

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาการใช้ความร้อนจากการเผาถ่านเพื่อการอบแห้งเงาะ
A Study of the heat from Charcoal Kilns for Rambutan Drying.



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **119691**
วัน,เดือน,ปี **5 ส.ค. 2555**

b. 12343801
i.

เสนอ

สาขาวิชาบริหารธุรกิจและพัฒนากาเรเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กทม.

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พัฒนากาเรเกษตร)

พ.ศ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ



T119691

สาขาวิชาบริหารธุรกิจและพัฒนากาเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กทม.

เรื่อง

การศึกษาการใช้ความร้อนจากการเผาถ่านเพื่อการอบแห้งเงาะ

A study of the heat from the Charcoal Kilns for Rambutan Drying.

โดย

นายอิทธิวัตร นิธิจันทร์โชติ

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร วท.บ. (พัฒนากาเกษตร)

เมื่อวันที่ 17 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2553

ประธานกรรมการปัญหาพิเศษ

(อาจารย์ลือพงษ์ ลือนาม)

กรรมการปัญหาพิเศษ

(ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ)

รักษาการแทนประธานสาขาวิชา

(ผศ.สุพุมภรณ์ ชันศรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

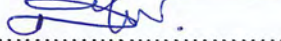
บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การศึกษาการใช้ความร้อนจากการเผาถ่านเพื่อการอบแห้งเงาะ

โดย : นายอิทธิวัตร นิธิจันทร์ โชติ

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์บัณฑิต (พัฒนาการเกษตร)

สาขาวิชาเอก : พัฒนาการเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ : 

(อาจารย์ลือพงษ์ ลือนาม)

17/04/53

จากสถานการณ์ในปัจจุบันราคาเงาะตกต่ำ มีผลผลิตล้นตลาด และยังมีผลผลิตจำนวนมากที่ไม่สามารถจำหน่ายได้ การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านเพื่อการอบแห้งเงาะ และศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเงาะ มีผลการศึกษา ดังนี้

ผลการศึกษาอบเนื้อเงาะเบื้องต้น โดยใช้ท่อใยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน พบว่า การทดลองใช้เนื้อเงาะเริ่มต้นในการอบแห้งที่ 9.38 กรัม ดำเนินการบรรจุในท่อใยหินขนาด 4 นิ้ว ยาว 1 เมตร ที่ระดับอุณหภูมิเริ่มต้น 38.6 องศาเซลเซียส ดำเนินการอบแห้งเนื้อเงาะภายในท่อใยหินเป็นเวลา 1 ถึง 3 ชั่วโมง จะทำให้มีระดับอุณหภูมิภายในท่อใยหินด้านหน้า และด้านหลัง ในช่วง 50-80 องศาเซลเซียส ส่งผลให้น้ำหนักเนื้อเงาะลดลงตามระยะเวลาการทดลองเข้าสู่สภาวะคงที่ 2.88 กรัม ในชั่วโมงที่ 4 ของการทดลอง ที่ระดับอุณหภูมิ 63.2 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษาอบเนื้อเงาะโดยใช้ตู้อบเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน พบว่า การทดลองใช้เนื้อเงาะเริ่มต้นในการอบแห้งที่ 9.11 กรัม ดำเนินการบรรจุในตู้อบ 2 ชั้น มีขนาดความกว้าง 40 เซนติเมตร ความยาว 80 เซนติเมตร และความสูง 50 เซนติเมตร ที่ระดับอุณหภูมิเริ่มต้น 54.7 องศาเซลเซียส ดำเนินการอบแห้งเนื้อเงาะภายในท่อใยหินเป็นเวลา 1 ถึง 3 ชั่วโมง จะทำให้มีระดับอุณหภูมิภายในท่อใยหินด้านหน้า และด้านหลัง ในช่วง 38-80 องศาเซลเซียส ส่งผลให้น้ำหนักเนื้อเงาะลดลงตามระยะเวลาการทดลองเข้าสู่สภาวะคงที่ 2.64 กรัม ในชั่วโมงที่ 4 ของการทดลอง ที่ระดับอุณหภูมิ 81.2 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ โดยได้รับความกรุณา และความช่วยเหลือจากคณาจารย์หลาย ๆ ท่าน โดยเฉพาะ อาจารย์ลือพงษ์ ลือนาม ประธานกรรมการปัญหาพิเศษ ที่สละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อผิดพลาด ขอขอบคุณ ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ ที่สละเวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการปัญหาพิเศษ พร้อมทั้งให้คำปรึกษาเป็นแนวทางในการดำเนินการศึกษาวิจัยมาโดยตลอดเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ อาจารย์ สุกสมบูรณ์ อึ้งรัตนกร ที่กรุณาสอนวิชาปัญหาพิเศษ ทำให้ผู้วิจัยรู้จักหลักวิธีการทำงานวิจัยอย่างถูกต้องเกิดความเข้าใจ จนได้จัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้อย่างสมบูรณ์ ขอขอบคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาเทคนิคเกษตรทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาของศาสตร์ความรู้ต่าง ๆ พร้อมกับคำแนะนำด้วยดีตลอดมา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคนิคเกษตรทุกท่านที่คอยให้การช่วยเหลือทางด้านสถานที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ ขอขอบคุณนายอภิคุณย์ แก้วกัณฑ์ทอง ที่ให้ข้อมูลเบื้องต้น ในการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณพ่อแม่ ที่คอยให้กำลังใจ ให้ทุนทรัพย์ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่เป็นกำลังใจคอยตักเตือนให้คำแนะนำ รวมไปถึงช่วยเป็นแรงกระตุ้น และขอขอบคุณทุกท่านที่กล่าวมาทั้งหมด เป็นผู้ที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยจนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อิทธิวัตร นิธิจันทร์โชติ

มิถุนายน 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ก)
คำนิยม	(ข)
สารบัญ	(ค)
สารบัญตาราง	(จ)
สารบัญภาพ	(ฉ)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา	3
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
เงาะ	4
การถนอมอาหาร	8
พลังงาน	9
พลังงานความร้อน	9
การอบแห้ง	10
กลไกการทำแห้ง	11
วิธีการทำอาหารแห้ง	13
การเลือกวิธีการทำแห้ง	15
การผลิตวัสดุอบแห้งประเภทผลไม้	16
วิวัฒนาการผลิตถ่าน	16
เตาเผาถ่านไม้	18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการศึกษา	21
การทดสอบอบเนื้อเงาะเบื้องต้นโดยใช้ท่อไยหิน	
เป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน	21
การทดสอบอบเนื้อเงาะภายในตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน	22
การวิเคราะห์ข้อมูล	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	25
ผลการทดสอบบ่อน้ำร้อนเบื้องต้นโดยใช้ท่อไยหิน	
เป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน	25
ผลการทดสอบบ่อน้ำร้อนภายในตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน	38
วิจารณ์ผลการทดลอง	46
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก	53
ก แสดงภาพขั้นตอนลำดับการทดลอง	54
ข ผลการศึกษาทดสอบตู้อบลมร้อนโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านต้นแบบ	56
ค ผลการศึกษาทดสอบตู้อบลมร้อนโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน	63



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	คุณค่าทางอาหารที่สำคัญของเนื้อเงาะ 100 กรัม	7
2.	การศึกษาทดสอบอบเนื้อเงาะเบื้องต้น โดยใช้ท่อไยหิน เป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน	36
3.	การทดสอบอบเนื้อเงาะภายในตู้อบ โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน	34



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ส่วนประกอบของเงาะ	6
2 การเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากชิ้นอาหารระหว่างการอบแห้ง	11
3 กราฟอัตราการแห้ง	12
4 รูปห้องอบเนื้อเงาะเบื้องต้น โดยใช้ท่อไยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน	25
5 ระยะเวลาในการอบกับน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงและระยะเวลาในการอบ กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง	33-35
6 การเปลี่ยนแปลงของเวลา น้ำหนัก อุณหภูมิ และสีของเนื้อเงาะทุก 15 นาที	37-38
7 ระยะเวลาในการอบกับน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงและระยะเวลาในการอบ กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของการทดสอบอบเนื้อเงาะ โดยใช้อบสมร้อน โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน	42-44
8 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเวลา น้ำหนัก อุณหภูมิ และสี ทุก 1 ชั่วโมง	46



บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

ความสำคัญของปัญหา

นายสุมิตร เกษเกล้า นายกองค้การบริหารส่วนตำบลเพิ่มพูนทรัพย์ อ.บ้านนาสาร จ.สุราษฎร์ธานี เปิดเผยว่า ขณะนี้เกษตรกรผู้ปลูกเงาะ โรงเรียนในพื้นที่ ต.เพิ่มพูนทรัพย์ กำลังวิตกกังวลกับปริมาณของเงาะโรงเรียนที่จะออกสู่ตลาดในอนาคตเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากที่ผ่านมามีฝนตกนอกฤดูกาลทำให้เงาะโรงเรียนได้รับผลผลิตมากกว่าทุกปีที่ผ่านมา ซึ่งคาดว่าจะมีผลผลิตออกมากถึง 10,000 ตัน จึงเป็นเหตุให้เกษตรกรเริ่มไม่มั่นใจกับราคาในอนาคต แม้ว่าขณะนี้เงาะโรงเรียนจะมีราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 15 บาท แต่เมื่อถึงฤดูกาลของเงาะโรงเรียนที่จะให้ผลผลิตอย่างเต็มที่ในอีก 2 เดือนข้างหน้าคาดว่าราคาน่าจะต่ำกว่านี้ (ไทยโพสต์, 2552) ซึ่งเกี่ยวข้องกับที่นายสุริยันท์ จิรศักดิ์สุนทร นายอำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี กล่าวว่าการที่เกษตรกรชาวสวนเงาะ กำลังประสบปัญหาราคาคตกต่ำอย่างหนัก เพราะมีผลผลิตออกสู่ตลาดมากกว่า 1000 ตันต่อวันจึงทำให้ราคาตกต่ำเหลือกิโลละ 4 บาท ซึ่งภาครัฐได้ประกาศแทรกแซงราคาให้อยู่ที่กิโลกรัมละ 8 บาท แต่มีกำลังการรับซื้อเพียงวันละ 300-400 บาท ตันเท่านั้น จึงยังมีผลผลิตอีกจำนวนมากที่เกษตรกรต้องขายขาดทุน (สถานการณ์เงาะ, 2552) และในขณะที่เดียวกันนายวิรัตน์ สมตน เกษตรจังหวัดสุราษฎร์ธานี เปิดเผยว่าหวาดหวั่นว่าราคางเงาะโรงเรียนจะตกต่ำอีกเพราะสภาพอากาศปีนี้เอื้ออำนวยต่อที่ผลัดการเกษตรในพื้นที่อย่างมาก ทำให้แนวโน้มปริมาณผลไม้ออกสู่ตลาดเพิ่มขึ้น คาดว่าปีนี้จะมีการออกสู่ท้องตลาดปริมาณเกือบ 50,000 ตัน มากกว่าปีที่ผ่านมา ที่มีเงาะออกสู่ตลาด 40,891 ตัน และราคาปีนี้อาจไม่สูงมาก (สถานีวิทยุชุมชน, 2552) จากการวิเคราะห์สถานการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับข้อมูลเฉลี่ยภายในประเทศปี 2551 ผลผลิตเงาะ 404,053 ตัน และการบริโภคภายในประเทศ 397,453 ตัน (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2551)

การอบแห้ง หรือการทำแห้ง คือการกำจัดความชื้นออกจากอาหาร โดยการลดปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์จนถึงระดับที่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และปฏิกิริยาอื่นๆ เพื่อเก็บรักษาถนอมผลิตภัณฑ์ระหว่างการยืดอายุการเก็บรักษาการลดปริมาณความชื้นยังมีผลต่อการเก็บรักษากลิ่นรสและคุณค่าทางอาหารด้วย การทำแห้งอาหารเป็นการลดปริมาณของผลิตภัณฑ์ซึ่งช่วยในการขนส่งและการเก็บรักษาองค์ประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารและสะดวกต่อผู้บริโภค (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2535) เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอน้ำ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอด้านในอาหาร เป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำ อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอสสูงและค่อยๆ ลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจาก

เอกสารนี้ไม่ได้มีนัยยะใช้ข้อมูลหมิ่นตำหนิการอบแห้งเพราะมีน้ำตกก็ใช้ข้อมูลหมิ่น 60-70 องศาสูงกว่านี้จะทำให้ได้ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มไม่สวย เวลาที่ใช้อบแห้งจะหลายชั่วโมง เนื่องจากผลไม้มีความชื้นถึง 70-90 เปอร์เซ็นต์ จะต้องอบให้ความชื้นสุดท้ายของผลไม้ประมาณ ร้อยละ 10-20 หลักการทำแห้งโดยใช้ลมร้อนคือการพาความร้อน อากาศปกติจะมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำให้อากาศร้อนขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนจะลดลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของลมร้อน เช่น 60 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนจะเป็น 15-25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะสามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารทำให้น้ำละลายกลายเป็นไอและลมจะพัดพาไอน้ำออกจากอาหาร(เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, 2552)

กระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่าน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การเผาไหม้ เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอนในเข้ชั้น โดยให้ความร้อนกับไม้ภายในเตาถ่าน ซึ่งทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศมากกว่า 500 องศาเซลเซียส หลังจากการสิ้นสุดการเผาไหม้ปริมาณของออกซิเจนภายในห้องเผาไหม้จะลดลงอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้จะลดต่ำลง จนถึงอุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส ขั้นตอนที่ 2 การลดความชื้น เป็นการให้ความร้อนโดยการเผาไล่ความชื้นภายในเนื้อไม้ ระหว่างนี้ อุณหภูมิของเตาเผาจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งอุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส ความชื้นเนื้อไม้จะเริ่มลดลงหมดไปเป็นที่สุด ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาที่บ ขั้นตอนที่ 3 การคายความร้อน หลังจากกระบวนการไล่ความชื้นเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ จึงเริ่มทำให้เกิดคายความร้อนของไม้ โดยควบคุมอากาศไม่ให้เข้าไปทำปฏิกิริยาในเตาเผาอีก ภายในเตาถ่านอุณหภูมิจะสูงถึงประมาณ 700 องศาเซลเซียส ซึ่งในระหว่างการคายความร้อนจะมีควันสีเหลืองและการระเหยของไอน้ำ พร้อมทั้งเกิดก๊าซต่างๆ ขึ้น เช่น กรดอะซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และน้ำมันดิน สำหรับวัสดุแข็งหลังจากการคายความร้อนเรียกว่า “ถ่าน” ขั้นตอนที่ 4 การทำให้เย็นตัว เป็นกระบวนการลดความร้อนของเตา ก่อนนำถ่านที่ได้จากออกจากเตาจะใช้เวลานานหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของเตาเผา (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2544)

การถ่ายเทความร้อน โดยการพาความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนที่อาศัยการเคลื่อนที่ของอะตอม และโมเลกุลของสสารซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวและก๊าซ เมื่อของไหลไหลผ่านวัตถุ การกระจายของความเร็วและการกระจายของอุณหภูมิที่บริเวณใกล้ๆ กับผิวจะมีอิทธิพลกับการถ่ายเทความร้อน โดยการพาความร้อน บริเวณรอบนอกของวัตถุที่ของไหลไหลผ่านวัตถุแล้วมีการกระจายความเร็วและการกระจายของอุณหภูมิ (ความร้อน, 2552)

จากแนวโน้มผลผลิตเงาะสูงขึ้นทำให้ราคาเงาะในประเทศลดลง ส่งผลกระทบต่อทางด้านผลผลิตเงาะล้นตลาด ดังนั้นจึงควรจะทำกรวิจัยเครื่องอบลมร้อน โดยใช้ความร้อนจากการเผาถ่านขึ้นมา เพื่อช่วยทำให้เกษตรกรที่ผลิตเงาะเพิ่มมูลค่าผลผลิตได้มากขึ้น ส่งผลให้มีความมั่นคงของอาชีพเกษตรกรที่ปลูกเงาะด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อออกแบบและสร้างตู้อบลมร้อน โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน
2. เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเงาะ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ตู้อบลมร้อน โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน
2. ได้ผลผลิตเงาะอบแห้ง
3. ได้วิธีการในการลดความชื้นเงาะด้วยความร้อนจากเตาเผาถ่าน
4. ได้ผลผลิตเงาะอบแห้งไว้ขายนอกฤดูกาล
5. สามารถช่วยทำให้ผู้ประกอบการอาชีพในการผลิตเงาะเพิ่มมูลค่าผลผลิตได้มากขึ้น

ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา

การสร้างตู้อบเงาะ โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านครั้งนี้ จะทำการศึกษาระยะเวลาในการอบ ซึ่งการทดลองนี้ใช้เงาะพันธุ์โรงเรียน โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิประมาณ 44 - 104 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นทุกๆ 1 ชั่วโมง จนกว่าความชื้นในเนื้อเงาะถึงจุดความชื้นสมดุล แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และวิจารณ์ผล สรุปผลและข้อเสนอแนะ

หมายเหตุ

จุดความชื้นสมดุลของเงาะอบแห้งคาที่ ได้จะขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศภายในตู้อบ

บทที่ 2

ตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Review of Related Literature)

ประเทศไทยมีผลไม้ที่นิยมบริโภคและจำหน่ายหลากหลายประเภท แต่ผลไม้ที่ออกผลผลิตตามฤดูกาลมากขึ้นไปจนทำให้ราคาผลผลิตในประเทศต่ำลง คือ เงาะ แต่ขณะเดียวกันยังมีความต้องการของตลาดต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ซึ่งประเทศไทยนิยมปลูกต้นเงาะที่ภาคตะวันออกและภาคใต้ เนื่องจากต้นเงาะเป็นพืชที่ต้องการอากาศชื้นและให้ผลผลิตมากในฤดูฝน ต้นเงาะที่นิยมปลูกมี 3 พันธุ์ คือ พันธุ์โรงเรียน พันธุ์สีทอง และพันธุ์สีชมพู ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย

- 1 เงาะ
- 2 การถนอมอาหาร
- 3 พลังงาน
- 4 หลักการถ่ายเทความร้อน
- 5 การอบแห้ง
- 6 กลไกการทำแห้ง
- 7 วิธีการทำให้อาหารแห้ง
- 8 การผลิตวัสดุอบแห้งประเภทผลไม้
- 9 การเลือกวิธีการอบแห้ง
- 10 วิวัฒนาการและการผลิตถ่าน
- 11 เตาเผาถ่านไม้
- 12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เงาะ

เงาะ (อังกฤษ: Rambutan; ชื่อวิทยาศาสตร์: *Nephelium lappaccum* Linn.) เป็นไม้ผลเมืองร้อน มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินโดนีเซีย และมาเลเซีย โดยทั่วไปเงาะ เป็นไม้ผลที่เจริญเติบโตได้ดี ในบริเวณที่มีความชื้นค่อนข้างสูง เงาะในประเทศไทย จึงนิยมปลูกในบริเวณภาค ตะวันออกและภาคใต้ อาทิ พันธุ์สีทอง พันธุ์น้ำตาลกรวด พันธุ์สีชมพู พันธุ์โรงเรียน และพันธุ์เงาะมวง เป็นต้น แต่ พันธุ์เงาะที่นิยมปลูกเป็นการค้า มีแค่ 3 พันธุ์ คือ พันธุ์โรงเรียน พันธุ์สีทอง และพันธุ์สีชมพู ส่วนพันธุ์อื่นๆ จะมีปลูก กันบ้างประปรายและ โดยส่วนมากมักใช้เพื่อบริโภคในครัวเรือน หรือใช้ประโยชน์ เพื่อการศึกษาทางวิชาการในอดีตประเทศที่ผลิตและส่งออกขายใหญ่ ได้แก่ ไทย มาเลเซียและ อินโดนีเซีย แต่ปัจจุบัน

พบว่าประเทศผู้ผลิตใหม่ เช่น ออสเตรเลีย และฮอนดูรัส ได้เข้ามามีส่วนแบ่งในตลาดอาหารเพิ่มมากขึ้น การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

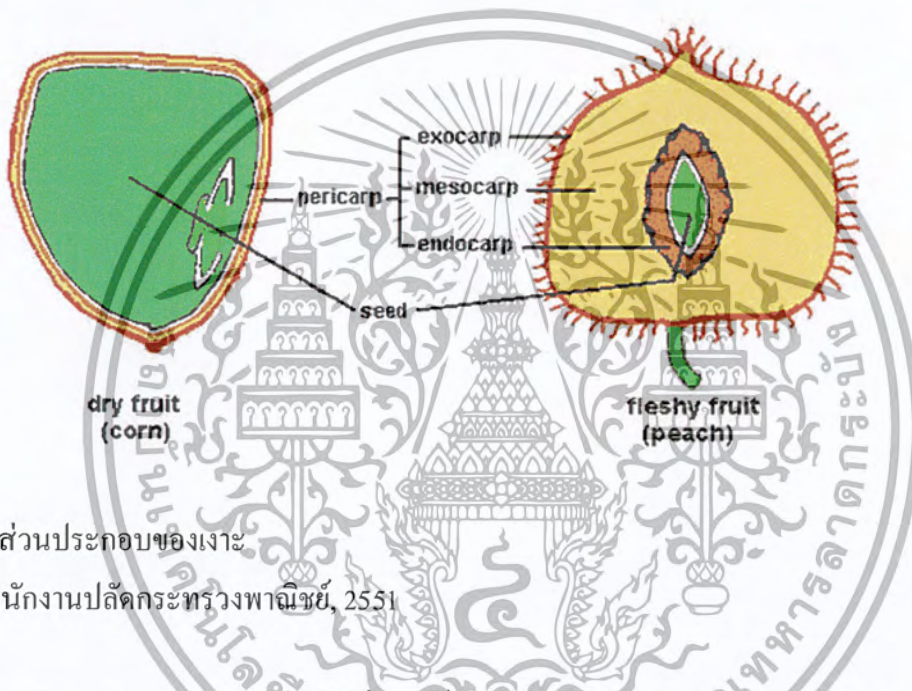
โดยยึดหลักอัตราการแห้งและความชื้นในวัสดุ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น ช่วงอัตราการแห้งคงที่ และช่วงความชื้นสมดุล (พรศักดิ์ สมัครการ, 2552)

เงาะเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ชอบอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสม อยู่ในช่วง 25 – 30° C ความชื้นสัมพัทธ์สูงประมาณ 75–85 เปอร์เซ็นต์ ดินปลูกที่เหมาะสมควรมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ค่า pH) ของดินประมาณ 5.5– 6.5 และที่สำคัญควรเลือกแหล่งปลูกที่มีน้ำเพียงพอตลอดปีเงาะเป็นไม้ผลที่มีระบบรากหาอาหารลึกประมาณ 60–90 เซนติเมตรจากผิวดินจึงต้องการสภาพแล้งก่อนออกดอกติดต่อกันประมาณ 21– 30 วันเมื่อต้นเงาะผ่านสภาพแล้งและมีการจัดการน้ำอย่างเหมาะสมเงาะจะออกดอกช่วงพัฒนาการของดอก(ผลิดดอก- ดอกแรกเริ่มบาน) ประมาณ 10 – 12 วัน ดอกเงาะจะทยอยบานจากโคนช่อไปหาปลายช่อ ใช้เวลาประมาณ 25 – 30 วัน จึงจะบานหมดช่อดอกเงาะมี 2 ชนิด คือ ดอกตัวผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ต้นที่มีดอกตัวผู้จะไม่ติดผล ส่วนต้นที่มีดอกสมบูรณ์เพศนั้นเกสรตัวผู้ไม่ค่อยแข็งแรง ต้องปลูกร่วมกับต้นตัวเมียในสวนเพื่อเพิ่มละอองเกสรหรือฉีดพ่นฮอร์โมนพืชเพื่อช่วยให้เกสรตัวผู้แข็งแรงขึ้น(ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2551) การปลูกทำได้ทั้งการขุดหลุมปลูกซึ่งเหมาะกับพื้นที่ที่ยังไม่มีการวางระบบน้ำไว้ก่อนปลูก วิธีนี้ดินในหลุมจะช่วยเก็บความชื้นได้ดีขึ้น และสามารถปลูกโดยวิธีไม่ต้องขุดหลุม (ปลูกแบบนั่งแท่นหรือยกโคก) เหมาะกับพื้นที่ฝนตกชุกวิธีการนี้ระบายน้ำดีน้ำไม่ขังโคนต้น แต่ต้องมีการวางระบบน้ำไว้ก่อนปลูก ซึ่งต้นเงาะจะเจริญเติบโตเร็วกว่าการขุดหลุม ทั้งนี้จุดเน้นที่สำคัญในการปลูก คือ ควรใช้ต้นกล้าที่มีระบบรากดีไม่ขาดงอในถุง แต่ถ้าจะใช้ต้นกล้าขนาดใหญ่ก็ให้ตัดดินและรากที่ขุดหรือพันตรงก้นถุงออกจำนวนการปลูกประมาณ 25 - 40 ต้นต่อไร่ ในระยะปลูก 6 – 8 X 6 – 8 เมตร ถ้าใช้ระยะปลูกชิด 6 X 6 เมตร จะต้องตัดแต่งกิ่งเพื่อควบคุมทรงพุ่มอย่างใกล้ชิดไม่ให้ทรงพุ่มชนและบังแสงกัน สำหรับสวนที่ใช้เครื่องจักรกลแทนแรงงาน ควรเว้นระยะระหว่างแถวให้ห่างพอที่เครื่องจักรกลจะเข้าไปทำงาน แต่ให้ระยะระหว่างต้นชิดขึ้นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปลูกเงาะเดือนเมษายน(สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2551) เงาะเริ่มให้ผลผลิตได้ตั้งแต่อายุ 3 - 4 ปี ฤดูกาลเก็บเกี่ยวเงาะภาคตะวันออกอยู่ในช่วงปลายเดือนเมษายน – มิถุนายน และภาคใต้ เดือนกรกฎาคม – กันยายน เงาะที่มีผลแก่พร้อมเก็บเกี่ยวใช้เวลาประมาณ 130-160 วัน หลังจากดอกบาน ผลเงาะที่แก่จัดพร้อมเก็บเกี่ยวจะเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองอ่อนหรือสีแดงแล้วแต่สายพันธุ์ของเงาะ การตัดเงาะจะต้องใช้กรรไกรตัดที่ก้านให้เกือบชิดผล โดยเหลือขั้วเล็กๆ ไว้เล็กน้อย ซึ่งขั้วกึ่งนี้จะทำหน้าที่ช่วยรักษาความสด และรสชาติความอร่อย ให้เก็บไว้ได้นานขึ้นชาวสวนจะต้องชิงผ้าใบรองไว้ใต้ต้น เมื่อตัดแล้วเงาะจะได้ไม่หล่นกระแทกพื้นหรือชนหัก เพราะเงาะที่ชนหักจะเป็นสีดำดูไม่น่ากิน หากเป็นการตัดจากกิ่งที่อยู่สูงจะต้องตัดเงาะใส่ย่ามแล้วค่อยนำมาใส่ตะกร้าอีกที หลังจากนั้นจึงนำเงาะมาล้างด้วยน้ำยาล้างผักและล้างด้วยน้ำสะอาดอีกรอบหนึ่ง เพื่อล้างสิ่งสกปรกต่างๆ ให้หมดไป และยังช่วยให้เงาะสดชื่นขึ้น เพื่อเตรียมตัวขนส่งไปยังปลายทาง โดยไม่ลืมนำผ้าใบ

