	110.2
19:20	100	29.6	169.1	490.0	369.0	110.3
19:25	105	29.3	168.8	497.1	343.4	111.7
19:30	110	29.1	136.9	482.3	330.5	108.5
19:35	115	29.1	148.3	475.3	345.9	112.2
19:40	120	28.8	135.8	456.6	315.0	112.3
19:45	125	28.9	122.5	420.5	304.3	111.1
19:50	130	28.9	124.0	364.4	285.9	111.9
19:55	135	28.8	126.2	324.0	256.2	100.2
20:00	140	28.5	105.5	291.9	240.8	99.1
20:05	145	28.7	102.0	314.8	246.0	95.0
20:10	150	28.5	112.9	455.8	275.9	107.4
20:15	155	28.3	112.1	341.2	276.7	110.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น การทดลองที่ 1(ต่อ)

2 เม.ย.2555		ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)				
เวลา		อากาศ	หน้าเตา	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ท่อไอน้ำ
(น.)	นาที					
20:20	160	28.3	108.4	367.0	256.3	99.0
20:25	165	28.5	109.6	489.1	261.0	99.6
20:30	170	28.4	96.2	404.8	226.5	106.7
20:35	175	28.4	83.4	318.5	195.4	98.9
20:40	180	28.2	73.2	239.0	193.1	101.4
20:45	185	28.0	76.4	334.8	236.6	99.7
20:50	190	28.2	75.9	347.5	240.5	106.9
20:55	195	28.3	72.0	388.3	251.1	108.4
21:00	200	28.3	73.4	327.0	220.5	99.4
21:05	205	28.0	67.1	330.3	219.8	114.8
21:10	210	28.3	71.3	399.3	217.8	111.1
21:15	215	28.3	88.9	707.1	259.7	112.8
21:20	220	28.3	90.3	711.8	260.4	111.7
21:25	225	28.3	65.6	603.4	321.8	97.7
21:30	230	28.2	45.2	295.6	247.5	96.5

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก.5 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น การทดลองที่ 2

10 เม.ย.2555		ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)				
เวลา		อากาศ	หน้าเตา	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ท่อไอน้ำ
(น.)	นาที					
15:00	0	32.8	29.8	33.2	32.5	32.8
15:05	5	33.2	38.6	34.2	33.0	33.0
15:10	10	33.0	61.5	123.9	130.1	33.8
15:15	15	32.7	68.8	656.2	338.5	34.5
15:20	20	33.2	78.3	762.0	431.0	36.4
15:25	25	33.4	81.9	860.1	531.8	48.3
15:30	30	33.2	116.4	847.8	491.8	80.7
15:35	35	34.0	135.5	801.0	453.6	101.2
15:40	40	33.0	134.6	824.7	506.8	93.2
15:45	45	33.9	156.5	778.7	407.8	92.6
15:50	50	33.2	158.1	720.0	306.3	93.8
15:55	55	33.5	105.7	659.9	367.3	98.6
16:00	60	32.9	87.6	631.7	349.5	96.9
16:05	65	32.8	65.2	588.1	344.7	95.1
16:10	70	32.9	95.4	570.9	324.3	98.1
16:15	75	32.8	99.2	541.3	311.5	98.3
16:20	80	33.2	87.1	456.0	270.9	97.6
16:25	85	32.6	90.8	410.8	199.5	98.0
16:30	90	33.1	80.3	362.1	228.7	96.2
16:35	95	32.4	58.3	301.2	209.9	97.6
16:40	100	32.9	60.2	268.4	200.6	97.2
16:45	105	32.5	76.8	270.3	147.9	98.5
16:50	110	32.5	73.5	236.1	148.0	98.4
16:55	115	32.7	58.4	198.0	161.6	98.6
17:00	120	32.5	62.2	196.9	143.4	98.7
17:05	125	32.2	57.3	173.9	145.7	98.6
17:10	130	31.9	44.0	159.1	143.9	98.4
17:15	135	31.8	46.4	162.2	103.2	98.7
17:20	140	31.9	40.6	143.0	128.9	98.5
17:25	145	31.9	39.2	138.4	124.3	98.7
17:30	150	31.5	40.5	137.2	112.0	99.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก.6 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาเผาแกลบผลิตไอน้ำเบื้องต้น การทดลองที่ 3

