สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัย

เรื่อง

การวิจัยพัฒนาเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดด้วยเชื้อเพลิงชีวมวล

ผู้วิจัย

ลือพงษ์ ลือนาม

สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช

ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์

ปัญญา หมั่นเก็บ

สังกัด

ภาควิชาเทคนิคเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

29 มกราคม 2554

RCH
TH
7436-5
ก514
ค.1

สชหมู่.....
เลขทะเบียน 116095
วัน,เดือน,ปี - 2 พ.ค. 2554

b 12313634

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การวิจัยพัฒนาเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดด้วยเชื้อเพลิงชีวมวล

ชื่อผู้วิจัย นาย ลือพงษ์ ลือนาม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.
นาย สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.
นาง ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์ อาจารย์ ดร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.
นาย ปัญญา หมั่นเก็บ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภท การวิจัยและพัฒนา ประจำปี 2553 จำนวนเงิน 200,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ พฤศจิกายน 2552 ถึง ตุลาคม 2553

การออกแบบและทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้น มีองค์ประกอบเตา 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนเตาเผา และส่วนหม้อต้มน้ำ โดยการบรรจุไม้ฟืนเข้าเตาเผาทางด้านบน สามารถบรรจุไม้ฟืนเข้าเตาได้ 152 กิโลกรัม สามารถผลิตไอน้ำได้นานเป็นระยะเวลา 4:40 ชั่วโมง ผลิตไอน้ำได้ปริมาณ 74 กิโลกรัม ใช้ไม้ฟืนทั้งหมด 174 กิโลกรัม โดยสามารถผลิตถ่านได้ประมาณ 30 กิโลกรัม และผลิตน้ำส้มควันไม้ได้ประมาณ 0.62 ลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่ออกแบบสร้างสามารถผลิตไอน้ำเพื่อนำไปนึ่งก้อนเห็ดได้

จากการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดใช้ตู้นึ่งเป็นถัง 200 ลิตร มีตะแกรง 3 ชั้น บรรจุก้อนให้ได้ 48 ก้อน ใช้ปริมาณไม้ฟืนบรรจุเข้าเตา 255.00 กิโลกรัม สามารถต้มน้ำในหม้อต้มให้เดือดได้ อุณหภูมิสูงสุดถึง 101 องศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดสูงกว่า 95 องศาเซลเซียส และมีระยะเวลาการเกิดไอน้ำนานถึง 4.20 ชั่วโมง สามารถผลิตน้ำควันไม้ 3.17 ลิตร และผลผลิตถ่านได้ 53.33 กิโลกรัม เมื่อนำก้อนเชื้อเห็ดมาต่อเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฏาน เจริญเติบโตเดินเต็มก้อนทุกก้อน และให้ผลผลิตเห็ดสามารถเก็บเกี่ยวได้ทุกก้อน

ดังนั้น เตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดจากเชื้อเพลิงชีวมวล จึงสามารถผลิตไอน้ำได้เพียงพอต่อการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด สำหรับตู้นึ่งถัง 200 ลิตร ที่บรรจุก้อนเห็ดได้ 48 ก้อน ซึ่งได้ผลผลิตน้ำส้มควันไม้ 3.17 ลิตร และผลผลิตถ่าน 53.33 กิโลกรัม โดยก้อนเชื้อเห็ดให้ผลผลิตสามารถเก็บเกี่ยวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Abstract

Design and testing of steam oven steamed mushroom pieces preliminary Has two parts: the furnace components, furnaces and boilers. The packing firewood into the furnace top Firewood can be packed into a furnace can produce 152 kg of steam for a period of 4:40 hours, the amount of steam 74 kg 174 kg firewood all can produce about 30 kg of charcoal and wood vinegar production. Approximately 0.62 liters, indicating that the mushrooms. Steam boiler furnace mushroom pieces designed to create steam to produce steam in order to pack the mushrooms.

From the test furnace boiler steam pack mushroom with electrical steam as a tank 200 liters with rack 3-storey container prior to the 48 before the amount of firewood contained in burner 255.00 kg and could boil water in a boiler to heat the temperature up to 101 degree Celsius temperature within the pack mushroom higher than 95 degrees Celsius and the duration of the steam up to 4.20 hours to produce water, smoke, wood 3.17 liters and output char was 53.33 kg on the water before mushroom came against mushroom mountain Asada hrs. Full growth before all walks pack. And yield of mushrooms can be harvested every piece

So pack steam boiler furnace mushroom biomass fuels. Can produce enough steam to sterilize mushroom pieces. Steam Storage Tank 200 liters containing mushroom pieces to 48 pieces, which yield 3.17 liters of wood vinegar and charcoal yield 53.33 kg pack mushroom yield is harvested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้ โดยการได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2553 ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะนักวิจัยใคร่ขอขอบคุณ นายสมพงษ์ ดีอาษา ที่อนุเคราะห์สถานที่เพื่อการศึกษาวิจัย และคณาจารย์ ข้าราชการ นักศึกษา เจ้าหน้าที่ ตลอดจนเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดที่ให้คำปรึกษา อนุเคราะห์ข้อมูล ความรู้ และเสนอแนะการดำเนินการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

นอกจากนี้คณะผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ขอขอบคุณ บุคคล องค์กร หน่วยราชการ สถานประกอบการและที่ไม่ได้กล่าวนาม ซึ่งให้ความร่วมมือหรือมีส่วนช่วยให้มีการศึกษาครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้ดำเนินการวิจัย

มกราคม 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 สถานการณ์การผลิตเห็ด	5
2.2 การผลิตก้อนเชื้อเห็ด	6
2.3 การฆ่าเชื้อในการเพาะเห็ด	6
2.4 หม้อต้มไอน้ำหรือเครื่องกำเนิดไอน้ำ	7
2.5 เชื้อเพลิงสำหรับการผลิตไอน้ำอบฆ่าเชื้อก้อนเห็ด	8
2.6 เชื้อเพลิงชีวมวล	8
2.7 การผลิตถ่าน	10
2.8 การใช้ประโยชน์จากถ่าน	11
2.9 น้ำส้มควันไม้	12
2.10 การเก็บน้ำส้มควันไม้จากเตาเผาถ่าน	13
2.11 การทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์	13
2.12 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ	14
2.13 การใช้ประโยชน์จากน้ำส้มควันไม้	14
2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	17
3.1 การออกแบบและทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้น	17
3.2 การศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด	19
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	21
4.1 ผลการออกแบบสร้างเตาผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้น	21
4.2 ผลการศึกษาทดสอบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและเสนอแนะ	32
5.1 สรุปผลการออกแบบสร้างเตาผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้น	32
5.2 สรุปผลการศึกษาทดสอบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด	32
5.3 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก ก	36
ภาพผนวก ข	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)

เห็ด เป็นแหล่งอาหารโปรตีนจากธรรมชาติ ที่มีวิวัฒนาการมาจากการประสานเส้นใยจำนวนมากของเชื้อราชั้นสูง และถึงแม้เห็ดจะขาดกรดอะมิโนบางตัว แต่มีรสชาติและเนื้อสัมผัสดี ที่สำคัญเห็ดยังให้คุณค่าทางโภชนาการและมีสรรพคุณทางยา ซึ่งมีคุณสมบัติที่ช่วยเสริมภูมิคุ้มกันในร่างกาย และช่วยลดอัตราความเสี่ยงจากโรคร้ายต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน อัลไซเมอร์ หลอดเลือดหัวใจอุดตัน และความดันโลหิตสูง เป็นต้น (มารู้จักเห็ดกันเถอะ, 2551)

การผลิตเห็ดมีรูปแบบการผลิตใน 2 ลักษณะ ได้แก่ การเพาะเป็นกองเชื้อเห็ดภายในโรงเพาะหรือแปลงเพาะกลางแจ้งส่วนมากเป็นการเพาะเห็ดฟาง และการผลิตเพาะเชื้อในถุงพลาสติกหรือในก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งสามารถเพาะเห็ดได้หลายชนิด เช่น เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดขอนขาว เห็ดลม เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดหูหนู เห็ดหอม เป็นต้น การผลิตเห็ดสามารถผลิตได้ต่อเนื่องตลอดทั้งปี โดยมีการจัดการควบคุมการผลิตได้ ทั้งด้านอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ตลอดจนป้องกันโรคและแมลง สามารถเก็บเกี่ยวได้ตามระยะเวลาที่กำหนด สามารถเพิ่มและลดปริมาณการผลิตได้ ซึ่งเกษตรกรผู้เพาะเห็ดทุกรายจะต้องมีเตาต้มน้ำผลิตไอน้ำ สำหรับอบฆ่าเชื้อในโรงเรือนเห็ดและนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ดก่อนการเพาะเห็ด (ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์, 2550)

การนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด มีจุดประสงค์กำจัดเชื้อเจือปนที่ไม่ต้องการ ทั้งเชื้อราและแบคทีเรีย โดยเฉพาะขั้นตอนการเลี้ยงเส้นใยและการทำหัวเชื้อเห็ด การฆ่าเชื้อจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญยิ่งในงานเพาะเลี้ยงเห็ด ทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีกำลังการผลิตเห็ดในถุงพลาสติกเป็นแสนๆ ถุงต่อวัน คิดเป็นน้ำหนักเห็ดสดได้ประมาณ 3 หมื่นกิโลกรัมต่อวัน (การทำเชื้อและเพาะเห็ดในถุงพลาสติก, 2551)

การผลิตไอน้ำนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ส่วนใหญ่เกษตรกรนิยมนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งลูกทุ่ง ซึ่งเป็นถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร นึ่งได้ถังละประมาณ 100 ถุง โดยใช้ฝากรวยครอบปิดอีกทีหนึ่ง ฝาจะเจาะรูตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลางขนาดเท่ากับตะปู 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)

การผลิตไอน้ำจึงมีความจำเป็นต่อกระบวนการผลิตเห็ด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งในขั้นตอนการฆ่าเชื้อซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีผลกระทบโดยตรงต่อการเพาะเห็ดให้เจริญเติบโต ส่งผลถึงความสำเร็จในการผลิตและปริมาณผลผลิตเห็ดที่จะได้ ปัจจุบันการผลิตไอน้ำสำหรับการเพาะเห็ด นิยมใช้เตาก่ออิฐใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงหลัก ต้มน้ำที่บรรจุในถังน้ำมัน 200 ลิตร หรือที่เรียกว่า เตาลูกทุ่ง เนื่องจากมีราคาไม่แพง วิธีการใช้ไม่ยุ่งยาก แต่เตาผลิตไอน้ำแบบเตาลูกทุ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่กลางแจ้ง ไม่มีชนวนป้องกันการสูญเสียความร้อนให้กับอากาศ ขณะเผาเชื้อเพลิงหรือไม้ฟืนเพื่อทำการต้มน้ำ จึงทำให้การต้มน้ำให้เดือดต้องใช้เวลานาน และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำนวนมากในการผลิตไอน้ำแต่ละครั้ง รวมถึงไม่สามารถควบคุมระดับอุณหภูมิของไอน้ำให้คงที่ได้ เนื่องจากขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเพลิงหรือไม้ฟืนที่เผาภายในเตา จนเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดปรับเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงหลายชนิดตามสภาพที่จะหาได้ ได้แก่ ไม้ฟืน น้ำมันเตา ซังข้าวโพด น้ำมันดีเซล แก๊สหุงต้ม น้ำมันเครื่องเก่า และยางรถยนต์ เป็นต้น (เสกสรร, 2541) แต่เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีข้อจำกัด ได้แก่ ไม้ฟืนมีราคาแพงและหายาก น้ำมันและแก๊สหุงต้มมีราคาแพง ส่วนการใช้ยางรถยนต์เก่าจะก่อให้เกิดมลภาวะ ส่งกลิ่นเหม็น และมีสาระก่อมะเร็ง จนบางท้องถิ่นไม่อนุญาตให้ใช้ยางรถยนต์เป็นเชื้อเพลิง (ธนิตย์, 2545) ทำให้เกษตรกรผู้ผลิตเห็ดจึงมีความต้องการเตาผลิตไอน้ำ ที่สามารถผลิตไอน้ำได้อย่างต่อเนื่องและประหยัดเชื้อเพลิง โดยก่อให้เกิดมลภาวะต่อชุมชนน้อยที่สุด

จากลักษณะของเตาผลิตไอน้ำอบฆ่าเชื้อด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร หรือ เตาลูกทุ่ง ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับเตาผลิตถ่านของเกษตรกร สำหรับผลิตพลังงานเพื่อใช้ในการหุงต้มในครัวเรือน และผลิตน้ำส้มควันไม้ที่เป็นสารอินทรีย์เพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตรในด้านต่างๆ ด้วยวิธีการเผาถ่านในรูปแบบควบคุมอากาศหรือสภาวะแบบปิด โดยให้อากาศไหลเข้าภายในเตา จนอุณหภูมิภายในเตาค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น เพื่อไล่ความชื้นออกจากไม้และเกิดกระบวนการเผาไหม้ เรียกว่า การคาร์บอนไนเซชั่น ซึ่งในช่วงแรกของการเผาไล่ความชื้นจะเกิดควันจากการเผา ซึ่งจะทำการดักเก็บควันหรือทำให้ควันกลั่นเป็นหยดน้ำ เรียกว่า น้ำส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ควันไม้ นานเป็นระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นการเผาไหม้จะเข้าสูงกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น จนทำให้ควันเริ่มจางหายไป ในช่วงนี้ไม้ฟืนภายในเตาจะกลายเป็นถ่านร้อนและจะมีความร้อนภายในเตาที่สูงมาก แล้วทำการปิดเตาไม่ให้มีอากาศไหลเข้าภายในเตา เพื่อหยุดกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นและลดอุณหภูมิถ่านร้อนภายในเตา จากนั้นทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน จึงเปิดเตานำถ่านออกจากเตาต่อไป

จากรายงานการวิจัยการเผาถ่านเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้มะม่วง ด้วยเตาเผาถ่านถังน้ำมัน 200 ลิตร พบว่า อุณหภูมิภายในเตาเพิ่มสูงขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 1 ชั่วโมง และอุณหภูมิภายในเตายังเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนถึง 800 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 6-8 ชั่วโมง ก่อนจะถึงกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นอย่างสมบูรณ์ภายในเตาเผาถ่าน (ลือพงษ์, 2551) จากลักษณะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในเตา คาดว่าปริมาณความร้อนภายในเตาเผาถ่าน จะก่อประโยชน์สำหรับผลิตไอน้ำหรือทำให้น้ำเดือดได้นานไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง โดยการอบฆ่าเชื้อก้อนเห็ดจะใช้เวลา 2-4 ชั่วโมง ซึ่งคาดว่าจะได้ไอน้ำเพียงพอการอบฆ่าเชื้อก้อนเห็ด และเป็นหลักการหรือวิธีการที่ควรนำมาพัฒนาปรับปรุงต่อยอดเป็นเตาสำหรับผลิตไอน้ำ ซึ่งนอกจากจะได้ไอน้ำสำหรับการอบฆ่าเชื้อก้อนเห็ดแล้ว เกษตรกรยังได้ถ่านและน้ำส้มควันไม้จากการผลิตไอน้ำอีกด้วย

ดังนั้น การพัฒนาปรับปรุงเตาเผาถ่านเพื่อการผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ด้วยหลักการเผาถ่านผลิตน้ำส้มควันไม้จากเชื้อเพลิงชีวมวล จึงเป็นการจัดการทรัพยากรในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์ และทดแทนการใช้ยางรถยนต์เป็นเชื้อเพลิงที่ก่อมลพิษต่อชุมชน และเป็นการวิจัยพัฒนาต่อยอดจากแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลในท้องถิ่น ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและเกิดความคุ้มค่ามากขึ้น ลดมลภาวะที่เป็นพิษที่เกิดจากการผลิตเห็ด ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในการผลิต อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดโดยตรงหลายด้าน ทั้งการผลิตไอน้ำในการอบฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ผลผลิตถ่านหุงต้มในครัวเรือน และผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้สำหรับใช้ในการเกษตร ใช้สำหรับไล่และกำจัดแมลงในโรงเพาะเห็ด ทั้งยังเป็นการหมุนเวียนและจัดหาเชื้อเพลิงภายในท้องถิ่น เกิดแหล่งพลังงานใช้ในครัวเรือน และยังช่วยเพิ่มรายได้จากการจำหน่ายถ่านและน้ำส้มควันไม้ อันเป็นส่วนช่วยส่งเสริมสนับสนุนการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร นำมาเป็นวัสดุเชื้อเพลิงเกิดแหล่งพลังงานภายในชุมชน เพิ่มแหล่งพลังงานในท้องถิ่น ลดใช้สารเคมีในการผลิตเห็ด ส่งผลถึงความยั่งยืนของชุมชน เกิดความเข้มแข็งภายในชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล ในการประหยัดพลังงานและการหาแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น การสร้างความเข้มแข็งภายในชุมชน

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการนี้มีจุดประสงค์ เพื่อวิจัยและพัฒนาการผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด สำหรับแหล่งผลิตเห็ดเขตจังหวัดภาคกลาง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เฉพาะ คือ

1) เพื่อออกแบบ สร้าง พัฒนาเตาผลิตไอน้ำจากความร้อนภายในเตาเผาถ่านผลิตน้ำส้มควันไม้

2) เพื่อทดสอบเตาเผาถ่านผลิตไอน้ำต้นแบบนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

116095

1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยโครงการนี้ ได้กำหนดพื้นที่เป้าหมายศึกษาวิจัย ณ แหล่งผลิตเห็ดเขตพื้นที่ภาคกลาง ซึ่งเป็นแหล่งผลิตเห็ดที่สำคัญโดยมีวิสาหกิจชุมชนเกี่ยวกับเห็ดจำนวนมาก จึงเห็นว่าพื้นที่เป้าหมายดังกล่าวมีความเหมาะสมเร่งด่วนในการแก้ไขปัญหา และก่อให้เกิดประโยชน์โดยตรงกับเกษตรกรผู้เพาะเห็ด โดยจะมุ่งเน้นพัฒนาออกแบบเตาผลิตไอน้ำนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด ด้วยหลักการเผาถ่านในสภาวะอับอากาศ หรือการควบคุมอากาศให้ไหลเข้าไปในเตาได้อย่างต่อเนื่อง จนเกิดความร้อนขึ้นภายในเตาเพื่อทำให้น้ำในภาชนะหรือหม้อต้มเดือดกลายเป็นไอ จนได้ไอน้ำในประมาณที่มากพอสำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ดของเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย โดยมีค่าชี้ผลของการศึกษาวิจัย ได้แก่ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน อัตราการผลิตไอน้ำ เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน อัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เห็ดเป็นเชื้อราที่สามารถรับประทานได้ มีผู้บริโภคจำนวนมากที่นิยมรับประทานเห็ด โดยเฉพาะผู้ที่ดูแลสุขภาพ มีรสชาติดี มีคุณค่าทางอาหาร และหาซื้อบริโภคได้ทั่วไป เกษตรกรจำนวนไม่น้อยที่ประกอบอาชีพการเพาะเห็ดเพื่อจำหน่าย สามารถเลี้ยงครอบครัวได้ และมีรายได้ที่ดีจนเป็นอาชีพหลัก

2.1 สถานการณ์การผลิตเห็ด

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 และเห็ดแครงรวมร้อยละ 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

3) การเพาะในโรงเรือนแบบอุตสาหกรรม เป็นการเพาะเห็ดที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับสูงในการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ซึ่งสามารถเพาะเห็ดได้ตลอดทั้งปี ส่วนมากนิยมเพาะเห็ดฟาง เห็ดแชมปิญอง เห็ดเข็มทอง เห็ดถั่วหรือเห็ดโคนน้อย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การผลิตก้อนเชื้อเห็ด