คลุมเพื่อกันลมและรักษาอุณหภูมิให้ดูสวยงาม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) รูปร่างของผลเงาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีลักษณะกลมรีประกอบไปด้วย ผนังผล (*pericarp*) และเมล็ด (*seed*) ผนังผล คือส่วนที่เจริญเปลี่ยนแปลงมาจากรังไข่ มี 3 ชั้น ได้แก่ผนังชั้นนอก ผนังชั้นกลาง และผนังชั้นใน เปลือกและขนยาวเป็นผนังชั้นนอก (*Exocarp*) เมื่อยังไม่สุกขนและผิวมีสีเขียว เมื่อสุกบางพันธุ์ผิวผลและขน มีสีแดง บางพันธุ์ผิวผลแดงขนมีสีเขียวอมเหลือง เนื้อนุ่มสีขาวเป็นผนังชั้นกลาง (*Mesocarp*) มีรสหวาน หรือหวานอมเปรี้ยว ส่วนเมล็ดเป็นผนังชั้นใน (*Endocarp*) มีทั้งอ่อนนุ่มและแข็งเป็นรูปขอบขนานคลุมด้วยเนื้อเยื่อใสสีขาว เมล็ด(*Seed*) คืออวุลที่ได้รับการปฏิสนธิและเจริญเติบโตเต็มที่ ประกอบด้วย เปลือกเมล็ด มี 2 ชั้น คือ ชั้นนอก และชั้นใน เอน โดสเปิร์ม และเอ็มบริโอ (กรมวิชาการเกษตร, 2552)



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของเงาะ

ที่มา : สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2551

1.1สรรพคุณเงาะ จัดเป็นผลไม้ที่มีฤทธิ์ร้อน จึงช่วยแก้อาการท้องร่วงชนิดรุนแรงได้ ผลสดรับประทานเป็นผลไม้ ใช้ปรุงอาหารและแปรรูป เนื้อเงาะ บรรเทาอาการท้องร่วง มีวิตามินซี ป้องกันไข้หวัด เลือดออกตามไรฟัน บำรุงกระดูกและฟัน เปลือกเงาะ ต้มกินแก้ไอเสบ ส่วนเมล็ดเงาะฆ่าเชื้อแบคทีเรีย รักษาอาการอักเสบในช่องปาก ข้อควรระวัง คือเมล็ดในของเงาะมีพิษแม้ว่าจะเอาไปคั่วจนสุกแล้ว แต่ถ้ารับประทานมากเกินไปจะมีอาการปวดท้อง เวียนศีรษะ มีไข้ คลื่นไส้ อาเจียน ดังนั้นไม่ควรจะรับประทานเมล็ด (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2551)

ฤดูกาลทำให้เงาะโรงเรียนได้รับผลผลิตมากกว่าทุกปีที่ผ่านมา ซึ่งคาดว่าจะมีผลผลิตออกมามากถึง 10,000 ตัน จึงเป็นเหตุให้เกษตรกรเริ่มไม่มั่นใจกับราคาในอนาคต แม้ว่าขณะนี้เงาะโรงเรียนจะมีราคาสูงถึง กิโลกรัมละ 15 บาท แต่เมื่อถึงฤดูกาลของเงาะโรงเรียนที่จะให้ผลผลิตอย่างเต็มที่ในอีก 2 เดือนข้างหน้า คาดว่าราคาน่าจะต่ำกว่านี้ซึ่งเงาะปี 2551 ผลผลิต 225,218 ตัน ปี 2552 คาดว่าจะมีผลผลิต 239,130 ตัน ฤดูเก็บเกี่ยวประมาณต้นเมษายน-ต้นกรกฎาคม ช่วงออกมาก็คือตั้งแต่ 1-30 มิถุนายน ของปี (ไทยโพสต์,2552)

จากเหตุผลที่ได้กล่าวมาสรุปได้ว่าเกษตรกรผู้ปลูกเงาะในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีประสบปัญหา ผลผลิตเงาะของจังหวัดสุราษฎร์ธานีปี 2551 มีผลผลิตออกสู่ตลาด 40891 ตัน โดยมีราคาของผลผลิตที่ตกต่ำถึง กิโลกรัมละ 8 บาท และยังมาประสบปัญหาด้านผลผลิตของปี 2552 ที่คาดว่าจะออกสู่ตลาดมากกว่า 50000 ตัน ส่งผลให้เกษตรกรที่ปลูกเงาะวิตกกังวลในเรื่องผลผลิตเงาะที่จะออกสู่ตลาดปี 2552 สิ้นตลาดมากกว่า 9109 ตัน

2. การถนอมอาหาร

การถนอมอาหารหมายถึง การเก็บอาหารไว้บริโภคได้นานกว่าปกติโดยที่อาหารนั้นไม่น่าเสีย เป็นการประหยัดรายจ่าย โดยนำเอาผลผลิตทางการเกษตรในช่วงที่มีปริมาณมากและราคาถูกลงมาเก็บถนอมไว้บริโภคและเพิ่มรายได้ในครัวเรือน(นวลจิตต์ จุฬทัศน์ ,2544)

การถนอมอาหารเป็นการเก็บรักษาอาหารหรือแปรรูปอาหารให้อยู่ในสภาพที่อยู่ได้นานโดยไม่บูดเสียและผลของการถนอมอาหารจะช่วยยืดอายุอาหารการเปลี่ยนแปลงทางด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และยังคงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไว้(กัตัญญ ชูทรัพย์,2546)

การถนอมอาหาร คือกระบวนการเก็บและรักษาอาหาร การยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรีย เชื้อรา และจุลินทรีย์ การหน่วงปฏิกิริยาระหว่างไขมันกับออกซิเจนในอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสียของอาหาร การถนอมอาหารบางประเภทจำเป็นต้องปิดผนึกอาหารหลังจากที่ผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อป้องกันการเกิดการเน่าเสียทำให้อาหารนั้นสามารถเก็บไว้ได้นานมากกว่าปกติและยังป้องกันโรคอาหารเป็นพิษในขณะที่ยังรักษาคุณค่าทางโภชนาการ สีรส กลิ่นให้คงอยู่ (กรรมวิธีการอบแห้ง,2545) โดยอาศัยวิธีการต่างๆดังนี้ ป้องกันการยืดเวลาการย่อยสลายอาหารที่เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์ เช่น รักษาอาหารให้ปลอดเชื้อ ขจัดจุลินทรีย์ที่มีอยู่ออกไป ลดการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ ป้องกันหรือยืดเวลาการสลายตัวที่เกิดขึ้นเองของอาหาร โดย หยุดชะงักการทำงานของเอนไซม์ในอาหาร และการเติมสารป้องกันการเกิดออกซิเดชันในอาหาร ป้องกันการเสียหายของอาหารจากแมลง (तिकาร์ตร สดล, 2550) วิธีการที่นิยมในการถนอมรักษาอาหาร การให้ความร้อนเพื่อกำจัดหรือทำจุลินทรีย์ให้เสื่อมสภาพเช่น การต้ม การอบ การใช้สารเคมีเพื่อให้เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน คือ การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การยับยั้งการเกิดสารพิษ เช่น การรมควัน การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำส้มสายชู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตหากไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลกอฮอล์ ฯลฯ การยับยั้งการดูดซึมสารอาหารของจุลินทรีย์ เช่น การเชื่อม การดอง การเก็บรักษาอาหารในอุณหภูมิต่ำ คือ การแช่แข็ง กระบวนการดองอาหารหลายๆ ข้อรวมกัน การขจัดน้ำออกจากอาหาร คือ การตากแห้ง การอบ (วิไล รังสาทอง, 2547)

3. พลังงาน

พลังงาน หมายถึง พลังต่างๆ ที่นำมาใช้ให้เกิดงาน เช่น ไฟฟ้า น้ำมัน ถ่าน ฟืน ลม แสงอาทิตย์ เป็นต้น พลังงาน คือ ความสามารถในการทำงาน ผลการกระทำของแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ พลังงานสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ เช่น พลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน (วิไล รังสาทอง, 2547) พลังงานแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ พลังงานใช้แล้วหมดหรือที่เรียกกันว่า พลังงานฟอสซิล ซึ่งเป็นพลังงานสิ้นเปลือง พลังงานพวกนี้ได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และพลังงานใช้ไม่หมด หรือพลังงานหมุนเวียน ได้แก่ แกลบ ชานอ้อย ชีวมวล น้ำ แสงอาทิตย์ คลื่น ส่วนรูปแบบของพลังงานแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ พลังงานจลน์คือในขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่จะมีพลังงานจลน์เกิดขึ้นวัตถุใดๆก็ตาม ไม่ว่าจะมีความเร็วหรือขนาดใหญ่น้อย มีพลังงานจลน์ทั้งสิ้นในขณะที่มีการเคลื่อนที่วัตถุใดมีความเร็วมากขึ้นก็จะมีพลังงานจลน์มากขึ้นวัตถุสองอันที่มีความเร็วเท่ากันวัตถุที่มีมวลมากกว่าจะมีพลังงานจลน์ และพลังงานศักย์ คือพลังงานที่วัตถุมีเนื่องตำแหน่งหรือการจัดการของวัตถุนั้น หรืออาจจะบอกได้ว่าเป็นพลังงานในขณะที่วัตถุหยุดอยู่นั้นเองนอกจากนี้ยังมีพลังงานรูปอื่นอีก เช่น พลังงานความร้อน พลังงานแสง พลังงานเสียง พลังงานเคมี ฯลฯ ซึ่งพลังงานเหล่านี้จะเกี่ยวข้องในกิจกรรมในชีวิตประจำวัน (กระทรวงพลังงาน, 2552) พลังงานความร้อนหมายถึงพลังงานความร้อนที่ถูกเก็บและสะสมไว้ ซึ่งอาจเกิดจากความดันก๊าซ การสลายตัวของก๊าซกัมมันตรังสี การเคลื่อนไหวของหิน แรงของกระแสไฟฟ้าได้ทั่วโลก พลังงานความร้อนเป็นรูปแบบหนึ่งของพลังงานได้พลังงานความร้อนมาจากหลายแห่งด้วยกัน เช่น จากดวงอาทิตย์ พลังงานในของเหลวร้อนใต้พื้นพิภพ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานน้ำในหม้อต้มน้ำและพลังงานเปลวไฟ ผลของความร้อนทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น อุณหภูมิสูงขึ้นหรือมีการเปลี่ยนสถานะไป และนอกจากนี้แล้ว พลังงานความร้อน ยังสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้อีกด้วย (พลังงานความร้อน, 2552)

4. พลังงานความร้อน

ความร้อนเกิดขึ้นมาจาก อะตอม มันจะเกาะกันเป็นกลุ่มเล็กๆ เรียกว่า โมเลกุล ซึ่งจะสั่นสะเทือนตลอดเวลาด้วยพลังงานจลน์ พวกของแข็งแม้จะมีที่ว่างอยู่น้อยมากโมเลกุลของมันยังสั่นสะเทือนและถ้าของแข็งนี้ได้รับความร้อน พลังงานความร้อนนี้จะทำให้โมเลกุลของมันมี

พลังงานจลน์มากยิ่งขึ้น มีผลให้ โมเลกุลของมันชนกันมากยิ่งขึ้น และมีการถ่ายเทพลังงานจาก โมเลกุลนี้ ไปยังโมเลกุลอื่นที่อยู่รอบๆ มัน และถ้าโมเลกุลเหล่านี้ชนกันบ่อยๆ ก็จะเกิดเป็นความร้อนขึ้นเรื่อยๆ การสั่นสะเทือนและการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อได้รับความร้อนมากขึ้นเรื่อยๆ และถ้าโมเลกุลเหล่านี้ชนกันบ่อยๆ ก็จะเกิดเป็นความร้อนขึ้นเรื่อยๆ การสั่นสะเทือนและการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อได้รับความร้อนมากขึ้นเรื่อยๆ และถ้าโมเลกุลเหล่านี้ชนกันบ่อยๆ ก็จะเกิดเป็นความร้อนขึ้นเรื่อยๆ

เอกสารนี้ร้อนเป็นเหตุให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในนั้นก็จะร้อนไปด้วย และถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ ก็จะเกิดเป็นความร้อนขึ้นเรื่อยๆ การสั่นสะเทือนและการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อได้รับความร้อนมากขึ้นเรื่อยๆ และถ้าโมเลกุลเหล่านี้ชนกันบ่อยๆ ก็จะเกิดเป็นความร้อนขึ้นเรื่อยๆ

หนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่ง (กมล ขวามาก, 2545) ความร้อนเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของพลังงาน ความร้อนจะถ่ายเทจากวัตถุที่มีความร้อนสูงกว่าไปยังวัตถุที่มีความร้อนต่ำกว่า พลังงานความร้อนสามารถเคลื่อนที่ได้โดยการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไป พลังงานรูปอื่นๆสามารถเปลี่ยนมาเป็นความร้อนได้ สามารถแบ่งกลไกการถ่ายเทความร้อนออกเป็น 3 ชนิด คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี แต่ในบางกรณี การถ่ายเทความร้อนทั้งสามชนิดอาจเกิดขึ้นพร้อมๆกันอย่าแยกไม่ออก (ความร้อน, 2552)

4.1 การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลไปสู่อีกโมเลกุลหนึ่งซึ่งอยู่ติดกันไปเรื่อยๆจากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำกว่าอย่างเช่นหากเราจับทัพพีในหม้อหุงข้าว ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านทัพพีมายังมือของเรา ทำให้เรารู้สึกร้อน โลหะเป็นตัวนำความร้อนที่ดี อโลหะและอากาศเป็นตัวนำความร้อนที่เลว

4.2 การพาความร้อน การถ่ายเทความร้อน โดยการพาความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนด้วยการเคลื่อนที่ของอะตอม และโมเลกุลของสารซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวและก๊าซ เมื่อของไหลไหลผ่านวัตถุ การกระจายของความเร็วและการกระจายของอุณหภูมิที่บริเวณใกล้ๆกับผิวจะมีอิทธิพลกับการถ่ายเทความร้อน โดยการพาความร้อน บริเวณรอบนอกของวัตถุที่ของไหลไหลผ่านวัตถุแล้วมีการกระจายความเร็วและการกระจายของอุณหภูมิ

4.3 การแผ่รังสี เป็นการถ่ายเทความร้อนออกจากรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน ดังเช่น การนำความร้อน และการพาความร้อน การแผ่รังสีสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอวกาศได้ วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 273 องศาเซลเซียส ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงแผ่รังสีคลื่นสั้น วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแผ่รังสีคลื่นยาว

5. การอบแห้ง

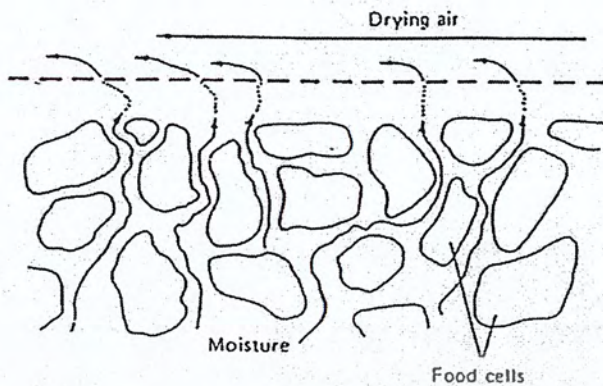
การอบแห้ง หรือการทำแห้ง คือการกำจัดความชื้นออกจากอาหาร โดยการลดปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์จนถึงระดับที่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และปฏิกิริยาอื่นๆ เพื่อเก็บรักษาถนอมผลิตภัณฑ์ระหว่างการยึดอายุการเก็บรักษาการลดปริมาณความชื้นยังมีผลต่อการเก็บรักษากลิ่นรสและคุณค่าทางอาหารอีกด้วย การทำแห้งอาหารนี้ยังเป็นการลดปริมาตรของผลิตภัณฑ์ ซึ่งช่วยในการขนส่งและการเก็บรักษาองค์ประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์อาหาร และสะดวกต่อผู้บริโภค (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2535) วิธีการทำแห้งที่ง่ายที่สุดคือ การตากแห้ง ซึ่งมีข้อด้อยคือพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิที่ไม่สูงมากนักกระแสลมธรรมชาติไม่แรงพอทำให้การตากแห้งต้องใช้เวลาานเปลืองพื้นที่มากและมักทำในที่เปลือโล่ง จึงมักมีโอกาสปนเปื้อน (Potter and Hotchkiss, 1995) ดังนั้นเครื่องอบแห้งจึงได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างมากเพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุดิบแต่ละชนิดการทำแห้งผักและผลไม้ เป็นการกำจัดน้ำออกจากผักและผลไม้จนกระทั่งลดลงอยู่ในระดับที่ไม่เกิดการเน่าเสีย มีผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้น้ำหนักและปริมาตรลดลง อีกทั้งยังเพิ่มความสะดวกในการบรรจุ การขนส่ง และเพิ่มอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น เนื่องจากผักและผลไม้ที่ผ่านการอบแห้งแล้วมีความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นและปริมาณน้ำลดลงเพียงพอที่จะป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Peter, 1997) การทำแห้งผักและผลไม้สามารถทำได้หลากหลายวิธี ในแต่ละวิธีจะมีผลต่อคุณสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันออกไป การเลือกใช้วิธีการอบแห้งนั้นต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการอบแห้งต้องน้อยที่สุด แต่สามารถได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและปริมาณตามที่ต้องการ

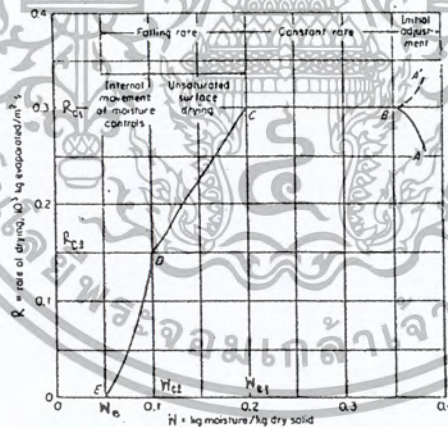
6. กลไกการทำแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอน้ำ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอด้านในอาหาร เป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำ อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอสองและค่อยๆ ลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหาร (วิไล รังสาทอง, 2545) โดยอาศัยหลักการอบแห้งคือการนำความร้อนหรือความเย็นเป็นตัวดูดซับความชื้นออกจากวัสดุ ซึ่งความร้อนจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวไปเป็นก๊าซ ส่วนความเย็นจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวไปเป็นของแข็งแล้วจึงจะเปลี่ยนเป็นก๊าซ โดยยึดหลักอัตราการแห้งและความชื้นในวัสดุ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น ช่วงอัตราการแห้งคงที่ และช่วงความชื้นสมดุล ซึ่งน้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้อีกน้ำจะเคลื่อนที่ไปยังผิวหน้าด้วยกลไกดังนี้ การเคลื่อนที่ของของเหลวโดยแรงคาปิลารี การแพร่ของของเหลวซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของตัวละลายในอาหารส่วนต่างๆ การแพร่ของของเหลวซึ่งถูกดูดซับโดยผิวหน้าของของแข็งในอาหารและความแตกต่างของความดันไอทำให้เกิดการแพร่ของไอน้ำในช่องอากาศของอาหาร(การอบแห้ง, 2552)



ภาพที่ 2 การเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากชั้นอาหารระหว่างการอบแห้ง
ที่มา : นิธิยา จันเขียว, 2544

กราฟอัตราการอบแห้งเป็นกราฟที่สร้างจากปริมาณความชื้นของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเครื่องอบแห้งที่สัมพันธ์กับอากาศร้อน โดยมี อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วและทิศทางไหลของอากาศร้อนผ่านผิวอบแห้งคงที่ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการอบแห้ง (นฤสิทธิ์ วิสาตทอง, 2546)



ภาพที่ 3 กราฟอัตราการแห้ง (จุด E คือความชื้นสมดุล, w_e)
ที่มา: Geankoplis C.J. (2003)

รูปแสดงกราฟอัตราแห้งซึ่งเป็นกราฟระหว่างอัตราการแห้งและความชื้นในสาร ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น เป็นช่วงที่ความชื้นที่มีอยู่ในอาหารปรับตัวเพื่อมีอุณหภูมิเท่ากับลมร้อน อัตราการแห้งจะต่ำและจะค่อยๆเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่ จากรูปที่ 1 คือ ช่วง AB ซึ่งถือว่าเป็นช่วงสั้นๆ สามารถตัดทิ้งได้เมื่อกำหนดเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ส่วนช่วง A'B เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่มีบริเวณผิวหนังของแข็งมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิที่จะเริ่มเกิดการระเหยในตอนแรกจะสูงและค่อยๆลดลงจนคงที่

ช่วงอัตราการแห้งคงที่ เป็นช่วงที่น้ำในอาหารระเหยเป็นไออย่างต่อเนื่อง คล้ายกับการระเหยของน้ำโดยทั่วไป

ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เป็นช่วงที่ความชื้นในอาหารเหลือน้อยจนแพร่ไปยังผิวหนังอาหารอย่างไม่ต่อเนื่อง ทำให้ชั้นของเหลวที่ปกคลุมอยู่ไม่สม่ำเสมอ อัตราการแห้งจึงลดลง และเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงความชื้นสมดุล ซึ่งน้ำในอาหารไม่สามารถระเหยออกมาได้

7. วิธีการทำให้อาหารแห้ง

ในการทำให้อาหารแห้งโดยทั่วๆ ไปสามารถทำได้ 2 วิธีคือ (วิไล รังสาตทอง, 2547)