13 เม.ย.2555		ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)				
เวลา		อากาศ	หน้าเตา	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ท่อไอน้ำ
(น.)	นาที					
8:50	0	33.7	32.4	34.1	33.3	30.4
8:55	5	33.2	81.6	59.6	37.9	32.5
9:00	10	33.8	120.0	137.5	89.7	33.3
9:05	15	33.7	130.2	373.2	210.2	36.4
9:10	20	33.4	127.8	748.8	344.5	34.9
9:15	25	33.4	136.6	856.9	410.2	34.9
9:20	30	33.9	145.7	997.4	480.9	57.9
9:25	35	34.1	138.7	964.3	531.3	80.7
9:30	40	33.8	121.8	816.8	613.8	99.7
9:35	45	33.9	165.2	661.2	456.7	109.4
9:40	50	33.2	158.9	623.2	371.9	106.9
9:45	55	33.5	189.3	609.7	396.9	107.2
9:50	60	33.9	168.9	611.9	422.4	108.4
9:55	65	33.8	172.8	588.3	387.5	104.9
10:00	70	33.9	171.9	598.8	410.3	109.7
10:05	75	33.8	196.1	614.5	422.2	100.9
10:10	80	33.2	181.6	536.8	367.1	107.3
10:15	85	33.6	217.0	461.5	332.7	106.9
10:20	90	33.9	224.4	415.1	345.1	100.4
10:25	95	34.4	219.3	476.5	378.6	110.2
10:30	100	33.9	198.6	492.6	372.1	110.3
10:35	105	34.5	168.8	497.1	343.4	111.7
10:40	110	34.1	136.9	482.3	330.5	108.5
10:45	115	34.3	148.3	475.3	345.9	117.4
10:50	120	34.5	135.8	456.6	321.4	112.3
10:55	125	34.2	122.5	420.5	304.3	115.7
11:00	130	34.4	123.7	364.4	285.9	111.9
11:05	135	34.7	126.2	342.5	256.2	100.2
11:10	140	34.9	105.5	327.3	240.8	105.5
11:15	145	34.9	102.0	314.8	240.6	118.2
11:20	150	34.5	112.9	319.1	275.9	107.4
11:25	155	34.6	73.4	358.9	276.7	100.3
11:30	160	34.8	50.9	299.8	258.1	97.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลการทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าก้อนเชื้อเห็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข.1 ค่าความชื้นแกลบในเตาของการทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด

การทดลองที่	ตัวอย่างที่	น้ำหนักแกลบ (กก.)		ความชื้น (% ฐานเปียก)
		ก่อนอบ	หลังอบ	
1	1	44.94	41.74	7.12
	2	43.72	40.64	7.04
	3	44.88	41.76	6.95
	4	42.16	39.36	6.64
	5	45.36	42.02	7.36
	เฉลี่ย	44.21	41.10	7.03
2	1	47.22	43.78	7.29
	2	50.78	47.14	7.17
	3	51.10	47.44	7.16
	4	51.52	47.80	7.22
	5	50.80	47.30	6.89
	เฉลี่ย	50.28	46.69	7.14
3	1	49.38	45.82	7.21
	2	50.72	47.16	7.02
	3	47.24	37.60	7.37
	4	48.96	45.30	7.48
	5	50.60	47.12	6.88
	เฉลี่ย	49.38	45.83	7.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ก.2 ค่าความชื้นไม้ฟืนหน้าเตาของการทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด

การทดลองที่	ตัวอย่างที่	น้ำหนักไม้ฟืน (กก.)		ความชื้น (% ฐานเปียก)
		ก่อนอบ	หลังอบ	
1	1	58.24	54.72	6.04
	2	50.78	47.64	6.18
	3	45.08	42.40	5.94
	4	48.21	45.44	5.75
	5	49.56	46.38	6.42
	เฉลี่ย	50.37	47.31	6.07
2	1	46.80	43.84	6.32
	2	45.00	41.86	6.98
	3	39.24	36.52	6.93
	4	53.46	49.66	7.11
	5	57.32	53.52	6.63
	เฉลี่ย	48.36	45.08	6.79
3	1	51.34	48.36	5.80
	2	60.50	55.82	7.74
	3	48.72	45.30	7.02
	4	49.46	46.12	6.75
	5	62.74	58.52	6.73
	เฉลี่ย	54.55	50.82	6.83

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข.3 ผลการศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด

การทดลองที่	ปริมาณไม้ฟืนหน้าเตา (กก.)	ปริมาณแกลบในเตา (กก.)	ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมด (กก.)	ปริมาณน้ำในหม้อต้ม (ลิตร)	ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดที่นึ่ง (ก้อน)	ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (ตามนาฬิกา)				ปริมาณถ่านแกลบ (กก.)	ปริมาณน้ำที่เหลือ (ลิตร)	ระยะเวลาเกิดไอน้ำ (ชม.)	ระยะเวลาการนึ่ง (ชม.)	ระยะเวลาอุณหภูมิก้อนเห็ดคงที่ (ชม.)	ระยะเวลาทั้งหมด (ชม.)
						เริ่มจุดไฟ	เกิดไอน้ำ	นึ่งก้อนเชื้อเห็ด	เวลาหยุด						
1	9.00	18.00	27.00	30	48	16:30	17:03	17:04	20:35	4.50	5.70	3:32	3:31	2:35	4:05
2	10.00	21.00	31.00	30	48	16:55	17:23	17:25	21:40	5.20	5.00	4:17	4:15	2:55	4:45
3	10.50	22.00	32.50	30	48	19:50	20:33	20:36	00:50	5.50	4.40	4:17	4:15	3:15	5:00
เฉลี่ย	9.83	20.33	30.17	30	48	-	-	-	-	5.07	5.03	4:02	3.87	2:53	4:36

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดการทดลองที่ 1

14 ต.ค. 2555		ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เตาแกลบ(°C)				ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ถังนึ่ง(°C)			
เวลา		อากาศ	หน้าเตา	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ในถังนึ่ง	ในก้อนชั้นล่าง	ในก้อนชั้นกลาง	ในก้อนชั้นบน
(น.)	นาที								
19:50	0	28.8	29.0	30.0	29.3	31.3	30.9	32.7	30.9
19:55	5	28.7	50.7	410.3	278.2	31.4	31.0	32.9	31.1
20:00	10	28.7	49.3	105.9	110.3	31.5	31.1	32.9	31.3
20:05	15	29.2	40.2	111.1	112.1	31.6	31.1	32.9	31.4
20:10	20	29.0	62.9	220.5	207.7	31.7	31.2	32.9	31.4
20:15	25	29.0	65.7	171.9	175.4	31.7	31.3	32.9	31.4
20:20	30	28.9	114.7	251.7	252.1	31.7	31.3	32.9	31.4
20:25	35	28.8	124.3	240.0	243.0	31.7	31.4	33.0	31.6
20:30	40	28.8	116.2	208.3	220.5	31.7	31.4	33.0	31.6
20:35	45	29.1	111.7	385.9	367.2	31.7	31.4	33.0	31.6
20:40	50	29.4	125.1	460.6	383.0	46.3	31.5	33.1	31.6
20:45	55	29.3	101.2	622.8	473.4	72.6	33.2	35.9	32.3
20:50	60	29.1	121.5	388.6	378.5	90.5	41.2	46.5	37.1
20:55	65	28.9	116.4	339.9	340.7	93.8	51.7	61.8	46.9
21:00	70	29.4	138.2	635.1	464.5	95.7	61.8	70.1	56.0
21:05	75	29.2	131.9	455.2	358.9	97.2	70.0	77.2	64.2
21:10	80	29.7	101.0	591.1	399.3	98.1	76.7	81.2	71.3
21:15	85	29.2	110.0	509.3	374.0	99.7	85.1	89.5	80.0
21:20	90	30.0	93.7	536.4	372.0	98.9	86.7	89.0	82.7
21:25	95	30.6	124.4	521.0	365.8	99.7	90.3	92.1	87.0
21:30	100	29.2	103.0	661.7	367.5	99.7	92.8	97.9	89.5
21:35	105	29.4	95.0	495.9	343.2	100.5	95.5	95.9	93.2
21:40	110	29.2	70.2	609.6	341.4	99.4	97.0	98.0	94.6
21:45	115	28.5	58.6	561.6	349.8	99.3	98.3	100.4	95.0
21:50	120	29.0	88.8	573.7	334.2	100.5	99.3	100.0	97.2
21:55	125	30.1	78.5	503.5	293.8	100.4	99.2	98.5	97.3
22:00	130	29.3	97.8	547.5	333.8	101.5	101.5	101.2	99.9
22:05	135	28.8	93.0	415.3	314.8	100.8	101.7	101.2	100.5
22:10	140	29.8	104.8	610.7	366.7	102.0	103.6	103.1	102.7
22:15	145	28.7	93.3	564.6	365.9	101.8	102.6	102.0	101.5
22:20	150	28.9	88.8	317.5	278.9	101.3	102.3	101.6	101.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดการทดลองที่ 1(ต่อ)