2.2.1 ก้อนเชื้อเห็ดหรือถุงเชื้อเห็ด หมายถึง เชื้อเห็ดที่เลี้ยงในถุงพลาสติกทนร้อน ซึ่งใช้วัตถุดิบเป็นขี้เลื่อย ฟางหมักหรือปุ๋ยหมัก เพื่อเป็นอาหารเชื้อเห็ดให้เจริญเติบโตในระยะบ่ม และระยะการเกิดดอกออกในโรงเรือนเพาะเห็ด

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

2.3 การฆ่าเชื้อในการเพาะเห็ด

2.3.1 การฆ่าเชื้อ หมายถึง ขั้นตอนทำให้วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเห็ดปราศจากเชื้ออื่น ๆ หรือกำจัดเชื้อเจือปนที่ไม่ต้องการ ทั้งเชื้อราและแบคทีเรีย โดยเฉพาะขั้นตอนการเลี้ยงเส้นใยและการทำหัวเชื้อเห็ด การฆ่าเชื้อจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญยิ่งในงานเพาะเลี้ยงเห็ด โดยเฉพาะขั้นตอนการเลี้ยงเส้นใยและการทำหัวเชื้อเห็ด (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 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 18-20 ชั่วโมง การนึ่งวิธีนี้จะสิ้นเปลืองแรงงาน เชื้อเพลิง และเสียเวลาอย่างมากจึงไม่เป็นที่นิยมของเกษตรกร

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หม้อนึ่ง สำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ในการเพาะเห็ดทุกชนิดต้องมีการกำจัดศัตรูเห็ด ซึ่งอาจจะเป็นการฆ่าเชื้อเฉพาะส่วนที่เป็นศัตรูของเห็ด หรือฆ่าเชื้อให้หมดโดยสิ้นเชิง จะต้องอาศัยหม้อนึ่งความดันเป็นตัวฆ่าเชื้อ ยกเว้นการเพาะแบบเชื้อก้อนเชื้อมาเพาะเปิดดอกหรือผลิตก่อนเชื้อแล้วซื้อเชื้อเห็นมาต่อเอก ก็ไม่จำเป็นต้องมีหม้ออบความดันใช้ภายในฟาร์ม โดยหม้อนึ่งแยกได้เป็นหลายแบบดังนี้ (บรรณ, 2537)

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

2) หม้อนึ่งความดันแบบดัดแปลง ปรับปรุงจากหม้อนึ่งแบบออโตเคลฟ โดยทำจากเหล็กแผ่นหนา ม้วนเป็นวงกลม แล้วเชื่อมเข้าด้วยกัน ทำให้มีขนาดใหญ่ มีอุปกรณ์ควบคุมเช่นเดี่ยวกับแบบออโตเคลฟ 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 ถุง ขึ้นไป ควรใช้เวลานึ่งนานประมาณ 4-5 ชั่วโมง ซึ่งเหมาะสมสำหรับฟาร์มเห็ดขนาดเล็กและขนาดกลาง

2.4 หม้อต้มไอน้ำหรือเครื่องกำเนิดไอน้ำ

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

2.4.1 เตา เป็นส่วนเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมการเผาไหม้เชื้อเพลิงและห้องเผาไหม้สำหรับเชื้อเพลิงของแข็งส่วนล่างของเตาจะเป็นตะแกรงไฟ ส่วนเชื้อเพลิงเหลว แก๊สและถ่านหินผงจะใช้หัวเผา ส่วนมากเตาและหม้อไอน้ำจะเป็นชุดเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2.4.3 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 2.1 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการผลิตปูนขาว ส่วนใหญ่ใช้หุงต้มประกอบอาหารในครัวเรือนชนบท ส่วนถ่านไม้ใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือน หุงต้มประกอบอาหารทั้งครัวเรือนชนบทและในเมือง รายงานกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานในปี 2539 มีแหล่งผลิตฟืนและถ่านเหลือเพียง 25.6 % โดยปริมาณการใช้ฟืนและถ่านคิดเป็น 16.7 % เทียบกับการใช้พลังงานอื่น ๆ ดังนั้นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนยังก่อให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าต่อชุมชน ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

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	ซานอ้อย	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	เปลือกกะลามะพร้าว	0.362	507	146	302	16.23	4,894
		ทะลายมะพร้าว	0.160	224	93	85	17.93	1,518
		ทางมะพร้าว	0.049	69	10	58	15.40	891
			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 การผลิตถ่าน

วิวัฒนาการของวิธีการเผาถ่านนั้นจะเกิดขึ้นตามยุคต่างๆ ของความเจริญที่เกิดขึ้น อารยธรรมโบราณในอดีตสามารถแบ่งเขตได้จากมรดกที่สืบทอดกันมาออกเป็น 3 ส่วน คือ ตะวันออกกลาง จีนและอินคา ในปัจจุบันพบเห็นเพียงในส่วนของตะวันออกกลางและจีนเท่านั้น และจากยุคตะวันออกกลางมาถึงความเจริญในยุคของยุโรป ดั้งนั้นวิวัฒนาการ การเผาถ่านในโลกที่เกิดขึ้นเราอาจจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ยุค ดังนี้ 1.ยุคของตะวันออกกลาง ได้แก่ อิหร่าน อัฟกานิสถาน ปากีสถาน 2.ยุคของจีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ เกาหลี ญี่ปุ่น และ 3.ยุคของยุโรป ได้แก่ ยุโรปและประเทศอาณานิคม สามารถแยกประเภทการผลิตถ่านได้เป็น 2 ลักษณะ คือ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2544)

2.7.1 การผลิตแบบพื้นเมือง มีการพัฒนาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ มาก เช่น สภาพของป่า ธรณีวิทยา ภูมิประเทศ สภาวะอากาศ และวิธีการนำถ่านไปใช้ประโยชน์ และสามารถแบ่งวิธีการผลิตได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ การเผาแบบถมแกลบ และการเผาในเตาเผา

2.7.2 การผลิตถ่านแบบอุตสาหกรรม สามารถแบ่งเป็น 3 วิธี ได้แก่

1) วิธีการกลั่นแยกไม้แบบแห้ง เป็นกระบวนการผลิตที่ได้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการแยกองค์ประกอบของไม้ในโรงงาน โดยวัตถุประสงค์หลักเพื่อ การผลิตกรดอะซิติก เมธานอล อะซิโตน และน้ำมันดินจากไม้ ส่วนผลพลอยได้คือ ถ่าน และก๊าซจากไม้ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในทศวรรษที่ 19 ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการกลั่นแยกไม้แบบแห้งเกือบหมดไปแล้ว

2) วิธีการกลั่นแยกแบบแห้งสำหรับการผลิตน้ำมันสน นิยมใช้กันทั่วไปเพื่อผลิตถ่านใช้เองในครัวเรือน โดยการใช้ไม้สนหรือตอไม้ในการผลิตน้ำมันสน เพื่อใช้สำหรับเป็นวัตถุดิบในการทำธูปหอมหรือกำยาน พบในประเทศจีนและแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

3) กระบวนการคาร์บอไนเซชั่นสำหรับการผลิตถ่าน คือ กระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่าน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การเผาไหม้ เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอไนเซชั่น โดยให้ความร้อนกับไม้ภายในเตาถ่าน ซึ่งทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศมากกว่า 500 องศาเซลเซียส หลังจากการสิ้นสุดการเผาไหม้ปริมาณของออกซิเจนภายในห้องเผาไหม้จะลดลงอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิภายห้องเผาไหม้จะลดต่ำลง จนถึงอุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส ขั้นตอนที่ 2 การลดความชื้น เป็นให้ความร้อนโดยการเผาไล่ความชื้นภายในเนื้อไม้ ระหว่างนี้อุณหภูมิของเตาเผาจะสูงขึ้นเลื่อยๆ จนกระทั้งอุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส ความชื้นเนื้อไม้จะเริ่มลดลงหมดไปในที่สุด ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ ขั้นตอนที่ 3 การคายความร้อน หลังจากกระบวนการไล่ความชื้นเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ จึงเริ่มทำให้เกิดคายความร้อนของไม้ โดยกำจัดอากาศไม่ให้เข้าไปทำปฏิกิริยาในเตาเผาอีก และภายในเตาถ่านอุณหภูมิจะสูงถึงประมาณ 700 องศาเซลเซียส ซึ่งในระหว่างการคายความร้อนจะมีควันสีเหลืองและการระเหยของไอน้ำพร้อมทั้งเกิดก๊าซต่าง ๆ ขึ้น เช่น กรดอะซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และน้ำมันดิน สำหรับวัสดุแข็งหลังจากการคายความร้อนเรียกว่า “ถ่าน” ขั้นตอนที่ 4 การทำให้เย็นตัว เป็นกระบวนการลดความร้อนของเตา เพื่อนำถ่านที่ได้จากกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นออกจากเตา

2.8 การใช้ประโยชน์จากถ่าน

ผลผลิตถ่านไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าที่หลายท่านเข้าใจกันเพียงแต่นำไปใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนเท่านั้น ในประเทศจีน เกาหลี และญี่ปุ่น ซึ่งมีเทคโนโลยีการผลิตถ่านไม้อย่างล้ำหน้าจะสามารถผลิตถ่านขาวหรือ White Charcoal เพื่อใช้ถ่านขาวในเชิงเพื่อสุขภาพโดยเฉพาะ เช่น ใช้ถ่านขาวใส่ลงในกาต้มน้ำร้อนเพื่อทำน้ำแร่ เพราะถ่านชนิดนี้จะละลายแร่ธาตุต่าง ๆ ออกมาเพิ่มคุณภาพและรสชาติของน้ำร้อน ใช้ชงกาแฟหรือจะใช้ผสมเหล้าวิสกี้ก็จะได้รสชาติที่นุ่มละมุน นี่เป็น

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการใช้ถ่านแบบพิเศษในต่างประเทศ ในบ้านเรา ผลผลิตถ่านส่วนใหญ่จะเป็นถ่านดำที่ผลิตภายใต้อุณหภูมิต่ำซึ่งไม่เหมาะจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ปิ้ง – ย่างอาหาร แต่ถ่านดำได้เปรียบกว่าถ่านบริสุทธิ์ตรงที่ผลิตได้จำนวนมากกว่า ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้ทำเชื้อเพลิงอื่น ๆ ที่ไม่เป็นการประกอบอาหารโดยตรง เช่น ใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงถ่านหินชนิดต่าง ๆ ซึ่งมักจะมีค่ามลพิษที่สูงมาก แต่อย่างไรก็ดี ถ่านดำที่ผลิตด้วยอุณหภูมิสูงที่เราเรียกว่าถ่านบริสุทธิ์นั้น หากมีปริมาณผลผลิตที่มากพอและคงที่ สามารถนำไปใช้ประโยชน์หลากหลายทั้งในครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรมได้ ตามรายงาน ของชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้ ดังนี้ (บริษัท ไทยซูมิจำกัด, 2551)

2.8.1 การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

ถ่านบริสุทธิ์เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตสารเคมีต่าง ๆ เช่น คาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbondisulpide) โซเดียมไซยาไนด์ (Sodium Cyanide) ซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) หรือถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นต้น สำหรับถ่านกัมมันต์ ที่ได้จากถ่านไม้ที่มีค่าคาร์บอนเสถียรสูง (High Fixed Carbon) ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ อาทิใช้ในระบบกรองและบำบัดอุตสาหกรรมน้ำดื่ม ระบบผลิตน้ำประปา ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น ประโยชน์จากคาร์บอนในอุตสาหกรรมโลหะหรือใช้ขี้เถ้าเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ ให้แข็งตัวช้า และมีความแข็งแกร่งขึ้น ฯลฯ

2.8.2 การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน

คุณสมบัติในการดูดซับกลิ่นและความชื้นของถ่าน เป็นที่รับรู้กันดีแล้วสำหรับผู้อ่าน แต่ในต่างประเทศ อุตสาหกรรมผลิตเครื่องประดับจากถ่านเพื่อใช้ประโยชน์ในบ้านเรือนได้รับความนิยมมาก คนญี่ปุ่น เป็นตัวอย่างของผู้ที่มองเห็นคุณประโยชน์ของถ่านอย่างชัดเจน การใช้ถ่านเพื่อทำหน้าที่ลดกลิ่นในห้องปรับอากาศ มีประสิทธิภาพที่ดีมาก ในห้องแอร์ ที่ทำงานหรือในรถ โดยเฉพาะที่ที่มีผู้สูบบุหรี่ หรืออาจจะมีเชื่อจุลินทรีย์ ควรนำถ่านไม้ไปวางดักไว้ที่ช่องดูดอากาศกลับของเครื่องดูดอากาศ รูพรุนและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในถ่านไม้จะดูดซับกลิ่นและเชื้อโรคต่าง ๆ เอาไว้ ช่วยลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้อย่างดี หรือจะใช้ถ่านเพื่อการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน ก่อนปล่อยสู่ท่อระบายสาธารณะก็ยังเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

2.8.3 การใช้ประโยชน์ในการเกษตร

ในภาคการผลิตเชิงเกษตร การนำถ่านไม้มาใช้ประโยชน์นับว่ามีคุณค่าที่น่าสนใจไม่น้อย เนื่องว่าถ่านมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นพิษภัยต่อพืชและสัตว์จึงสามารถใช้ทดแทนสารเคมีราคาแพงได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพไม่แพ้กันทีเดียว

1) ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน ถ่านไม้จะมีรูพรุนมากมาย เมื่อใส่ถ่านป่นลงในดินจะช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดีขึ้นส่งผลให้รากพืชขยายตัวอย่างรวดเร็วช่วยลดการใช้ปุ๋ยเพราะสมบัติต่าง ๆ ของจุลธาตุที่มีอยู่หลายชนิดในแท่งถ่าน จะเป็นประโยชน์ให้แก่พืชที่ปลูก

2) ถ่านไม้ที่นำมาใช้ปรับปรุงดินควรเป็นเศษถ่าน ขนาดไม่เกิน 5 มม. โดยอาจจะเป็นถ่านแกลบหรือถ่านชานอ้อย แต่ควรระวังขี้เถ้าซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างสูงเพราะพืชก็ไม่ชอบดินที่มีค่าเป็นด่างสูงควรรักษาค่าเป็นกรดด่างของดินไว้ที่ pH 6.0 – 6.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ช่วยรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้น ผักและผลไม้จะมีกลไกผลิตก๊าซเอธิลีน (Ethyline) เพื่อทำให้ตัวเองสุก เราสามารถรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้นโดยใส่ผงถ่านลงในกล่องบรรจุเพื่อดูดซับก๊าซดังกล่าวไว้ไม่ให้ออกฤทธิ์ผักผลไม้จะยังคงสดอยู่ได้นานถึง 17 วัน โดยไม่เสียหายหรือสุกงอม ปัจจุบันได้มีการนำผงถ่านกัมมันต์ผสมลงในกระดาษที่ใช้ทำกล่องบรรจุผลผลิตเพื่อการนี้แล้ว

4) ถ่านแกลบหรือถ่านชานอ้อย ใช้ทดแทนแกลบรองพื้นคอกสัตว์ซึ่งราคาถูกและหาง่ายพอ ๆ กัน เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนและก๊าซต่าง ๆ อันเป็นสาเหตุหนึ่งของอาการเครียดในสัตว์ส่งผลให้สุขภาพและผลผลิตจากปศุสัตว์มีคุณภาพดีขึ้น

5) ใช้ผสมอาหารสัตว์ นำผงถ่านผสมในอาหารสัตว์ด้วยอัตราส่วนเพียง 1 % ถ่านจะช่วยดูดซับก๊าซในกระเพาะและลำไส้ ช่วยลดอาการท้องอืดเนื่องจากปริมาณน้ำในอาหารสูงเกินได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์

6) ปรับปรุงคุณภาพแหล่งน้ำ นำถ่านไม้ใส่กระสอบ (ในปริมาณที่สอดคล้องกับประมาณแหล่งน้ำ) ไว้ที่ก้นบ่อ และจัดให้มีการไหลเวียนน้ำบริเวณกระสอบถ่านนั้น เศษอินทรียวัตถุต่าง ๆ ในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ทีอยู่ในรูพรุนของถ่าน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงปลาหรือกุ้งได้ เช่นกัน

2.9 น้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้หรือน้ำส้มไม้ (Wood Vinegar) มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลใสมีกลิ่นควันไฟมีรสเปรี้ยวเนื่องจากสภาพความเป็นกรด เป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่าน แล้วทำการควบแน่นควันไฟที่เกิดขึ้นให้เป็นหยดน้ำ ในขณะที่ฟืนไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่านในเตาเผา หรือเรียกว่า การคาร์บอไนเซชั่น (Carbonization) ที่อุณหภูมิระหว่าง 300-400 องศาเซลเซียส ในสภาวะอุณหภูมิดังกล่าวสารประกอบต่างๆ ในไม้ฟืน จะถูกความร้อนสลายตัวทำให้เกิดเป็นสารประกอบใหม่ อันเป็นประโยชน์ในหลายๆด้าน ได้แก่ การปลูกพืช การเลี้ยงปลา เลี้ยงสัตว์ และการนำไปใช้งานในโรงงานอุสาหกรรม

น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ประกอบสารต่าง ๆ มากกว่า 200 ชนิด จำพวกกรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ส่วนฟีนอลได้จากการสลายตัวของลิกนิน น้ำส้มควันไม้จะคุณสมบัติเป็นกรดมีค่า pH ประมาณ 3 มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.12-1.024 แตกต่างกันตามชนิดไม้ มีสารประกอบ ได้แก่ น้ำ 85 เปอร์เซ็นต์ กรดอินทรีย์ 3 เปอร์เซ็นต์ และสารอินทรีย์อื่น ๆ อีกประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสารประกอบ ดังนี้ (คณะทำงานพลังงานยั่งยืนจังหวัดสุรินทร์, 2546)

1) กรดน้ำส้ม (อะซิติก) มีคุณสมบัติในการเป็นตัวกัดกร่อน มีความเปรียวใช้ฆ่าเชื้อโรคได้

2) กรดฟอร์มิค(กรดมด) มีคุณสมบัติในการเป็นตัวทำละลาย ช่วยในการปรับตัวของดินได้ดี

3) เมทานอล มีคุณสมบัติเร่งการงอกของเมล็ดและราก ใช้ฆ่าเชื้อโรคได้ดี

4) ฟอร์มัลดีไฮด์ มีคุณสมบัติเป็นพิษสูง ในการฆ่าเชื้อโรคและแมลง เป็นตัวควบคุม ระงับยับยั้ง

5) อะซีโตน มีคุณสมบัติเป็นตัวละลายวัตถุ ใช้ทำน้ำยาล้างเล็บและเป็นสารเสพติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ฟีนอล มีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าแมลง ใช้ล้างแผลสด เป็นยาจำพวกแอสไพริน เป็นกลุ่มที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