7.1 การทำให้แห้งโดยธรรมชาติ การทำแห้งโดยอาศัยความร้อนจากแสงแดด หรือโดยการผึ่งลม นับเป็นวิธีที่มนุษย์ได้เรียนรู้มาจากรธรรมชาติโดยการสังเกตจากเมล็ดพืช เช่น ข้าวเปลือก ข้าวโพด ถั่วชนิดต่าง ๆ สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน ถ้าให้ผลิตผลเหล่านี้แก่เต็มที แต่ถ้าเก็บเกี่ยวก่อนระยะเวลาผลิตผลเหล่านี้จะเน่าเสียได้ง่ายจึงทำให้รู้ว่าถ้าเก็บผลิตผลทางการเกษตรกรรมไว้ในสภาพที่แห้งโดยการนำมาผึ่งแดด หรือผึ่งลมเสียก่อนจะทำให้สามารถเก็บผลิตผลไว้ได้นานขึ้น แสงแดดหรือลมร้อนจะพัดพาเอาไอน้ำที่ระเหยออกจากอาหาร ไปวิธีนี้จะใช้เวลานาน เนื่องจากอัตราการอบแห้งจะเกิดช้าขึ้นกับแสงแดดและความเร็วของลม ส่วนใหญ่จะไม่สามารถควบคุมอัตราเร็วในการทำให้แห้งได้ วิธีการทำให้แห้งโดยอาศัยธรรมชาติแต่ดั้งเดิมนั้น ไม่มีเทคนิคและวิชาการเข้าไปเกี่ยวข้องเลย นิยมใช้ในการทำแห้งพวก ผลไม้ เช่นองุ่นแห้ง กลิ้วตาก และ อินทผลัมแห้ง เป็นต้น นอกจากนั้นยังใช้ทำแห้งพวกผลิตภัณฑ์เนื้อ เช่น ปลาและเนื้อสัตว์ เป็นต้น วิธีนี้นับว่ายังเป็นวิธีที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายในประเทศที่ค่อนข้างยากและมีแสงแดดเพียงพอ ปัจจุบันวิธีการทำให้แห้ง โดยแสงแดดนี้ได้มีการพัฒนาขึ้นไปเพื่อที่จะทำให้สามารถควบคุมอัตราเร็วในการทำให้อาหารแห้งได้ โดยการสร้างตู้อบแสงแดดขึ้นมา แต่ยังคงอาศัยความร้อนจากธรรมชาติคือ แสงแดด

7.2 การทำให้แห้งโดยอาศัยวิธีเชิงกล การอาศัยเชิงกล เข้าช่วยเป็นการพัฒนาวิธีการอบแห้งที่ใช้เทคนิคและหลักวิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องอย่างมาก สามารถควบคุมอัตราเร็วของการทำแห้งได้ ทำให้สามารถผลิตอาหารแห้งเร็วขึ้นและมีคุณภาพดี ความชื้นต่ำตามที่ต้องการ วิธีนี้อาศัยหลักการของการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในชิ้นอาหารทำให้น้ำหรือความชื้นกลายเป็นไอระเหยออกไปจากผิวหนังของอาหาร ความร้อนที่ส่งเข้าไปอาจจะเป็นการนำความร้อน การพาความร้อน หรือการแผ่รังสีก็ได้ในการสร้างเครื่องอบแห้งมักจะอาศัยหลักการนำและพาความร้อนเป็นสำคัญ วิธีนี้จะอาศัยเครื่องมือและอุปกรณ์หลายชนิด ซึ่งจะมีความยากง่ายแล้วแต่ประเภทเครื่องอบแห้ง โดยทั่วไปจะจำแนกแบบของเครื่องอบแห้งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เครื่องอบแห้งแบบอาศัยการพาความร้อนเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานาน นี้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลัก คือปล่อยให้ลมร้อนพัดผ่านอาหารแล้วพัดผ่านอาหารแล้วพาเอาไอน้ำที่ระเหยจากอาหารออกไป ซึ่งได้แก่เครื่องอบแห้งแบบตู้หรือห้อง เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ เครื่องอบแห้งสเปร์ย์ และเครื่องอบแห้งแบบอาศัยการนำความร้อน ซึ่งได้แก่ เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก เครื่องอบแห้งแบบระเหิด เป็นต้น ส่วนหลักการส่งผ่านความร้อนแบบการแผ่รังสีก็เริ่มมีการพัฒนามาสร้างเครื่องอบแห้งแบบการแผ่รังสีกัน ซึ่งยังเป็นเทคนิคที่ค่อนข้างใหม่ เช่น เครื่องอบแห้งแบบรังสีอินฟราเรด และเครื่องอบแห้งแบบไมโครเวฟ

7.2.1 เครื่องอบแห้งแบบตู้หรือห้องอบ เป็นเครื่องอบแห้งที่ให้ลมใช้พัดผ่านอาหารที่มีลักษณะเป็นชิ้น ซึ่งวางเรียงหรือแขวนอยู่ในห้องอบ ทำงานเป็นแบบกะ อาศัยการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญคือ แหล่งให้ความร้อน พัดลม ตัวกรองอากาศ แฉงกันอากาศ ห้องอบ

7.2.2 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ มีลักษณะการทำงานแบบต่อเนื่องเพื่อให้อัตราการผลิตสูงขึ้น ลักษณะเป็นห้องยาวๆแบบอุโมงค์ มีอาหารวางเรียงบนรถเข็นหรือสายพาน ผ่านเข้าไปในอุโมงค์ที่มีลมร้อนไหลสวนทางมาหรือไหลขนานกันไปตามการออกแบบอัตราการอบแห้งเร็วขึ้น

7.2.3 เครื่องอบแห้งแบบโรตารี มีลักษณะเป็นห้องหรือตู้รอบที่หมุนได้ ทำให้มีการพลิกหน้าพื้นที่ผิวหน้าของอากาศสัมผัสกับอากาศร้อนมากขึ้น อัตราการอบแห้งสูงขึ้น วิธีนี้ต้องมีการถ่ายเทอากาศดี ๆ

7.2.4 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิโดไดนามิก เป็นการอบแห้งที่มีอัตราการการแห้งสูงมาก ลักษณะเป็นการอบแห้งทรงกระบอกหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า อนุภาคของแข็งจะถูกเป่าให้ลอยตัวอยู่ในอากาศร้อนภายในห้องอบแห้งตลอดเวลา ทำให้พื้นที่ผิวทั้งหมดของอนุภาคได้สัมผัสอากาศร้อน ทำให้การถ่ายเทความร้อนเกิดได้เร็วมาก อัตราการอบแห้งจึงสูงและสามารถทำแบบต่อเนื่องได้ อุปกรณ์ที่สำคัญของเครื่องอบแห้งคือ หอทดสอง ส่วนป้อนวัตถุดิบ แฉงให้ความร้อน เครื่องเป่าอากาศ ตัวกระจายความร้อน แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดที่ใช้ได้ในอนุภาคที่มีขนาดไม่ใหญ่นเกินไป และควรมีลักษณะใกล้เคียงทรงกลม เช่น พวกเมล็ดธัญพืช และมีเมล็ดพลาสติก เป็นต้น

7.2.5 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก เป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้ได้ดีกับวัตถุดิบที่เป็นของเหลวที่มีความหนืดและไหลได้พอสมควร โดยเฉพาะพวกที่มีส่วนประกอบของแข็งสูง ๆ ลักษณะเป็นลูกกลิ้ง ความร้อนจะถ่ายเทแบบการนำความร้อนไปยังผิวลูกกลิ้ง ซึ่งหมุนและมีอาหารเหลวเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ติดอยู่ให้อาหารเหลวแห้งได้เร็วมาก มีอัตราการอบแห้งสูงพอสมควร

7.2.6 เครื่องอบแห้งแบบระบบพ่นฝอย เป็นเครื่องอบแห้งที่นิยมใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อย่างเช่น นมผง กาแฟผง โดยอาศัยหลักการของการพ่นอาหารเหลวให้แตกเป็นละอองเล็กๆ ภายในห้องทดลองที่มีอากาศร้อนไหลสวนทางหรือไหลขนาน ทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนสูงมาก เนื่องจากอาหารเหลวแตกเป็นละอองเล็ก ๆ เมื่อสัมผัสกับอากาศร้อนจึงทำให้น้ำระเหยไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างรวดเร็ว ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ลักษณะเป็นผงออกมา ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอบแห้งแบบนี้คือ เครื่องอบแห้ง หัวฉีด แหล่งกำเนิดความร้อน ส่วนแยกเก็บผลิตภัณฑ์ผง ประสิทธิภาพของการอบแห้งระบบนี้ขึ้นกับความสามารถในการฟ่นละอองของหัวฉีดเป็นสำคัญ หัวฉีดจะต้องสามารถฟ่นให้ได้ละอองของเหลวขนาดเล็กที่สุดและมีขนาดเท่าๆกัน

7.2.7 เครื่องอบแห้งแบบการเกิดฟอง เทคนิคนี้เริ่มพัฒนาเมื่อปี 1960 นิยมใช้ในการทำน้ำผลไม้ผง เช่น น้ำส้ม น้ามะเขือเทศ และน้ำองุ่น เป็นต้น โดยอาศัยหลักของการทำให้น้ำผลไม้เกิดเป็นฟองเล็กๆ โดยการใส่สารที่ช่วยให้เกิดฟอง แล้วเกิดฟองน้ำผลไม้ขึ้นไปตามตัวกลางหรือสายพานที่มีความร้อน น้ำจะระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำมาก อาจเหลือเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น โดยมีขั้นตอนการทำงาน การเตรียมอาหารเหลว การทำให้เกิดฟอง การอบแห้ง การดูดและทำให้ผลิตภัณฑ์ผลมีความหนาแน่นขึ้น

7.2.8 เครื่องอบแห้งแบบแช่แข็ง เป็นวิธีการอบแห้งที่จะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีที่สุด เมื่อนำกลับไปละลายน้ำจะใกล้เคียงเดิมมากที่สุด เนื่องจากไม่ได้ใช้ความร้อนช่วยในการทำแห้ง แต่อาศัยหลักของการระเหิด โดยการทำให้น้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็ง และระเหิดเป็นไอภายใต้ความดันที่อุณหภูมิต่ำ เครื่องมือจะประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ ส่วนแช่แข็งห้องอบแห้ง ส่วนควบคุมและลดความดันมีขั้นตอนการทำงานดังนี้ การแช่แข็งอาหาร การระเหิดภายใต้ความดัน การทำงานยสูญญากาศ

ในการทำให้อาหารแห้งระหว่างสองวิธีดังกล่าวคือ โดยธรรมชาติกับ โดยใช้เครื่องอบแห้งนั้น มีข้อดีและข้อเสียต่าง ๆ กันพอสรุปได้ดังนี้ (ทฤษฎีการถนอมอาหาร, 2552)

1. การทำแห้งโดยใช้เครื่องที่สามารถที่จะควบคุมอัตราความเร็วของการอบแห้งได้โดยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และการไหลเวียนของอากาศ ส่วนการทำแห้งโดยธรรมชาติขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ
2. การทำแห้งโดยใช้เครื่อง ใช้พื้นที่น้อยกว่าโดยวิธีธรรมชาติเนื่องจากการทำให้แห้งโดยอาศัยแสงแดด โดยแผ่กระจายอาหารบนพื้นหรือที่รองรับให้ได้รับแสงแดดอย่างทั่วถึง ส่วนการใช้เครื่องสามารถจัดเรียงอาหารเป็นชั้นหรือซ้อนกันได้ตามความเหมาะสม ได้มีการคำนวณไว้ว่า ถ้าทำให้แห้งโดยอาศัยธรรมชาติผู้ประกอบกิจกรรมในเนื้อที่ 20 ไร่ ต้องมีพื้นที่สำหรับตากแห้งเป็นเนื้อที่ 1 ไร่ จึงจะเพียงพอ
3. ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จากเครื่องมือความสะอาดและมีคุณภาพดีกว่าโดยวิธีธรรมชาติ เนื่องจากการตากแห้งโดยอาศัยแสงแดดต้องแผ่กระจายอาหารตามพื้นที่หรือที่รองรับมักมีปัญหาเกี่ยวกับแมลงวันละสัตว์อื่นๆ ที่จะทำให้อาหารมีความสกปรกมากขึ้น
4. คุณสมบัติในการคืนรูปเดิมเมื่อนำไปประกอบกรหุงต้มของผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จากเครื่องจะดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งโดยธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้อาหารแห้งโดยใช้เครื่องจะเร็วกว่าวิธีโดยอาศัยธรรมชาติมาก

6. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแบบวิธีอาศัยธรรมชาติจะถูกกว่าวิธีใช้เครื่องมาก

8 การเลือกวิธีการทำแห้ง

ในการทำอาหารให้แห้ง สามารถใช้วิธีการทำให้อาหารแห้งได้มากมาย และวิธีดังกล่าวแล้ว ซึ่งมีปัจจัยมากมายที่จะต้องคำนึงถึงในการที่จะเลือกวิธีการทำแห้งแบบใดให้เหมาะสมกับอาหารแต่ละประเภท ปัจจัยสำคัญสรุปได้ดังนี้ (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552)

8.1 ชนิดและคุณสมบัติ เป็นปัจจัยแรกที่จะต้องคำนึงถึงควรพิจารณาว่าอาหารที่ต้องการทำแห้งนั้น มีองค์ประกอบที่สำคัญอย่างไร มีปริมาณความชื้นมากน้อยแค่ไหน มีความต้านทานต่อร้อนได้ดีเพียงใด และมีขนาดและลักษณะรูปร่างอย่างไร

8.2 ลักษณะของผลิตภัณฑ์แห้งที่ต้องการ ต้องทราบว่าต้องการอาหารแห้งในสภาพไหนเป็นชิ้นเป็นตัว หรือเป็นผง เป็นต้น นอกจากนี้ความชื้นสุดท้ายของอาหารแห้งหรือความแห้งที่ต้องการก็ต้องคำนึงถึง เนื่องจากบางวิธีไม่สามารถทำให้อาหารแห้งได้ดีพอ ในขณะที่บางวิธีอาจทำให้อาหารแห้งเกินไปได้

8.3 ความสามารถในการทำแห้งของเครื่องมือ ควรจะศึกษาหรือหาวรายละเอียดของเครื่องมือแห้งแต่ละชนิดว่ามีความสามารถในการทำแห้งแค่ไหน มีความเหมาะสมกับอาหารที่จะนำมาแห้งในรูปแบบไหน เช่น เป็นชิ้นหรือของเหลว นอกจากนี้ยังมีปัจจัยปลีกย่อยอื่น ๆ อีกมากมายซึ่งอาจจะพบในขณะที่ทำแห้งอาหารซึ่งก็ต้องใช้ความชำนาญหรือประสบการณ์มาแก้ปัญหานั้น ๆ ต่อไป การเลือกวิธีการทำแห้งสำหรับอาหารแต่ละชนิด ได้มีการศึกษาและมีข้อเสนอวิธีการที่เหมาะสมที่อาจจะใช้สำหรับอาหารแต่ละชนิด (กรรมวิธีการอบแห้ง, 2545)

9 การผลิตวัสดุอบแห้งประเภทผลไม้

หลักการทำแห้งโดยใช้ลมร้อน อากาศปกติจะมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำให้อากาศร้อนขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนจะลดลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของลมร้อน เช่น 60 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนจะเป็น 15-25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะสามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอและลมจะพัดพาไอน้ำออกจากอาหาร ความชื้นของอาหารจะลดลงเร็วในช่วงแรก ต่อจากนั้นจะลดลงอย่างช้าๆจนกระทั่งถึงความชื้นสมดุลเนื่องจากผักและผลไม้มีความชื้นถึง 70-90 เปอร์เซ็นต์ (ผักและผลไม้แปรรูป, 2552)

ผลไม้มีวิธีการเตรียม คือ การปอกเปลือก ตัดแต่งเป็นขนาดตามความนิยมหรือความสะดวกใน

การใช้ ผลไม้ที่ค้าง่ายเนื่องจากเอนไซม์ นิยมแช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 หรือกรดซี

เอกสารนเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดริก ร้อยละ 0.5 หรือโซเดียมไบซัลไฟต์ ร้อยละ 0.1 ผลไม้นิยมใช้อุณหภูมิต่ำเพราะมีน้ำตาล ใช้อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส ถ้าใช้สูงกว่านี้จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มไม่สวย เวลาที่ใช้อบแห้งจะหลาย ชั่วโมง ความชื้นสุดท้ายของผลไม้ประมาณ ร้อยละ 10-20 (เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, 2550)

10. วิวัฒนาการและการผลิตถ่าน

วิวัฒนาการของวิธีการเผาถ่านนั้นจะเกิดขึ้นตามยุคต่างๆ ของความเจริญที่เกิดขึ้น อารยะธรรมโบราณที่มีมาในอดีตสามารถแบ่งเขตได้จากมรดกที่สืบทอดกันมาออกเป็น 3 ส่วน คือ ตะวันออกกลาง จีนและอินคา ในปัจจุบันพบเห็นเพียงในส่วนของตะวันออกกลางและจีนเท่านั้น และจากยุคตะวันออกกลางมาถึงความเจริญในยุคของยุโรป ดังนั้นวิวัฒนาการ การเผาถ่านในโลกที่เกิดขึ้นเราอาจจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ยุค ดังนี้ ยุคของตะวันออกกลาง ได้แก่ อิหร่าน อัฟกานิสถาน ปากีสถาน ยุคของจีน ได้แก่ เกาหลี ญี่ปุ่น และยุคของยุโรป ได้แก่ ยุโรปและประเทศอาณานิคม สามารถแยกประเภทการผลิตถ่านได้ 2 ลักษณะ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2544)

10.1 การผลิตแบบพื้นเมือง มีการพัฒนาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ มาก เช่น สภาพของป่า ธรณีวิทยา ภูมิประเทศ สภาพอากาศและวิธีการนำถ่าน ไปใช้ประโยชน์ และสามารถแบ่งวิธีการผลิตได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ การเผาแบบถมเกลบ และการเผาในเตาเผา

10.2 การผลิตถ่านแบบอุตสาหกรรม สามารถแบ่งเป็น 3 วิธี ได้แก่

10.2.1 วิธีการถนแยกไม้แบบแห้ง เป็นกระบวนการผลิตที่ได้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการแยกองค์ประกอบของไม้ในโรงงาน โดยวัตถุประสงค์หลักเพื่อ การผลิตกรดอะซิดิก เมธานอล อะซิโตน และน้ำมันดินจากไม้ ส่วนผลพลอยได้คือ ถ่าน และก๊าซจาก ไม้ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในทศวรรษที่ 19 ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการถนแยกไม้แบบแห้งเกือบหมดไปแล้ว

10.2.2 วิธีการถนแยกแบบแห้งสำหรับการผลิตน้ำมันสน นิยมใช้กันทั่วไปเพื่อผลิตถ่านใช้เองในครัวเรือน โดยการใช้ไม้สนหรือต่อไม้ในการผลิตน้ำมันสน เพื่อใช้สำหรับเป็นวัตถุดิบในการทำรูปหอมหรือกำยาน พบในประเทศจีนและแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

10.2.3 กระบวนการคาร์บอนไนเซชันสำหรับการผลิตถ่าน คือ กระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่าน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การเผาไหม้ เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอนไนเซชัน โดยให้ความร้อนกับ ไม้ภายในเตาถ่าน ซึ่งทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศมากกว่า 500 องศาเซลเซียส หลังจากการสิ้นสุดการเผาไหม้ปริมาณของออกซิเจนภายในห้องเผาไหม้จะลดลงอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้จะลดต่ำลง จนถึงอุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส ขั้นตอนที่ 2 การลดความชื้น เป็นให้ความร้อนโดยการเผาไล่ความชื้นภายในเนื้อไม้ ระหว่างนี้อุณหภูมิของเตาเผาจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งอุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส ความชื้นเนื้อ ไม้จะเริ่มลดลงหมดไปในที่สุด ซึ่งสังเกตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาที่บ ชั้นตอนที่ 3 การคายความร้อน หลังจากกระบวนการไล่ความชื้นเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ จึงเริ่มทำให้เกิดคายความร้อนของไม้ โดยควบคุมอากาศไม่ให้เข้าไปทำปฏิกิริยาในเตาเผาอีก ภายในเตาด้านอุณหภูมิจะสูงถึงประมาณ 700 องศาเซลเซียส ซึ่งในระหว่างการคายความร้อนจะมีควันสีเหลืองและการระเหยของไอน้ำ พร้อมทั้งเกิดก๊าซต่างๆ ขึ้น เช่น กรดอะซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และน้ำมันดิน สำหรับวัสดุแข็งหลังจากการคายความร้อนเรียกว่า “ถ่าน” ชั้นตอนที่ 4 การทำให้เย็นตัว เป็นกระบวนการลดความร้อนของเตา ก่อนนำถ่านที่ได้จากออกจากเตา

11. เตาเผาถ่านไม้

เตาเผาถ่านไม้ สามารถทำขึ้นเอง โดยใช้ถังเปล่า 200 ลิตร นำมาเจาะปากถังออก และเจาะรูข้างหลังซึ่งจะเป็นทางออกของควัน โดยทำเป็นท่อปล่องควัน จากนั้นก็นำดินมากลบด้านบนเพื่อความแข็งแรง และป้องกันความร้อนออก การทำถ่าน ไม้จาก ไม้ที่เหลือใช้แล้วเช่น ไม้ลำไยตัดให้ได้ขนาดความยาวที่จะใส่ลงไปในถัง 200 ลิตร โดยมีขนาดใกล้เคียงกัน และใส่ลงไปในถังให้เต็ม แล้วปิดฝา ลำดับแรกเริ่มจากการนำเชื้อเพลิงมาจุดไฟ ให้ความร้อนกระจายเข้าไปในเตา เพื่อไล่ความชื้นที่อยู่ในเตาและเนื้อไม้ออกไป ซึ่งในตอนแรกนี้ควันที่เกิดจากการเผาไหม้ จะมีลักษณะเป็นสีขาวที่มีกลิ่นเหม็นของกรดประเภทเมธานอลในเนื้อไม้ เมื่อเผาถ่าน ได้สักพัก ควันจะเริ่มลดน้อยลงและเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเทาเมื่อควันเป็นสีเทาแล้วจึงค่อยๆลดเชื้อเพลิงลง เพราะต่อจากนี้ ไม้ในเตาจะเริ่มคายความร้อนจนทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจากนั้นรักษาระดับของอุณหภูมิให้ได้ที่ 25 – 120 องศาเซลเซียส รักษาระดับให้ได้นานที่สุดเพราะที่อุณหภูมิเท่านี้จะเป็นช่วงที่สารในเนื้อ ไม้ถูกขับออกมาเหมาะแก่การเก็บน้ำส้มควันไม้ที่สุด การปรับลดอุณหภูมิสามารถทำได้โดยเลื่อนช่องพื้นที่หน้าเตาที่มีไว้เพื่อให้อากาศภายนอกเข้ามาให้เริ่มสังเกตที่ควันอีกครั้งจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเทาค่อยๆกลายเป็นสีน้ำตาลเงินจึงหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้ หลังจากนั้น ไม้ที่ทำกรเผาจะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นถ่านในจังหวะนี้ต้องเร่งอุณหภูมิให้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สังเกตดูที่ควันอีกครั้งเมื่อควันสีน้ำตาลเงินเปลี่ยนเป็นสีฟ้าแสดงถึงการที่ไม้เริ่มกลายเป็นถ่านเกือบหมดแล้วเมื่อเกิดควันใสให้ทำการปิดปากเตาปล่องไฟและนำดินเหนียวมาอุดรูรั่วทั้งหมดเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศไหลผ่านเข้าไปในเตาได้จากนั้นเกลี่ยดินที่อยู่บริเวณหลังเตาออกเพื่อระบายความร้อนทิ้งไว้ประมาณ 8 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อยให้ถ่านเย็นลงจึงนำออกมาใช้ได้(เตาเผาถ่านถัง200ลิตร,2552)

12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรรณิการ์ มณีบุญ (2549) ศึกษาเครื่องอบแบบปรับปรุงมีการสลับทิศทางของลมร้อนและมีการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ โดยทำการทดลองอบแห้งลำไยทั้งลูกจำนวน 1800 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 75-80 องศาเซลเซียส ชั้นลำไยมีความหนา 60 เซนติเมตร ความเร็วลมในห้องอบแห้งประมาณ 0.1 m/s

อัตราการใช้พลังงานของอากาศ 6 kg dry air /h-kg dry bone product ใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง ลำไยมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 280 ออบจนเหลือความชื้นร้อยละ 15 พบว่าใช้เวลาในการอบแห้ง 72 ชั่วโมง

สิรินทัศน์ เตียมแหลม (2551) ทำการศึกษาคุณภาพของมะเดื่อแช่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด พบว่า ระยะเวลาการอบแห้ง 26 ชั่วโมง อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.2 เมตร/วินาที ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า aw เท่ากับ 0.60

ไกรสิงห์ อุดมญาติ (2548) ได้ทำการศึกษาถึงการพัฒนาเครื่องอบแห้งใบชาโดยใช้ปั๊มความร้อน ซึ่งใช้เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างดัดแปลงเป็นปั๊มความร้อน ด้วยการเปลี่ยนอุปกรณ์ควบคุมการไหลของน้ำยา เพื่อให้อุณหภูมิอีแวปอเรเตอร์ลดต่ำลงอยู่ในช่วง -4 องศาเซลเซียส ถึง 4 องศาเซลเซียส ตามสมมติฐานที่ว่า เมื่ออากาศเคลื่อนที่ผ่านอีแวปอเรเตอร์จะเกิดการดึงความชื้นออกจากระบบโดยการกลั่นตัว ได้ทำการดัดแปลงเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างที่มีขนาดการทำความเย็น 1 ตัน ความเย็น (12,000 BTU/hr หรือ 3,516 Watts) ซึ่งใช้น้ำยาสารทำความเย็น R-22 เป็นปั๊มความร้อน ด้วยการเปลี่ยนอุปกรณ์ควบคุมการไหลของน้ำยาสารทำความเย็นจากเดิมที่เป็น ท่อแคปปีลาไรมาเป็นเทอร์โมสแตติกเอ็กซ์แพนชันวาล์ว ขนาด 1 ตันความเย็น ซึ่งใช้สำหรับทำความเย็นจัด ติดตั้งกับเครื่องอบแห้งที่สร้าง