14 ต.ค. 2555		ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เตาแกลบ(°C)				ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ถังนึ่ง(°C)			
เวลา		อากาศ	หน้าเตา	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ในถังนึ่ง	ในก้อนชั้นล่าง	ในก้อนชั้นกลาง	ในก้อนชั้นบน
(น.)	นาที								
22:25	155	28.4	88.2	351.6	280.2	100.5	101.6	101.0	100.9
22:30	160	27.8	69.3	229.3	220.0	99.6	101.0	100.3	100.3
22:35	165	28.5	84.9	495.9	162.9	98.9	100.8	99.8	99.8
22:40	170	27.9	114.7	609.6	133.3	97.7	100.5	98.7	99.2
22:45	175	28.6	124.3	561.6	220.5	95.7	99.0	100.4	99.6
22:50	180	28.6	116.2	573.7	367.2	97.2	98.3	100.0	98.9
22:55	185	28.8	111.7	503.5	383.0	98.1	99.3	98.5	99.9
23:00	190	28.7	116.2	547.5	473.4	99.7	99.2	101.2	99.8
23:05	195	28.5	111.7	415.3	378.5	98.9	101.5	101.2	100.3
23:10	200	28.7	125.1	610.7	340.7	99.7	101.7	103.1	99.8
23:15	205	28.6	101.2	564.6	464.5	99.7	103.6	102.0	99.2
23:20	210	28.8	121.5	455.2	358.9	98.9	102.6	101.6	99.8
23:25	215	28.6	116.4	591.1	399.3	99.7	102.3	101.0	99.7
23:30	220	28.9	114.7	509.3	252.1	99.7	101.6	103.1	99.9
23:35	225	28.8	124.3	536.4	243.0	100.5	99.0	102.0	99.8
23:40	230	28.8	116.2	521.0	220.5	99.4	103.6	101.6	98.1
23:45	235	29.1	111.7	661.7	367.2	99.3	102.6	101.0	101.5
23:50	240	29.4	125.1	495.9	383.0	100.5	102.3	100.3	100.9
23:55	245	29.3	101.2	609.6	473.4	100.4	101.6	99.8	100.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข.5 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดการทดลองที่ 2

18 ต.ค. 2555		ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เตาแกลบ(°C)				ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ถังนึ่ง(°C)			
เวลา		อากาศ	หน้าเตา	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ในถังนึ่ง	ในก้อนชั้นล่าง	ในก้อนชั้นกลาง	ในก้อนชั้นบน
(น.)	นาที								
16:55	0	28.1	26.9	27.9	28.1	28.4	28.7	28.8	27.6
17:00	5	28.2	330.5	261.5	165.1	28.5	28.8	29.0	27.8
17:05	10	28.3	507.3	103.8	80.0	28.4	28.8	29.0	27.8
17:10	15	28.0	487.9	294.1	143.4	28.4	28.9	29.0	28.0
17:15	20	28.1	319.1	458.9	205.3	28.5	28.9	29.1	28.0
17:20	25	28.0	286.3	476.9	210.7	28.3	28.8	29.0	27.9
17:25	30	28.3	277.8	706.6	329.8	28.4	28.9	29.1	28.0
17:30	35	29.7	392.0	690.7	301.7	44.5	28.4	29.4	28.1
17:35	40	29.4	430.6	594.8	290.0	64.6	30.9	31.3	41.7
17:40	45	28.8	427.3	566.0	257.5	86.4	40.8	43.3	58.6
17:45	50	29.0	424.7	553.7	216.2	90.0	49.8	55.2	67.5
17:50	55	29.6	392.5	513.0	263.3	92.7	60.3	64.8	73.5
17:55	60	28.3	453.7	366.7	184.2	92.5	66.9	71.5	77.7
18:00	65	29.0	444.8	407.7	215.6	94.2	72.2	77.0	81.9
18:05	70	28.1	445.8	389.6	184.2	94.4	78.2	81.2	84.5
18:10	75	28.4	429.3	368.5	176.3	95.2	81.5	84.0	86.9
18:15	80	28.2	423.7	342.3	177.0	96.6	84.5	86.6	88.9
18:20	85	29.4	433.9	319.0	181.4	96.6	88.1	89.7	90.5
18:25	90	28.8	456.9	286.3	154.6	87.1	88.4	89.7	89.2
18:30	95	28.4	449.1	222.0	125.7	82.9	87.5	87.6	85.8
18:35	100	28.7	430.4	231.2	127.2	88.5	87.2	87.5	86.4
18:40	105	29.4	416.2	254.8	140.2	93.5	88.7	89.4	89.1
18:45	110	28.5	438.5	280.8	147.9	95.0	89.8	90.9	90.5
18:50	115	29.2	371.4	316.3	152.8	96.0	91.5	92.4	92.1
18:55	120	28.9	406.0	218.2	145.6	96.6	93.0	93.9	93.4
19:00	125	28.7	332.9	327.2	153.0	97.9	94.3	94.9	94.5
19:05	130	29.5	258.1	319.1	175.8	98.9	96.2	97.2	97.3
19:10	135	30.5	268.2	332.7	169.4	99.0	96.9	96.9	96.7
19:15	140	29.1	391.7	319.0	154.2	98.7	97.5	97.5	97.1
19:20	145	30.1	376.2	352.0	165.8	99.0	98.9	99.0	98.7
19:25	150	28.9	423.5	226.7	134.2	97.8	98.6	98.3	97.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข.5 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดการทดลองที่ 2(ต่อ)