2.10 การเก็บน้ำส้มควันไม้จากเตาเผาถ่าน

ความสำคัญของการเก็บน้ำส้มควันไม้ ปล่องดักควันต้องอยู่ห่างจากปากปล่องควันของเตาผลิตถ่าน 20-30 เซนติเมตร แต่ถ้าเชื่อมต่อกันโดยตรงจะเป็นการเพิ่มความยาวให้กับปล่องควันของเตา ทำให้อากาศภายในเตาไหลเวียนมากขึ้น ส่งผลให้คุณภาพและการผลิตถ่านไม้ลดลง ซึ่งอุณหภูมิปากปล่องควันเก็บน้ำส้มควันไม้จะอยู่ในช่วง 80-150 องศาเซลเซียส และภายในเตาจะสูงถึง 300-400 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่ผลผลิตน้ำส้มควันไม้มีคุณภาพดี สำหรับเตาอีวาเตะ (พุฒินันท์, 2544) สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ดักเก็บน้ำควันไม้ต้องทำจากวัสดุทนกรด เช่น ท่อไม้ไผ่ ท่อใยหิน สเตนเลส เป็นต้น และต้องทำมุมเอียงประมาณ 30 องศากับแนวระดับ จะทำให้การควบแน่นของควันกลายเป็นน้ำ ไหลตามท่อลงมายังภาชนะดักเก็บได้ดี ซึ่งน้ำส้มควันไม้ที่ได้ยังมีสามารถนำไปใช้ได้ทันที จึงต้องเก็บในภาชนะบรรจุที่ทนกรดได้ดีและควรเก็บไว้ในที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เพื่อให้สารทาร์ (Tar) ตกตะกอน หากเก็บไว้ที่โล่งแจ้งน้ำส้มควันไม้จะทำปฏิกิริยากับอากาศและรังสีอุลตราไวโอเลตในแสงอาทิตย์ จะทำให้น้ำส้มควันไม้กลายเป็นน้ำมันทาร์ ซึ่งเป็นมีสารก่อมะเร็ง ปัจจุบันมีการเก็บน้ำส้มควันไม้จากเตาเผาถ่าน ทั้งที่ทำจากผนังอิฐเรียกว่า เตาอีวาเตะ ส่วนใหญ่เป็นการทำในเชิงของธุรกิจเพราะลงทุนสูง และเตาที่ทำจากถังน้ำมันเรียกว่า เตาถัง 200 ลิตร (ภาพที่ 4) เนื่องจากมีขั้นตอนในการสร้างไม่ยุ่งยาก สะดวกต่อการใช้งาน และค่าลงทุนก่อสร้างต่ำ จึงเป็นที่นิยมของเกษตรกร (จิระศักดิ์, 2548) ทั้งนี้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผา จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิภายในเตา ซึ่งการเผาไม้มะม่วงภายในเตาถัง 200 ลิตร ที่บรรจุไม้มะม่วงได้ 40 กิโลกรัม จะสามารถผลิตน้ำส้มควันไม้ได้ประมาณ 1 ลิตร ได้ถ่านประมาณ 7.5 กิโลกรัม (ลือพงษ์, 2551)

2.11 การทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์

น้ำส้มควันไม้ดิบที่เก็บจากการกลั่นตัวที่ปล่องควันยังไม่สามารถนำมาใช้ได้ในทันที เนื่องจากยังมีส่วนประกอบที่เป็นอันตรายต่อพืชหรือสิ่งมีชีวิต เช่น น้ำมันดินหรือสารทาร์(Tar) ที่อาจจะไปปิดปากใบและเกาะติดรากในพืชทำให้พืชเติบโตช้าหรือตายได้ ดังนั้นการนำน้ำส้มควันไม้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ต้องผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ โดยมีด้วยกัน 3 วิธี ได้แก่ (พุฒินันท์, 2544)

2.11.1 การปล่อยให้ตกตะกอน เป็นที่นิยมเลือกใช้มาก โดยนำน้ำส้มควันไม้ดิบที่กลั่นได้ มาทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน จะทำให้น้ำส้มควันไม้แยกตัวเป็น 3 ระดับ ชั้นบนจะเป็นน้ำมันใส ชั้นกลางจะเป็นของเหลวสีชาหรือน้ำส้มควันไม้ และชั้นล่างเป็นของเหลวข้นสีดำ หรือสามารถลดเวลาการตะกอน โดยการผสมผงถ่านประมาณ 5% ของน้ำหนักรวมของน้ำส้มควันไม้ทั้งหมด ซึ่งผงถ่านจะดูดซับทั้งน้ำมันใสชั้นบนและน้ำมันดินลงสู่ชั้นล่าง จะใช้เวลาที่เร็วขึ้นเพียง 45 วัน ถังตกตะกอนควรมีทรงสูงมากกว่าความกว้างประมาณ 3 เท่า และติดตั้งวาล์ว 3 ระดับ หรือ 2 ระดับ ในกรณีเลือกใช้ผงถ่านในการช่วยตกตะกอนโดยวาล์วนี้จะช่วยในการเก็บผลผลิตให้สะดวกขึ้น หลังจากตกตะกอนในถังจนครบกำหนดแล้วจึงนำของเหลวสีชาในชั้นกลาง มากรองซ้ำอีกครั้งด้วยผ้ากรอง จึงจะสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ได้ โดยน้ำส้มควันไม้ที่บริสุทธิ์ควรจะมีน้ำมันดินไม่เกิน 1% พิจารณาง่ายๆด้วยสายตา น้ำส้มควันไม้ที่ดีควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีสีใสจนถึงชา หากมีลักษณะขุ่นดำแสดงถึงความหนาแน่นของน้ำมันดิน ซึ่งไม่เป็นผลดีในการนำไปใช้

2.11.2 การกรอง โดยใช้ผ้ากรองหรือถังกรองที่บรรจุผงถ่านกัมมันต์ มีผลให้คุณสมบัติน้ำส้มควันไม้มีความเป็นกรดลดลง เหมาะสำหรับนำไปเป็นวัตถุในอุตสาหกรรม

2.11.3 การกลั่น มีทั้งแบบกลั่นในความดันบรรยากาศ กลั่นแบบลดความดัน และแบบลำดับส่วน เพื่อแยกสารเฉพาะภายในน้ำส้มควันไม้ ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมผลิตยา

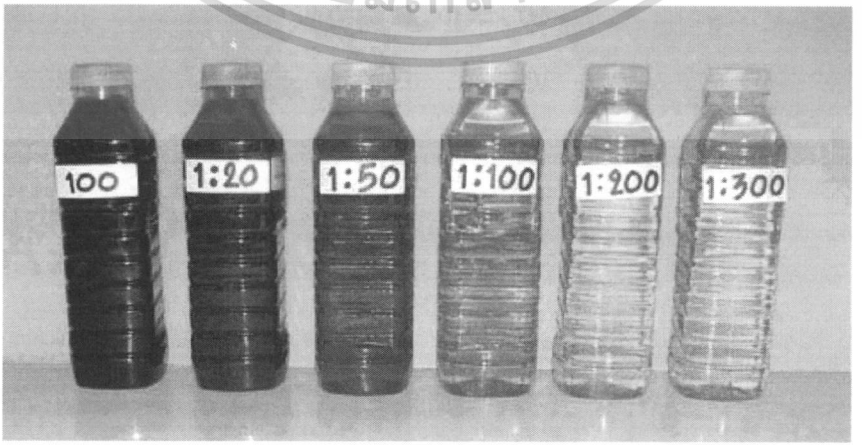
2.12 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ

ครอบคลุมเฉพาะน้ำส้มควันไม้ดิบที่ใช้ในการเกษตร ปศุสัตว์ อุตสาหกรรม และครัวเรือน โดยนิยามน้ำส้มควันไม้ดิบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของเหลวใส สีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล ได้จากการควบแน่นของควันไฟที่เกิดจากการเผาถ่านในช่วงอุณหภูมิเผา 300-400 องศาเซลเซียส โดยใช้อุปกรณ์ควบแน่นที่ทำจากสเตนเลสหรือไม้ เพื่อป้องกันการละลายของแคลเซียม เหล็ก หรือสังกะสี แล้วนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์โดยตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนอย่างน้อย 45 วัน

สำหรับคุณลักษณะที่ต้องการ ลักษณะทั่วไปต้องเป็นของเหลวใส สีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น ตกตะกอน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม หรือมีสารแขวนลอย ต้องมีกลิ่นเหมือนควันไฟ ไม่เปลี่ยนเป็นสีดำ ความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 2.8-3.7 ความถ่วงจำเพาะไม่น้อยกว่า 1.005 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การบรรจุต้องอยู่ภายในภาชนะที่สะอาด แห้ง ทึบแสง ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน,2548)

2.13 การใช้ประโยชน์จากน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่างๆ มากมาย เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรจะมีคุณสมบัติ เช่น เป็นสารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารเร่งการเติบโตของพืช นอกจากนี้มีการนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม เช่น ใช้ผลิตสารดับกลิ่นตัว ผลิตสารปรับผิวนุ่ม ใช้ผลิตยารักษาโรคผิวหนัง เป็นต้น เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีความเป็นกรดสูง ดังนั้นก่อนที่จะนำไปใช้ควรจะนำมาเจือจางให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ดังตารางที่ 2.2 และภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ลักษณะสีของน้ำส้มควันไม้ที่ผสมน้ำในอัตราส่วนต่างๆ
ที่มา : ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนผสมน้ำส้มควันไม้กับน้ำเพื่อใช้ประโยชน์

อัตราส่วน	การใช้ประโยชน์ทางการเกษตร
1: 20(ผสมน้ำ 20 เท่า)	พ่นลงดินเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นประโยชน์และแมลงในดินซึ่งควรทำก่อนการเพาะปลูก 10 วัน
1: 50(ผสมน้ำ 50 เท่า)	พ่นลงดินเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำลายพืช หากใช้ความเข้มข้นที่มากกว่านี้รากพืชอาจได้รับอันตรายได้
1: 100(ผสมน้ำ 100 เท่า)	ราดโคนต้นไม้รักษาโรครา และโรคเน่า รวมทั้งป้องกันแมลงมาวางไข่
1: 200(ผสมน้ำ 200 เท่า)	พ่นใบไม้รวมทั้งพื้นดินรอบๆ ต้นพืชทุกๆ 7-15 วัน เพื่อขับไล่แมลงและป้องกันเชื้อรา และรดโคนต้นไม้เพื่อเร่งการเจริญเติบโต
1: 500(ผสมน้ำ 500 เท่า)	พ่นผลอ่อน หลังจากติดผลแล้ว 15 วัน ช่วยขยายผลให้โตขึ้นและพ่นอีกครั้งก่อนเก็บเกี่ยว 20 วัน เพื่อเพิ่มน้ำตาลในผลไม้
1: 1,000(ผสมน้ำ 1,000 เท่า)	เป็นสารจับใบ เนื่องจากสามารถออกฤทธิ์ได้ดีในสารละลายที่เป็นกรดอ่อนๆ จึงช่วยเสริมประสิทธิภาพของสารเคมี ทำให้ใช้สารเคมีลดลงมากกว่าครึ่ง
	การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน
ความเข้มข้น 100 %	ใช้รักษาแผลสด แผลถูกน้ำร้อน รักษาโรคน้ำกัดเท้าและเชื้อราที่ผิวหนัง
1: 20(ผสมน้ำ 20 เท่า)	ราดทำลายปลวกและมด
1: 50(ผสมน้ำ 50 เท่า)	ใช้ป้องกันปลวก มด และสัตว์ต่างๆ เช่น ตะขาบ แมงป่อง
1: 100(ผสมน้ำ 100 เท่า)	ใช้ฉีดพ่นถังขยะเพื่อป้องกันกลิ่นและแมลงวัน ใช้ดับกลิ่นในห้องน้ำ ห้องครัวและบริเวณชื้นแฉะ

ที่มา : ปรับปรุงมาจากศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2548

ประโยชน์ด้านงานปศุสัตว์ น้ำส้มควันไม้ผสมน้ำ 200 เท่า ใช้ฉีดพ่นคอกสัตว์เพื่อลดกลิ่นและแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยอาจจะใช้ในความเข้มข้นมากขึ้นในครั้งแรก ๆ อีกทั้งใช้ในการผสมอาหารสัตว์ เพื่อช่วยย่อยอาหารและป้องกันโรคท้องเสีย โดยการผสมกับผงถ่านเสียก่อน ให้ใช้น้ำส้มควันไม้ 2 ลิตร คลุกกับผงถ่าน 8 กิโลกรัม แล้วจึงนำผงถ่านชุบน้ำส้มควันไม้ไปผสมอาหารสัตว์อีก 990 กิโลกรัม คลุกคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง จะได้อาหารสัตว์ 1 ตันพอดี ซึ่งถ่านผสมอาหารสัตว์นั้นจะช่วยให้สุขภาพสัตว์ในระบบทางเดินอาหารทำงานได้ดี และมีผลผลิตที่ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรม มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ การผลิตเครื่องสำอาง การผลิตอาหารมควัน การย้อมผ้า การผลิตสารป้องกันเชื้อราในเนื้อไม้ ตลอดจนการผลิตสารช่วยย่อย เป็นต้น ซึ่งน้ำส้มควันไม้ยังมีกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) เป็นประโยชน์หลายอย่าง เช่น สร้างความเป็นกรดให้ลำไส้ใหญ่ ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ช่วยควบคุมฤทธิ์ด่างของสารเคมีก่อมะเร็งช่วยเพิ่มการดูดซึมแคลเซียม และแมกนีเซียมในลำไส้ใหญ่ มีผลทำให้กระดูกแข็งแรง ช่วยขยายหลอดเลือด ทำให้เลือดหมุนเวียนจากลำไส้กลับเข้าเส้นเลือดดำตับสะดวกขึ้น เป็นพลังงานสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเซลล์ตับ ช่วยคลายกล้ามเนื้อลำไส้ใหญ่ จึงทำให้ท้องไม่ผูก ช่วยดูดซึมเกลือแร่ แก้ภาวะท้องเสีย เป็นต้น ในประเทศญี่ปุ่นมีการใช้น้ำส้มควันไม้กลั่นเป็น Prebiotics เนื่องจากในปัจจุบัน มนุษย์กินอาหารเส้นใยน้อย กินเนื้อสัตว์มาก การไม่กินผักผลไม้หรืออาหารแป้งธรรมชาติ การกินยาอย่างไม่ระมัดระวัง ทั้งตกค้างในการใช้ยากับปศุสัตว์ ทำให้เกิดปัญหากับแบคทีเรีย ในลำไส้ใหญ่ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2548)

สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม (2548) รายงานว่า ใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเร่งดอกติดผล ป้องกันเพลี้ยกระโดด เพลี้ยจักจั่นและราดำทำลายดอกมะม่วง ในอัตราส่วนน้ำส้มควันไม้ผสมน้ำ 1:400 ฉีดพ่นทั้งพุ่มเมื่อเริ่มออกดอกทุก 7-15 วันต่อครั้ง

สุชาดา (2547) ศึกษาผลของน้ำส้มควันไม้ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วฝักยาวไร้ค้าง พันธุ์ มข.25 พบว่า น้ำส้มควันไม้ ช่วงเร่งการเจริญเติบโต ทำให้ต้นถั่วสูงขึ้น จำนวนใบเพิ่มขึ้นและทำให้ดอกและฝักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำเปล่า

2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมชาย (2543) ได้ผลิตหม้อต้มน้ำสตีมไอน้ำแบบรวดเร็ว หรือ เตาสตีมพึ่งตนเอง มีลักษณะโครงสร้างทำด้วยแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมยาว 122.5 เซนติเมตร มีห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นอุโมงค์โค้งด้านบนห้องเผาไหม้เป็นหม้อต้มน้ำ ส่วนเหนือหม้อต้มเป็นถังน้ำสำรองขนาด 30 ลิตร เพื่อหยดหล่อเลี้ยงน้ำในหม้อต้มน้ำ

ธนิตน์ (2545) ได้พัฒนาเตาผลิตไอน้ำสำหรับการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน ออกแบบสร้างทำเป็นโครงชิ้นเดียวประกอบด้วย เตาเผาไหม้และตัวหม้อต้มน้ำ ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลทำงานต่อเนื่องได้นาน 1 ชั่วโมงต่อการเติมเชื้อเพลิงเต็มถัง 40 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 45 เปอร์เซ็นต์

ลือพงษ์ (2551) ได้ศึกษาวิจัยการเผาถ่านเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้มะม่วง ด้วยเตาเผาถ่านถังน้ำมัน 200 ลิตร ด้วยวิธีการคาร์บอไนเซชั่นสำหรับการผลิตถ่านที่มีทรายหรือดินเป็นชนวนป้องกันการสูญเสียความร้อนขณะเผาถ่าน พบว่า อุณหภูมิภายในเตาเพิ่มสูงขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 1 ชั่วโมง และอุณหภูมิภายในเตายังเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนถึง 800 องศาเซลเซียส ภายในช่วงเวลา 6-8 ชั่วโมง โดยสามารถผลิตถ่านได้ประมาณ 8 กิโลกรัม และผลิตน้ำส้มควันไม้ได้ประมาณ 1 ลิตร

พุฒินันท์ (2544) กล่าวว่า การทำให้อากาศภายในเตาไหลเวียนมากขึ้น ส่งผลให้คุณภาพและการผลิตถ่านไม้ลดลง ซึ่งอุณหภูมิปากปล่องควันเก็บน้ำส้มไม้จะอยู่ในช่วง 80-150 องศาเซลเซียส และภายในเตาอุณหภูมิจะสูงถึง 300-400 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่ผลผลิตน้ำส้มควันไม้มีคุณภาพดี

สุชัย และสมชาย (2533) ศึกษาเตาผลิตถ่านกะลามะพร้าวแบบเผาไหม้กึ่งต่อเนื่อง พบว่า การเผากะลามะพร้าวให้เป็นถ่าน ต้องเผาในที่อับอากาศ คือให้อากาศเข้าไปไม่ได้มากนัก ส่วนที่ไม่ใช่คาร์บอน เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน และมีการสลายแยกตัวออกกลายเป็นก๊าซ บางส่วนของคาร์บอนและสารอื่น ๆ จะกลายเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ เมทานอล กรดน้ำสม ฯลฯ เหลือแต่ถ่านที่จับตัวอยู่ในโครงสร้างคล้ายกราไฟต์ อุณหภูมิที่เผาในชั้นนี้ประมาณ 400-600 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

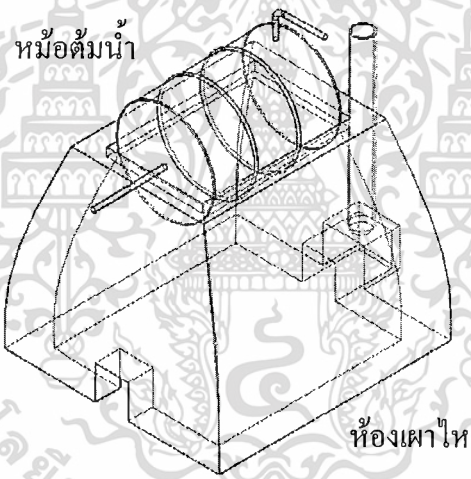
บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้การศึกษาวิจัยบรรลุตามวัตถุประสงค์ จึงกำหนดแนวทางการศึกษาแยกออกเป็นขั้นตอน และแต่ละขั้นตอนมีวิธีการดำเนินการ ดังนี้

3.1 การออกแบบและทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้น

การศึกษาในขั้นตอนนี้ เพื่อการออกแบบและสร้างเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้น และการทดสอบการทำงานของเตาผลิตไอน้ำ มีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 การออกแบบและสร้างเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้น ด้วยหลักการของกรรมวิธีการเผาถ่านผลิตความร้อนสำหรับต้มน้ำในหม้อต้มเพื่อผลิตไอน้ำ จึงออกแบบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่ประกอบ 2 ส่วน ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 เตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

1. ส่วนเตาเผาหรือห้องเผาไหม้ เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนจากการเผาไหม้ โดยไม้ฟืนที่บรรจุภายในเตาเผาถ่าน จะเกิดกระบวนการเผาไหม้ขณะทำการเผาถ่านและผลิตน้ำส้มควันไม้ ทำให้ภายในเตามีอุณหภูมิและความร้อนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นจะสัมผัสแลกเปลี่ยนความร้อนกับผนังหม้อต้มที่ตั้งอยู่ด้านบนหลังเตา ทำให้น้ำภายในหม้อต้มมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จนเดือดกลายเป็นไอน้ำ

2. ส่วนหม้อต้มน้ำหรือห้องกำเนิดไอน้ำ เป็นภาชนะบรรจุน้ำตั้งอยู่บนหลังเตาหรือห้องเผาไหม้ โดยรับความร้อนจากการเผาไหม้ถ่านภายในเตา ซึ่งอุณหภูมิของน้ำภายในหม้อต้มจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระดับความร้อนภายในเตา จนเดือดกลายเป็นไอน้ำ และเกิดแรงดันภายในหม้อต้มน้ำ แล้วไอน้ำจะดันพุ่งออกจากหม้อต้มไปตามท่อ เพื่ออบฆ่าเชื้อในโรงเรือนเพาะเห็ดต่อไป

หลักการทำงานของเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้น โดยการบรรจุไม้ฟืนเข้าเตาเผาทางด้านบน เริ่มจากการวางเป็นไม้หมอนใต้เตา เรียงไม้ฟืนขนาดเล็กไว้ด้านล่านเตาเผา และเรียงไม้ฟืนขนาดใหญ่ไว้ด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนเต็มเตา จากนั้นปิดหลังเตาด้วยหม้อต้มน้ำ เติมน้ำเข้าหม้อต้ม ให้มีระดับปริมาณน้ำภายในหม้อต้ม 1 ใน 3 ส่วน แล้วจุดไฟหน้าเตาเริ่มการเผาไหม้ต้มน้ำ

3.1.2 วิธีการดำเนินการทดสอบเตาเผาถ่านผลิตไอน้ำเบื้องต้น โดยการทดลองต้มน้ำให้เดือดจนกลายเป็นไอ เพื่อเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิภายในเตา อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิไอน้ำ ปริมาณเชื้อเพลิง ปริมาณน้ำที่ระเหย ปริมาณน้ำที่เหลือในหม้อต้ม เวลาในการเผาถ่านผลิตไอน้ำ ผลผลิตถ่านหลังจากการเผา เป็นต้น มีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์และตรวจสอบเตาเผาถ่านผลิตไอน้ำเบื้องต้น

2) สุ่มตัวอย่างไม้ฟืนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง โดยการตัดไม้ฟืนในช่วงกึ่งกลางท่อนยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ท่อนละ 1 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 5 ตัวอย่าง เพื่อนำมาหาค่าความชื้น

3) ชั่งน้ำหนักไม้ฟืนเชื้อเพลิง ทำการเรียงไม้ฟืนภายในเตาจากด้านบนจนเต็มเตา แล้วการบันทึกน้ำหนักไม้เชื้อเพลิงที่เข้าเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้น จากนั้นวางหม้อต้มไว้ด้านบนในแนวนอน

4) เติมน้ำภายในหม้อต้มให้ได้ปริมาณ 1 ใน 2 ส่วนของหม้อต้ม โดยการวัดปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปในหม้อต้มแล้วจดบันทึก และเตรียมไม้ฟืนสำหรับจุดเชื้อไฟหน้าเตา โดยการชั่งน้ำหนักเตรียมแยกไว้เป็นกอง ๆ

5) จุดไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตา จากนั้นเติมเชื้อไฟอบไล่ความชื้นไม้เชื้อเพลิงภายในเตาจนกว่าควันปากปล่องพุ่งแรงและมีสีเหลืองปนเทาหนา เริ่มบันทึกเวลาในการจุดเชื้อไฟหน้าเตา และเก็บข้อมูลน้ำหนักไม้ฟืนเชื้อไฟที่ใช้จุดหน้าเตา เริ่มบันทึกอุณหภูมิในแต่ละจุดของการทดลอง ณ ห้องเผาไหม้ น้ำภายในหม้อต้ม ปากปล่องเตา และท่อไอน้ำ ทำการบันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 10 นาที

6) หลังจากนั้นสังเกตสีควันที่เกิด บันทึกลักษณะของควัน และลักษณะของน้ำส้มควันไม้จากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ตั้งแต่เริ่มหยดจนถึงหยุดเก็บ แล้วบันทึกเวลาหยุดกับน้ำส้มควันไม้ จากนั้นวัดปริมาณของน้ำส้มควันไม้จากการดักเก็บได้

7) สังเกตปากท่อไอน้ำ บันทึกลักษณะการเกิดไอน้ำ และเวลาที่เริ่มเกิดไอน้ำพุ่งออกจากปากท่อ โดยเฉพาะช่วงที่เริ่มเกิดไอน้ำ

8) สังเกตลักษณะของไอน้ำที่พุ่งออกจากปากท่อ และสังเกตปากปล่องควัน ตั้งแต่เริ่มไอน้ำออกจากปากท่อจนถึงปากปล่องควันไม่มีควันเกิดขึ้น โดยบันทึกเวลาการเกิดไอน้ำ

9) เมื่อมีควันใส่ออกจากปล่องควันให้ทำการปิดเตา บันทึกเวลาที่ปิดเตา ปละให้หยุดบันทึกอุณหภูมิ ณ ห้องเผาไหม้ น้ำภายในหม้อต้ม ปากปล่องเตา และท่อไอน้ำ ปล่อยให้ถ่านเย็นตัวภายในเตาเป็นเวลา 36 ชั่วโมง

10) หลังจากปิดเตาครบตามกำหนดเวลา ทำการเปิดเตา ชั่งน้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ในหม้อต้มแล้วบันทึกผล จากนั้นนำถ่านออกจากเตา โดยแยกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ หัวถ่าน และส้นถ่าน แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแต่ละส่วนและบันทึกผล

11) ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1 – 10 จนครบการทดลองทั้ง 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบเตาเผาถ่านผลิตไอน้ำเบื้องต้น โดยการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบ จะทำการวัดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเตา และอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้ม แล้วนำข้อมูลที่ได้สร้างกราฟความสัมพันธ์ แสดงผลการทดสอบเป็นตารางเปรียบเทียบ จากการคำนวณด้วยสมการ ดังนี้

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

เมื่อ M = มวลของไม้เชื้อเพลิง (กิโลกรัม)

H = ค่าความร้อนของไม้เชื้อเพลิง (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) ความชื้นไม้เชื้อเพลิง (%ฐานเปียก) = $\frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)}} \times 100$

4) เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน (%) = $\frac{\text{น้ำหนักถ่านที่เผาได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักไม้ที่เผา (กรัม)}} \times 100$

5) อัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้ (ลิตร/กิโลกรัม) = $\frac{\text{ปริมาณน้ำส้มควันไม้ (ลิตร)}}{\text{น้ำหนักไม้ที่เผา (กิโลกรัม)}}$

6) ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน (%) = $\frac{\text{น้ำหนักถ่านที่เผาได้ (กรัม)} - \text{น้ำหนักส้นถ่าน (กรัม)}}{\text{น้ำหนักถ่านที่เผาได้(กรัม)}} \times 100$

3.2 การศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

การศึกษาในขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด โดยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขจากเตาเผาถ่านผลิตไอน้ำเบื้องต้น โดยทำการทดลองเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดจำนวน 84 ก้อน ซึ่งทำการศึกษาอัตราการผลิตและประสิทธิภาพในการผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด อุณหภูมิภายในเตา อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิไอน้ำ ปริมาณเชื้อเพลิง ระยะเวลาในการดักเก็บน้ำส้มควันไม้ ปริมาณน้ำส้มควันไม้ ปริมาณน้ำที่ระเหย ปริมาณน้ำที่เหลือในหม้อต้ม ระยะเวลาในการผลิตไอน้ำ ผลผลิตถ่านหลังจากการเผา อุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ด โดยกำหนดการทดลองเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อน

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อเห็ด จำนวน 3 ครั้ง ซึ่งมีอุปกรณ์ในการทดสอบ ได้แก่ เตาเผาถ่าน ตาชั่ง นาฬิกา เครื่องวัดอุณหภูมิ เลื่อย เข่ง เป็นต้น

3.2.1 การดำเนินการศึกษาทดลอง มีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์ ตรวจสอบเตาเผาถ่านผลิตไอน้ำ และติดตั้งหัววัดอุณหภูมิในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถัง

2) สุ่มตัวอย่างไม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง โดยการตัดตัวอย่างช่วงกึ่งกลางยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ท่อนละ 1 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 5 ตัวอย่าง เพื่อนำมาหาค่าความชื้น

3) ชั่งน้ำหนักไม้เชื้อเพลิง แล้วเรียงไม้ฟืนภายในเตาจากด้านบนจนเต็มเตา โดยการบันทึกน้ำหนักไม้เชื้อเพลิงที่เข้าเตาผลิตไอน้ำ นำหม้อต้มวางไว้ด้านบนในแนวนอน

4) เติมน้ำภายในหม้อต้มให้ได้ปริมาณ 1 ใน 2 ส่วนของหม้อต้ม โดยการวัดปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปในหม้อต้มแล้วจดบันทึก และเตรียมไม้ฟืนสำหรับจุดเชื้อไฟหน้าเตา โดยการชั่งน้ำหนักเตรียมแยกไว้เป็นกอง ๆ

5) จุดไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตา จากนั้นเติมเชื้อไฟอบไล่ความชื้นไม้เชื้อเพลิงภายในเตาจนกว่าควันปากปล่องพุ่งแรงและมีสีเหลืองปนเทาหนา เริ่มบันทึกเวลาในการล่อเชื้อไฟหน้าเตา และเก็บปริมาณเชื้อไฟที่ใช้ เริ่มบันทึกอุณหภูมิในแต่ละจุดของการทดลอง ณ ห้องเผาไหม้ น้ำภายในหม้อต้ม ปากปล่องเตา และท่อไอน้ำ และเริ่มบันทึกอุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถังนึ่ง การบันทึกอุณหภูมิภายในเตาและภายในถังนึ่งจะบันทึกทุก ๆ 5 นาที

6) หลังจากนั้นสังเกตสีควันที่เกิด บันทึกลักษณะของควัน และลักษณะของน้ำส้มควันไม้จากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ตั้งแต่เริ่มหยดจนถึงหยุดเก็บ โดยบันทึกเวลาและปริมาณของน้ำส้มควันไม้จากการเก็บ

7) สังเกตปากท่อไอน้ำ บันทึกลักษณะลักษณะการเกิดไอน้ำ และเวลาที่เริ่มเกิดไอน้ำพุ่งออกจากปากท่อถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด โดยเฉพาะช่วงที่เริ่มเกิดไอน้ำ

8) สังเกตลักษณะของไอน้ำที่พุ่งออกจากปากท่อเข้าไปในถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด และบันทึกเวลา โดยเริ่มนับจากอุณหภูมิอากาศในถังมีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และสังเกตปากปล่องควัน ตั้งแต่เริ่มไอน้ำออกจากปากท่อจนถึงปากปล่องควันไม่มีควันเกิดขึ้น โดยบันทึกเวลาการเกิดไอน้ำ

9) จึงทำการปิดเตา บันทึกเวลาที่ปิดเตา ให้หยุดบันทึกอุณหภูมิ ณ ห้องเผาไหม้ น้ำภายในหม้อต้ม ปากปล่องเตา และท่อไอน้ำ ปล่อยให้ถ่านเย็นตัวภายในเตาเป็นเวลา 36 ชั่วโมง

10) หลังจากพักถ่านครบตามกำหนดเวลา ทำการเปิดเตา ชั่งน้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ในหม้อต้มแล้วบันทึกผล จากนั้นนำถ่านออกจากเตา โดยแยกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ หัวถ่าน และส้นถ่าน แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแต่ละส่วนและบันทึกผล

11) ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1 – 10 จนครบการทดลองทั้ง 3 ครั้ง

3.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบเตาเผาถ่านผลิตไอน้ำ ดำเนินการตามข้อ 3.1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การดำเนินการศึกษาวิจัยเตาผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ด้วยการออกแบบเตาผลิตไอน้ำ และทดสอบผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดด้วยเตาที่ได้ออกแบบพัฒนาขึ้น โดยได้ดำเนินการศึกษาวิจัยและทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ณ ฟาร์มเพาะเห็ดฟาง ต.เกาโพธิ์ อ.ปากพลี จ.นครนายก อภิปรายผลการศึกษา ได้ดังนี้

4.1 ผลออกแบบสร้างเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้น

การดำเนินการจัดสร้างเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้น ซึ่งได้ทำการออกแบบเตาผลิตไอน้ำ ที่ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนเตาเผาหรือห้องเผาไหม้ และส่วนหม้อต้มน้ำหรือห้องกำเนิดไอน้ำ โดยการบรรจุไม้ฟืนเข้าเตาเผาทางด้านบนวางเป็นไม้หมอนใต้เตา เรียงไม้ฟืนขนาดเล็กไว้ด้านล่านเตาเผา และเรียงไม้ฟืนขนาดใหญ่ไว้ด้านบนจนเต็มเตา จากนั้นปิดหลังเตาด้วยหม้อต้มน้ำ เติมน้ำเข้าหม้อต้ม ให้มีระดับปริมาณน้ำภายในหม้อต้ม 1 ใน 2 ส่วน แล้วจุดไฟหน้าเตาเริ่มการเผาไหม้ต้มน้ำ ดำเนินการทดลองเผาถ่านผลิตไอน้ำจำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ระยะเวลาในการทดลองประมาณ 2 วัน โดยมีสภาพอากาศแวดล้อมบริเวณทดสอบ อุณหภูมิอากาศประมาณ 28 องศาเซลเซียส มีลมพัด และมีแสงแดดตลอดทั้งวัน แสดงการดำเนินการทดลองและข้อมูลจากการทดลองในภาคผนวก ก แสดงระดับอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ ของเตาผลิตไอน้ำดังภาพที่ 4.1 และวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ดังตารางที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 ลักษณะไอน้ำที่พุ่งออกมากจากปลายท่อหม้อต้มผลิตไอน้ำต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดำเนินการทดลองเริ่มจากตัดไม้ฟืนเป็นท่อนยาวประมาณ 1 เมตร บรรจุเข้าเตาทางด้านบน ทำการเรียงไม้ฟืนตามแนวยาวของเตา โดยมีไม้หมอนวางขวางอยู่ใต้เตาที่สูงจากพื้นประมาณ 10 เซนติเมตร เพื่อให้อากาศไหลผ่านได้สะดวก การบรรจุไม้ฟืนจะเรียงไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กก่อน แล้วจึงเรียงท่อนที่มีขนาดใหญ่กว่าด้านบนเป็นชั้นๆ จนเต็มเตา จากนั้นนำหม้อต้มน้ำที่สร้างขึ้นด้วยถังน้ำมัน 200 ลิตร วางบนหลังเตา และปิดรอยต่อให้สนิทด้วยทรายเปียก เติมน้ำเข้าหม้อต้มประมาณ 100 ลิตร จากนั้นจุดไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตา เริ่มดำเนินการเผารวมกับการเป่าลมเข้าหน้าเตา เพื่อให้อากาศร้อนไหลเข้าภายในเตาช่วยในการจุดไฟให้ติดเร็วขึ้น พร้อมกับบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ หลังจากการจุดไฟหน้าเตาได้ไม่นานจะมีควันค่อยๆ ลอยออกทางปากปล่องเตา ซึ่งแต่ละการทดลอง อภิปรายผลดังนี้

การทดลองที่ 1 ใช้ไม้ฟืนบรรจุเข้าเตา 124 กิโลกรัม ไม้ฟืนมีความชื้น 41.56 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) และใช้ไม้ฟืนเชื้อไฟจุดหน้าเตา 22 กิโลกรัม โดยทำการต้มน้ำจำนวน 101.50 กิโลกรัม เริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ห้องเผาไหม้ น้ำภายในหม้อต้ม ปากปล่องเตา และท่อไอน้ำ ที่ระดับ 29 24 28 และ 28 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 นาที ปรากฏว่ามีน้ำส้มควันไม้หยดลงภาชนะเก็บ โดยอุณหภูมิห้องเผาไหม้และปากปล่องเตาเพิ่มสูงถึง 500 และ 29 องศาเซลเซียส การทดลองดำเนินผ่านไปเป็นเวลาประมาณ 2:55 ชั่วโมง สังเกตเห็นไอน้ำลอยออกจากปากท่อหม้อต้ม โดยระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ น้ำภายในหม้อต้ม ปากปล่องเตา และท่อไอน้ำเพิ่มสูงถึง 349 102 115 และ 94 องศาเซลเซียส จากนั้นเวลาผ่านไปประมาณ 3:55 ชั่วโมง น้ำส้มควันไม้หยุดไหลลงภาชนะเก็บ โดยอุณหภูมิปากปล่องเตาสูงถึง 102 องศาเซลเซียส รวมระยะเวลาดักเก็บน้ำส้มควันไม้ 3:25 ชั่วโมง ได้ผลผลิตน้ำส้มควันไม้ปริมาณ 0.74 ลิตร ซึ่งไอน้ำพุ่งออกจากปลายท่อไอน้ำเพิ่มมากเรื่อย ๆ และพุ่งออกมาเป็นระยะๆ เมื่อเวลาผ่านไป 5 ชั่วโมง อุณหภูมิภายในเตาเริ่มลดลงแต่อุณหภูมิตำแหน่งอื่นยังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง ควันบริเวณปากปล่องเริ่มจางหายไป จึงทำการยกท่อดักน้ำส้มควันไม้ออก รวมระยะเวลาการเกิดไอน้ำ 3:50 ชั่วโมง และใช้เวลาในการเผาไหม้ทั้งหมด 5:55 ชั่วโมง จากนั้นทำการปิดหน้าเตาและปากปล่องควัน เพื่อหยุดกระบวนการเผาไหม้ พักถ่านไว้ในเตานานประมาณ 36 ชั่วโมง จึงเปิดเตานำถ่านออกจากเตาชั่งน้ำหนักและวัดปริมาณน้ำที่เหลือภายในหม้อต้ม ซึ่งได้ปริมาณถ่าน 28.00 กิโลกรัม มีส่วนไม้ฟืนที่ไม่เผาไหม้หรือส้นถ่าน 50 กิโลกรัม และปริมาณน้ำที่กลายเป็นไอ 86.5 ลิตร

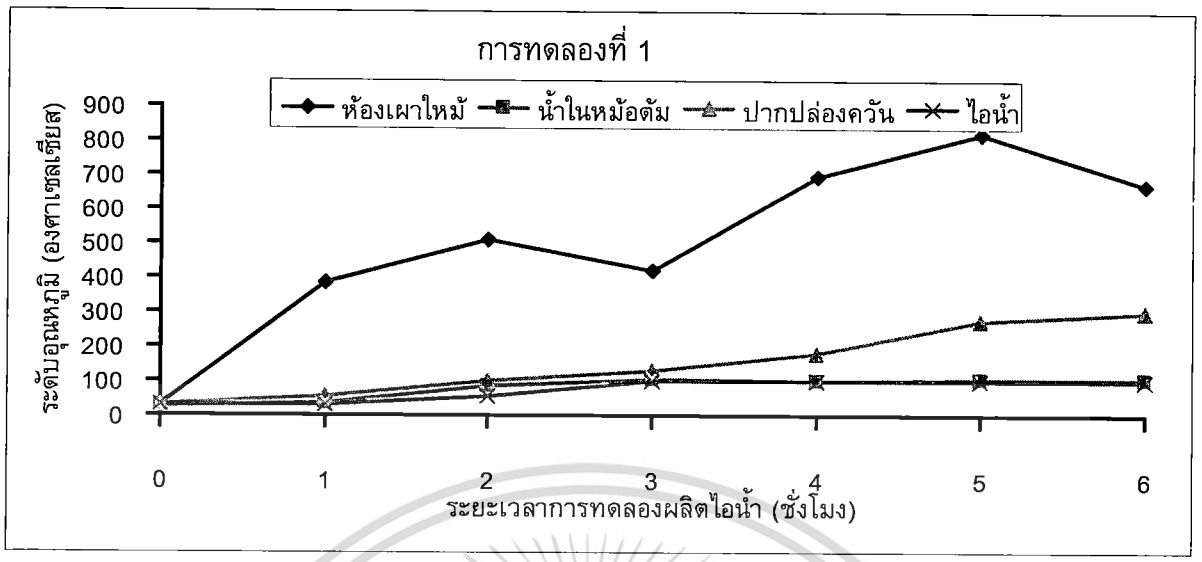
การทดลองที่ 2 ใช้ไม้ฟืนบรรจุเข้าเตา 181 กิโลกรัม ไม้ฟืนมีความชื้น 29.50 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) และใช้ไม้ฟืนเชื้อไฟจุดหน้าเตา 22 กิโลกรัม โดยทำการต้มน้ำจำนวน 90 กิโลกรัม เริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ห้องเผาไหม้ น้ำภายในหม้อต้ม ปากปล่องเตา และท่อไอน้ำ ที่ระดับ 30 26 30 และ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 40 นาที ปรากฏว่ามีน้ำส้มควันไม้หยดลงภาชนะเก็บ โดยอุณหภูมิห้องเผาไหม้และปากปล่องเตาเพิ่มสูงถึง 222 และ 42 องศาเซลเซียส การทดลองดำเนินผ่านไปเป็นเวลาประมาณ 2:10 ชั่วโมง สังเกตเห็นไอน้ำลอยออกจากปากท่อหม้อต้ม โดยระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ น้ำ