ทศวรรณ ปัญญาบุตร(2546) ศึกษาอิทธิพลของอัตราการไหลและอุณหภูมิลมร้อนที่มีผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง โดยทดลองหาอัตราการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-90 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 0.7 เมตรต่อวินาที และอัตราการไหลของอากาศที่ 86 และ 130 กิโลกรัมอากาศแห้งต่อชั่วโมง พบว่า ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และอัตราการไหล 130 กิโลกรัมอากาศแห้งต่อชั่วโมง ประหยัดพลังงานที่สุด สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ของลำไยหลังการอบแห้งโดยใช้ค่าสีเป็นบรรทัดฐาน พบว่า อุณหภูมิลมร้อน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเปลือกลำไย แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเนื้อลำไย และที่อุณหภูมิลมร้อนเดียวกันอัตราการไหลของอากาศไม่มีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์

พัชรกานต์ บัวนาค (2546) ศึกษาคุณภาพของกล้วยน้ำว้าอบแห้ง ด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาดหมุนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ โดยกำหนดเวลาที่ใช้ในการอบแห้งคงที่ คือ 18 ชั่วโมงต่อเครื่อง พบว่า หลังอบแห้งกล้วยจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ค่า Aw และค่าสี L C* H_o ลดลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยามลาร์ด ส่วนค่า pH และค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล้วยอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาดหมุนมีคุณภาพดีกว่ากล้วยอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ เนื่องจากสภาวะของการอบด้วยลมร้อนจะสม่ำเสมอว่า

ไพโรจน์ วิริยจารี และคณะ, (2544) พัฒนาระบวนการอบแห้งมะม่วงแก้วโดยใช้เครื่อง

อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ และเครื่องอบแห้งแบบสูญญากาศ โดยนำมะม่วงสุกไปแช่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตให้หาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายผสมของน้ำตาลซูโครส กลีเซอรอล โซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์ก่อนอบแห้งเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศคือ 45 องศาเซลเซียส ความดัน 20 มิลลิบาร์ ใช้เวลาในการทำแห้ง 4.78 ชั่วโมง ส่วนเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้เวลาสั้นกว่าคือ 2.95 ชั่วโมง นอกจากนี้การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ยังช่วยประหยัดพลังงาน และสามารถลดต้นทุนการผลิตได้

สุชีรา ตั้งวงศ์ธนศ (2547) ศึกษาการแปรรูปฟักทองแผ่นอบกรอบโดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ โดยนำฟักทองที่ผ่านการนึ่งจนมีอุณหภูมิใจกลางเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส มาอบแห้งโดยแปรผันกำลังเครื่องไมโครเวฟที่ระดับ 50% และ 60% และคงความดันที่ 680 มิลลิบาร์ อบจนมีอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 37 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า กำลังไมโครเวฟระดับ 50% มีความเหมาะสมต่อการอบฟักทอง จากนั้นนำฟักทองที่ผ่านการอบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เพื่อไล่ความชื้นบางส่วนออก แล้วทำการทดสอบคุณลักษณะทางค่านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าจะเนนคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับความเข้มข้น และมีคะแนนความชอบโดยรวมในระดับปานกลาง

อานนท์ สาตช่วง (2549) ศึกษาเครื่องอบแห้งสับประรดสด 100 กิโลกรัม ห้องอบแห้งมีขนาดเท่ากับ 0.8 m x 1.5 m x 0.8 m ซึ่งมีจำนวน 32 ถาด ถมร้อนไหลขนานกับชั้นวางวัสดุ ระบบป้อนความร้อนมีเครื่องควบแน่นและเครื่องทำระเหย ทดสอบโดยการอบเนื้อสับประรดจำนวน 100 กิโลกรัม ในระบบปิด อุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส อากาศไหลข้ามเครื่องทำระเหยร้อยละ 70 อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 114-213 kgdry air/h-kgdry product เนื้อสับประรดมีความชื้นเริ่มต้น 558 - 684 เปอร์เซ็นต์ อบจนมีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 17.9 -20.8 ใช้เวลาการอบ 34 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิลมร้อนเข้าห้องอบคงที่ อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 2.40-2.50 kgwater evap/h อัตราการดึงน้ำออก เฉลี่ย 1.79-1.90 kgwater cond/h อัตราการดึงน้ำออกจำเพาะเฉลี่ย 0.832-0.935 kgwater evap/kW-h ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ เฉลี่ย 3.85-4.33 MJ/kgwater evap และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะป้อนความร้อน เฉลี่ย 3.42-4.21

บทที่ 3

วิธีการศึกษา (Research Methodologies)

การทดสอบอบเนื้อเงาะเบื้องต้นโดยใช้ท่อใยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่านเป็นการศึกษาระยะเวลาในการอบ และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบ ซึ่งเป็นการศึกษาตู้อบและเตาเผาถ่านที่มีรูปแบบแตกต่างกัน หลังจากนั้นนำข้อดีของแต่ละเครื่องมารวมกัน โดยใช้เงาะพันธุ์โรงเรียนในการทดลอง โดยสามารถแยกออกได้ดังนี้ คือ

3.1 การทดสอบอบเนื้อเงาะเบื้องต้นโดยใช้ท่อใยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน

การทดสอบอบเนื้อเงาะเบื้องต้นโดยใช้ท่อใยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน ซึ่งหลักการถนอมอาหารที่สามารถรักษาสี กลิ่น รสชาติ และคุณค่าโภชนาการของอาหารคือการอบแห้งมาประยุกต์รวมกัน โดยวิธีการนำรังสีความร้อนที่เกิดจากหลังเตาเผาถ่านมาใช้โดยนำท่อใยหินขนาด 4 นิ้ว ยาว 100 เซนติเมตร มาวางบนหลังเตาเตาตั้งน้ำมัน 200 ลิตร ซึ่งใช้อุณหภูมิในการทดลองประมาณ 60-80 องศาเซลเซียส ซึ่งสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของสีเนื้อเงาะ มีส่วนประกอบดังนี้

1. เตาเผาถ่านที่ทำโดยใช้ถัง 200 ลิตร
2. ท่อใยหินขนาด 4 นิ้ว ยาว 100 เซนติเมตร

หลักการอบเนื้อเงาะเบื้องต้นโดยใช้ท่อใยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน ทำการบรรจุไม้พื้เข้าเตาเผาทางด้านหน้าเตา โดยวางเป็นไม้หมอนใต้เตา เรียงไม้พื้ขนาดเล็กไว้ด้านล่างเตาเผา และเรียงไม้พื้ขนาดใหญ่ไว้ด้านบนจนเต็มเตา จากนั้นนำท่อใยหินขนาด 4 นิ้ว มาวางบนหลังเตา แล้วกลบด้วยทราย จากนั้นเริ่มจุดไฟหน้าเตาเริ่มการเผาไหม้

การทดสอบมีอุปกรณ์ในการทดสอบ ได้แก่ เตาเผาถ่าน ตะขิง นาฬิกา เครื่องวัดอุณหภูมิ เลื่อย เป็นต้น มีวิธีการดังนี้

- 1) เตรียมอุปกรณ์และตรวจสอบเตาเผาถ่าน
- 2) สุ่มตัวอย่างไม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง โดยการตัดตัวอย่างช่วงกึ่งกลางยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ท่อนละ 1 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 5 ตัวอย่าง เพื่อนำมาหาค่าความชื้น
- 3) ชั่งน้ำหนักปริมาณไม้พื้ในเตา แล้วใส่ไม้พื้เอนด้านหน้าให้เต็มเตา บันทึก
- 4) พร้อมปิดฝาเตา และเตรียมไม้พื้เชื้อไฟหน้าเตา โดยชั่งน้ำหนักแบ่งเป็นกอง ๆ
- 5) สุ่มตัวอย่างเนื้อเงาะ 9 ชิ้น ชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนัก
- 6) จุดไม้พื้เชื้อไฟหน้าเตา จากนั้นเติมเชื้อไฟอบไล่ความชื้นไม้พื้ในเตาจนกว่าควันปก

ปล่องพุ่งแรงและมีสีเหลืองปนเทาหนา เริ่มบันทึกเวลาในการล่อเชื้อไฟหน้าเตา และเก็บปริมาณไม้พื้เชื้อไฟที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) หลังจากนั้นสังเกตสีควันที่เกิด บันทึกลักษณะของควัน และเวลาที่เริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้ โดยเฉพาะช่วงที่เริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้

8) สังเกตลักษณะของน้ำส้มควันไม้จากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ตั้งแต่เริ่มหยดจนถึงหยุดเก็บ โดยบันทึกเวลาปริมาณของน้ำส้มควันไม้จากการเก็บ

9) หลังจากผ่านไป 1 ชั่วโมง นำตัวอย่างเนื้อเงาะทั้ง 9 ชิ้น มาใส่ในท่อไยหิน โดยมีตะแกรงรองไม่ให้เงาะสัมผัสกับท่อไยหิน จากนั้นทำการนำตัวอย่างเงาะมาชั่งทุกๆ 15 นาที แล้วบันทึกน้ำหนักไว้ในแต่ละชั่วโมง สังเกตสีเงาะที่เปลี่ยนแปลง โดยจะหยุดทำการอบเมื่อเงาะมีสีน้ำตาลรับประทานไม่มีรอยไหม้หรือดำน้ำ

10) ดำเนินการเผาถ่านต่อไป จนควันไม่มีสีควัน จึงทำการปิดเตาทำให้ถ่านเย็นตัวเป็นเวลา 8 ชั่วโมง บันทึกเวลาที่ปิดเตา

11) หลังจากพักถ่านครบตามกำหนดเวลา ทำการเปิดเตา นำถ่านออกจากเตา โดยแยกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ หัวถ่าน และสันถ่าน จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักแต่ละส่วนและบันทึกผล

12) ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 – 11 จนครบการทดลองทั้ง 3 ครั้ง

3.2 การทดสอบอบเนื้อเงาะภายในตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน

การทดสอบอบเนื้อเงาะภายในตู้อบ โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน โดยกำหนดการทดลองอบเนื้อเงาะภายในตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านจำนวน 3 ครั้ง โดยมีตู้อบความยาว 80 เซนติเมตร กว้าง 40 เซนติเมตร และสูง 50 เซนติเมตร มาวางบนหลังเตา พร้อมกับการวัดอุณหภูมิหน้าตู้อบด้านหน้าเตา อุณหภูมิในทราง และ ในตู้อบหลังเตาเริ่มต้นเมื่อเริ่มจุดเชื้อไฟหน้าเตา และทำการชั่งน้ำหนักหลังจากนั้นทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนทำการทดลองจบ โดยสังเกตจากสีของเนื้อเงาะที่ดูน่ารับประทาน เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในตู้อบ ระยะเวลาในการเผา ปริมาณของถ่านและปริมาณน้ำส้มควันไม้ ซึ่งภายในตู้อบจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้น สามารถอบเนื้อเงาะได้ 63 ชิ้น ซึ่งมีอุปกรณ์ในการทดสอบ ได้แก่ เตาเผาถ่าน ตาชั่ง นาฬิกา เครื่องวัดอุณหภูมิ เลื่อย ฆ่าง เป็นต้น มีวิธีการดังนี้

- 1) เตรียมอุปกรณ์และตรวจสอบเตาเผาถ่าน
- 2) สุ่มตัวอย่างไม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง โดยการตัดตัวอย่างช่วงกึ่งกลางยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ท่อนละ 1 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 5 ตัวอย่าง เพื่อนำมาหาค่าความชื้น
- 3) ชั่งน้ำหนักปริมาณไม้ฟืนในเตา แล้วใส่ไม้ฟืนด้านหน้าให้เต็มเตา บันทึก
- 4) พร้อมปิดฝาเตา และเตรียมไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตา โดยชั่งน้ำหนักแบ่งเป็นกอง ๆ
- 5) สุ่มตัวอย่างเนื้อเงาะ 18 ชิ้น แบ่งเป็น 2 ชั้นชั้นละ 9 ชิ้น ชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนัก

6) จุดไม้พินเชื้อไฟหน้าเตา จากนั้นเติมเชื้อไฟอบไล่ความชื้นไม้พินในเตาจนกว่าควันปากปล่องพุ่งแรงและมีสีเหลืองปนเทาหนา เริ่มบันทึกเวลาในการล่อเชื้อไฟหน้าเตา และเก็บปริมาณไม้พินเชื้อไฟที่ใช้

7) หลังจากนั้นสังเกตสีควันที่เกิด บันทึกลักษณะของควัน และเวลาที่เริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้ โดยเฉพาะช่วงที่เริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้

8) สังเกตลักษณะของน้ำส้มควันไม้จากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ตั้งแต่เริ่มหยดจนถึงหยุดเก็บ โดยบันทึกเวลาปริมาณของน้ำส้มควันไม้จากการเก็บ

9) หลังจากผ่านไป 1 ชั่วโมง นำตัวอย่างเนื้อเงาะมาใส่ในตู้อบ โดยมีตะแกรงรองไม่ให้เงาะสัมผัสกับท่อพื้นหรือผนังของตู้อบ จากนั้นทำการนำตัวอย่างเนื้อเงาะทั้ง 18 ชิ้นมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง แล้วบันทึกน้ำหนักไว้ในแต่ละชั่วโมง สังเกตสีเงาะที่เปลี่ยนแปลง โดยจะหยุดทำการอบเมื่อเงาะมีสีน้ำตาลประจักษ์ ไม่มีรอยไหม้หรือน้ำ

10) ดำเนินการเผาถ่านต่อไป จนควันไม่มีสีควัน จึงทำการปิดเตาทำให้อ่างเย็นตัวเป็นเวลา 8 ชั่วโมง บันทึกเวลาที่ปิดเตา

11) หลังจากพักถ่านครบตามกำหนดเวลา ทำการเปิดเตา นำถ่านออกจากเตา โดยแยกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ หัวถ่าน และสันถ่าน จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักแต่ละส่วนและบันทึกผล

12) ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 – 11 จนครบการทดลองทั้ง 3 ครั้ง

3.3 ค่าชี้วัดในการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์เพื่อหาความชื้นของเนื้อเงาะ และเวลาที่เหมาะสมต่อการอบเนื้อเงาะ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$$\text{ค่าความชื้นไม้ (ฐานเปียก)} = \frac{\text{น้ำหนักไม้ก่อนเผา (กรัม)} - \text{น้ำหนักไม้หลังเผา (กรัม)}}{\text{น้ำหนักไม้ก่อนเผา (กรัม)}} \times 100$$

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ค่าความชื้นเงาะ \% (ฐานเปียก)} = \frac{\text{น้ำหนักเงาะก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักเงาะหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเงาะก่อนอบ (กรัม)}} \times 100$$

$$\text{อัตราการอบแห้งเนื้อเงาะ \%} = \frac{\text{ความชื้นเนื้อเงาะที่เปลี่ยนแปลงขณะจุดเริ่มต้น-จุดสมดุล \% (ฐานเปียก)}}{\text{เวลาในการทดลอง (นาที)}}$$

หมายเหตุ: ความชื้นสมดุลขึ้นอยู่กับสีของเนื้อเงาะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล (Finding and Results)

4.1 ผลการทดสอบบ่อน้ำร้อนเบื้องต้นโดยใช้ท่อไยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน

การศึกษาในขั้นตอนนี้ ได้มีการศึกษาทดสอบบ่อน้ำร้อนเบื้องต้น โดยใช้ท่อไยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่านและสร้างขึ้น (ภาพที่ 4) ได้ทำการทดลอง ณ อำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี ในสภาพอากาศแวดล้อมบริเวณทดสอบ มีลมพัด แสงแดดตลอดทั้งวัน ฝนตกเป็นบางวัน และมีอุณหภูมิประมาณ 35.7 องศาเซลเซียส โดยทดลองเผาและอบรวม 3 วัน แสดงขั้นตอนและข้อมูลการทดลองในภาคผนวก ข ระดับอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ ของตุ๋น และวิเคราะห์ผลได้ดังนี้



ภาพที่ 4 รูปห้องอบน้ำร้อนเบื้องต้น โดยใช้ท่อไยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน

การทดลองเริ่มจากตัดไม้เป็นท่อนยาวประมาณ 70 เซนติเมตร และบรรจุใส่เตาทางด้านหน้าของเตา โดยเรียงไม้ตามแนวยาวของเตาบนไม้หมอนในเตาที่ยกสูงจากพื้นประมาณ 0.10 เมตร เพื่อให้อากาศไหลผ่านได้สะดวก ซึ่งบรรจุไม้ขนาดเล็กก่อน แล้วจึงเรียงท่อนที่มีขนาดใหญ่กว่าด้านบนเป็นชั้นๆ จนเต็มเตา จากนั้นนำท่อไยหินความยาว 80 เซนติเมตร มาวางไว้ด้านบนของเตา และปิดด้วยทราย โดยหน้าท่อไยหินจะต่อด้วยช่องลงไปทีหน้าเตา 2 ตัว และด้านหลัง 1 ตัว แล้วจัดเตรียมบ่อน้ำร้อนตัวอย่าง 9 ชั้น และเติมไม้เชื้อไฟหน้าเตาพร้อมกับจุดไฟ รวมกับการเป่าลมเข้าหน้าเตา เพื่อให้อากาศร้อนไหลเข้าภายในเตา พร้อมกับบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ หลังจากการจุดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าเตาได้ไม่นานจะมีควันค่อยๆ ลอยออกทางปากปล่องเตา ระหว่างนั้นต้องคอยเติมเชื้อไฟในช่องไฟ หน้าเตาเป็นระยะๆ จนกว่าควันจะมีสีเทาเข้ม ทำการจุดเตาผ่านไป 1 ชั่วโมง จึงนำตัวอย่างเนื้อเงาะ ไปอบ โดยใส่ตัวอย่างทางด้านหลังของท่อโยหิน และเติมเชื้อไฟในช่องไฟหน้าเตาเป็นระยะๆ จนกว่าควันจะมีสีเทาเข้ม

การทดลองที่ 1 ใช้ไม้ที่มีความชื้น 15.46 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลอง มีปริมาณไม้พืนในเตาหนัก 64 กิโลกรัม ปริมาณไม้พืนเชื้อไฟ 4 กิโลกรัม ซึ่งก่อนการทดลองอุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ทราายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิ 36.3, 61.4 และ 37.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ หลังการจุดเตาประมาณ 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ทราายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 55 58 และ 49 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างเนื้อเงาะจำนวน 9 ตัวอย่างมีน้ำหนัก 9.38 11.20 7.72 10.94 7.74 8.32 9.38 8.66 10.66 กรัม ตามลำดับไปวางในท่อโยหิน เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 55 นาที มีน้ำส้มควันไม้หยดลงภาชนะเก็บ เวลาผ่านไป 15 นาที อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทราายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 60.4, 57.6 และ 53.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จึงนำตัวอย่างเนื้อเงาะ ออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 9.02 10.96 6.94 10.42 7.26 7.96 8.96 8.32 10.02 กรัม ตามลำดับแล้วนำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบเป็นเวลาอีก 15 นาที ก็นำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 8.60 10.20 6.48 9.92 6.86 7.72 8.52 7.82 9.38 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทราายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 65.8, 57.3 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 8.02 9.60 5.98 9.36 6.42 7.26 7.96 7.46 9.00 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทราายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 68.5, 57.6 และ 56.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 7.60 8.80 5.42 8.72 5.94 6.48 7.50 7.04 8.52 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณ ด้านหน้าตู้ ทราายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 77.7, 59.1 และ 63.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 6.96 8.30 4.74 7.82 5.14 5.90 6.84 6.22 7.92 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทราายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 80.4, 60.5 และ 60.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับแล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 6.30 7.20 4.18 7.06 4.58 5.24 6.08 5.48 7.18 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทราายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 81.3, 64 และ 70.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 5.20 6.30 3.64 5.98 3.98 4.46 5.18 4.86 6.48 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทราายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 84.5, 66.1 และ 73.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 4.56 5.14 3.38 5.30 3.60 3.68 4.42 4.28 5.56 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิ

บริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 86.2, 72 และ 76.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 4.30 4.76 2.86 4.66 3.08 3.29 3.82 3.90 5.00 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 93.8, 75.1 และ 77.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 4.06 4.20 2.62 4.18 2.88 3.02 3.39 3.48 4.46 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 86.4, 81.8 และ 75.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.76 4.00 2.38 3.82 2.68 2.64 3.12 3.14 4.06 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 91.6, 85.2 และ 83.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.34 3.56 2.34 3.58 2.58 2.54 2.96 2.74 3.74 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 88.4, 92.5 และ 83.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.26 3.48 2.20 3.44 2.48 2.44 2.78 2.64 3.50 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 75.3, 96.1 และ 90.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.08 3.36 2.16, 3.32, 2.36, 2.34, 2.68, 2.50, 3.28 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 73.8, 103.8 และ 86.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.00, 3.20, 2.14, 3.16, 2.26, 2.26, 2.58, 2.44, 3.18 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 63.3, 108 และ 80.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 2.94, 3.12, 2.12, 3.02, 2.20, 2.16, 2.52, 2.24, 3.14 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 63.2, 116 และ 84.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 2.92, 3.08, 2.10, 3.00, 2.18, 2.10, 2.50, 2.18, 3.00 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 75.3, 119.7 และ 67.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 2.90, 3.02, 2.06, 2.96, 2.16, 2.06, 2.46, 2.10, 2.98 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 63.6, 126.3 และ 74.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 2.88, 2.98, 2.06, 2.88, 2.12, 2.02, 2.42, 2.06, 2.86 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 65.2, 129 และ 65.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.88, 2.92, 2.06, 2.84, 2.08, 2.04, 2.36, 2.04, 2.78 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 58, 133.6 และ 69.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 2.86, 2.90, 2.04, 2.82, 2.08, 2.04, 2.36, 2.02, 2.78 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 58.9, 135.2 และ 82.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 2.82, 2.88, 2.02, 2.80, 2.06, 2.02, 2.34, 2.00, 2.74 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 49.7, 138 และ 88.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 2.80, 2.86, 2.02, 2.80, 2.04, 2.02, 2.32, 2.00, 2.72 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 47.2, 138.7 และ 84.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 2.72, 2.86, 2.02, 2.78, 2.04, 2.02, 2.32, 2.00, 2.70 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 45.9, 139.8 และ 68.4 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงปิดหน้าเตาและปากปล่องเพื่อหยุดการเผาไหม้แล้วพักถ่านไว้ 12 ชั่วโมงได้ถ่าน 14.8 กก. ได้น้ำส้มควันไม้ 0.8 ลิตร

การทดลองที่ 2 ใช้ไม้ที่มีความชื้น 15.46 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลอง มีปริมาณ ไม้พินในเตาหนัก 64 กิโลกรัม ปริมาณ ไม้พินเชื้อไฟ 4 กิโลกรัม ซึ่งก่อนการทดลองอุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิ 51.3, 47.7 และ 39 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังการจุดเตาประมาณ 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ บริเวณ ด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 120.9, 48.3 และ 66.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเงาะที่ชั่งน้ำหนักแล้วจำนวน 9 ตัวอย่างมีน้ำหนัก 9.02, 7.10, 7.58, 10.24, 9.54, 6.90, 5.16, 6.98 และ 10.10 กรัม ตามลำดับ ไปวางในท่อไยหิน เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 55 นาที มีน้ำส้มควันไม้หยดลงภาชนะเก็บ เวลาผ่าน 15 นาที อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 133.6, 49 และ 69.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จึงนำตัวอย่างเนื้อเงาะ ออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 8.72, 6.64, 7.26, 9.88, 9.14, 6.58, 5.00, 6.76 และ 9.86 กรัม ตามลำดับหลักจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที ก็นำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 8.30, 6.38, 6.86, 9.56, 8.86, 6.36, 4.74, 6.56 และ 9.60 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 146.6, 52.4 และ 83.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำตัวอย่างเนื้อเงาะออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 7.80, 5.78, 6.42, 9.04, 8.38, 5.86, 4.42, 6.22 และ 9.22 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 169.3, 54.8 และ 83.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 7.06, 5.12, 5.68, 8.14, 7.46, 5.22, 3.92, 5.78 และ 8.64 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณ ด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 167.5, 60.6 และ 86.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 6.44, 4.54, 5.10, 7.44, 6.72, 4.66, 3.46, 5.34 และ 8.12 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณ ด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 169.4, 64.2 และ 79.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับแล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 5.84, 4.00, 4.54, 6.76, 5.96, 4.08, 3.00, 4.86 และ 7.54 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 163.3, 72 และ 86 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 5.20, 3.44, 3.96, 5.94, 5.10, 3.50, 2.50, 4.28 และ 6.82 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 160.2, 76.2 และ 75.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 4.82, 3.34, 3.54, 5.38, 4.44, 3.02, 2.02, 3.62 และ 5.84 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 152.1, 84.8 และ 70.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 4.18, 2.66, 3.00, 4.72, 3.82, 2.56, 1.80, 3.14 และ 5.18 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 141.5, 89 และ 76.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.96, 2.62, 2.98, 4.58, 3.62, 2.42, 1.64, 2.98 และ 4.96 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 125, 97.5 และ 71.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.70, 2.38, 2.58, 4.12, 3.18, 2.10, 1.46, 2.64 และ 4.46 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 115.4, 101.4 และ 76 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.50, 2.30, 2.48, 3.88, 3.00, 1.96, 1.40, 2.46 และ 4.20 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณ ด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 101.8, 108.8 และ 62.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.30, 2.20, 2.36, 3.64, 2.78, 1.86, 1.40, 2.34 และ 3.98 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 97.2, 111.8 และ 74.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.20, 2.16, 2.26, 3.44, 2.66, 1.80, 1.38, 2.22 และ 3.76 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 89.4, 118.6 และ 64.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.04, 2.14, 2.22, 3.34, 2.52, 1.72, 1.34, 2.18 และ 3.58 กรัม

ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 89.4, 118.6 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

64.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 2.90, 2.08, 2.16, 3.22, 2.48, 1.72, 1.34, 2.12 และ 3.42 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 85.5, 122.1 และ 58.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 2.72, 2.06, 2.12, 3.02, 2.34, 1.72, 1.34, 2.06 และ 3.28 กรัม ตามลำดับ จากนั้นจึงปิดหน้าเตาและปากปล่องเพื่อหยุดการเผาไหม้ แล้วพักถ่านไว้ 12 ชั่วโมง ได้ถ่าน 13.6 กก. ได้น้ำส้มควันไม้ 0.6 ลิตร

การทดลองที่ 3 ใช้ไม้ที่มีความชื้น 15.46 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลอง มีปริมาณไม้ฟืนในเตาหนัก 64 กิโลกรัม ปริมาณไม้ฟืนเชื้อไฟ 4 กิโลกรัม ซึ่งก่อนการทดลองอุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิ 31.8, 50.9 และ 34.6 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังการจุดเตาประมาณ 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ บริเวณ ด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 66.9, 49.3 และ 41.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเงาะที่ชั่งน้ำหนักแล้วจำนวน 9 ตัวอย่างมีน้ำหนัก 9.12, 7.46, 6.58, 8.24, 6.86, 7.54, 8.70, 7.48 และ 6.60 กรัม ตามลำดับไปวางในท่อไยหิน เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 55 นาที มีน้ำส้มควัน ไม้หยดลงภาชนะเก็บ เวลาผ่าน 15 นาที อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 67.6, 49.1 และ 43.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จึงนำตัวอย่างเนื้อเงาะ ออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 8.72, 7.22, 6.30, 7.86, 6.50, 7.40, 8.48, 7.26, 6.34 กรัม ตามลำดับหลังจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที ก็นำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 8.26, 6.84, 6.00, 7.72, 6.32, 7.20, 8.24, 7.04 และ 6.14 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 74.5, 49.1 และ 47 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 7.94, 6.58, 5.78, 7.36, 6.16, 7.00, 8.04, 6.88 และ 6.00 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 76.1, 50 และ 50.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 7.56, 6.26, 5.48, 7.06, 5.86, 6.78, 7.76, 6.60 และ 5.78 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณ ด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 103.5, 51 และ 58.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 6.92, 5.66, 4.92, 6.52, 5.40, 6.34, 7.30, 6.24 และ 5.48 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 106.6, 52.2 และ 68.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับแล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 6.32, 5.10, 4.42, 6.00, 4.92, 5.90, 6.82, 5.82 และ 5.06 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 123.5, 55.4 และ 73.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 6.02, 4.76, 4.08, 5.54, 4.56, 5.44, 6.20, 5.20 และ 4.60 กรัม ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

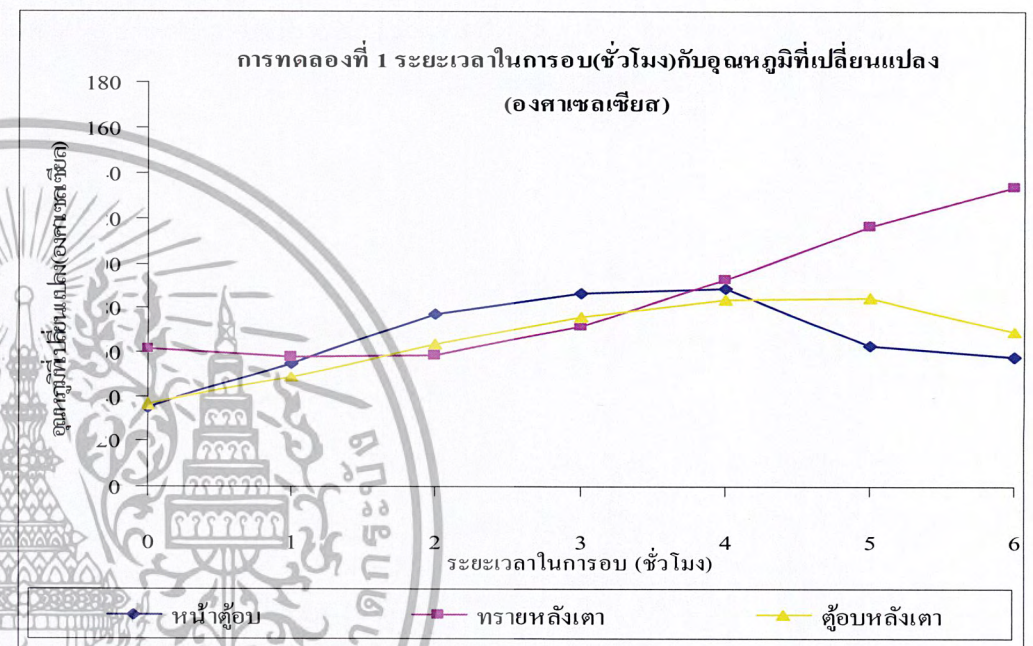
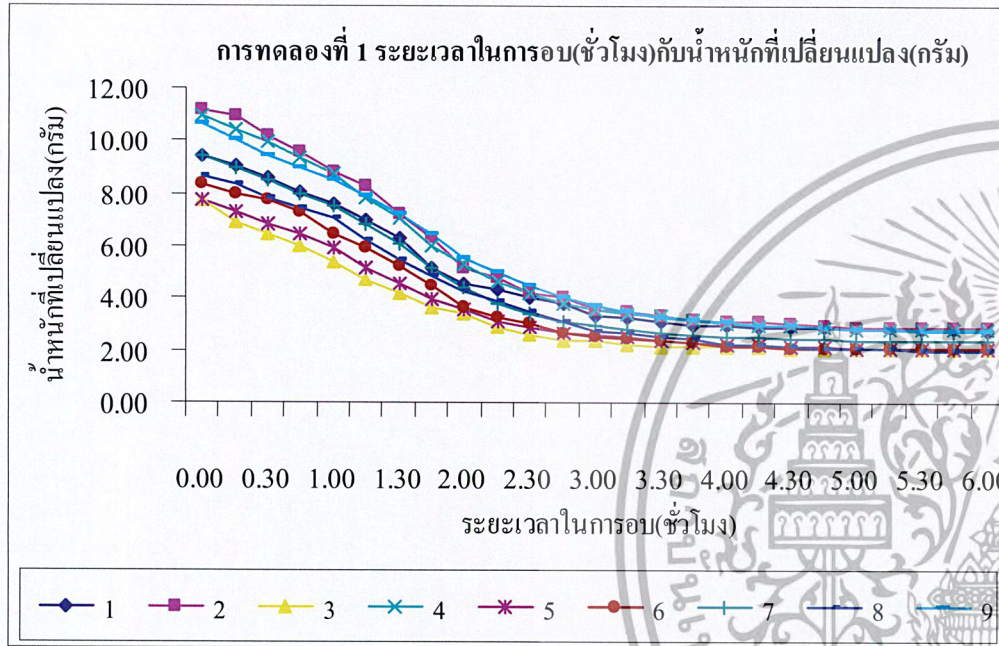
อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 126, 57.3 และ 71.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 5.52, 4.30, 3.64, 4.96, 4.08, 4.98, 5.68, 4.80, 4.22 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 133.5, 62.4 และ 72.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 5.06, 3.96, 3.30, 4.48, 3.72, 4.60, 5.30, 4.46 และ 3.96 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 132.6, 65.7 และ 85.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 4.70, 3.56, 2.96, 3.94, 3.29, 3.98, 4.54, 3.80 และ 3.38 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 127.4, 71.9 และ 87.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 4.52, 3.30, 2.65, 3.52, 3.02, 3.66, 4.10, 3.38 และ 3.08 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 130.6, 75.4 และ 85.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 4.16, 3.04, 2.44, 3.24, 2.70, 3.26, 3.54, 3.04 และ 2.74 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 111.16 °C และ 75.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.84, 2.72, 2.22, 2.82, 2.44, 2.86, 3.16, 2.76 และ 2.48 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 108.4, 86.3 และ 72.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.64, 2.62, 2.10, 2.68, 2.34, 2.74, 2.96, 2.60 และ 2.34 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 99.2, 94 และ 75.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.56, 2.52, 2.06, 2.54, 2.26, 2.62, 2.84, 2.50 และ 2.28 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 88.6, 96.8 และ 76.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.44, 2.46, 2.02, 2.50, 2.22, 2.56, 2.76, 2.44 และ 2.22 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 84.3, 103 และ 59.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.32, 2.38, 2.00, 2.44, 2.18, 2.48, 2.66, 2.36 และ 2.16 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 76.6, 105.9 และ 80.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.32, 2.38, 2.00, 2.44, 2.18, 2.48, 2.66, 2.36 และ 2.16 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 70.8, 110.7 และ 59.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในทางอื่นใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

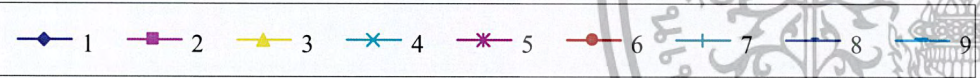
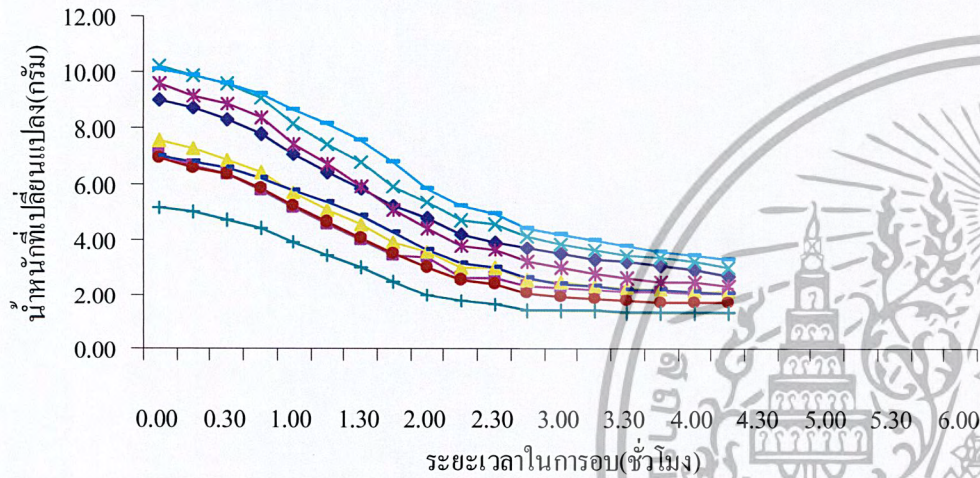
ออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.26, 2.32, 1.96, 2.38, 2.18, 2.40, 2.62, 2.34 และ 2.12 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 66.8, 112.5 และ 69.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 15 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 3.16, 2.26, 1.92, 2.30, 2.12, 2.32, 2.54, 2.28 และ 2.06 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทรายหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิประมาณ 74, 115.7 และ 75 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นจึงปิดหน้าเตาและปากปล่องเพื่อหยุดการเผาไหม้แล้วพักถ่านไว้ 12 ชั่วโมง ได้ถ่าน 16.8 กก. ได้น้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร (ดังภาพที่ 5)



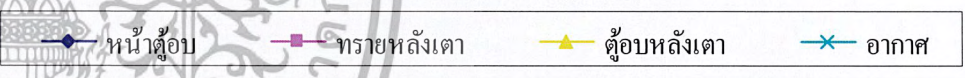
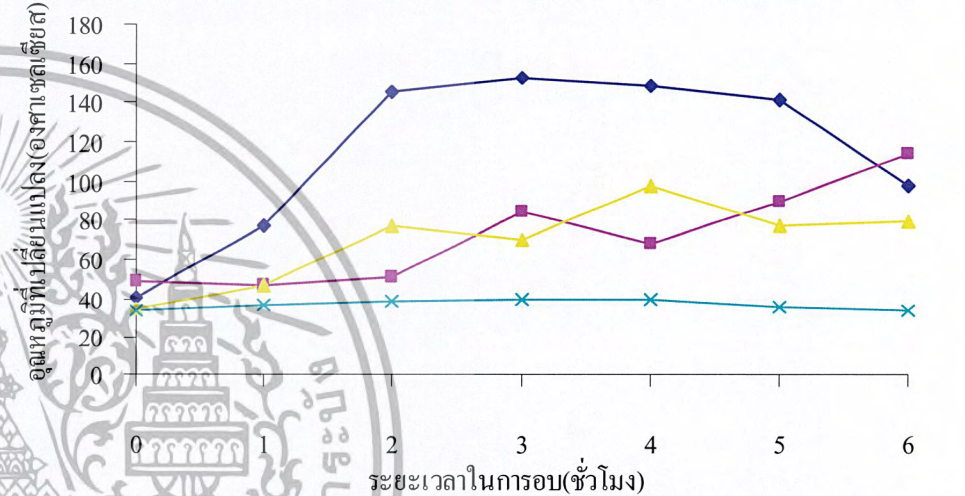
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

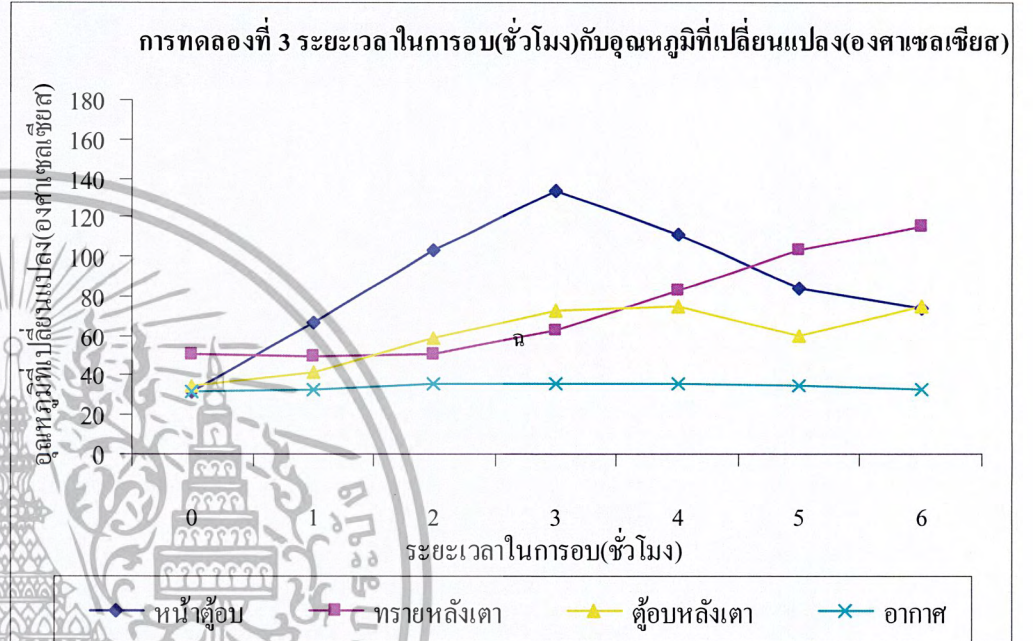
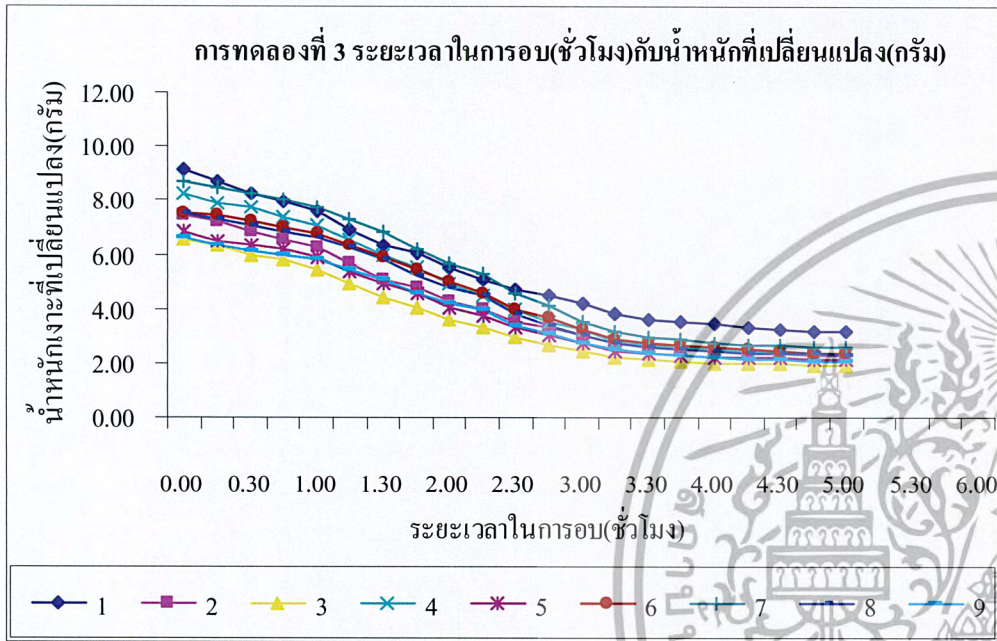


การทดลองที่ 2 ระยะเวลาในการอบ(ชั่วโมง)กับน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง(กรัม)



การทดลองที่ 2 ระยะเวลาในการอบ(ชั่วโมง)กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง(องศาเซลเซียส)





ภาพที่ 5 ระยะเวลาในการอบกับน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงและระยะเวลาในการอบกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

ผลการทดสอบอบเนื้อเงาะเบื้องต้นโดยใช้ท่อใยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน ครั้งนี้ได้ใช้ไม้พินในเตาเฉลี่ย 60.5 กิโลกรัม และใช้ไม้พินเชื้อไฟเฉลี่ย 3.66 กิโลกรัม ความชื้นไม้พินในเตาเฉลี่ย 15.96 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ระยะเวลาในการเผาทั้งหมดเฉลี่ย 3.8 ชั่วโมง ได้น้ำส้มควันไม้เฉลี่ย 0.8 ลิตร สามารถผลิตถ่านได้เฉลี่ย 14.8 กิโลกรัม ต่อเตา แต่เหลือส่นถ่านเฉลี่ย 1.66 กิโลกรัม มีอัตราการผลิตได้น้ำส้มควันไม้เฉลี่ย 0.32 ลิตรต่อชั่วโมงมีเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน 21.35 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพการผลิตถ่าน 21.67 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การศึกษาทดสอบอบเนื้อเงาะเบื้องต้นโดยใช้ท่อใยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน

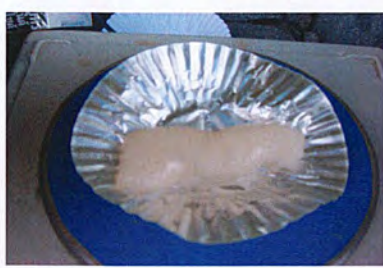
รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองที่			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปริมาณไม้พินในเตา(กิโลกรัม)	64	56.5	61	60.5
ปริมาณไม้พินเชื้อไฟ(กิโลกรัม)	3.5	3	4.5	3.66
ความชื้นไม้พินในเตา(%ฐานเปียก)	15.46	17.13	15.30	15.96
ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด(ชั่วโมง)	4	4	3.40	3.8
ปริมาณน้ำส้มควันไม้(ลิตร)	0.8	0.6	1	0.8
น้ำหนักถ่านที่เผาได้(กิโลกรัม)	14	13.6	16.8	14.8
น้ำหนักส่นถ่าน(กิโลกรัม)	0	2	3	1.66
อัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้(ลิตร/ชั่วโมง)	0.39	0.26	0.32	0.32
เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน(%)	21.87	14.64	27.54	21.35
ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน(%)	21.87	20.53	22.62	21.67

ในการศึกษาทดสอบอบเนื้อเงาะเบื้องต้นโดยใช้ท่อใยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่านใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมง หลังจากจุดเตา 1 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 15 นาที เริ่มจุดเตาทำการทดลอง เวลา 9.20 เวลาผ่านไป 15 นาที (09.35) นำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบ น้ำหนักก่อนอบอยู่ที่ 9.38 กรัม โดยเนื้อเงาะมีลักษณะเปียก เมื่อทำการอบ เนื้อเงาะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนกระทั่งเวลา 11.05 เนื้อเงาะมีการเปลี่ยนที่ผิวมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอ่อนมีน้ำหนักเหลือ 6.30 กรัมที่อุณหภูมิ 65.8 °C และ การเปลี่ยนแปลงครั้งต่อไปที่จะเห็นได้ชัดเจน เวลา 12.05 ลักษณะของเนื้อเงาะบริเวณขอบเนื้อเงาะจะมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อเงาะมีน้ำหนัก 4.06 กรัมที่อุณหภูมิ 81.3 °C หลังจากนั้นเนื้อเงาะจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้นเรื่อยๆ และขนาดก็จะเล็กลงตามระยะเวลาที่อบจนถึงเวลา 14.35 เนื้อเงาะมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มเสมอกันและมีขนาดเล็ก โดยมีน้ำหนัก 2.88 กรัม ที่อุณหภูมิ 63.2 °C ดังภาพที่แสดงเวลา น้ำหนัก อุณหภูมิ และสีทุก 15 นาที ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



09.35 (เริ่ม) 9.38 g 36.3 °C



09.50 (00.15 ชม.) 9.33 g 36.3 °C



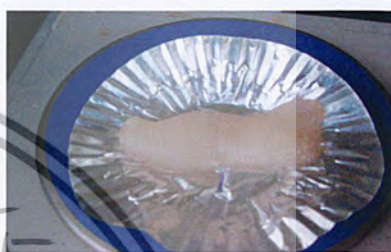
10.05 (00.30 ชม.) 8.60 g 45.3 °C



10.20 (00.45 ชม.) 8.02 g 49.2 °C



10.35 (01.00 ชม.) 7.60 g 55.1 °C



10.50 (01.15 ชม.) 6.96 g 60.1 °C



11.05 (01.30 ชม.) 6.30 g 65.8 °C



11.20 (01.45 ชม.) 5.20 g 70.4 °C



11.35 (02.00 ชม.) 4.56 g 77.7 °C



11.50 (02.15 ชม.) 4.30g 82 °C



12.05 (02.30 ชม.) 4.06 g 81.3 °C



12.20 (02.45 ชม.) 3.76 g 86.9 °C



12.35 (03.00 ชม.) 3.34 g 86.2 °C

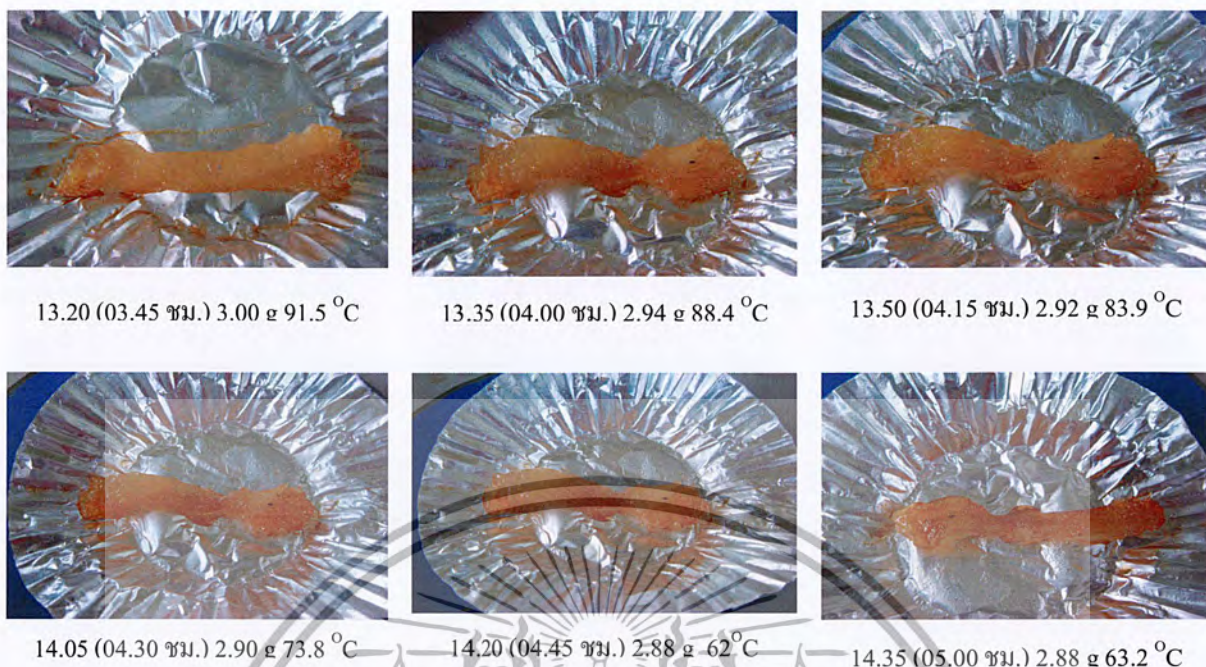


12.50 (03.15 ชม.) 3.26 g 96.5 °C



13.05 (03.30 ชม.) 3.08 g 86.4 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของเวลาน้ำหนัก อุณหภูมิ และสีของเนื้องาทุก 15 นาที