18 ต.ค. 2555		ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เตาแกลบ(°C)				ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ถังนึ่ง(°C)			
เวลา		อากาศ	หน้าเตา	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ในถังนึ่ง	ในก้อนชั้นล่าง	ในก้อนชั้นกลาง	ในก้อนชั้นบน
(น.)	นาที								
19:30	155	29.1	345.2	237.0	146.6	98.6	99.6	99.6	99.4
19:35	160	29.5	277.2	278.7	149.9	99.2	100.1	99.8	99.2
19:40	165	29.2	295.4	286.6	142.6	98.7	100.0	100.2	99.7
19:45	170	30.4	320.0	282.3	142.3	98.8	99.8	99.7	99.0
19:50	175	28.9	330.1	252.1	155.4	98.8	100.1	100.1	99.5
19:55	180	30.3	296.6	251.7	156.8	98.6	99.7	99.5	98.8
20:00	185	31.4	281.7	163.8	137.7	98.1	99.3	99.0	98.4
20:05	190	30.7	284.6	264.4	153.8	98.3	99.5	99.1	98.4
20:10	195	32.0	271.1	225.5	137.9	97.9	99.1	98.9	98.2
20:15	200	31.2	285.6	180.8	122.3	99.4	98.9	98.6	97.5
20:20	205	31.3	292.0	183.6	123.1	99.6	98.5	98.2	96.5
20:25	210	31.1	261.1	179.3	129.2	99.6	99.8	97.7	95.7
20:30	215	29.1	236.9	165.8	121.8	98.1	99.8	98.6	94.8
20:35	220	30.6	218.5	215.8	129.2	99.1	99.4	99.3	92.3
20:40	225	30.4	219.1	275.0	145.9	99.7	98.6	98.6	91.8
20:45	230	31.0	227.0	199.5	151.8	99.6	98.0	99.2	93.0
20:50	235	31.2	219.2	226.2	137.0	98.9	99.1	98.2	92.9
20:55	240	29.6	225.4	127.2	115.8	99.9	98.1	99.2	92.0
21:00	245	30.7	229.3	104.3	105.3	99.9	97.8	98.2	90.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข.5 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดการทดลองที่ 3