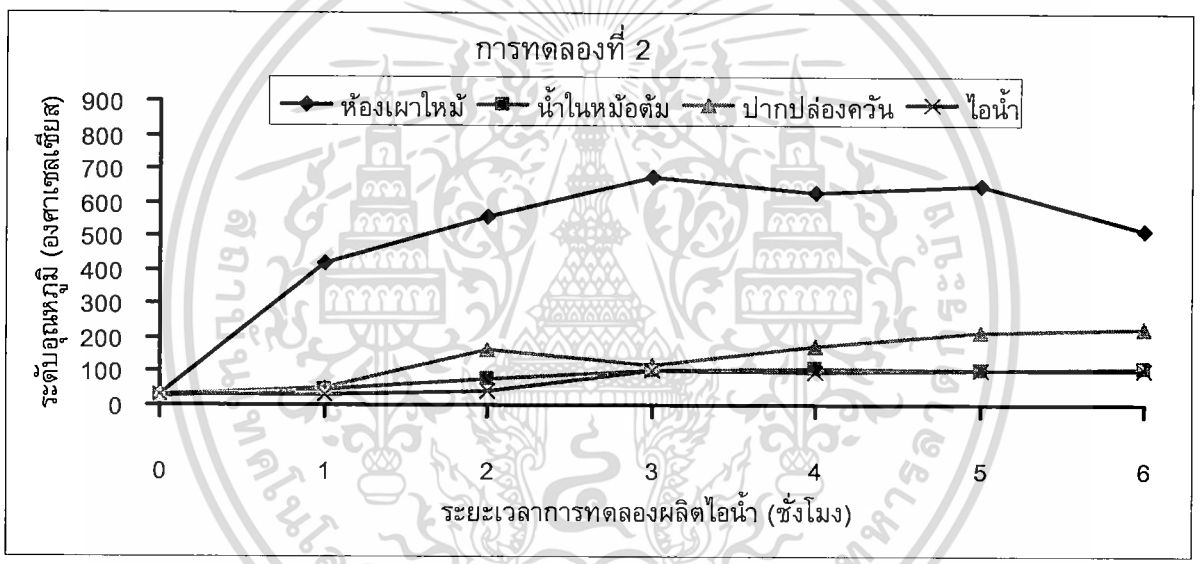
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

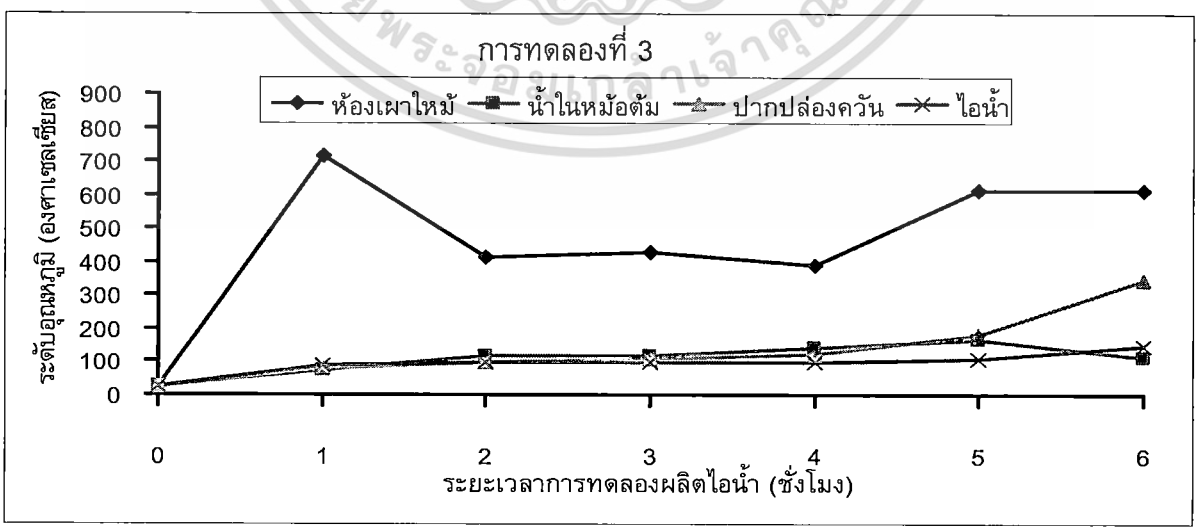
ภายในหม้อต้ม ปากปล่องเตา และท่อไอน้ำเพิ่มสูงถึง 677 100 46 และ 44 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเวลาผ่านไปประมาณ 4:10 ชั่วโมง น้ำส้มควันไม้หยุดไหลลงภาชนะเก็บ โดยอุณหภูมิปากปล่องเตาสูงถึง 107 องศาเซลเซียส รวมระยะเวลาดักเก็บน้ำส้มควันไม้ 3:33 ชั่วโมง ได้ผลผลิตน้ำส้มควันไม้ปริมาณ 0.56 ลิตร ซึ่งไอน้ำพุ่งออกจากปลายท่อเพิ่มมากเรื่อย ๆ และพุ่งออกมาเป็นระยะๆ เมื่อเวลาผ่านไป 5 ชั่วโมง อุณหภูมิภายในเตาเริ่มลดลงแต่อุณหภูมิตำแหน่งอื่นยังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง ควันบริเวณปากปล่องเริ่มจางหายไป จึงทำการยกท่อดักน้ำส้มควันไม้ออก รวมระยะเวลาการเกิดไอน้ำ 4:30 ชั่วโมง และใช้เวลาในการเผาไหม้ทั้งหมด 6:00 ชั่วโมง จากนั้นทำการปิดหน้าเตาและปากปล่องควัน เพื่อหยุดกระบวนการเผาไหม้ พักถ่านไว้ในเตานานประมาณ 36 ชั่วโมง จึงเปิดเตานำถ่านออกจากเตาชั่งน้ำหนักและวัดปริมาณน้ำที่เหลือภายในหม้อต้ม ซึ่งได้ปริมาณถ่าน 30.00 กิโลกรัม มีส่วนไม้ฟืนที่ไม่เผาไหม้หรือส้นถ่าน 36 กิโลกรัม และปริมาณน้ำที่กลายเป็นไอ 60 ลิตร

การทดลองที่ 3 ใช้ไม้ฟืนบรรจุเข้าเตา 152 กิโลกรัม ไม้ฟืนมีความชื้น 26.56 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) และใช้ไม้ฟืนเชื้อไฟจุดหน้าเตา 24 กิโลกรัม โดยทำการต้มน้ำจำนวน 80 กิโลกรัม เริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ห้องเผาไหม้ น้ำภายในหม้อต้ม ปากปล่องเตา และท่อไอน้ำ ที่ระดับ 24 25 26 และ 26 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 25 นาที ปรากฏว่ามีน้ำส้มควันไม้หยดลงภาชนะเก็บ โดยอุณหภูมิห้องเผาไหม้และปากปล่องเตาเพิ่มสูงถึง 222 และ 42 องศาเซลเซียส การทดลองดำเนินผ่านไปเป็นเวลาประมาณ 2:10 ชั่วโมง สังเกตเห็นไอน้ำลอยออกจากปากท่อหม้อต้ม โดยระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ น้ำภายในหม้อต้ม ปากปล่องเตา และท่อไอน้ำเพิ่มสูงถึง 904 84 78 และ 78 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเวลาผ่านไปประมาณ 4:50 ชั่วโมง น้ำส้มควันไม้หยุดไหลลงภาชนะเก็บ โดยอุณหภูมิปากปล่องเตาสูงถึง 182 องศาเซลเซียส รวมระยะเวลาดักเก็บน้ำส้มควันไม้ 4:25 ชั่วโมง ได้ผลผลิตน้ำส้มควันไม้ปริมาณ 0.61 ลิตร ซึ่งไอน้ำพุ่งออกจากปลายท่อไอน้ำเพิ่มมากเรื่อย ๆ และพุ่งออกมาเป็นระยะๆ เมื่อเวลาผ่านไป 5 ชั่วโมง อุณหภูมิภายในเตาเริ่มลดลงแต่อุณหภูมิตำแหน่งอื่นยังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง ควันบริเวณปากปล่องเริ่มจางหายไป จึงทำการยกท่อดักน้ำส้มควันไม้ออก รวมระยะเวลาการเกิดไอน้ำ 5:40 ชั่วโมง และใช้เวลาในการเผาไหม้ทั้งหมด 6:10 ชั่วโมง จากนั้นทำการปิดหน้าเตาและปากปล่องควัน เพื่อหยุดกระบวนการเผาไหม้ พักถ่านไว้ในเตานานประมาณ 36 ชั่วโมง จึงเปิดเตานำถ่านออกจากเตาชั่งน้ำหนักและวัดปริมาณน้ำที่เหลือภายในหม้อต้ม ซึ่งได้ปริมาณถ่าน 32.50 กิโลกรัม มีส่วนไม้ฟืนที่ไม่เผาไหม้หรือส้นถ่าน 28 กิโลกรัม และปริมาณน้ำที่กลายเป็นไอ 75 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







ภาพที่ 4.2 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ การทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้นทั้ง 3 การทดลอง ทำให้ปริมาณไม้ฟืนภายในเตาเผาไหม้ และความชื้นไม้ฟืนที่แตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะการเรียง ขนาดท่อนไม้ฟืนที่แตกต่างกัน จึงทำให้ปริมาณไม้ฟืนที่บรรจุภายในเตาไม่เท่ากันเฉลี่ย 152 กิโลกรัม แต่การจุดหน้าเตาเริ่มกระบวนการเผาไหม้ จะใช้ปริมาณไม้ฟืนเชื้อไฟที่ใกล้เคียงกันเฉลี่ย 22 กิโลกรัม โดยระหว่างการผลิตไอน้ำ จะเกิดน้ำส้มควันไม้ที่สามารถดักเก็บได้เป็นเวลาเฉลี่ย 3:46 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้เฉลี่ย 0.62 ลิตร ซึ่งความร้อนภายในเตาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้สามารถต้มน้ำในหม้อต้มถัง 200 ลิตร ในปริมาณเฉลี่ย 90.50 กิโลกรัม ทำให้อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มเพิ่มสูงสุดเฉลี่ยถึง 132 องศาเซลเซียส เป็นผลให้น้ำกลายเป็นไอน้ำอย่างต่อเนื่องพุ่งออกจากท่อไอน้ำหม้อต้ม ได้นานเฉลี่ยถึง 4:40 ชั่วโมง หรือทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำเฉลี่ยประมาณ 74 กิโลกรัม ซึ่งเตาผลิตไอน้ำมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเฉลี่ยประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ หลังจากปิดเตาหยุดกระบวนการเผาไหม้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อทำให้ถ่านภายในเตาเย็นตัวลงแล้วเปิดเตา พบว่า จากการเผาไหม้ไม้ฟืนภายในเตาผลิตไอน้ำ ทำให้ได้ปริมาณถ่านเฉลี่ยประมาณ 30 กิโลกรัม และยังมีส่วนไม้ฟืนภายในเตาที่ยังไม่ถูกเผากลายเป็นถ่านเรียกว่า “ส้นถ่าน” เฉลี่ย 38 กิโลกรัม ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม้ฟืนให้กลายเป็นถ่านมีค่าต่ำเฉลี่ย -28.29 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาไม้ฟืนที่กลายเป็นถ่านไม่รวมส้นถ่านเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านสูงเฉลี่ยประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.1 การศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต้นแบบ

รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองที่			เฉลี่ย
	1	2	3	
น้ำหนักไม้ฟืนภายในเตา (กิโลกรัม)	124.00	181.00	152.00	152.33
น้ำหนักไม้ฟืนเชื้อไฟ (กิโลกรัม)	22.00	22.00	24.00	22.67
ความชื้นไม้ฟืนภายในเตา (%ฐานเปียก)	41.56	29.50	26.56	32.54
ปริมาณน้ำในหม้อต้ม (กิโลกรัม)	101.50	90.00	80.00	90.50
อุณหภูมิน้ำภายในหม้อต้มสูงสุด (องศาเซลเซียส)	106.00	107.00	183.00	132.00
ระยะเวลาดักเก็บน้ำส้มควันไม้ (ชั่วโมง:นาที)	3:25	3:30	4:25	3:46
ระยะเวลาที่เกิดไอน้ำ (ชั่วโมง:นาที)	3:50	4:30	5:40	4:40
ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด (ชั่วโมง:นาที)	5:55	6:00	6:10	6:01
ปริมาณน้ำส้มควันไม้ (ลิตร)	0.74	0.52	0.61	0.62
ปริมาณน้ำที่ระเหย (ลิตร)	86.50	60.00	75.00	73.83
ปริมาณผลผลิตถ่านที่ได้ (กิโลกรัม)	28.20	30.00	32.50	30.23
ปริมาณส้นถ่านคงเหลือ (กิโลกรัม)	50.40	36.00	28.00	38.13
ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา (%)	22.23	11.70	17.70	17.21
อัตราการผลิตไอน้ำ (ลิตร/ชั่วโมง)	24.71	13.95	13.89	17.52
อัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้ (ลิตร/ชั่วโมง)	0.13	0.09	0.10	0.11
เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน (%)	22.74	16.57	21.38	20.23
ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน (%)	-78.72	-20.00	13.85	-28.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้น พบว่า สามารถผลิตไอน้ำได้นานเป็นเวลาประมาณ 4:40 ชั่วโมง ผลิตปริมาณไอน้ำได้ 74 กิโลกรัม ใช้ไม้ฟืนเชื้อเพลิงหรือบรรจุภายในเตาประมาณ 152 กิโลกรัม และไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตาประมาณ 22 กิโลกรัม รวมใช้ไม้ฟืนทั้งหมด 174 กิโลกรัม โดยสามารถผลิตถ่านได้ประมาณ 30 กิโลกรัม และผลิตน้ำส้มควันไม้ได้ประมาณ 0.62 ลิตร แต่เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม้ฟืนให้กลายเป็นถ่านหรือประสิทธิภาพการเผาถ่านยังต่ำเพียง -28.29 เปอร์เซ็นต์

4.2 ผลการศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

การศึกษาในขั้นตอนนี้ ได้มีการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่ปรับปรุงและสร้างขึ้นได้ทำการทดลอง ที่ก่อผนังด้วยอิฐมอญฉาบทับด้วยดินและปูนทนความร้อนทั้ง 4 ด้าน มีช่องเติมเชื้อไฟหน้าเตาด้านหน้า และมีปล่องควันด้านหลัง ด้านบนเตาวางถังหม้อต้มน้ำ โดยสภาพอากาศแวดล้อมบริเวณทดสอบมีอุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียส โดยทดลองเผาผลิตไอน้ำวันละเตา รวม 3 วัน แสดงขั้นตอนและข้อมูลการทดลองในภาคผนวก ข แสดงระดับอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ ของถังนึ่งก้อนเชื้อดังภาพที่ 4.3 และวิเคราะห์ผลได้ดังตารางที่ 4.2 อภิปรายผล ดังนี้

ภาพที่ 4.3 การทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่ออกแบบและสร้างขึ้น

การทดลองเริ่มจากตัดไม้เป็นท่อนยาวประมาณ 1 เมตร และบรรจุเข้าเตาทางด้านบน โดยเรียงไม้ตามแนวยาวของเตาบนตะแกรงเหล็กในเตาที่ยกสูงจากพื้นประมาณ 0.10 เมตร เพื่อให้อากาศไหลผ่ายได้สะดวก ซึ่งบรรจุไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กก่อน แล้วจึงเรียงท่อนที่มีขนาดใหญ่กว่าด้านบนเป็นชั้นๆ จนเต็มเตา จากนั้นนำหม้อต้มน้ำที่สร้างขึ้นวางด้านบนเตา และปิดรอยต่อ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่ให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างหม้อต้มน้ำกับเตาให้สนิทด้วยทรายเปียกให้สนิท แล้วเติมน้ำเขาหม้อต้มประมาณ 110 ลิตร และเติมไม้เชื้อไฟหน้าเตาพร้อมกับจุดไฟ รวมกับการเป่าลมเข้าหน้าเตา เพื่อให้อากาศร้อนไหลเข้าภายในเตา พร้อมกับบรรจุก้อนเชื้อเห็ดจำนวน 84 ก้อนลงในถังนึ่ง และต่อสายจากหม้อต้มน้ำเข้ากับถังนึ่ง และบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ดังภาพที่ 4.4 หลังจากการจุดไฟหน้าเตาได้ไม่นานจะมีควันค่อยๆ ลอยออกทางปากปล่องเตา ระหว่างนั้นต้องคอยเติมเชื้อไฟในช่องไฟหน้าเตาเป็นระยะๆ ประมาณ 5-6 ครั้ง ซึ่งแต่ละการทดลอง อภิปรายผลดังนี้

การทดลองที่ 1 ใช้ไม้ฟืนบรรจุเข้าเตา 260 กิโลกรัม ไม้ฟืนมีความชื้น 36.75 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) ใช้ไม้ฟืนจุดหน้าเตา 29 กิโลกรัม และปริมาณน้ำในหม้อต้ม 110 กิโลกรัม ซึ่งก่อนการทดลองบริเวณห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 34 และ 43 องศาเซลเซียส ส่วนบริเวณในก้อนเชื้อในถังชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถัง มีอุณหภูมิ 37 38 38 และ 38 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 35 นาที มีน้ำส้มควันไม้หยดลงภาชนะเก็บ โดยบริเวณห้องเผาไหม้ และปากปล่องมีอุณหภูมิ 114 และ 55 องศาเซลเซียส ส่วนบริเวณในก้อนเชื้อในถังชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถัง มีอุณหภูมิ 38 38 38 และ 36 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย เวลาผ่านไปประมาณ 7.05 ชั่วโมง ไอน้ำลอยออกจากปากท่อหม้อต้มเข้าสู่ถังนึ่งมากกว่า 90 องศาเซลเซียส ซึ่งห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 313 และ 157 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิในก้อนเชื้อถังชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศใน มีอุณหภูมิ 88 79 89 และ 92 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิในถังนึ่งมากกว่า 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จึงทำการถอดสายไอน้ำออก ซึ่งห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 252 และ 132 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิในก้อนเชื้อถังชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถัง มีอุณหภูมิ 91 74 92 และ 87 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยพร้อมกับน้ำส้มควันไม้หยุดไหลลงภาชนะเก็บ จากนั้นอุณหภูมิห้องเผาไหม้ และปากปล่องสูงขึ้นเรื่อยๆ จนเวลาผ่านไป 11.40 ชั่วโมง ควันบริเวณปากปล่องเริ่มจางลง ซึ่งห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 486 และ 270 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงปิดหน้าเตาและปากปล่องเพื่อหยุดการเผาไหม้ แล้วพักถ่านไว้ 36 ชั่วโมง ซึ่งได้ปริมาณถ่านหนัก 53.00 กิโลกรัม ส้นถ่าน 29.50 และปริมาณน้ำส้มควันไม้ 3.00 ลิตร