4.2 ผลการทดสอบบอบเนื้องาภายในตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน

การทดลองเริ่มจากตัดไม้เป็นท่อนยาวประมาณ 70 เซนติเมตร และบรรจุใส่เตาทางด้านหน้าของเตา โดยเรียงไม้ตามแนวยาวของเตาบนไม้หมอนในเตาที่ยกสูงจากพื้นประมาณ 0.10 เมตร เพื่อให้อากาศไหลผ่านได้สะดวก ซึ่งการบรรจุไม้จะบรรจุไม้ที่มีขนาดเล็กก่อน แล้วจึงเรียงท่อนที่มีขนาดใหญ่กว่าด้านบนเป็นชั้นๆ จนเต็มเตา จากนั้นนำตู้อบ ความยาว 80 เซนติเมตรกว้าง 40 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร มาวางไว้ด้านบนของเตา และปิดด้วยทราย แล้วจัดเตรียมเนื้องาเพื่อที่จะใส่ในตู้ให้เต็ม แล้วสุ่มตัวอย่าง จำนวน 18 ตัวอย่าง ชั้นบน 9 ตัวอย่าง ชั้นล่าง 9 ตัวอย่าง และเติมไม้เชื้อไฟหน้าเตาพร้อมกับจุดไฟ รวมกับการเป่าลมเข้าหน้าเตา เพื่อให้อากาศร้อนไหลเข้าภายในเตา พร้อมกับบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง หลังจากการจุดไฟหน้าเตาได้ไม่นานจะมีควันค่อยๆ ลอยออกทางปากปล่องเตา ระหว่างนั้นต้องคอยเติมเชื้อไฟในช่องไฟหน้าเตาเป็นระยะๆ จนกว่าควันจะมีสีเทาเข้ม ทำการจุดเตาผ่านไป 1 ชั่วโมง จึงนำเนื้องาไปอบ ผ่านไป 1 ชั่วโมง นำตัวอย่างเนื้องาออกมาชั่ง

การทดลองที่ 1 ใช้ไม้ที่มีความชื้น 14.14 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลอง มีปริมาณไม้พื้นในเตาหนัก 62 กิโลกรัม ปริมาณไม้พื้นเชื้อไฟ 2.5 กิโลกรัม ซึ่งก่อนการทดลองอุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิ 38 37 และ 38 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ หลังการจุดเตาประมาณ 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้

ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 50 58 และ 46 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นก็นำเนื้องาไปอบตามลำดับการดำเนินการตามขั้นตอนการทดลอง ซึ่งสิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าการนำไม้ไปใช้

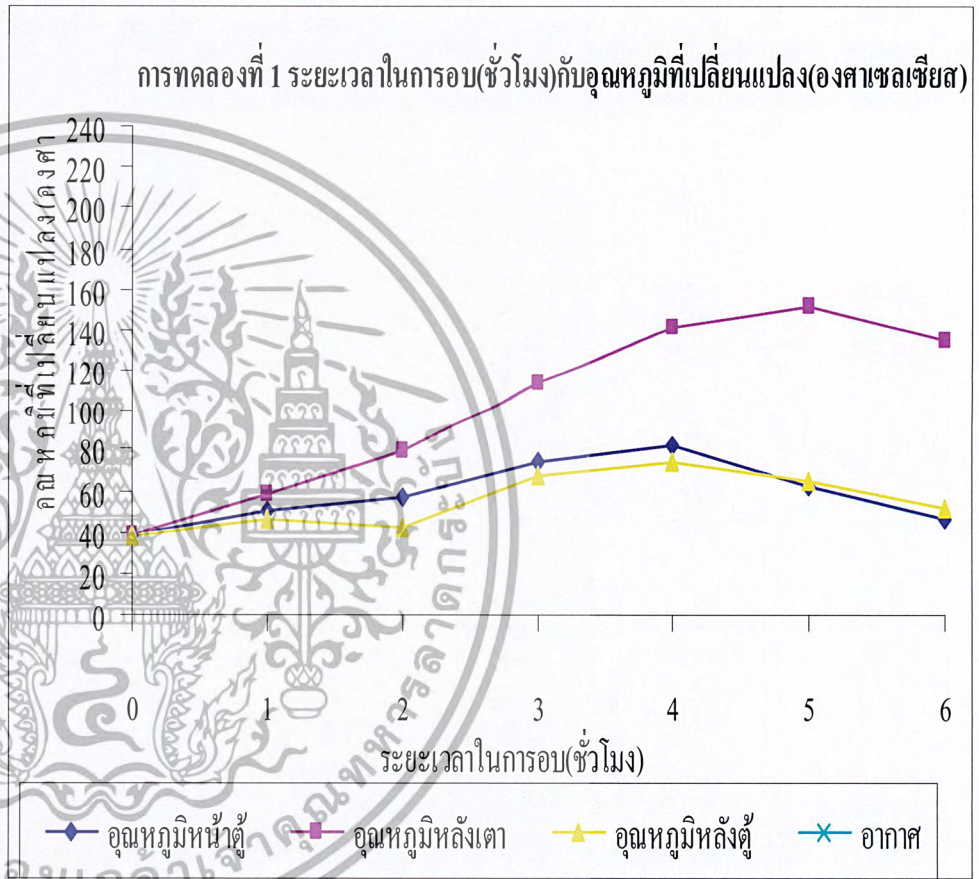
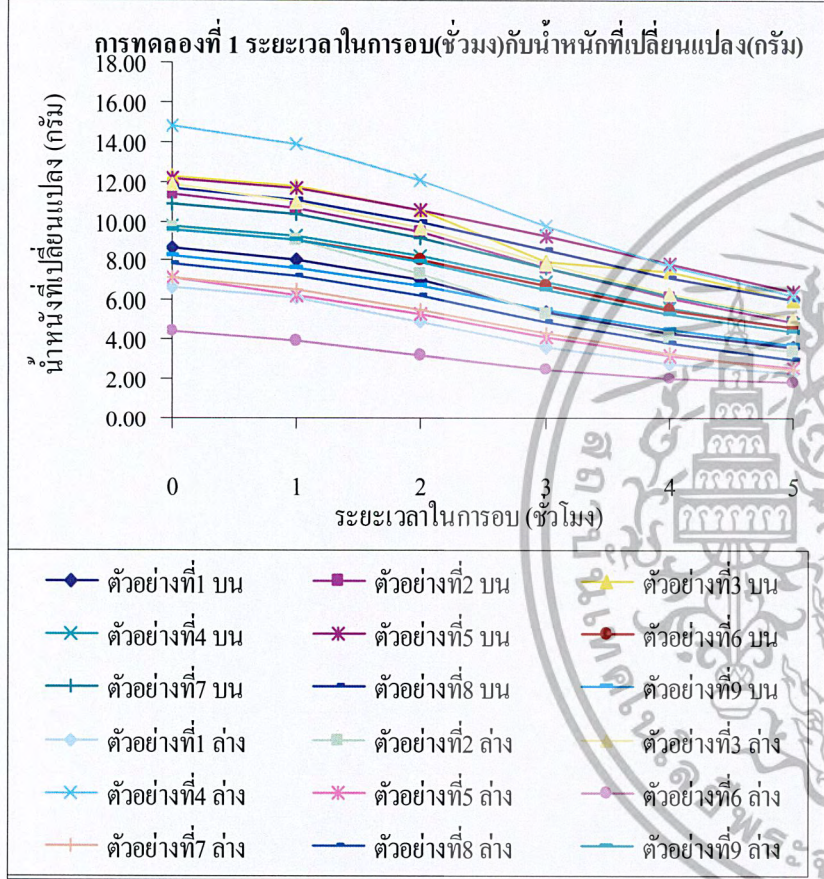
ตัวอย่างเนื้อเยื่อที่ซังน้ำหนักแล้วจำนวน 18 ตัวอย่าง ไปวางในตู้อบ ซึ่งมี 2 ชั้น วางชั้นละ 9 ตัวอย่าง ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนักก่อนอบ 8.62, 11.37, 12.30, 9.76, 12.18, 9.61, 10.90, 11.64, 8.20 กรัม ตามลำดับ ชั้นล่างมีน้ำหนักก่อนอบ 6.68, 9.66, 11.88, 14.82, 7.10, 4.43, 7.09, 7.82, 9.59 กรัม ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1 ชั่วโมง 10 นาที มีน้ำส้มควันไม้หยดลงภาชนะเก็บ หลังจากเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 57.78 และ 42 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเยื่อ ออกมาซังน้ำหนักซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 8.04, 10.69, 11.73, 9.24, 11.65, 9.07, 10.34, 11.03, 7.69 กรัม ตามลำดับ ชั้นล่างมีน้ำหนักเฉลี่ย 6.11, 9.07, 10.96, 13.92, 6.23, 3.95, 6.51, 7.23, 9.01 กรัม หลักจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเยื่อเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นก็นำออกมาซังน้ำหนักซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 6.99, 9.44, 10.59, 8.29, 10.54, 8.06, 9.17, 9.96, 6.71 กรัม ตามลำดับ ชั้นล่างมีน้ำหนัก 4.88, 7.39, 9.70, 12.08, 5.31, 3.21, 5.56, 6.23, 7.95 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 74.113 และ 67 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลักจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเยื่อเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นก็นำออกมาซังน้ำหนัก ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 5.43, 7.68, 7.95, 6.90, 9.22, 6.77, 7.64, 8.50, 5.51 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนัก 3.60, 5.35, 7.83, 9.77, 4.15, 2.53, 4.31, 4.95, 6.53 กรัม อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 81.141 และ 74 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลักจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเยื่อเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นก็นำออกมาซังน้ำหนัก ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 4.35, 6.10, 7.44, 5.68, 7.80, 5.58, 6.26, 7.15, 4.50 กรัม ตามลำดับ ชั้นล่างมีน้ำหนัก 2.80, 4.15, 6.30, 7.72, 3.25, 2.05, 3.30, 3.85, 5.30 กรัม อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 61.151 และ 64 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลักจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเยื่อเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นก็นำออกมาซังน้ำหนักซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 3.57, 4.95, 6.00, 4.62, 6.46, 4.58, 5.14, 6.02, 3.69 กรัม ตามลำดับ ชั้นล่างมีน้ำหนัก 2.30, 3.42, 5.16, 6.21, 2.60, 1.77, 2.49, 3.04, 4.47 กรัม ตามลำดับ อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 45.135 และ 51 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วก็ปิดเตา หลังจากนั้นก็รอนไฟดับ ได้ถ่าน 16 กก. สันถ่าน 0.8 กก. ได้น้ำส้มควันไม้ 0.8 ลิตร

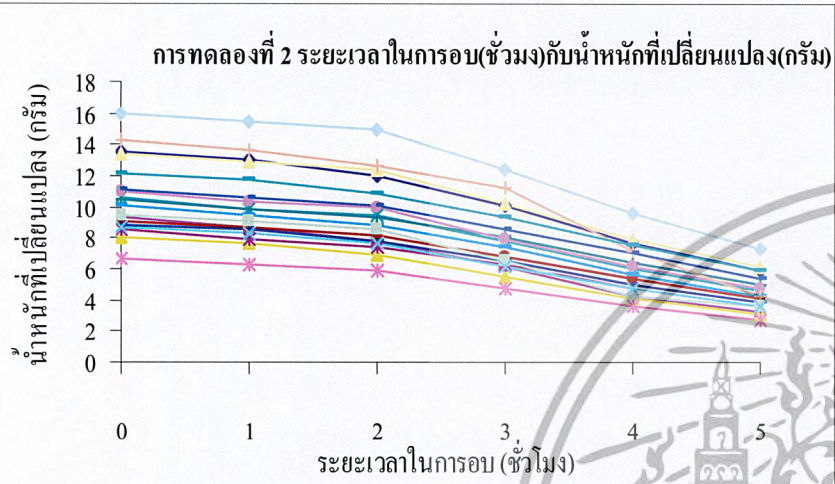
การทดลองที่ 2 ใช้ไม้ที่มีความชื้น 15.11 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลอง มีปริมาณไม้พืนในเตาหนัก 63.5 กิโลกรัม ปริมาณ ไม้พืนเชื้อไฟ 4.6 กิโลกรัม ซึ่งก่อนการทดลองอุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิ 36.44 และ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังการจุดเตาประมาณ 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 45.69 และ 46 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเยื่อที่ซังน้ำหนักแล้วจำนวน 18 ตัวอย่าง ไปวางในตู้อบ ซึ่งมี 2 ชั้น วางชั้นละ 9 ตัวอย่าง ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนักก่อนอบ 13.49, 9.30, 8.07, 10.55, 8.53, 9.12, 10.46, 8.84, 10.09 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนัก 15.97, 9.44, 13.39, 8.72, 6.62, 10.97, 14.26, 11.05, 12.09 กรัม เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 55

นาที มีน้ำส้มควันไม้หยดลงภาชนะเก็บ หลังจากเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 48.86 และ 44 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเงาะ ออกมาชั่งน้ำหนัก ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 13.01, 8.70, 7.61, 9.81, 7.96, 8.73, 9.80, 8.49, 9.41 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนัก 15.48, 9.04, 12.95, 8.26, 6.28, 10.30, 13.6, 10.58, 11.71 กรัม หลังจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นก็นำออกมาชั่งน้ำหนัก ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 12.04, 7.81, 6.92, 9.41, 7.38, 8.12, 9.30, 7.76, 8.87 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนัก 14.91, 8.59, 12.41, 7.72, 5.90, 9.91, 12.68, 10.08, 10.87 กรัม อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 56.158 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นก็นำออกมาชั่งน้ำหนัก ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 10.12, 6.07, 5.49, 7.81, 6.29, 6.78, 7.98, 6.51, 7.46 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนัก 12.4, 6.56, 10.30, 6.12, 4.74, 7.91, 11.30, 8.60, 9.38 กรัม อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 78.213 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นก็นำออกมาชั่งน้ำหนัก ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 7.62, 4.27, 4.07, 6.06, 4.70, 5.32, 6.37, 5.01, 5.67 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนัก 9.59, 4.18, 7.86, 4.70, 3.58, 6.10, 7.20, 6.96, 7.48 กรัม อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 93.236 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นก็นำออกมาชั่งน้ำหนัก ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 5.86, 3.23, 3.09, 4.63, 3.52, 4.08, 4.99, 3.83, 4.27 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนัก 7.26, 3.57, 6.08, 3.55, 2.73, 4.66, 4.26, 5.41, 5.92 กรัม อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 81.242 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วก็ปิดเตา หลังจากนั้นก็ร่อนไฟดับ ได้ถ่าน 16 กิโลกรัม สันถ่าน 1.6 กิโลกรัม ได้น้ำส้มควันไม้ 1.25 ลิตร

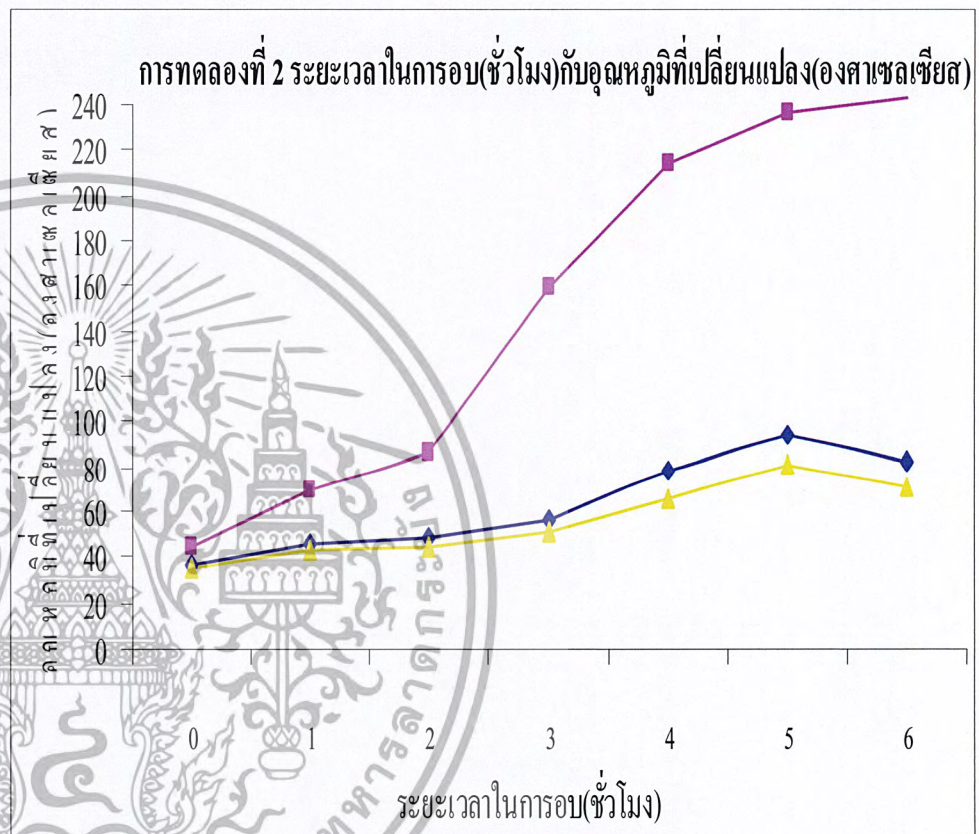
การทดลองที่ 3 ใช้ไม้ที่มีความชื้น 13.84 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลอง มีปริมาณไม้ฟืนในเตาหนัก 95.5 กิโลกรัม ปริมาณไม้ฟืนเชื้อไฟ 3.2 กิโลกรัม ซึ่งก่อนการทดลองอุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิ 22.36 และ 19 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ หลังการจุดเตาประมาณ 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 54.105 และ 49 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเงาะที่ชั่งน้ำหนักแล้วจำนวน 18 ตัวอย่าง ไปวางในตู้อบ ซึ่งมี 2 ชั้น วางชั้นละ 9 ตัวอย่าง ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนักก่อนอบ 9.11, 10.22, 13.51, 12.64, 11.84, 8.01, 13.54, 11.78, 16.28 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนักก่อนอบ 16.98, 10.35, 13.44, 16.60, 18.93, 14.89, 16.10, 14.29, 17.37 กรัม เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 55 นาที มีน้ำส้มควันไม้หยดลงภาชนะเก็บ หลังจากเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 93.201 และ 81 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเงาะ ออกมาชั่งน้ำหนัก ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 6.57, 7.84, 10.84, 10.28, 12.32, 6.34, 11.17, 9.54, 13.41 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนัก 14.28, 8.24, 11.05, 13.97,

16.13, 12.37, 13.50, 12.17, 14.93 กรัม หลักจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเยื่อเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นก็นำออกมาชั่งน้ำหนัก ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 3.87, 5.22, 7.51, 7.12, 8.92, 3.98, 8.11, 6.75, 9.83 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนัก 9.43, 5.31, 7.21, 10.28, 12.28, 8.69, 10.07, 9.02, 11.30 กรัม อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 113 225 และ 96 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลักจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเยื่อเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นก็นำออกมาชั่งน้ำหนัก ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 2.97, 4.12, 5.56, 5.37, 6.68, 2.76, 6.32, 5.29, 7.66 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนัก 7.27, 4.09, 5.12, 8.04, 9.55, 6.63, 8.00, 7.04, 8.85 กรัม อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 106 205 และ 91 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลักจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเยื่อเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นก็นำออกมาชั่งน้ำหนัก ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 2.83, 3.81, 4.91, 4.89, 6.08, 2.32, 5.68, 4.73, 6.27 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนัก 6.53, 3.71, 4.62, 7.36, 8.25, 5.68, 7.05, 6.10, 7.28 กรัม อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 85 148 และ 78 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลักจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้อเยื่อเข้าไปอบอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นก็นำออกมาชั่งน้ำหนัก ซึ่งชั้นบนมีน้ำหนัก 2.64, 3.37, 4.14, 4.13, 4.84, 1.92, 4.90, 4.20, 4.89 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนัก 5.79, 3.22, 4.09, 6.25, 7.37, 3.94, 5.71, 5.24, 6.14 กรัม อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 71 123 และ 67 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วก็ปิดเตา หลังจากนั้นก็รอจนไฟดับ ได้ถ่าน 14.6 กิโลกรัม สิ้นถ่าน 0.5 กิโลกรัม ได้น้ำส้มควันไม้ 1 ลิตร (ดังภาพที่ 7)

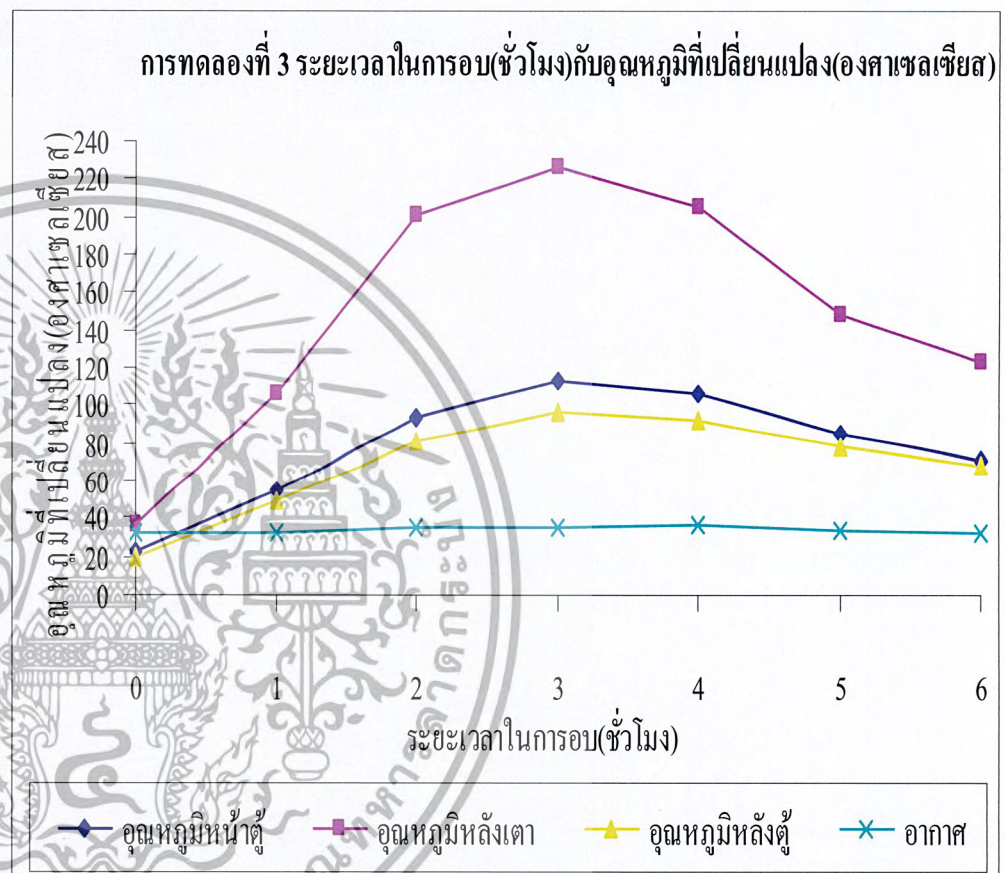
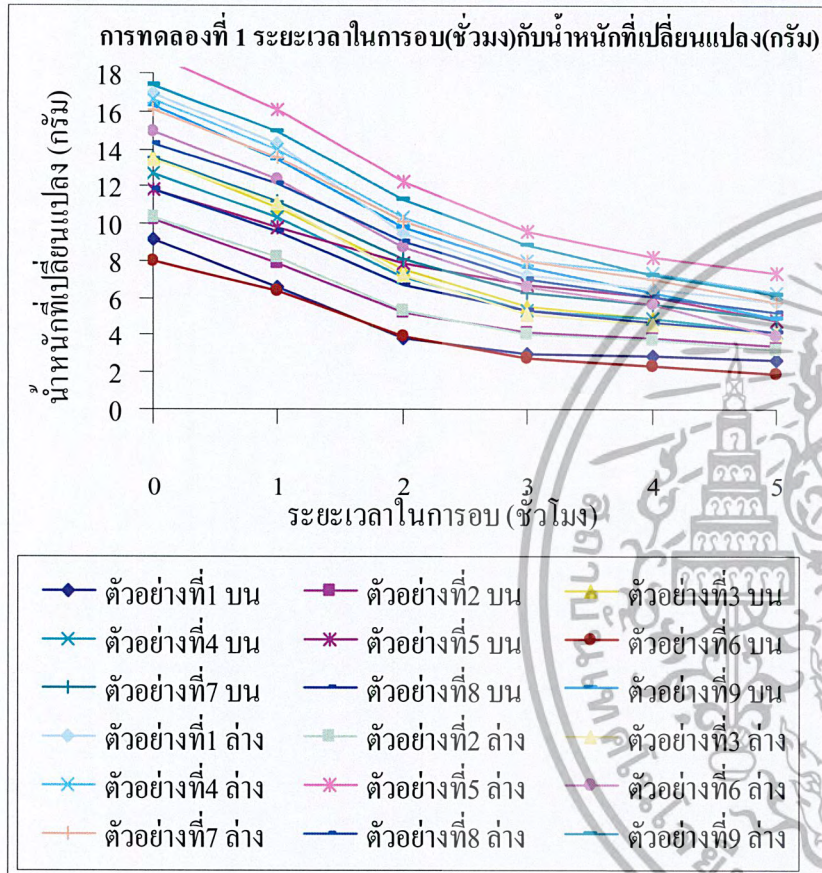