20 ต.ค. 2555		ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เตาแกลบ(°C)				ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ถังนึ่ง(°C)			
เวลา		อากาศ	หน้าเตา	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ในถังนึ่ง	ในก้อนชั้นล่าง	ในก้อนชั้นกลาง	ในก้อนชั้นบน
(น.)	นาที								
16:30	0	30.3	29.5	29.5	24.4	22.9	30.5	31.5	32.4
16:35	5	30.6	40.1	355.0	229.9	22.5	30.2	31.2	32.1
16:40	10	30.3	128.4	360.5	228.7	24.6	30.3	31.2	32.1
16:45	15	30.5	67.1	426.2	497.0	24.3	30.3	31.1	31.9
16:50	20	30.5	171.2	635.7	553.2	23.0	30.6	31.3	32.0
16:55	25	30.6	146.8	417.6	395.6	20.1	30.6	31.4	32.1
17:00	30	30.9	147.8	376.1	346.9	19.2	30.5	31.3	32.1
17:05	35	30.0	155.0	291.3	282.4	19.7	30.7	31.4	32.1
17:10	40	30.4	159.8	308.8	266.0	30.8	32.5	32.4	32.3
17:15	45	30.7	113.9	684.2	642.5	52.1	36.3	35.2	34.1
17:20	50	31.2	206.6	795.1	610.1	72.1	46.9	44.0	41.1
17:25	55	31.7	245.7	577.2	567.6	84.6	65.1	60.0	54.8
17:30	60	31.7	245.5	792.4	646.4	91.3	73.9	70.1	66.2
17:35	65	30.9	182.1	526.4	443.1	93.4	79.8	77.2	74.6
17:40	70	31.2	105.1	311.6	367.9	94.3	82.5	80.9	79.2
17:45	75	31.3	211.4	207.4	299.9	94.2	85.7	84.4	83.1
17:50	80	31.1	96.3	150.1	269.8	92.5	86.9	86.3	85.7
17:55	85	31.4	173.5	552.2	337.4	96.6	89.7	89.2	88.7
18:00	90	31.2	126.3	259.2	236.2	97.6	91.5	91.2	90.9
18:05	95	32.1	199.3	563.9	436.0	100.3	99.4	98.6	97.8
18:10	100	30.5	306.7	598.3	402.0	99.2	96.3	96.1	95.8
18:15	105	30.3	330.0	620.3	441.0	98.7	99.1	97.7	96.3
18:20	110	30.5	178.7	318.1	323.2	99.0	99.7	99.6	99.5
18:25	115	31.1	179.2	323.8	255.7	99.8	99.0	99.0	99.0
18:30	120	30.6	182.0	330.8	254.0	98.7	98.4	98.5	98.5
18:35	125	30.1	132.2	246.3	290.6	98.7	98.7	98.8	98.9
18:40	130	30.1	150.0	173.9	163.3	98.7	98.8	99.0	99.1
18:45	135	30.3	145.3	147.1	163.5	95.7	96.9	97.6	98.3
18:50	140	31.2	123.5	107.9	131.0	96.7	97.1	97.6	98.1
18:55	145	30.9	121.3	87.9	113.1	95.6	96.5	97.3	98.0
19:00	150	30.7	108.0	133.8	159.3	94.6	95.6	96.4	97.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข.5 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาเผาแกลบสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดการทดลองที่ 3(ต่อ)

20 ต.ค. 2555		ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เตาแกลบ(°C)				ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ถังนึ่ง(°C)			
เวลา		อากาศ	หน้าเตา	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ในถังนึ่ง	ในก้อนชั้นล่าง	ในก้อนชั้นกลาง	ในก้อนชั้นบน
(น.)	นาที								
19:05	155	31.2	159.1	179.3	181.6	95.5	95.5	96.1	96.6
19:10	160	30.8	161.2	325.2	245.3	96.7	96.2	96.7	97.1
19:15	165	30.6	147.9	430.5	287.0	98.8	97.9	98.3	98.6
19:20	170	30.1	179.1	417.5	352.2	99.5	98.9	99.1	99.2
19:25	175	31.3	349.6	632.1	381.5	100.5	100.5	100.8	101.0
19:30	180	30.8	313.4	566.7	333.3	100.2	100.0	100.3	100.5
19:35	185	29.7	269.0	437.1	312.8	99.8	99.9	100.1	100.3
19:40	190	29.7	312.2	566.5	291.8	100.0	100.2	100.4	100.5
19:45	195	30.2	316.3	570.2	314.2	100.2	100.5	100.6	100.7
19:50	200	29.5	178.4	395.1	286.7	100.0	100.1	100.2	100.3
19:55	205	30.4	266.0	430.0	302.8	99.7	99.8	100.0	100.1
20:00	210	30.5	298.4	523.7	344.5	99.9	100.2	100.4	100.6
20:05	215	30.8	298.0	523.0	402.9	100.4	100.8	101.1	101.3
20:10	220	30.9	236.1	416.0	359.5	100.8	101.1	101.4	101.6
20:15	225	31.4	182.0	337.2	303.6	98.4	98.2	98.8	99.3
20:20	230	31.7	199.7	400.1	329.1	97.4	97.8	98.6	99.4
20:25	235	30.8	302.4	536.8	438.9	97.1	97.1	97.5	97.8
20:30	240	31.0	279.7	456.9	381.0	98.4	98.7	99.3	99.8
20:35	245	31.5	355.5	658.6	491.5	90.6	94.5	95.0	95.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.