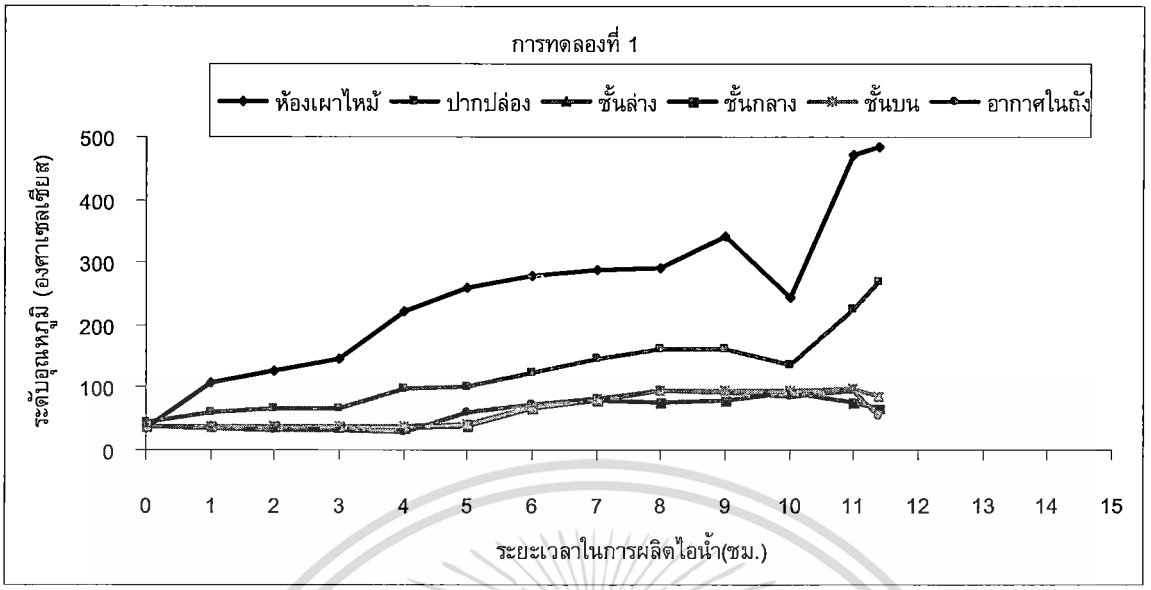
การทดลองที่ 2 ใช้ไม้ฟืนบรรจุเข้าเตา 250 กิโลกรัม ไม้ฟืนมีความชื้น 35.02 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) ใช้ไม้ฟืนจุดหน้าเตา 32 กิโลกรัม และปริมาณน้ำในหม้อต้ม 110 กิโลกรัม ซึ่งก่อนการทดลองบริเวณห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 49 และ 44 องศาเซลเซียส ส่วนบริเวณในก้อนเชื้อในถังชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถัง มีอุณหภูมิ 34 35 35 และ 31 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 40 นาที มีน้ำส้มควันไม้หยดลงภาชนะเก็บ โดยบริเวณห้องเผาไหม้ และปากปล่องมีอุณหภูมิ 202 และ 52 องศาเซลเซียส ส่วนบริเวณในก้อนเชื้อในถังชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถัง มีอุณหภูมิ 34 35 35 และ 31 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย เวลาผ่านไปประมาณ 5.15 ชั่วโมง ไอน้ำลอยออกจากปากท่อหม้อต้มเข้าสู่ถัง

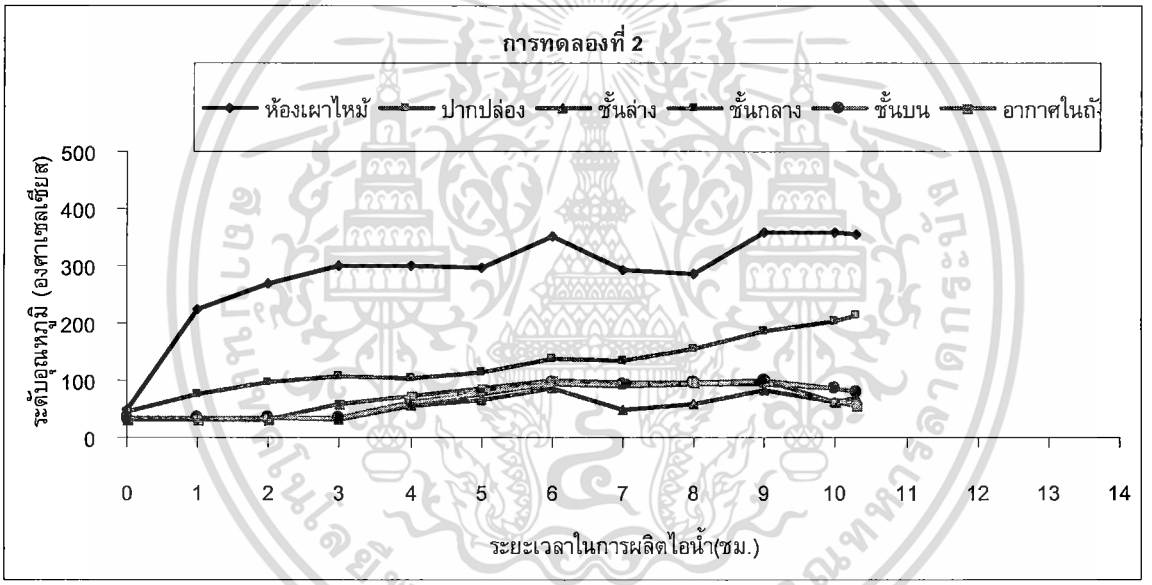
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

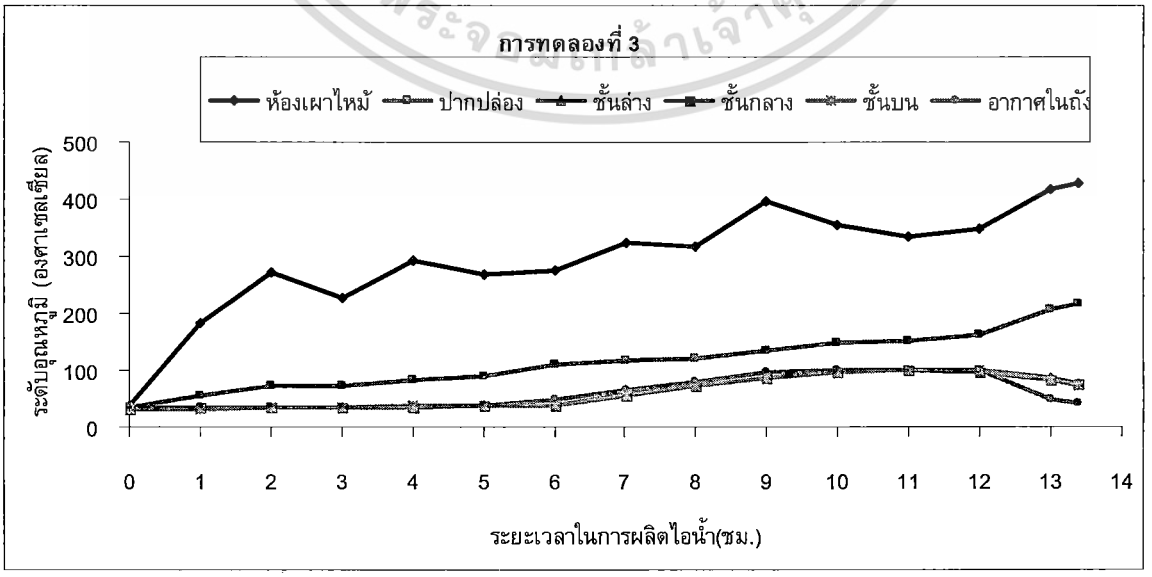
นึ่งมากกว่า 90 องศาเซลเซียส ซึ่งห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 365 และ 110 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิในก้อนเชื้อในถังชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถัง มีอุณหภูมิ 64 79 83 และ 91 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิในถังนึ่งมากกว่า 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จึงทำการถอดสายไอน้ำออก ซึ่งห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 285 และ 160 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิในก้อนเชื้อบริเวณถังชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถัง มีอุณหภูมิ 68 94 98 และ 99 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 9.20 ชั่วโมงน้ำส้มควันไม้หยุดไหลลงภาชนะเก็บ ซึ่งห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 335 และ 190 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นอุณหภูมิห้องเผาไหม้ และปากปล่องสูงขึ้นเรื่อยๆ จนเวลาผ่านไป 10.30 ชั่วโมง ควันบริเวณปากปล่องเริ่มจางลง ซึ่งห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 355 และ 213 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงปิดหน้าเตาและปากปล่องเพื่อหยุดการเผาไหม้ แล้วพักถ่านไว้ 36 ชั่วโมง ซึ่งได้ปริมาณถ่านหนัก 55.00 กิโลกรัม ส้นถ่าน 24.00 และปริมาณน้ำส้มควันไม้ 3.50 ลิตร

การทดลองที่ 3 ใช้ไม้ฟืนบรรจุเข้าเตา 255 กิโลกรัม ไม้ฟืนมีความชื้น 35.77 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) ใช้ไม้ฟืนจุดหน้าเตา 35 กิโลกรัม และปริมาณน้ำในหม้อต้ม 110 กิโลกรัม ซึ่งก่อนการทดลองบริเวณห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 37 และ 35 องศาเซลเซียส ส่วนบริเวณในก้อนเชื้อในถังชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถัง มีอุณหภูมิ 35 31 31 และ 31 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 45 นาที มีน้ำส้มควันไม้หยดลงภาชนะเก็บ โดยบริเวณห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 188 และ 51 องศาเซลเซียส ส่วนบริเวณในก้อนเชื้อในถังชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถัง มีอุณหภูมิ 35 34 32 และ 34 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย เวลาผ่านไปประมาณ 6.45 ชั่วโมง ไอน้ำลอยออกจากปากท่อหม้อต้มเข้าสู่ถังนึ่งมากกว่า 90 องศาเซลเซียส ซึ่งห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 386 และ 131 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิในก้อนเชื้อ บริเวณในถังชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถัง มีอุณหภูมิ 83 82 83 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิในถังนึ่งมากกว่า 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จึงทำการถอดสายไอน้ำออก ซึ่งห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 339 และ 153 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิในก้อนเชื้อบริเวณในถังชั้นล่าง ชั้นกลาง ชั้นบน และอากาศในถัง มีอุณหภูมิ 100 98 99 และ 101 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12.40 ชั่วโมงน้ำส้มควันไม้หยุดไหลลงภาชนะเก็บ ซึ่งห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 360 และ 193 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นอุณหภูมิห้องเผาไหม้ และปากปล่องสูงขึ้นเรื่อยๆ จนเวลาผ่านไป 13.40 ชั่วโมง ควันบริเวณปากปล่องเริ่มจางลง ซึ่งห้องเผาไหม้ และปากปล่อง มีอุณหภูมิ 429 และ 218 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงปิดหน้าเตาและปากปล่องเพื่อหยุดการเผาไหม้ แล้วพักถ่านไว้ 36 ชั่วโมง ซึ่งได้ปริมาณถ่านหนัก 49.00 กิโลกรัม ส้นถ่าน 24.00 และปริมาณน้ำส้มควันไม้ 3.00 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







ภาพที่ 4.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในถังนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ะโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองที่			เฉลี่ย
	1	2	3	
น้ำหนักไม้เชื้อเพลิง(กิโลกรัม)	260.00	250.00	255.00	255.00
น้ำหนักไม้เชื้อไฟ(กิโลกรัม)	29.00	32.00	35.00	32.00
ความชื้นไม้เชื้อเพลิง(%ฐานเปียก)	36.75	35.02	35.77	35.85
ปริมาณน้ำในหม้อต้ม(กิโลกรัม)	110.00	110.00	110.00	110.00
อุณหภูมิน้ำในหม้อต้มสูงสุด(องศาเซลเซียส)	100	101	101	101
อุณหภูมิในก้อนเชื้อเห็ดชั้นล่างสูงสุด(องศาเซลเซียส)	98.00	96.00	101.00	98.33
อุณหภูมิในก้อนเชื้อเห็ดชั้นกลางสูงสุด(องศาเซลเซียส)	91.00	95.00	100.00	95.33
อุณหภูมิในก้อนเชื้อเห็ดชั้นบนสูงสุด(องศาเซลเซียส)	97.00	99.00	100.00	98.67
ระยะเวลาที่เกิดไอน้ำ(ชั่วโมง)	3.50	5.15	3.55	4.20
ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด(ชั่วโมง)	11.40	10.30	13.40	11.57
ปริมาณน้ำส้มควันไม้(ลิตร)	3.00	3.50	3.00	3.17
ปริมาณน้ำที่ระเหย(ลิตร)	60.00	53.00	50.00	54.33
น้ำหนักถ่านที่เผาได้(กิโลกรัม)	53.00	55.00	49.00	53.33
น้ำหนักสันถ่าน(กิโลกรัม)	29.50	24.00	24.00	25.83
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน(%)	8.48	7.96	7.43	7.96
อัตราการผลิตไอน้ำ(ลิตร/ชั่วโมง)	17.14	10.29	14.08	13.84
อัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้(ลิตร/กิโลกรัม)	0.01	0.01	0.01	0.01
เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน(%)	20.38	22.00	19.22	20.53
ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน(%)	44.34	56.36	51.02	50.57

จากการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดทั้ง 3 การทดลอง ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่า ใช้ปริมาณไม้ฟืนภายในเตาเผาไหม้ และความชื้นไม้ฟืนใกล้เคียงกัน จึงทำให้ปริมาณไม้ฟืนเฉลี่ยประมาณ 255.00 กิโลกรัม แต่เมื่อเริ่มจุดหน้าเตาเพื่อเริ่มกระบวนการเผาไหม้ให้เกิดขึ้นภายในเตาใช้ปริมาณไม้ฟืนเชื้อไฟที่ใกล้เคียงกัน เฉลี่ยประมาณ 32.0 กิโลกรัม โดยระหว่างการเผาไหม้ผลิตไอน้ำทำให้เกิดน้ำส้มควันไม้ที่สามารถดักเก็บได้เฉลี่ย 3.17 ลิตร ซึ่งความร้อนภายในเตาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้สามารถต้มน้ำในหม้อต้มถัง 200 ลิตร ในปริมาณเฉลี่ย 110.00 กิโลกรัม ทำให้อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มเพิ่มสูงสุดเฉลี่ยถึง 101 องศาเซลเซียส เป็นผลให้น้ำกลายเป็นไอน้ำอย่างต่อเนื่อง ทำให้อุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดสูงกว่า 95 องศาเซลเซียส ได้นานเฉลี่ยถึง 4.20 ชั่วโมง ส่งผลให้น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำเฉลี่ยประมาณ 54.33 กิโลกรัม ซึ่งเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการต้มน้ำผลิตไอน้ำเฉลี่ยประมาณ 7.96 เปอร์เซ็นต์ หลังจากปิดเตาหยุดกระบวนการเผาไหม้ เพื่อทำให้ถ่านภายในเตาเย็นตัวลงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นทำการเปิดเตา พบว่า จากการเผาไหม้ไม้ฟืนภายในเตาผลิตไอน้ำ ทำให้ได้ปริมาณถ่านเฉลี่ยประมาณ 53.33 กิโลกรัม และยังมีส่วนไม้ฟืนภายในเตาที่ยังไม่ถูกเผากลายเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่านหรือสันถ่านมีเฉลี่ยประมาณ 25.83 กิโลกรัม ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ไม้ฟืนให้กลายเป็นถ่านมีค่าต่ำเฉลี่ย 50.57 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาไม้ฟืนที่กลายเป็นถ่านไม่รวมสันถ่าน เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านสูงเฉลี่ยประมาณ 20.53 เปอร์เซ็นต์

จากการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดสามารถนึ่งก้อนเชื้อได้ 84 ก้อน โดยใช้ปริมาณไม้ฟืนบรรจุภายในเตา 255 กิโลกรัม มีความชื้น 32.00 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) ใช้ปริมาณไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตา 35.85 กิโลกรัม สามารถต้มน้ำในหม้อต้มให้เดือดได้อุณหภูมิสูงสุดถึง 101 องศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดสูงกว่า 95 องศาเซลเซียส และมีระยะเวลาการเกิดไอน้ำนานถึง 4.20 ชั่วโมง โดยรวมใช้ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด 11.57 ชั่วโมง จากการใช้เตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ทำให้ได้ผลผลิตน้ำควันไม้ 3.17 ลิตร และได้ผลผลิตถ่าน 53.33 กิโลกรัม แต่ยังมีไม้ฟืนบางส่วนที่ยังไม่ถูกเผาไหม้กลายเป็นถ่าน หรือไม่เป็นถ่านที่สมบูรณ์ที่เรียกว่า “สันถ่าน” ภายในเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด 25.83 กิโลกรัม ส่วนมากเป็นส่วนของไม้ฟืนที่ทำเป็นไม้หมอนรองไม้ฟืนด้านบน และที่อยู่ด้านล่างของเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเห็ด จึงทำให้ไม้ฟืนบางส่วนไม่ถูกเผาให้กลายเป็นถ่าน เมื่อนำก้อนเชื้อเห็ดที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อจากการทดลอง มาทำการเขี่ยเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฏานปรากฏว่า เชื้อเห็ดนางฟ้าภูฏานเดินเต็มก้อนทุกก้อน (ภาพที่ 4.5) ไม่มีก้อนเห็ดที่เสียเลย และทำการเปิดดอกจากก้อนเชื้อเห็ดที่ทดลอง ทุกก้อนให้ผลผลิตเห็ดสามารถเก็บเกี่ยวได้ทุกก้อน

ภาพที่ 4.5 การเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดภายในก้อนเชื้อเห็ดที่นึ่งทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและเสนอแนะ

การดำเนินการศึกษาวิจัยเตาผลิตไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ด้วยการออกแบบเตาผลิตไอน้ำและทดสอบผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดด้วยเตาที่ได้ออกแบบพัฒนาขึ้น สรุปผลการศึกษา ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลออกแบบสร้างเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้น

การออกแบบและทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้น ซึ่งองค์ประกอบเตามี 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนเตาเผาหรือห้องเผาไหม้ และส่วนหม้อต้มน้ำหรือห้องกำเนิดไอน้ำ โดยการบรรจุไม้ฟืนเข้าเตาเผาทางด้านบนวางเป็นไม้หมอนใต้เตา เรียงไม้ฟืนขนาดเล็กไว้ด้านล่านเตาเผา และเรียงไม้ฟืนขนาดใหญ่ไว้ด้านบนจนเต็มเตา จากนั้นปิดหลังเตาด้วยหม้อต้มน้ำ เติมน้ำเข้าหม้อต้ม ให้มีระดับปริมาณน้ำภายในหม้อต้ม 1 ใน 2 ส่วน แล้วจุดไฟหน้าเตาเริ่มการเผาไหม้ต้มน้ำ สามารถบรรจุไม้ฟืนเข้าเตาได้ 152 กิโลกรัม และใช้ปริมาณไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตา 22 กิโลกรัม สามารถดักเก็บน้ำส้มควันไม้ได้เป็นเวลา 3:46 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้เฉลี่ย 0.62 ลิตร ซึ่งความร้อนภายในเตาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้ ทำให้อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มเพิ่มสูงสุดถึง 132 องศาเซลเซียส เป็นผลให้น้ำกลายเป็นไอน้ำอย่างต่อเนื่องพุ่งออกจากท่อไอน้ำหม้อต้มได้นานถึง 4:40 ชั่วโมง หรือทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำ 74 กิโลกรัม ซึ่งเตาผลิตไอน้ำมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 17 เปอร์เซ็นต์ ได้ปริมาณผลผลิตถ่าน 30 กิโลกรัม และยังมีส่วนไม้ฟืนภายในเตาที่ยังไม่ถูกเผากลายเป็นถ่านเรียกว่า “สันถ่าน” เฉลี่ย 38 กิโลกรัม เมื่อพิจารณาไม้ฟืนที่กลายเป็นถ่านไม่รวมสันถ่านสามารถผลิตถ่านสูงถึง 20 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น ออกแบบ สร้าง และทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเบื้องต้น สามารถผลิตไอน้ำได้นานเป็นระยะเวลา 4:40 ชั่วโมง ผลิตไอน้ำได้ปริมาณ 74 กิโลกรัม ใช้ไม้ฟืนทั้งหมด 174 กิโลกรัม โดยสามารถผลิตถ่านได้ประมาณ 30 กิโลกรัม และผลิตน้ำส้มควันไม้ได้ประมาณ 0.62 ลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่ออกแบบสร้างสามารถผลิตไอน้ำเพื่อนำไปนึ่งก้อนเห็ดได้