- ◆ ตัวอย่างที่ 1 บน
- ◆ ตัวอย่างที่ 2 บน
- ◆ ตัวอย่างที่ 3 บน
- ◆ ตัวอย่างที่ 4 บน
- ◆ ตัวอย่างที่ 5 บน
- ◆ ตัวอย่างที่ 6 บน
- ◆ ตัวอย่างที่ 7 บน
- ◆ ตัวอย่างที่ 8 บน
- ◆ ตัวอย่างที่ 9 บน
- ◆ ตัวอย่างที่ 1 ล่าง
- ◆ ตัวอย่างที่ 2 ล่าง
- ◆ ตัวอย่างที่ 3 ล่าง
- ◆ ตัวอย่างที่ 4 ล่าง
- ◆ ตัวอย่างที่ 5 ล่าง
- ◆ ตัวอย่างที่ 6 ล่าง
- ◆ ตัวอย่างที่ 7 ล่าง
- ◆ ตัวอย่างที่ 8 ล่าง
- ◆ ตัวอย่างที่ 9 ล่าง



- ◆ อุณหภูมิหน้าตู้
- ◆ อุณหภูมิหลังเตา
- ◆ อุณหภูมิหลังตู้



ภาพที่ 7 ระยะเวลาในการอบกับน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงและระยะเวลาในการอบกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของการทดสอบบ่อนึ่งโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน

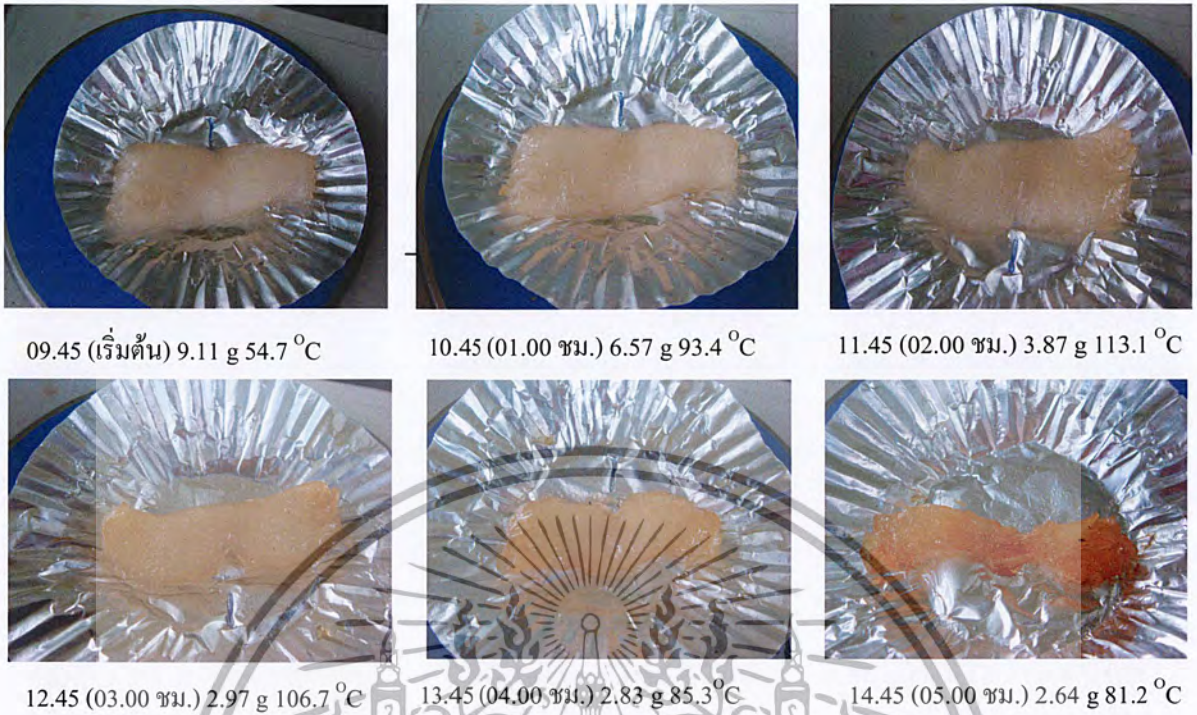
ผลการทดสอบอบเนื้อเงาะโดยตู้อบลมร้อนโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านครั้งนี้ได้ใช้ไม้พินในเตาเฉลี่ย 61.66 กิโลกรัม และใช้ไม้พินเชื้อไฟเฉลี่ย 13.03 กิโลกรัม ความชื้น ไม้พินในเตาเฉลี่ย 14.36 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ระยะเวลาในการเผาทั้งหมดเฉลี่ย 4.68 ชั่วโมง ได้น้ำส้มควันไม้เฉลี่ย 1.03 ลิตร สามารถผลิตถ่านได้เฉลี่ย 15.53 กิโลกรัม ต่อเตา แต่เหลือส่นถ่านเฉลี่ย 0.96 กิโลกรัม มีอัตราการผลิตได้น้ำส้มควันไม้เฉลี่ย 0.47 ลิตรต่อชั่วโมงมีเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน 23.62 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพการผลิตถ่าน 23.62 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การทดสอบอบเนื้อเงาะภายในตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน

รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองที่			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปริมาณ ไม้พินในเตา(กิโลกรัม)	62	63.5	59.5	61.66
ปริมาณ ไม้พินเชื้อไฟ(กิโลกรัม)	2.5	4.6	3.2	13.03
ความชื้น ไม้พินในเตา(%ฐานเปียก)	14.14	15.11	13.84	14.36
ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด(ชั่วโมง)	5.05	6	3	4.68
ปริมาณน้ำส้มควัน ไม้(ลิตร)	0.8	1.3	1	1.03
น้ำหนักถ่านที่เผาได้(กิโลกรัม)	16	16	14.6	15.53
น้ำหนักส่นถ่าน(กิโลกรัม)	0.8	1.6	0.5	0.96
อัตราการผลิตน้ำส้มควัน ไม้(ลิตร/ชั่วโมง)	0.25	0.52	0.63	0.47
เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน(%)	25.8	25.19	24.53	25.17
ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน(%)	24.51	22.67	23.69	23.62

ในการทดสอบอบเนื้อเงาะภายในตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน ใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมง หลังจากจุดเตา 1 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมง เริ่มจุดเตาทำการทดลอง เวลา 8.45 เวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง นำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบ น้ำหนักก่อนอบอยู่ที่ 9.11 กรัม โดยเนื้อเงาะมีลักษณะเปียก เมื่อทำการอบ เนื้อเงาะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จนกระทั่งเวลา 11.45 เนื้อเงาะมีการเปลี่ยนที่ผิวมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอ่อนมีน้ำหนักเหลือ 3.87 กรัมที่อุณหภูมิ 113.1 °C และ การเปลี่ยนแปลงครั้งต่อไปที่จะเห็นได้ชัดเจน เวลา 12.45 ลักษณะของเนื้อเงาะบริเวณขอบเนื้อเงาะจะมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อเงาะมีน้ำหนัก 2.97 กรัมที่อุณหภูมิ 106.7 °C หลังจากนั้นเนื้อเงาะจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้นเรื่อยๆ และขนาดก็จะเล็กลงตามระยะเวลาที่อบจนถึงเวลา 14.45 เนื้อเงาะมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มเสมอกันและมีขนาดเล็กโดยมีน้ำหนัก 2.64 กรัม ที่อุณหภูมิ 81.2 °C การทดสอบอบเนื้อเงาะภายในตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน ในครั้งนี้เวลาที่เหมาะสมในการอบเนื้อเงาะคือ 4 ชั่วโมง โดยเนื้อเงาะอบแห้งจะเข้าสู่ภาวะสมดุล ซึ่งเนื้อเงาะจะน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลงและมีสีน้ำตาลเสมอกันทั้งชิ้น ดังภาพที่แสดงเวลาน้ำหนัก อุณหภูมิ และสี ทุก 1 ชั่วโมง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเวลา น้ำหนัก อุณหภูมิ และสี ทุก 1 ชั่วโมง

4.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาทดสอบอบเนื้องาเบื่องต้นโดยใช้ท่อไยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน ก่อนการทดลองอุณหภูมิบริเวณด้านหน้าตู้ ทราบหลังเตา ด้านหลังตู้อบ มีอุณหภูมิ 36.3, 61.4 และ 37.7 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังการจุดเตา ประมาณ 1 ชั่วโมง อุณหภูมิประมาณ 55, 58 และ 49 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้องาที่ซังน้ำหนักแล้วจำนวน 9 ตัวอย่างมีน้ำหนักเฉลี่ย 9.33 กรัมไปวางในท่อไยหิน เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ ประมาณ 77, 59 และ 63 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ได้น้ำหนักเนื้องาเฉลี่ย 7.34 กรัม เมื่อชั่วโมงที่ 2 ของการอบ อุณหภูมิประมาณ 86 72 และ 76 องศาเซลเซียส ตามลำดับได้น้ำหนักเฉลี่ย 4.44 กรัม เมื่อชั่วโมง 3 ของการอบ อุณหภูมิ ประมาณ 88 92 และ 83 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ได้น้ำหนักเฉลี่ย 3.04 กรัม เมื่อชั่วโมงที่ 4 ของการอบอุณหภูมิประมาณ 63 116 และ 84 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ได้น้ำหนักเฉลี่ย 2.61 กรัม เมื่อชั่วโมงที่ 4 ของการอบ อุณหภูมิ ประมาณ 58 133 และ 69 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ได้น้ำหนักเฉลี่ย 2.44 กรัม

การทดสอบอบเนื้องาภายในตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน ก่อนการทดลองอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังการจุดเตาประมาณ 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ บริเวณด้านหน้าตู้ ด้านหลังเตา ด้านหลังตู้ มีอุณหภูมิประมาณ 54 105 และ 49 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นก็นำตัวอย่างเนื้องาที่ซังน้ำหนักแล้วจำนวน 18 ตัวอย่าง ไปวางในตู้อบ ซึ่งมี 2 ชั้น วางชั้นละ 9 ตัวอย่าง ชั้น

บนมีน้ำหนักเฉลี่ย 11.88 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนักเฉลี่ย 15.44 กรัม เมื่อชั่วโมงที่ 1 ของการอบอุณหภูมิ ประมาณ 93 201 และ 81 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื้อจะชั้นบนมีน้ำหนักเฉลี่ย 9.81 กรัม ชั้นล่างมี น้ำหนักเฉลี่ย 12.96 กรัม เมื่อชั่วโมงที่ 2 ของการอบอุณหภูมิประมาณ 113 225 และ 96 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ชั้นบนมีน้ำหนักเฉลี่ย 6.81 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนักเฉลี่ย 9.29 กรัม เมื่อชั่วโมงที่ 3 ของการอบ อุณหภูมิประมาณ 106 205 และ 91 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ชั้นบนมีน้ำหนักเฉลี่ย 5.19 กรัม ชั้นล่างมี น้ำหนักเฉลี่ย 7.18 กรัม เมื่อชั่วโมงที่ 4 ของการอบอุณหภูมิประมาณ 85 148 และ 78 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ชั้นบนมีน้ำหนักเฉลี่ย 4.61 กรัม ชั้นล่างมีน้ำหนักเฉลี่ย 6.29 กรัม เมื่อชั่วโมงที่ 5 ของการอบ อุณหภูมิประมาณ 71 123 และ 67 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ชั้นบนมีน้ำหนักเฉลี่ย 3.89 กรัม ชั้นล่างมี น้ำหนักเฉลี่ย 5.31 กรัม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Recommendation)

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการทดสอบอบเนื้อเงาะภายในตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านที่สร้างขึ้นเอง ได้ทำการทดลอง ณ อำเภอประจันตนคร จังหวัดปราจีนบุรี ในสภาพอากาศแวดล้อมบริเวณทดลองมีลมพัด แสงแดดตลอดทั้งวัน ฝนตกเป็นบางวัน และมีอุณหภูมิประมาณ 35.7 องศาเซลเซียส โดยทดลองเผาและอบรวม 3 วัน โดยมีการทดลอง 2 แบบคือ การทดสอบอบเนื้อเงาะเบื้องต้นโดยใช้ท่อไยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน และการทดสอบอบเนื้อเงาะภายในตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน

ผลการทดสอบอบเนื้อเงาะเบื้องต้น โดยใช้ท่อไยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่าน ครั้งนี้ได้ใช้ไม้พินในเตาเฉลี่ย 60.5 กิโลกรัม และใช้ไม้พินเชื้อไฟเฉลี่ย 3.66 กิโลกรัม ความชื้นไม้พินในเตาเฉลี่ย 15.96 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ระยะเวลาในการเผาทั้งหมดเฉลี่ย 3.55 ชั่วโมง ได้น้ำส้มควันไม้เฉลี่ย 0.8 ลิตร สามารถผลิตถ่านได้เฉลี่ย 14.8 กิโลกรัม ต่อเตา แต่เหลือสัณถ่านเฉลี่ย 1.66 กิโลกรัม มีอัตราการผลิตได้น้ำส้มควันไม้เฉลี่ย 0.32 ลิตรต่อชั่วโมงมีเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน 21.35 เปอร์เซ็นต์และมีประสิทธิภาพการผลิตถ่าน 21.67 เปอร์เซ็นต์ในการศึกษาทดสอบอบเนื้อเงาะเบื้องต้นโดยใช้ท่อไยหินเป็นห้องเก็บความร้อนจากเตาเผาถ่านใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมง หลังจากจุดเตา 1 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 15 นาที เริ่มจุดเตาทำการทดลอง เวลา 9.20 เวลาผ่านไป 15 นาที (09.35) นำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบ น้ำหนักก่อนอบอยู่ที่ 9.38 กรัม โดยเนื้อเงาะมีลักษณะเปียก เมื่อทำการอบเนื้อเงาะสีของเนื้อเงาะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จนกระทั่งเวลา 11.05 เนื้อเงาะมีการเปลี่ยนแปลงที่ผิวมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอ่อนมีน้ำหนักเหลือ 6.30 กรัมที่อุณหภูมิ 65.8 °C และการเปลี่ยนแปลงครั้งต่อไปที่จะเห็นได้ชัดเจน เวลา 12.05 ลักษณะของเนื้อเงาะบริเวณขอบเนื้อเงาะจะมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อเงาะมีน้ำหนัก 4.06 กรัมที่อุณหภูมิ 81.3 °C หลังจากนั้นเนื้อเงาะจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้นเรื่อยๆ และขนาดก็จะเล็กลงตามระยะเวลาที่อบจนถึงเวลา 14.35 เนื้อเงาะมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มเสมอกันและมีขนาดเล็กโดยมีน้ำหนัก 2.88 กรัม ที่อุณหภูมิ 63.2 °C

ผลการทดสอบอบเนื้อเงาะโดยตู้อบลมร้อนโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านครั้งนี้ได้ใช้ไม้พินในเตาเฉลี่ย 61.66 กิโลกรัม และใช้ไม้พินเชื้อไฟเฉลี่ย 13.03 กิโลกรัม ความชื้นไม้พินในเตาเฉลี่ย 14.36 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ระยะเวลาในการเผาทั้งหมดเฉลี่ย 4.68 ชั่วโมง ได้น้ำส้มควันไม้เฉลี่ย 1.03 ลิตร สามารถผลิตถ่านได้เฉลี่ย 15.53 กิโลกรัม ต่อเตา แต่เหลือสัณถ่านเฉลี่ย 0.96 กิโลกรัม มีอัตราการผลิตได้น้ำส้มควันไม้เฉลี่ย 0.47 ลิตรต่อชั่วโมงมีเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน 23.62 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพการผลิตถ่าน 23.62 เปอร์เซ็นต์ ในการทดสอบอบเนื้อเงาะภายในตู้อบโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน

ใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมง หลังจากจุดเตา 1 ชั่วโมงและเก็บข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมง เริ่มจุดเตาทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลอง เวลา 8.45 เวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง นำตัวอย่างเนื้อเงาะเข้าไปอบ น้ำหนักก่อนอบอยู่ที่ 9.11 กรัม โดยเนื้อเงาะมีลักษณะเปียก เมื่อทำการอบ เนื้อเงาะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จนกระทั่งเวลา 11.45 เนื้อเงาะมีการเปลี่ยนที่ผิวมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอ่อนมีน้ำหนักเหลือ 3.87 กรัม ที่อุณหภูมิ 113.1 °C และ การเปลี่ยนแปลงครั้งต่อไปที่จะเห็นได้ชัดเจน เวลา 12.45 ลักษณะของเนื้อเงาะบริเวณขอบเนื้อเงาะจะมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อเงาะมีน้ำหนัก 2.97 กรัม ที่อุณหภูมิ 106.7 °C หลังจากนั้นเนื้อเงาะจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้นเรื่อยๆ และขนาดก็จะเล็กลงตามระยะเวลาที่อบจนถึงเวลา 14.45 เนื้อเงาะมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มเสมอกันและมีขนาดเล็กโดยมีน้ำหนัก 2.64 กรัม ที่อุณหภูมิ 81.2 °C



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต.2535. การอบแห้ง.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพมหานคร.

วิไล รังสาดทอง.2545. กลไกการทำแห้ง.พิมพ์ครั้งที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
กรุงเทพมหานคร.

วิไล รังสาดทอง.2547. การถนอมอาหาร.พิมพ์ครั้งที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. คุณค่าทางอาหารที่สำคัญของเนื้อเงาะ 100 กรัม.
กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุชีรา ตั้งวงศ์ธเนศ. 2547. ศึกษาการแปรรูปโกทของแผ่นอบกรอบโดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟแบบ
สูญญากาศ.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

สิรินทัศน์ เลี่ยมแหลม.2551. การศึกษาคุณภาพของมะเดื่อแห้งอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด.
วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

สำนักงานเกษตรจังหวัดสุราษฎร์ธานี.2551. รายงานสถานการณ์ผลไม้จังหวัดสุราษฎร์ธานี ปี 2551.
สุราษฎร์ธานี.

สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์.2551. ส่วนประกอบของเงาะ.กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.2544. ถ่าน: วิศวกรรมและการผลิตถ่าน
กรุงเทพมหานคร.

อานนท์ สาดข้าง.2549. ศึกษาเครื่องอบแห้งถั่วปดสด.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.2552. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.most.go.th>

กระทรวงพลังงาน, 2552 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.eppo.go.th/index-T.html>

กรมวิชาการเกษตร.2552. เงาะ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก www.doe.go.th.

การผลิตวัสดุอบแห้งประเภทผลไม้.2552. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก

<http://protradecommercial.igetweb.com/index.php?mo=3&art=359909>

การผลิตวัสดุอบแห้งประเภทผลไม้.2552. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก

<http://www.ku.ac.th/e-magazine/october43/fruit/>

การอบแห้ง,2552 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=411>

ความร้อน,2552 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://teenet.chiangmai.ac.th/sci/>

เตาเผาถ่านถึง200ลิตร.2552. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.planenergy.co.th/node/38>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีการถนอมอาหาร,2552 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก

<http://www.snr.ac.th/elearning/sudchit/section%202-3.htm>

ธนวัต วงศ์วิริยะวุฒิข.2552 “สถานการณ์เงาะ” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก [http:// thainews.prd.go.th](http://thainews.prd.go.th)

พลังงาน.2552. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://th.wikipedia.org/wiki/>

พลังงานความร้อน.2552. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก

<http://www.learningthai.com/comprehension/9812.htm>

สถานการณ์เงาะ.2552. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://thainews.prd.go.th>

สถานการณ์เงาะ.2552. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.doae.go.th/plant/rambutan.htm>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แสดงภาพขั้นตอนลำดับการทดลอง



ภาพที่ ก.1 เรียงไม้หมอน



ภาพที่ ก.2 ชั่งน้ำหนักไม้เข้าเตา



ภาพที่ ก.3 ลักษณะการเรียงไม้



ภาพที่ ก.4 เรียงไม้จนเต็มเตา



ภาพที่ ก.5 ปิดหน้าเตา



ภาพที่ ก.6 จุดไฟหน้าเตา



ภาพที่ ก.7 จัดเตรียมเนื้อเงาะ



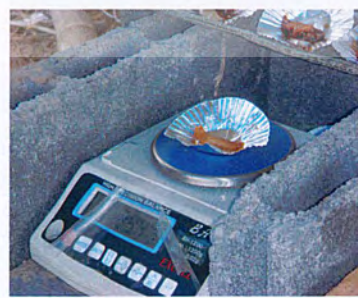
ภาพที่ ก.8 ชั่งน้ำหนักก่อนอบ



ภาพที่ ก.9 ลักษณะเนื้อเงาะที่นำไปอบ



ภาพที่ ก.10 การเติมน้ำส้มคว้นไม้



ภาพที่ ก.11 ชั่งน้ำหนักทุก 1 ชั่วโมง



ภาพที่ ก.12 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.13 ตู้อบ



ภาพที่ ก.14 จุดวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ ก.15 นำเนื้อเงาะเข้าอบ



ภาพที่ ก.16 เปิดเตา



ภาพที่ ก.17 นำอ่านออกจากเตา



ภาพที่ ก.18 ชั่งน้ำหนักถ่าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 ค่าความชื้น ไม้สำหรับการศึกษาทดสอบตู้อบลมร้อน โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านดินแบบ

การทดลองที่	ตัวอย่างที่	น้ำหนักไม้เชื้อเพลิง (กรัม)		ความชื้นไม้ % (ฐานเปียก)
		ก่อนอบ	หลังอบ	
	1	140.63	119.82	14.80
1	2	90.8	78.74	13.28
	3	91.31	79.04	13.44
	4	58.97	50.88	13.72
	5	90.58	76.58	15.46
	เฉลี่ย	94.46	81.01	14.14
2	1	169.31	144.54	14.63
	2	94.52	79.87	15.50
	3	75.79	64.88	14.40
	4	147.19	122.94	16.48
	5	148.81	127.11	14.58
	เฉลี่ย	127.12	107.87	15.12
3	1	101.35	87.92	13.25
	2	88.23	75.62	14.29
	3	143.48	122.99	14.28
	4	53.59	46.35	13.51
	5	76.65	66.01	13.88
	เฉลี่ย	92.66	79.78	13.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของตู้อบลมร้อน โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านดินแบบใน การทดลองครั้งที่ 1

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)				เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)			
	หน้าตู้อบ	ทรายหลัง	ตู้อบหลัง	อากาศ		หน้าตู้อบ	ทรายหลัง	ตู้อบหลัง	อากาศ
9:35	36.3	61.4	37.7	32	14:05	73.8	103.8	86.5	37.1
9:45	37.6	60.8	36.2	33.1	14:15	63.3	108	80.2	37.6
9:55	61.9	60.3	50.3	34.2	14:25	60.7	111.8	89	37.1
10:05	45.3	59.6	43.1	33.4	14:35	63.2	116	84.8	36.6
10:15	47.4	58.9	43.5	34.4	14:45	75.3	119.7	67.5	37.9
10:25	51	58.7	45.9	33	14:55	60	123.1	79.6	37.2
10:35	55.1	58.1	49.4	35	15:05	63.6	126.3	74.2	36.9
10:45	60.4	57.6	53.7	36.3	15:15	65.2	129	65.9	36.5
10:55	59.8	57.3	51.1	37.3	15:25	51.3	131.2	77.2	36.6
11:05	65.8	57.3	55	37	15:35	58	133.6	69.3	36.8
11:15	68.5	57.6	56.6	37.2	15:45	58.9	135.2	82.8	36.9
11:25	72.3	58.1	62.7	38.7	15:55	50.6	136.5	90.2	35.7
11:35	77.7	59.1	63.7	38.3	16:05	49.7	138	88.5	36.5
11:45	80.4	60.5	60.7	38.2	16:15	47.2	138.7	84.3	36.1
11:55	83.7	62.2	66.5	36.9	16:25	50.8	139.4	81.1	35.7
12:05	81.3	64	70.6	37.4	16:35	45.9	139.8	68.4	34.4
12:15	84.5	66.1	73.9	38	16:45	46.4	140	68.6	33.9
12:25	89.3	69.1	69.4	37.6	16:55	47.3	140.1	62.4	34.5
12:35	86.2	72	76.5	38.8					
12:45	93.8	75.1	77.3	36.7					
12:55	99.3	78.2	87.1	37.2					
13:05	86.4	81.8	75.9	36.9					
13:15	91.6	85.2	83.7	38.8					
13:25	91.5	88.9	87.8	38.5					
13:35	88.4	92.5	83.8	38.8					
13:45	75.3	96.1	90.3	39.5					
13:55	92.5	100.1	83.8	37.7					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆของตู้อบลมร้อน โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านดินแบบใน
การทดลองครั้งที่ 2

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)				เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)			
	หน้าตู้อบ	ทรายหลัง	ตู้อบหลัง	อากาศ		หน้าตู้อบ	ทรายหลัง	ตู้อบหลัง	อากาศ
11:40	51.3	47.7	39	35.2	16:10	94.3	116.7	63.1	32.4
11:50	64.1	47.4	45.3	36.4	16:20	89.4	118.6	64.8	32.5
12:00	76.8	47.2	46.3	36.7	16:30	88.6	120.3	65.6	32.5
12:10	85.7	47	49.9	36.4	16:40	85.5	122.1	58.3	32.4
12:20	90.4	47.4	55.5	37					
12:30	110.4	47.5	64.8	39.2					
12:40	120.9	48.3	66.8	39.3					
12:50	133.6	49	69.5	42					
13:00	145.6	50.9	77.1	38.5					
13:10	146.6	52.4	83.8	40.3					
13:20	160.3	54.8	83.5	40.8					
13:30	165.3	57.6	86.6	39.5					
13:40	167.5	60.6	86.8	40.6					
13:50	169.4	64.2	79.1	40.9					
14:00	148.6	68	97.3	39.8					
14:10	163.3	72	86	43.5					
14:20	160.2	76.2	75.3	38.4					
14:30	161.3	80.5	77.9	38.6					
14:40	152.1	84.8	70.4	33.9					
14:50	141.5	89	76.8	35.8					
15:00	133.6	93.3	75.5	35.4					
15:10	125	97.5	71.3	35.1					
15:20	115.4	101.4	76	34.3					
15:30	108.8	105.4	51.6	34.1					
15:40	101.8	108.8	62.6	34.1					
15:50	97.2	111.8	74.5	33.4					
16:00	97.3	114.2	79.8	33.3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆของตู้อบลมร้อนโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านดินแบบใน

การทดลองครั้งที่ 3

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)				เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)			
	หน้าตู้อบ	ทราซหลัง	ตู้อบหลัง	อากาศ		หน้าตู้อบ	ทราซหลัง	ตู้อบหลัง	อากาศ
10:10	31.8	50.9	34.6	31.6	14:40	99.2	94	75.8	35
10:20	35.9	50.7	33.9	31.1	14:50	88.6	96.8	76.7	35.7
10:30	55.7	50.1	45.5	31.4	15:00	87.6	100.2	76.3	33.7
10:40	77.3	50.1	53	31.5	15:10	84.3	103	59.3	34
10:50	46.2	49.8	40.8	30.5	15:20	76.6	105.9	80.2	34.6
11:00	57.2	49.4	47.6	32.2	15:30	71.9	108.3	72.1	33.3
11:10	66.9	49.3	41.1	31.9	15:40	70.8	110.7	59.1	34.1
11:20	67.6	49.1	43.2	33.4	15:50	66.8	112.5	69.7	32.8
11:30	71.2	49.2	48.3	34.2	16:00	66.4	114.2	71.4	32.4
11:40	74.5	49.1	47	34.9	16:10	74	115.7	75	32.5
11:50	76.1	50	50.6	32.7					
12:00	86.1	50.1	61.2	34.8					
12:10	103.5	51	58.3	35					
12:20	106.6	52.2	68.1	33.3					
12:30	115.9	53.4	74.9	36.6					
12:40	123.5	55.4	73.2	34.9					
12:50	126	57.3	71.8	34.7					
13:00	130.5	59.7	75.3	34.6					
13:10	133.5	62.4	72.8	35.5					
13:20	132.6	65.7	85.3	35.9					
13:30	132.2	68.9	78.2	36.6					
13:40	127.4	71.9	87.6	35.3					
13:50	130.6	75.4	85.7	35.6					
14:00	122.1	78.8	84.6	35.4					
14:10	111.1	82.7	75.2	35.7					
14:20	108.4	86.3	72.7	36.5					
14:30	102.6	89.8	69.1	33.6					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 น้ำหนักเนื้อเงาะที่เปลี่ยนแปลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของตู้อบลมร้อนโดยใช้ความร้อนจาก

เตาเผาถ่านดินแบบ

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่างที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	9.38	11.20	7.72	10.94	7.74	8.32	9.38	8.66	10.66
0.15	9.02	10.96	6.94	10.42	7.26	7.96	8.96	8.32	10.02
0.30	8.60	10.20	6.48	9.92	6.86	7.72	8.52	7.82	9.38
0.45	8.02	9.60	5.98	9.36	6.42	7.26	7.96	7.46	9.00
1.00	7.60	8.80	5.42	8.72	5.94	6.48	7.50	7.04	8.52
1.15	6.96	8.30	4.74	7.84	5.14	5.90	6.84	6.22	7.92
1.30	6.30	7.20	4.18	7.06	4.58	5.24	6.08	5.48	7.18
1.45	5.20	6.30	3.64	5.98	3.98	4.46	5.18	4.86	6.48
2.00	4.56	5.14	3.38	5.30	3.60	3.68	4.42	4.28	5.56
2.15	4.30	4.76	2.86	4.66	3.08	3.29	3.82	3.90	5.00
2.30	4.06	4.20	2.62	4.18	2.88	3.02	3.39	3.48	4.46
2.45	3.76	4.00	2.38	3.82	2.68	2.64	3.12	3.14	4.06
3.00	3.34	3.56	2.34	3.58	2.58	2.54	2.96	2.74	3.74
3.15	3.26	3.48	2.20	3.44	2.48	2.44	2.78	2.64	3.50
3.30	3.08	3.36	2.16	3.32	2.36	2.34	2.68	2.50	3.28
3.45	3.00	3.20	2.14	3.16	2.26	2.26	2.58	2.44	3.18
4.00	2.94	3.12	2.12	3.02	2.20	2.16	2.52	2.24	3.14
4.15	2.92	3.08	2.10	3.00	2.18	2.10	2.50	2.18	3.00
4.30	2.90	3.02	2.06	2.96	2.16	2.06	2.46	2.10	2.98
4.45	2.88	2.98	2.06	2.88	2.12	2.02	2.42	2.06	2.86
5.00	2.88	2.92	2.06	2.84	2.08	2.04	2.36	2.04	2.78
5.15	2.86	2.9	2.04	2.82	2.08	2.04	2.36	2.02	2.78
5.30	2.82	2.88	2.02	2.80	2.06	2.02	2.34	2.00	2.74
5.45	2.80	2.86	2.02	2.80	2.04	2.02	2.32	2.00	2.72
6.00	2.72	2.86	2.02	2.78	2.04	2.02	2.32	2.00	2.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 แสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง ในการทดลองครั้งที่ 2 ของคู่อบรมร้อน โดยใช้ความร้อนจาก

เตาเผาถ่านดินแบบ

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่างที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	9.02	7.10	7.58	10.24	9.54	6.90	5.16	6.98	10.10
0.15	8.72	6.64	7.26	9.88	9.14	6.58	5.00	6.76	9.86
0.30	8.30	6.38	6.86	9.56	8.86	6.36	4.74	6.56	9.60
0.45	7.80	5.78	6.42	9.04	8.38	5.86	4.42	6.22	9.22
1.00	7.06	5.12	5.68	8.14	7.46	5.22	3.92	5.78	8.64
1.15	6.44	4.54	5.10	7.44	6.72	4.66	3.46	5.34	8.12
1.30	5.84	4.00	4.54	6.76	5.96	4.08	3.00	4.86	7.54
1.45	5.20	3.44	3.96	5.94	5.10	3.50	2.50	4.28	6.82
2.00	4.82	3.34	3.54	5.38	4.44	3.02	2.02	3.62	5.84
2.15	4.18	2.66	3.00	4.72	3.82	2.56	1.80	3.14	5.18
2.30	3.96	2.62	2.98	4.58	3.62	2.42	1.64	2.98	4.96
2.45	3.70	2.38	2.58	4.12	3.18	2.10	1.46	2.64	4.46
3.00	3.50	2.30	2.48	3.88	3.00	1.96	1.40	2.46	4.20
3.15	3.30	2.20	2.36	3.64	2.78	1.86	1.40	2.34	3.98
3.30	3.20	2.16	2.26	3.44	2.66	1.80	1.38	2.22	3.76
3.45	3.04	2.14	2.22	3.34	2.52	1.72	1.34	2.18	3.58
4.00	2.90	2.08	2.16	3.22	2.48	1.72	1.34	2.12	3.42
4.15	2.72	2.06	2.12	3.02	2.34	1.72	1.34	2.06	3.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 แสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง ในการทดลองครั้งที่ 3 ของตู้อบลมร้อน โดยใช้ความร้อนจาก

เตาเผาถ่านดินแบบ

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่างที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.00	9.12	7.46	6.58	8.24	6.86	7.54	8.70	7.48	6.60
0.15	8.72	7.22	6.30	7.86	6.50	7.40	8.48	7.26	6.34
0.30	8.26	6.84	6.00	7.72	6.32	7.20	8.24	7.04	6.14
0.45	7.94	6.58	5.78	7.36	6.16	7.00	8.04	6.88	6.00
1.00	7.56	6.26	5.48	7.06	5.86	6.78	7.76	6.60	5.78
1.15	6.92	5.66	4.92	6.52	5.40	6.34	7.30	6.24	5.48
1.30	6.32	5.10	4.42	6.00	4.92	5.90	6.82	5.82	5.06
1.45	6.02	4.76	4.08	5.54	4.56	5.44	6.20	5.20	4.60
2.00	5.52	4.30	3.64	4.96	4.08	4.98	5.68	4.80	4.22
2.15	5.06	3.96	3.30	4.48	3.72	4.60	5.30	4.46	3.96
2.30	4.70	3.56	2.96	3.94	3.29	3.98	4.54	3.80	3.38
2.45	4.52	3.30	2.65	3.52	3.02	3.66	4.10	3.38	3.08
3.00	4.16	3.04	2.44	3.24	2.70	3.26	3.54	3.04	2.74
3.15	3.84	2.72	2.22	2.82	2.44	2.86	3.16	2.76	2.48
3.30	3.64	2.62	2.10	2.68	2.34	2.74	2.96	2.60	2.34
3.45	3.56	2.52	2.06	2.54	2.26	2.62	2.84	2.50	2.28
4.00	3.44	2.46	2.02	2.50	2.22	2.56	2.76	2.44	2.22
4.15	3.32	2.38	2.00	2.44	2.18	2.48	2.66	2.36	2.16
4.30	3.26	2.32	1.96	2.38	2.18	2.40	2.62	2.34	2.12
4.45	3.18	2.30	1.94	2.34	2.14	2.36	2.60	2.32	2.06
5.00	3.16	2.26	1.92	2.30	2.12	2.32	2.54	2.28	2.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ค.1 ค่าความชื้น ไม้สำหรับการศึกษาทดสอบตู้อบลมร้อน โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน

การทดลองที่	ตัวอย่างที่	น้ำหนักไม้เชื้อเพลิง(กรัม)		ความชื้น ไม้ % (ฐานเปียก)
		ก่อนอบ	หลังอบ	
1	1	91.47	77.72	15.03
	2	44.26	37.88	14.41
	3	36.56	30.85	15.62
	4	61.42	51.97	15.39
	5	38.35	31.87	16.90
	เฉลี่ย	54.41	46.06	15.47
2	1	129.12	110.06	14.76
	2	97.98	79.24	19.13
	3	74.56	62.63	16.00
	4	96.23	76.42	20.59
	5	60.72	51.5	15.18
	เฉลี่ย	91.72	75.97	17.13
3	1	57.35	48.82	14.87
	2	86.91	75.43	13.21
	3	99.02	85.88	13.27
	4	57.11	48.44	15.18
	5	81.62	65.32	19.97
	เฉลี่ย	76.40	64.78	15.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆของตู้อบลมร้อน โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านในการ

ทดลองครั้งที่ 1

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)				เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)			
	หน้าตู้อบ	ทรายหลัง	ตู้อบหลัง	อากาศ		หน้าตู้อบ	ทรายหลัง	ตู้อบหลัง	อากาศ
12:25	38.8	37.9	38.2	34.1	16:55	84	143.9	74.4	34.5
12:35	40.6	41.8	39.6	37.2	17:05	84.8	141.8	75	34.9
12:45	42.5	46.9	41.1	35.7	17:15	84.6	144.9	75.1	34.7
12:55	42.6	43.8	41.8	37.1	17:25	61.4	151.7	64	34
13:05	46	50.6	44.3	38	17:35	79.6	146.2	69.6	33.9
13:15	48.9	52.8	46.2	37.9	17:45	82.8	141.6	72.3	32.7
13:25	50.6	58.5	46.7	36.1	17:55	82.8	140	74.6	33.3
13:35	46	61	40.2	36.6	18:05	81.1	143.9	74	32.3
13:45	45.3	63.9	41.2	36	18:15	78.6	131	72.2	32.1
13:55	46.8	59.3	40.3	34.9	18:25	45.6	135.1	51.1	31.4
14:05	50.4	68.9	39.9	35.7	18:35	60.8	119.1	57.3	31
14:15	53.7	79.6	38.8	35	18:45	64.8	123.9	61.1	30.1
14:25	57.3	78.7	42.6	36.6	18:55	63.7	111.8	61.3	30.2
14:35	48.6	82.8	41	39.6	19:05	61.9	103.2	59.7	29.4
14:45	63.9	88.2	53.1	37.8	19:15	59.4	115.1	58.4	29.7
14:55	69.8	103.4	58	37.6	19:25	33.8	90.1	37	29.2
15:05	72.8	111.5	62.1	35.9					
15:15	73	121.9	64.9	37.8					
15:25	74.4	113	66.9	35.7					
15:35	72.4	112.9	63.1	36.2					
15:45	77.8	137	67.3	35.9					
15:55	80.5	139.1	70.4	35.1					
16:05	82.5	143.7	73.1	35.7					
16:15	82.8	148.1	73.8	35.6					
16:25	81.3	141.7	74.3	35.5					
16:35	77.4	142.4	68.9	34.6					
16:45	82.5	148	72.9	34.7					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของของตู้อบสมรือน โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านในการ
ทดลองครั้งที่ 2

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)				เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)			
	หน้าตู้อบ	ทรายหลัง	ตู้อบหลัง	อากาศ		หน้าตู้อบ	ทรายหลัง	ตู้อบหลัง	อากาศ
10:30	36.1	44.4	34.8	32.1	15:00	92.7	232.6	81.1	32.9
10:40	38	47.3	36	34.1	15:10	95.6	242.7	83.7	31.1
10:50	37.8	50.8	36	33.7	15:20	98.5	245.6	86.6	32.5
11:00	39.6	58.6	37.1	34.8	15:30	93.6	236.6	80.7	33.8
11:10	42.2	60.6	39.6	33.4	15:40	100.1	244	87.4	32.8
11:20	43.7	64.7	41	33.4	15:50	102.1	247.6	89	32.7
11:30	45.6	69.1	42.8	34.3	16:00	97.6	242.1	86	31.7
11:40	47.7	70.4	44.4	35.7	16:10	100.8	246.1	89.1	33.9
11:50	49.3	75.7	46.2	35.1	16:20	102.6	250.7	90.8	33.6
12:00	45	72.2	42	36.1	16:30	81.7	242.6	70.7	32.1
12:10	47.3	77	44.4	36.7	16:40	90	254.7	88.9	30.9
12:20	47.7	78.3	44.5	35.1	16:50	94.6	242.9	91.1	31.6
12:30	48.8	86.7	44.7	33.4	17:00	93.8	231.2	90	31.6
12:40	48	85.9	43.9	33.3	17:10	91.1	218.4	87.3	31
12:50	47.3	84.5	43.5	32.7	17:20	87.9	210.3	86.6	31.2
13:00	47	85.4	42.5	32.5					
13:10	49	105.4	44.2	32.8					
13:20	54.4	141.4	48.2	32.5					
13:30	56.3	158.7	50.5	32.9					
13:40	66.3	181.8	56.6	32.3					
13:50	74.4	201.2	63.5	34					
14:00	81.9	216.7	69.8	32.8					
14:10	86	224.9	72.1	32.3					
14:20	88.5	220.7	74	32.6					
14:30	78.3	213.8	65.8	32.8					
14:40	88	223.3	76.2	33.5					
14:50	89.5	226.6	77.8	32.8					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆของห้องตู้อบลมร้อน โดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่านในการ

ทดลองครั้งที่ 3

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)				เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)			
	หน้าตู้อบ	ทราซหลัง	ตู้อบหลัง	อากาศ		หน้าตู้อบ	ทราซหลัง	ตู้อบหลัง	อากาศ
10:30	8:45	22.8	36.1	19.8	13:15	95.9	170	81.3	33.7
10:40	8:55	26.2	36.6	22.3	13:25	92.9	165.8	80.4	33.8
10:50	9:05	30.2	37.3	25.3	13:35	87.4	156.4	79.3	33.5
11:00	9:15	39	44.6	26.2	13:45	85.3	148	78.3	33.4
11:10	9:25	49.2	43.5	14.2	13:55	82.1	145.8	71.2	33.9
11:20	9:35	46	47.2	24	14:05	79.8	140.6	71.5	32.8
11:30	9:45	54.7	105.9	49.2	14:15	77.8	134.4	70.7	33.2
11:40	9:55	58.6	128.8	51.3	14:25	76.3	131	69.6	33.9
11:50	10:05	70.9	151.3	58.7	14:35	72.3	126	69	33.6
12:00	10:15	79.6	165.5	67.1	14:45	71.2	123.3	67.8	33
12:10	10:25	85.9	189.3	73.3	14:55	63.9	111.4	62.5	33.4
12:20	10:35	94.3	199.1	79.8	16:50	94.6	242.9	91.1	31.6
12:30	10:45	93.4	201.3	81.2	17:00	93.8	231.2	90	31.6
12:40	10:55	94.6	214.6	79.5	17:10	91.1	218.4	87.3	31
12:50	11:05	104.8	227.6	88.5	17:20	87.9	210.3	86.6	31.2
13:00	11:15	108	235.7	93.3					
13:10	11:25	109.7	232.5	95					
13:20	11:35	110.7	227.3	95.3					
13:30	11:45	113.1	225.6	96.3					
13:40	11:55	76.7	223	67.8					
13:50	12:05	103.6	223	88.2					
14:00	12:15	112	233.8	91.9					
14:10	12:25	110.5	224.9	93.6					
14:20	12:35	110.2	213.9	93.4					
14:30	12:45	106.7	205.2	91.6					
14:40	12:55	96.2	182.8	81					
14:50	13:05	94.1	182.4	80.1					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 น้ำหนักเนื้อเงาะที่เปลี่ยนแปลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของคู่อบลมร้อนโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน

ตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนอบ		น้ำหนักหลังอบ									
	บน	ล่าง	อบ ช.ม.1		อบ ช.ม.2		อบ ช.ม.3		อบ ช.ม.4		อบ ช.ม.5	
			บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง
1	8.62	6.68	8.04	6.11	6.99	4.88	5.43	3.60	4.35	2.80	3.57	2.30
2	11.37	9.66	10.69	9.07	9.44	7.39	7.68	5.35	6.10	4.15	4.95	3.42
3	12.30	11.88	11.73	10.96	10.59	9.70	7.95	7.83	7.44	6.30	6.00	5.16
4	9.76	14.82	9.24	13.92	8.29	12.08	6.90	9.77	5.68	7.72	4.62	6.21
5	12.18	7.10	11.65	6.23	10.54	5.31	9.22	4.15	7.80	3.25	6.46	2.60
6	9.61	4.43	9.07	3.95	8.06	3.21	6.77	2.53	5.58	2.05	4.58	1.77
7	10.90	7.09	10.34	6.51	9.17	5.56	7.64	4.31	6.26	3.30	5.14	2.49
8	11.64	7.82	11.03	7.23	9.96	6.23	8.50	4.95	7.15	3.85	6.02	3.04
9	8.20	9.59	7.69	9.01	6.71	7.95	5.51	6.53	4.50	5.30	3.69	4.47

ตารางที่ ค.6 น้ำหนักเนื้อเงาะที่เปลี่ยนแปลง ในการทดลองครั้งที่ 2 ของคู่อบลมร้อนโดยใช้ความร้อนจากเตาเผาถ่าน

ตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนอบ		น้ำหนักหลังอบ									
	บน	ล่าง	อบ ช.ม.1		อบ ช.ม.2		อบ ช.ม.3		อบ ช.ม.4		อบ ช.ม.5	
			บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	13.49	15.97	13.0 1	15.4 8	12.0 4	14.9 1	10.1 2	12.4	7.62	9.59	5.86	7.26
2	9.3	9.44	8.7	9.04	7.81	8.59	6.07	6.56	4.27	4.18	3.23	3.57
3	8.07	13.39	7.61	12.9 5	6.92	12.4 1	5.49	10.3	4.07	7.86	3.09	6.08
4	10.55	8.72	9.81	8.26	9.41	7.72	7.81	6.12	6.06	4.7	4.63	3.55
5	8.53	6.62	7.96	6.28	7.38	5.9	6.29	4.74	4.7	3.58	3.52	2.73
6	9.12	10.97	8.73	10.3	8.12	9.91	6.78	7.91	5.32	6.1	4.08	4.66
7	10.46	14.26	9.8	13.6	9.3	12.6 8	7.98	11.3	6.37	7.2	4.99	4.26
8	8.84	11.05	8.49	10.5 8	7.76	10.0 8	6.51	8.6	5.01	6.96	3.83	5.41
9	10.09	12.09	9.41	11.7 1	8.87	10.8 7	7.46	9.38	5.67	7.48	4.27	5.92

ตารางที่ ค.7 น้ำหนักเนื้อเงาะที่เปลี่ยนแปลง ในการทดลองครั้งที่ 3 ของตู้อบลมร้อน โดยให้ความร้อนจาก

เตาเผาถ่าน

ตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนอบ		น้ำหนักหลังอบ									
	บน	ล่าง	อบ ช.ม.1		อบ ช.ม.2		อบ ช.ม.3		อบ ช.ม.4		อบ ช.ม.5	
			บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง
1	9.11	16.98	6.57	14.2 8	3.87	9.43	2.97	7.27	2.83	6.53	2.64	5.7 9
2	10.22	10.35	7.84	8.24	5.22	5.31	4.12	4.09	3.81	3.71	3.37	3.2 2
3	13.51	13.44	10.84	11.0 5	7.51	7.21	5.56	5.12	4.91	4.62	4.14	4.0 9
4	12.64	16.6	10.28	13.9 7	7.12	10.28	5.37	8.04	4.89	7.36	4.13	6.2 5
5	11.84	18.93	12.32	16.1 3	8.92	12.28	6.68	9.55	6.08	8.25	4.84	7.3 7
6	8.01	14.89	6.34	12.3	3.98	8.69	2.76	6.63	2.32	5.68	1.92	3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

				7								4
7	13.54	16.1	11.17	13.5	8.11	10.07	6.32	8	5.68	7.05	4.9	5.7 1
8	11.78	14.29	9.54	12.1 7	6.75	9.02	5.29	7.04	4.73	6.1	4.2	5.2 4
9	16.28	17.37	13.41	14.9 3	9.83	11.3	7.66	8.85	6.27	7.28	4.89	6.1 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้