5.2 สรุปผลการศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

จากการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดใช้ตู้นึ่งเป็นถัง 200 ลิตร มีตะแกรง 3 ชั้น บรรจุก้อนให้ได้ 48 ก้อน ใช้ปริมาณไม้ฟืนบรรจุเข้าเตา 255.00 กิโลกรัม มีความชื้น 32.00 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) ใช้ปริมาณไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตา 35.85 กิโลกรัม สามารถต้มน้ำในหม้อต้มให้เดือดได้อุณหภูมิสูงสุดถึง 101 องศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิภายในก้อนเชื้อเห็ดสูงกว่า 95 องศาเซลเซียส และมีระยะเวลาการเกิดไอน้ำนานถึง 4.20 ชั่วโมง สามารถผลิตน้ำควันไม้ 3.17 ลิตร และผลผลิตถ่านได้ 53.33 กิโลกรัม แต่ยังมีไม้ฟืนบางส่วนที่ยังไม่ถูกเผาไหม้กลายเป็นถ่าน หรือไม่เป็นถ่านที่สมบูรณ์ที่เรียกว่า “สันถ่าน” ภายในเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด 25.83 กิโลกรัม เมื่อนำก้อนเชื้อเห็ดที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ มาทำการเขี่ยเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฏาน เชื้อเห็ดมีการเจริญเติบโตเดินเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก้อนทุกก้อนและไม่มีก้อนเห็ดที่เสียเลย และทำการเปิดดอกจากก้อนเชื้อเห็ดที่ทดลอง ให้ผลผลิตเห็ดสามารถเก็บเกี่ยวได้ทุกก้อน

ดังนั้น เตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดจากเชื้อเพลิงชีวมวล จึงสามารถผลิตไอน้ำได้เพียงพอต่อการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเห็ด สำหรับตู้นึ่งถัง 200 ลิตร ที่บรรจุก้อนเห็ดได้ 48 ก้อน ซึ่งได้ผลผลิตน้ำส้มควันไม้ 3.17 ลิตร และผลผลิตถ่าน 53.33 กิโลกรัม โดยก้อนเชื้อเห็ดให้ผลผลิตสามารถเก็บเกี่ยวได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งสามารถผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้ในระดับดีพอสมควร ทำให้เชื้อเห็ดภายในก้อนเห็ดเจริญเติมโตดีและให้ผลผลิตเห็ดสามารถเก็บเกี่ยวได้ ทั้งยังมีผลพลอยได้จากการผลิตไอน้ำเพิ่มขึ้นมา อันได้แก่ น้ำส้มควันไม้ และถ่านเชื้อเพลิง อันเป็นสิ่งที่เพิ่มมูลค่าและรายได้ให้กับเกษตรผู้เพาะเห็ด แต่ข้อจำกัดของการใช้เตาผลิตไอน้ำและต้องมีการพัฒนาปรับปรุงให้สมบูรณ์เหมาะสมมากยิ่งขึ้น เพื่อให้เตาผลิตไอน้ำมีประสิทธิภาพและสามารถผลิตไอน้ำให้เหมาะสมกับโรงเรือนเพาะเห็ดเพิ่มมากขึ้น ดังนี้

1. ควรมีการศึกษาวิจัยตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดให้มีขนาดเหมาะสมกับปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้
2. ควรมีการศึกษาปริมาณหรือจำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่เหมาะสมกับเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

การทำเชื้อและเพาะเห็ดในถุงพลาสติก. 2551. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://loei.doae.go.th/nonghin/OLDNEW/hid.htm

ข้อมูลเห็ดขอนขาว เห็ดบด. 2551 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.school.net.th/library/webcontest2003/100team/dlbs004/kaomonhed.htm#4.

คณะทำงานพลังงานยั่งยืนจังหวัดสุรินทร์. 2546. เอกสารประกอบการฝึกอบรม โครงการสัมมนาการเก็บและใช้น้ำส้มควันไม้ในการเกษตร. ณ ศาลาพลังงานและสิ่งแวดล้อม มูลนิธิพัฒนาอีสาน. โครงการพลังงานยั่งยืน สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. สุรินทร์

จิระศักดิ์ ผุยมูลตรี. 2548. เทคนิคการผลิตถ่าน. เกษตรกรรมธรรมชาติ (6) : 21-34

ชยพร แอคะรัจน์. 2551. "การเพาะเห็ดแต่ละชนิด" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก www.geocities.com/university2u/ .

ชาญยุทธ์ ภานุทัต นงนุช แตงทรัพย์ และสมชาย ไทยทัตกุล. 2540. การศึกษาการเพาะเห็ดฟางโดยใช้ก้อนเห็ดที่ทิ้งแล้ว. รายงานผลการวิจัย กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร.

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

ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์. 2550. "เกษตรกรคนเก่ง" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.poompanyathai.com/manAgi/xx00010.htm

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

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

บริษัท ไทยซูมิจำกัด. 2551. การใช้ประโยชน์จากถ่านไม้ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.charcoal.snmcenter.com/ charcoalthai/charcoal_fun2.php

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

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

พุฒินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ, 2544. ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้. กรมป่าไม้และองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศแห่งญี่ปุ่น. กรุงเทพฯ.

มารู้จักเห็ดกันเถอะ. 2551.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://nutty007.multiply.com/journal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน,2548. “น้ำส้มไม้ดิบ” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps659_47.pdf

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ,2548 “น้ำส้มควันไม้” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/cf-kung_krabaen/agricul1.htm

ลือพงษ์ ลือนาม 2551. การศึกษาพัฒนาวิธีการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้มะม่วง. ในรายงาน การประชุมวิชาการเทคโนโลยีสู่ชุมชนเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. ระหว่างวันที่ 17-19 มกราคม 2551. ณ โรงแรมโซฟิเทล ราชา ออคิด จังหวัดขอนแก่น. หน้า 515

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

สมชาย ไทยทัตกุล. 2543. สตีมพึ่งตนเอง ใน วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน ปีที่ 11 (ก.ย.). หน้า 10

สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2548. ประโยชน์และวิธีการใช้น้ำส้มควันไม้. เกษตรกรรมธรรมชาติ (6): 40-53

สุชัย ศศิวิมลพันธุ์ และสมชาย วงศ์วิเศษ. 2533. เตาผลิตถ่านกะลามะพร้าวแบบเผาไหม้กึ่งต่อเนื่อง ในวารสารเกษตรอุสาหกรรม. เล่มที่ 1 ประจำปี 2533. หน้า 6-10.

สุชาดา อินทะศรี. 2547. ผลของน้ำส้มควันไม้ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วฝักยาวไร้ค้างพันธุ์ มข.25. หน้า 63-67. ใน การศึกษาการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มควันไม้สำหรับการเกษตรอินทรีย์ โครงการพลังงานยั่งยืน สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. ม.ป.ท.

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

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2548 “ชุดโครงการการพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และเยื่อ” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.trfmag.org/Article_48.htm

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2544. ถ่าน : การผลิตที่ถูกวิธีและประโยชน์ (Charcoal : Small Scale Production and Use). กรุงเทพฯ. 112 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลการทดสอบเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ค่าความชื้นไม้สำหรับการศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้น

การทดลองที่	ตัวอย่างที่	น้ำหนักไม้เชื้อเพลิง(กรัม)		ความชื้นไม้
		ก่อนอบ	หลังอบ	% (ฐานเปียก)
1	1	142.46	74.96	47.38
	2	143.98	62.50	56.59
	3	161.98	88.72	45.23
	4	101.06	86.02	14.88
	5	92.08	62.74	31.86
	เฉลี่ย	128.31	74.99	41.56
2	1	83.48	67.08	19.65
	2	104.40	93.78	10.17
	3	97.56	69.56	28.70
	4	296.06	177.94	39.90
	5	94.80	68.44	27.81
	เฉลี่ย	135.26	95.36	29.50
3	1	144.61	83.26	42.42
	2	103.64	86.42	16.62
	3	85.64	56.86	33.61
	4	203.24	160.78	20.89
	5	91.52	74.38	18.73
	เฉลี่ย	125.73	92.34	26.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ผลการศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้น

การทดลองที่	ปริมาณไม้ฟืนในเตา (กก.)	ปริมาณน้ำในหม้อต้ม (ลิตร)	ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (ตามนาฬิกา : น.)					ปริมาณไม้เชื้อไฟ (กก.)	ปริมาณถ่าน (กก.)	ปริมาณส้นถ่าน (กก.)	ปริมาณน้ำส้มควันไม้ (ลิตร)	ระยะเวลาเกิดน้ำส้มควันไม้ (ชม.)	ปริมาณน้ำที่เหลือในหม้อต้ม (ลิตร)	ระยะเวลาเกิดไอน้ำ (ชม.)	ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด (ชม.)
			เริ่มจุดเตา	เกิดน้ำส้มควันไม้	เกิดไอน้ำ	น้ำส้มควันไม้หยุด	เวลาปิดเตา								
1	124.00	101.50	11:15	11:35	13:10	15:10	17:00	22.00	28.20	50.40	0.74	3:25	14.00	3:50	5:55
2	181.00	90.00	10:50	11:30	12:30	15:00	17:00	22.00	30.00	36.00	0.52	3:30	30.00	4:30	6:00
3	152.00	80.00	09:30	09:55	10:05	14:20	15:30	24.00	32.50	28.00	0.61	4:25	5.00	5:40	6:10
เฉลี่ย	152.33	90.50	-	-	-	-	-	22.67	30.23	38.13	0.62	3:46	16.33	4:40	6:01

ตารางที่ ก.3 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้นการทดลองที่ 1

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)				เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)			
	ห้องเผาไหม้	น้ำในหม้อต้ม	ปากปล่องควัน	ไอน้ำ		ห้องเผาไหม้	น้ำในหม้อต้ม	ปากปล่องควัน	ไอน้ำ
11.15	29.00	24.00	28.00	28.00	16.00	988.00	106.00	300.00	101.00
11.20	90.60	24.90	28.70	28.70	16.10	821.00	105.00	323.00	100.00
11.30	88.60	26.20	30.00	28.00	16.20	851.00	104.00	340.00	101.00
11.40	500.00	28.20	29.00	29.00	16.30	762.00	104.00	345.00	101.00
11.50	555.00	35.60	67.00	29.80	16.40	625.00	101.00	321.00	101.00
12.00	525.00	45.90	84.00	31.00	16.50	576.00	99.80	255.00	101.00
12.10	545.00	56.70	97.00	32.00	17.00	546.00	104.50	247.00	101.50
12.20	586.00	65.00	91.00	32.00					
12.30	499.00	72.00	86.00	32.30					
12.40	578.00	82.00	101.00	40.00					
12.50	560.00	89.00	108.00	57.00					
13.00	489.00	96.00	98.00	80.00					
13.10	349.00	102.00	115.00	94.00					
13.20	428.00	103.00	124.00	101.50					
13.30	316.00	104.00	118.00	102.00					
13.40	368.00	104.00	120.00	102.00					
13.50	474.00	105.00	124.10	101.00					
14.00	327.00	104.00	135.10	101.00					
14.10	618.00	103.00	152.00	100.00					
14.20	812.00	102.00	162.00	100.00					
14.30	579.00	100.00	166.00	100.00					
14.40	768.00	101.00	176.00	101.10					
14.50	841.00	103.00	180.00	102.00					
15.00	766.00	103.00	194.00	102.20					
15.10	404.00	105.00	195.00	101.90					
15.20	414.00	105.00	227.00	100.00					
15.30	847.00	104.00	242.00	100.00					
15.40	918.00	105.00	271.00	101.00					
15.50	941.00	106.00	290.00	100.00					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้นการทดลองที่ 2

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)					เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)			
	ห้องเผาไหม้	น้ำในหม้อต้ม	ปากปล่องควัน	ไอน้ำ			ห้องเผาไหม้	น้ำในหม้อต้ม	ปากปล่องควัน	ไอน้ำ
10.50	30.00	26.00	30.00	30.00		16.00	606.00	105.00	226.00	104.00
11.15	480.00	37.70	37.60	30.00		16.10	566.00	105.00	226.00	103.00
11.30	222.00	42.70	46.80	29.00		16.20	545.00	106.00	229.00	103.00
11.40	650.00	43.20	52.00	28.60		16.30	528.00	105.00	231.00	103.00
11.50	312.00	49.00	57.00	27.40		16.40	510.00	107.00	233.00	103.00
12.00	450.00	53.00	63.00	29.90		16.50	508.00	107.00	233.00	103.00
12.10	408.00	59.00	64.00	30.00		17.00	499.00	106.00	196.00	103.00
12.20	530.00	61.00	664.00	31.00						
12.30	528.00	68.00	67.00	31.70						
12.40	513.00	71.00	69.00	31.80						
12.50	343.00	78.00	65.00	33.40						
12.00	773.00	71.00	77.00	78.30						
13.10	667.00	100.00	46.00	44.40						
13.20	692.00	104.00	78.00	100.70						
13.30	621.00	104.00	104.00	102.30						
13.40	665.00	104.00	114.00	102.70						
13.50	733.00	104.00	127.00	103.00						
14.00	688.00	104.00	132.00	102.00						
14.10	665.00	105.00	137.00	102.00						
14.20	639.00	105.00	136.00	102.90						
14.30	683.00	105.00	162.00	103.50						
14.40	583.00	104.00	168.00	72.00						
14.50	604.00	107.00	171.00	100.00						
15.00	620.00	104.00	189.00	107.00						
15.10	645.00	105.00	205.00	111.00						
15.20	666.00	104.00	195.00	106.00						
15.30	670.00	104.00	197.00	105.00						
15.40	670.00	104.00	230.00	103.00						
15.50	720.00	103.00	220.00	104.00						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำเบื้องต้นการทดลองที่ 3

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)				เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)			
	ห้องเผาไหม้	น้ำในหม้อต้ม	ปากปล่องควัน	ไอน้ำ		ห้องเผาไหม้	น้ำในหม้อต้ม	ปากปล่องควัน	ไอน้ำ
9.30	24.00	25.00	26.00	26.00	14.20	650.00	165.00	182.00	97.00
9.40	308.00	27.00	28.00	30.00	14.30	691.00	150.00	219.00	155.00
9.50	904.00	84.00	78.00	78.00	14.40	700.00	116.10	394.00	183.00
10.00	906.00	95.00	78.00	87.00	14.50	650.00	112.00	350.00	156.00
10.10	864.00	108.00	105.00	104.00	15.00	612.00	110.00	348.00	132.00
10.20	658.00	107.00	98.00	136.00	15.10	586.00	108.00	320.00	128.00
10.30	661.00	30.00	91.00	100.00	15.20	576.00	105.00	333.00	130.00
10.40	345.00	122.00	99.00	100.00	15.30	560.00	108.40	340.00	136.00
10.50	408.00	104.00	95.00	100.00					
11.00	422.00	113.00	95.00	101.00					
11.10	565.00	145.00	94.00	101.00					
11.20	413.00	102.00	105.00	95.00					
11.30	324.00	114.00	101.00	94.00					
11.40	342.00	115.00	101.00	97.00					
11.50	429.00	101.00	102.00	99.00					
12.00	436.00	110.00	103.00	99.00					
12.10	431.00	105.00	102.00	99.00					
12.20	457.00	134.00	121.00	99.00					
12.30	460.00	122.00	121.00	98.00					
12.40	417.00	139.00	124.00	98.00					
12.50	432.00	135.00	104.00	98.00					
12.00	415.00	112.00	139.00	98.00					
13.10	364.00	135.00	126.00	98.00					
13.20	346.00	183.00	116.00	98.00					
13.30	369.00	150.00	129.00	98.00					
13.40	565.00	152.50	131.00	98.00					
13.50	570.00	177.20	161.00	98.00					
14.00	589.00	170.00	188.00	98.00					
14.10	612.00	168.00	187.00	100.00					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน

จากสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (\%)} = [(MiCpdT+MeL) \times 100]/MH$$

เมื่อ M = มวลของไม้เชื้อเพลิง (กิโลกรัม)

H = ค่าความร้อนของไม้เชื้อเพลิง (7400 กิโลจูล/กิโลกรัม)

Mi = น้ำหนักของน้ำที่ใช้ในการต้ม (กิโลกรัม)

Cp = ความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.19 กิโลจูล/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส)

dT = อุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลง (องศาเซลเซียส)

Me = น้ำหนักของน้ำที่ระเหยกลายเป็นไอ (กิโลกรัม)

L = ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ (2256 กิโลจูล/กิโลกรัม)

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงความร้อน(\%)} = \left(\frac{(101.50 \times 4.19 \times x106 + 86.50 \times 2256)}{((124+22) \times 7400)} \right) \times 100$$

$$= 22.23 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนิ่งก้อนเชื้อเห็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ค่าความชื้นไม้ที่ศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

การทดลองที่	ตัวอย่างที่	น้ำหนักไม้เชื้อเพลิง(กรัม)		ความชื้นไม้ % (ฐานเปียก)
		ก่อนอบ	หลังอบ	
1	1	228.32	144.25	36.82
	2	106.18	66.68	37.20
	3	235.91	149.09	36.80
	4	65.10	42.03	35.44
	5	72.61	45.39	37.49
	เฉลี่ย	141.624	89.49	36.75
2	1	199.83	130.87	34.51
	2	266.67	174.98	34.38
	3	109.42	71.18	34.95
	4	153.95	99.13	35.61
	5	113.85	73.25	35.66
	เฉลี่ย	168.744	109.88	35.02
3	1	201.9	132.44	34.40
	2	204.28	130.83	35.96
	3	85.00	55.16	35.11
	4	89.60	57.95	35.32
	5	153.46	95.07	38.05
	เฉลี่ย	146.848	94.29	35.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ผลการศึกษาทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

การทดลองที่	ปริมาณไม้ฟืนในเตา (กก.)	ปริมาณน้ำในหม้อต้ม (ลิตร)	ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (ตามนาฬิกา : น.)					ปริมาณไม้เชื้อไฟ (กก.)	ปริมาณน้ำหนักถ่าน (กก.)	ปริมาณน้ำหนักส้นถ่าน (กก.)	ปริมาณน้ำส้มควันไม้ (ลิตร)	ระยะเวลาเกิดน้ำส้มควันไม้ (ชม.)	ปริมาณน้ำที่เหลือในหม้อต้ม (ลิตร)	ระยะเวลาเกิดไอน้ำ (ชม.)	ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด (ชม.)
			เริ่มจุดเตา	เกิดน้ำส้มควันไม้	เกิดไอน้ำ (90 C)	น้ำส้มควันไม้หยุด	เวลาปิดเตา								
1	260.00	110.00	16:35	17:05	00:15	03:15	04:05	36.75	53.00	29.50	3.00	9:50	40.00	3:50	11:40
2	250.00	110.00	17:05	17:35	22:20	02:20	03:35	35.02	55.00	24.00	3.50	9:45	47.00	5:15	10:30
3	255.00	110.00	10:15	11:00	19:05	22:55	23:50	35.77	49.00	24.00	3.00	11:55	50.00	3:55	13:40
เฉลี่ย	255.00	110.00	-	-	-	-	-	35.85	53.00	25.83	3.17	10:46	45.67	4:20	11:57

ตารางที่ ข.3 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดการทดลองที่ 1

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
16:35	30	34	43	37	38	38	38
16:40	31	34	43	37	38	38	38
16:45	30	36	44	37	39	39	37
16:50	30	37	45	38	39	39	37
16:55	30	47	46	38	39	39	36
17:00	29	64	47	38	39	39	36
17:05	29	114	55	38	39	39	36
17:10	29	100	57	38	39	39	35
17:15	29	127	62	38	39	39	35
17:20	28	97	59	37	38	38	35
17:25	29	104	60	37	38	38	34
17:30	28	93	60	37	39	38	34
17:35	28	108	60	37	39	38	34
17:40	28	101	60	37	38	38	34
17:45	28	112	61	37	39	39	34
17:50	28	120	62	37	38	38	34
17:55	27	116	62	37	38	38	33
18:00	27	118	62	37	38	38	33
18:05	27	125	63	37	38	38	33
18:10	27	134	63	37	38	38	33
18:15	27	141	66	37	38	38	32
18:20	27	141	69	36	38	38	32
18:25	27	148	67	37	38	38	32
18:30	27	153	68	36	38	38	32
18:35	27	128	67	36	38	38	32
18:40	27	116	65	36	38	38	32
18:45	27	116	65	36	38	38	32
18:50	28	114	65	36	38	38	32
18:55	28	117	64	36	38	38	32
19:00	27	134	66	36	38	38	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดการทดลองที่ 1(ต่อ)

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
19:05	27	127	66	36	38	38	32
19:10	27	126	66	36	38	38	31
19:15	27	118	66	36	38	38	31
19:20	27	129	66	36	38	38	31
19:25	27	136	73	36	37	38	31
19:30	27	144	73	36	37	38	31
19:35	27	146	67	36	37	38	31
19:40	27	138	67	35	37	38	31
19:45	27	156	70	35	37	38	31
19:50	27	165	72	35	37	38	31
19:55	27	175	74	35	37	38	31
20:00	27	182	79	35	37	37	31
20:05	27	160	78	35	37	37	31
20:10	27	169	81	35	34	37	31
20:15	26	205	88	35	34	37	30
20:20	26	187	90	35	34	37	30
20:25	26	194	89	35	34	37	30
20:30	27	217	93	35	34	37	29
20:35	26	221	97	35	34	37	30
20:40	27	245	101	35	34	37	32
20:45	26	257	103	34	33	37	31
20:50	26	256	100	34	33	37	31
20:55	26	220	107	34	33	37	31
21:00	26	231	106	34	33	37	31
21:05	26	243	107	34	33	36	31
21:10	27	237	105	34	33	36	41
21:15	26	224	103	34	33	36	55
21:20	26	216	99	35	34	37	55
21:25	26	224	100	36	34	37	101
21:30	26	242	100	38	36	38	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดการทดลองที่ 1(ต่อ)

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
21:35	26	259	101	41	37	40	60
21:40	27	246	103	46	39	43	60
21:45	26	237	100	50	40	47	60
21:50	26	233	99	53	41	51	61
21:55	27	252	102	55	42	54	62
22:00	26	255	101	57	53	56	64
22:05	27	233	100	59	44	58	64
22:10	26	261	107	61	45	60	66
22:15	27	249	112	62	59	62	66
22:20	26	264	114	64	61	64	71
22:25	26	278	114	65	62	65	73
22:30	26	260	124	67	64	67	72
22:35	27	277	125	69	66	69	73
22:40	27	254	134	70	68	71	74
22:45	27	254	128	71	69	72	73
22:50	26	252	133	72	71	73	74
22:55	26	256	137	72	71	74	74
23:00	26	260	130	73	72	74	75
23:05	26	242	133	74	73	75	75
23:10	26	256	135	74	74	76	76
23:15	26	381	127	75	75	77	79
23:20	26	269	138	76	75	78	79
23:25	26	407	131	77	76	79	84
23:30	26	286	147	79	78	80	83
23:35	26	288	146	80	79	81	83
23:40	26	314	147	81	80	83	84
23:45	26	290	157	83	82	84	86
23:50	26	291	153	83	71	85	85
23:55	26	284	159	84	84	85	85
0:00	26	281	158	84	84	86	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดการทดลองที่ 1(ต่อ)

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
0:05	26	302	152	85	76	86	88
0:10	27	294	157	86	86	87	88
0:15	27	313	157	88	79	88	92
0:20	26	290	165	90	66	90	93
0:25	26	303	165	92	70	91	94
0:30	26	300	166	93	75	93	95
0:35	27	293	162	94	76	94	94
0:40	26	346	163	95	80	95	96
0:45	26	288	138	96	83	96	96
0:50	26	292	133	97	83	96	95
0:55	26	282	135	97	83	97	95
1:00	26	251	128	96	79	97	93
1:05	26	249	133	95	74	96	90
1:10	26	263	131	94	74	96	89
1:15	25	264	140	93	74	95	88
1:20	27	298	145	94	74	96	89
1:25	27	344	156	94	75	96	91
1:30	26	303	155	96	78	96	93
1:35	26	342	163	96	80	96	93
1:40	26	349	168	97	82	97	94
1:45	25	303	157	97	84	97	94
1:50	26	270	152	97	84	97	93
1:55	26	265	149	96	81	97	92
2:00	26	265	147	96	79	97	90
2:05	26	260	147	96	78	96	90
2:10	25	256	146	94	77	96	89
2:15	26	260	141	94	76	96	88
2:20	26	256	144	94	76	95	88
2:25	26	250	141	93	76	95	87
2:30	26	245	137	93	75	95	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดการทดลองที่ 1(ต่อ)

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
2:35	26	245	136	92	91	94	86
2:40	26	246	137	92	91	94	85
2:45	25	248	138	91	90	94	85
2:50	26	258	137	91	72	93	85
2:55	27	261	132	91	73	93	86
3:00	25	261	133	91	74	93	86
3:05	26	259	132	91	74	93	87
3:10	25	259	131	91	74	92	87
3:15	25	252	132	91	74	92	87
3:20	25	304	167	92	91	93	90
3:25	26	314	171	95	93	95	94
3:30	26	454	202	96	90	96	94
3:35	26	471	225	98	75	97	95
3:40	27	516	249	96	71	97	63
3:45	26	433	252	91	76	94	53
3:50	26	429	236	90	73	92	53
3:55	26	426	236	88	71	90	56
4:00	26	488	264	86	68	88	54
4:05	26	486	270	85	66	86	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดการทดลองที่ 2

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
17:05	28	49	44	34	35	35	31
17:10	28	72	45	35	35	35	31
17:15	28	55	45	35	36	35	31
17:20	28	53	45	35	34	35	31
17:25	28	90	45	34	36	35	31
17:30	28	97	47	34	35	35	31
17:35	28	131	48	34	35	35	31
17:40	28	127	49	34	35	35	31
17:45	28	202	52	34	35	35	31
17:50	28	237	67	34	35	35	31
17:55	27	238	67	34	35	35	31
18:00	27	242	74	34	35	35	30
18:05	27	225	74	34	35	35	30
18:10	27	235	76	34	35	35	30
18:15	27	236	77	33	34	35	30
18:20	27	293	80	33	35	35	30
18:25	27	256	82	33	35	35	30
18:30	27	247	84	33	34	34	30
18:35	27	285	84	33	35	35	30
18:40	26	305	91	33	34	34	30
18:45	27	288	90	33	34	34	30
18:50	28	275	94	33	34	35	30
18:55	27	281	93	33	35	34	30
19:00	27	277	93	33	35	34	30
19:05	26	268	95	33	35	34	30
19:10	27	315	100	33	34	34	29
19:15	26	279	95	33	34	34	29
19:20	27	305	97	33	35	34	30
19:25	26	304	102	33	35	34	29
19:30	26	288	102	33	35	35	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดการทดลองที่ 2 (ต่อ)

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
19:35	26	248	96	33	35	34	30
19:40	26	298	102	33	34	34	29
19:45	26	320	102	33	35	34	29
19:50	26	304	104	33	35	34	29
19:55	26	350	108	33	34	34	29
20:00	26	354	112	32	34	34	35
20:05	27	300	107	31	34	34	57
20:10	27	295	109	31	34	35	54
20:15	26	309	111	32	34	38	59
20:20	27	301	113	34	36	41	59
20:25	26	326	117	35	38	43	61
20:30	27	343	113	38	40	46	63
20:35	27	311	113	42	43	49	64
20:40	27	317	111	45	45	52	66
20:45	27	359	112	48	47	54	69
20:50	27	309	114	50	50	57	70
20:55	27	299	99	53	52	59	70
21:00	27	439	101	55	54	61	72
21:05	27	298	102	56	56	63	73
21:10	27	302	103	58	58	65	73
21:15	27	280	110	59	60	66	72
21:20	27	333	110	60	61	67	77
21:25	28	300	109	61	63	68	77
21:30	27	316	103	61	64	70	79
21:35	27	328	109	62	66	72	80
21:40	28	280	114	62	68	73	80
21:45	28	292	118	63	69	75	81
21:50	27	355	121	62	71	76	88
21:55	27	298	110	63	72	78	85
22:00	27	321	110	63	74	79	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดการทดลองที่ 2 (ต่อ)

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
22:05	27	296	112	64	75	80	85
22:10	27	347	106	64	77	81	86
22:15	27	387	107	63	78	82	89
22:20	27	365	110	64	79	83	91
22:25	27	464	118	66	81	85	95
22:30	27	434	124	68	83	87	96
22:35	27	345	115	68	84	89	95
22:40	27	439	122	71	87	91	98
22:45	27	365	125	75	89	92	99
22:50	26	383	139	78	91	94	100
22:55	27	400	140	81	93	95	100
23:00	27	442	152	82	93	96	100
23:05	26	353	137	87	93	97	100
23:10	26	310	130	96	93	98	100
23:15	26	292	133	65	92	97	98
23:20	26	286	136	57	92	97	97
23:25	26	283	128	54	91	96	96
23:30	26	270	138	51	91	95	93
23:35	27	264	134	49	90	94	92
23:40	27	279	139	49	89	94	91
23:45	27	301	144	49	89	94	93
23:50	27	297	147	48	89	93	93
23:55	26	334	143	48	88	93	94
0:00	27	294	136	50	89	94	95
0:05	27	294	134	49	89	94	95
0:10	27	290	147	48	89	94	95
0:15	27	282	145	47	89	94	95
0:20	26	283	142	47	89	94	95
0:25	26	280	135	45	89	94	95
0:30	26	284	131	45	89	94	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดการทดลองที่ 2 (ต่อ)

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
0:35	26	281	129	47	90	94	96
0:40	27	284	143	48	90	95	96
0:45	27	293	145	50	91	95	96
0:50	26	289	149	52	91	96	97
0:55	26	288	155	54	92	96	97
1:00	27	286	153	55	92	96	98
1:05	26	285	154	58	92	97	98
1:10	26	285	154	61	93	97	99
1:15	27	293	157	65	93	98	99
1:20	27	285	160	68	94	98	99
1:25	27	305	163	71	94	98	100
1:30	27	494	163	74	94	98	100
1:35	28	455	167	77	94	99	100
1:40	27	547	174	79	94	99	100
1:45	27	469	177	79	95	99	100
1:50	27	511	185	81	95	99	100
1:55	27	406	186	81	95	99	100
2:00	27	364	186	82	95	99	100
2:05	26	357	187	83	95	99	100
2:10	26	340	184	83	95	99	100
2:15	27	341	183	84	95	99	100
2:20	27	339	186	84	95	99	100
2:25	27	335	190	68	93	98	92
2:30	27	333	192	69	91	96	85
2:35	27	324	194	39	89	94	78
2:40	26	327	193	34	88	92	74
2:45	26	344	194	65	88	91	71
2:50	26	336	197	44	87	90	68
2:55	26	355	198	29	86	89	66
3:00	26	418	200	47	85	88	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดการทดลองที่ 2 (ต่อ)

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
3:05	26	359	204	62	85	87	62
3:10	25	534	214	60	84	86	61
3:15	26	575	218	34	83	85	57
3:20	25	603	235	42	83	84	49
3:25	25	413	215	50	81	82	55
3:30	25	352	205	61	80	80	53
3:35	25	355	213	69	79	79	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งๆ ในการทดสอบเตาผลิตไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดการทดลองที่ 3

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
10:15	31	37	35	35	31	31	31
10:20	31	38	35	36	33	31	32
10:25	31	61	37	36	33	31	33
10:30	31	83	38	36	33	31	33
10:35	32	127	43	36	34	31	34
10:40	31	100	42	35	33	31	33
10:45	33	119	43	35	33	31	33
10:50	33	187	48	35	34	32	34
10:55	32	144	49	36	34	32	35
11:00	32	188	51	35	34	32	34
11:05	32	187	52	35	34	32	34
11:10	32	207	54	35	34	32	34
11:15	33	182	55	35	34	32	34
11:20	32	196	56	35	34	32	34
11:25	33	220	58	35	34	32	34
11:30	32	248	62	35	34	33	35
11:35	32	280	64	35	34	33	35
11:40	35	289	66	35	34	33	34
11:45	32	275	66	35	34	33	35
11:50	33	253	68	35	34	33	35
11:55	33	290	69	35	34	33	35
12:00	33	211	67	34	34	33	35
12:05	33	198	67	35	34	33	35
12:10	34	276	69	35	35	34	35
12:15	33	274	72	35	35	34	35
12:20	34	263	73	35	35	34	35
12:25	34	243	73	35	35	34	36
12:30	33	250	72	35	35	34	35
12:35	34	226	72	35	35	34	36
12:40	34	217	72	35	35	34	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
12:45	35	214	69	35	35	34	35
12:50	33	210	70	35	35	35	36
12:55	34	244	71	35	35	35	36
13:00	33	238	72	35	35	35	35
13:05	33	249	72	35	35	35	35
13:10	35	251	74	35	35	35	36
13:15	35	228	73	35	35	35	36
13:20	34	218	73	35	35	35	36
13:25	34	200	71	35	35	35	35
13:30	34	210	71	35	35	35	36
13:35	34	215	71	35	35	35	35
13:40	34	214	71	35	35	36	36
13:45	33	227	71	35	35	36	36
13:50	33	219	73	36	36	36	37
13:55	33	237	72	36	36	36	36
14:00	31	253	73	36	37	37	36
14:05	31	284	76	36	36	36	35
14:10	32	273	78	36	36	36	35
14:15	32	292	83	36	36	36	35
14:20	32	267	84	36	37	37	36
14:25	31	253	86	36	36	36	35
14:30	32	260	87	36	36	36	35
14:35	33	244	88	36	36	36	36
14:40	32	249	88	36	37	37	36
14:45	32	253	88	36	37	37	36
14:50	33	243	87	36	37	37	36
14:50	33	244	87	36	37	37	36
14:55	34	263	88	36	37	37	36
15:00	34	259	88	36	37	37	37
15:05	34	248	88	36	37	37	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
15:10	33	272	91	36	37	37	38
15:15	33	269	91	37	37	37	40
15:10	33	272	91	37	37	37	39
15:20	31	269	96	37	37	37	38
15:25	30	264	97	37	37	37	37
15:30	29	288	97	37	37	38	39
15:35	29	267	99	37	37	38	39
15:40	28	264	102	37	38	38	40
15:45	29	262	104	37	38	38	40
15:50	28	261	104	37	38	38	41
15:55	29	255	104	37	38	38	42
16:00	29	246	105	37	38	38	42
16:05	29	302	110	38	38	39	45
16:10	29	283	109	38	38	39	48
16:15	30	277	109	39	39	40	49
16:20	30	289	111	39	39	41	51
16:25	31	295	111	40	40	41	56
16:30	31	288	111	42	41	43	58
16:35	32	289	110	43	42	44	58
16:40	32	270	110	45	44	45	58
16:45	32	288	111	47	45	47	60
16:50	32	295	114	49	47	48	61
16:55	31	274	109	51	49	50	61
17:00	31	269	108	53	50	51	60
17:05	31	300	112	54	52	53	61
17:10	31	320	116	55	54	54	63
17:15	30	323	118	57	55	55	66
17:20	30	317	117	58	57	57	67
17:25	30	316	118	59	58	58	68
17:30	31	321	119	61	59	59	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
17:35	29	311	120	62	61	61	69
17:40	30	311	120	63	62	62	72
17:45	30	318	123	65	64	63	74
17:50	30	325	117	66	65	65	75
17:55	30	331	119	67	66	66	76
18:00	29	332	124	68	68	67	77
18:05	30	330	124	69	69	69	76
18:10	29	322	117	70	70	70	79
18:15	30	319	120	72	71	71	78
18:20	29	335	119	72	72	72	81
18:25	29	337	121	73	73	73	83
18:30	29	337	122	75	74	74	84
18:35	29	347	121	76	75	76	86
18:40	29	334	120	77	77	77	87
18:45	30	330	119	79	78	79	88
18:50	29	337	121	80	79	80	88
18:55	29	357	124	82	81	81	88
19:00	28	386	131	83	82	83	90
19:05	29	393	131	84	83	84	92
19:10	29	432	135	86	85	86	96
19:15	29	398	133	88	87	88	97
19:20	29	364	138	90	89	90	97
19:25	29	366	138	92	91	92	98
19:30	29	355	141	93	92	93	98
19:35	28	389	140	94	93	94	98
19:40	28	401	141	95	94	95	99
19:45	28	371	141	96	95	95	99
19:50	29	350	145	97	96	96	99
19:55	28	351	146	97	97	97	100
20:00	28	353	146	98	97	97	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
20:05	28	352	146	98	98	98	100
20:10	28	352	149	98	98	98	100
20:15	28	354	148	98	98	98	100
20:20	28	355	148	99	98	98	100
20:25	28	437	150	99	98	99	100
20:30	28	378	151	99	99	99	100
20:35	28	486	157	100	99	100	101
20:40	28	508	159	101	100	100	101
20:45	29	435	157	100	99	100	101
20:50	28	342	156	100	99	99	101
20:55	28	331	151	100	99	99	101
21:00	28	332	151	99	99	99	100
21:05	29	333	150	100	99	99	100
21:10	29	333	150	99	99	99	100
21:15	29	333	151	99	98	99	100
21:20	29	325	151	100	98	99	100
21:25	28	320	150	100	98	99	100
21:30	29	318	149	100	98	99	100
21:35	29	323	146	100	98	100	100
21:40	29	329	148	100	98	99	100
21:45	28	330	151	100	98	99	100
21:50	29	330	151	100	98	99	100
21:55	28	331	151	100	98	99	100
22:00	28	339	153	100	98	99	101
22:05	28	338	154	99	98	99	100
22:10	28	340	157	100	98	99	100
22:15	28	349	162	100	98	99	100
22:20	29	416	172	100	98	100	100
22:25	29	388	176	100	98	100	101
22:30	28	366	178	100	98	100	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)						
	อากาศภายนอก	ห้องเผาไหม้	ปากปล่อง	ก้อนเชื้อชั้นล่าง	ก้อนเชื้อชั้นกลาง	ก้อนเชื้อชั้นบน	อากาศในถัง
22:35	28	368	182	98	97	98	73
22:40	27	362	187	95	94	94	43
22:45	27	362	188	94	93	92	51
22:50	27	365	192	92	91	90	46
22:55	27	360	193	91	90	88	56
23:00	27	355	197	89	88	86	51
23:05	27	362	190	88	87	85	49
23:10	27	426	202	87	86	83	50
23:15	27	417	207	85	84	82	48
23:20	27	397	209	84	83	81	47
23:25	27	377	211	83	82	80	40
23:30	27	367	210	82	81	78	45
23:35	27	382	213	80	80	77	44
23:40	27	383	214	79	79	76	44
23:45	26	382	215	78	78	75	42
23:50	27	429	218	77	77	73	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้