ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การพัฒนาเตาผลิตความร้อนจากแกลบเหลือทิ้งของโรงสีข้าวชุมชนแขวงขุมทองสำหรับใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช

Heat Stove Development from Kwumtong District Community Rice Mill Husk Waste for Frying Cereal Banana Chips

โดย

นายสุชล ยินดีฉัตร

b.12372869

i.

เสนอ

สาขาวิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กทม.

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พัฒนาการเกษตร)

พ.ศ. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

สาขาวิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร

เรื่อง

การพัฒนาเตาผลิตความร้อนจากแกลบเหลือทิ้งของโรงสีข้าวชุมชนแขวงขุมทองสำหรับใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช

Heat Stove Development from Kwumtong District Community Rice Mill Husk Waste for Frying Cereal Banana Chips

โดย

นายสุชล ยินดีฉัตร

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

วท.บ. (พัฒนาการเกษตร)

เมื่อวันที่ 10 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554

ประธานกรรมการปัญหาพิเศษ 10/10/54

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลือพงษ์ ลือนาม)

กรรมการปัญหาพิเศษ 10/10/54

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช)

ประธานสาขาวิชา 10/10/54

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธำรงค์ เมฆโหรา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาเตาผลิตความร้อนจากแกลบเหลือทิ้งของโรงสีข้าวชุมชนแขวงขุมทอง สำหรับใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช

ชื่อเรื่อง : Heat Stove Development from Kwumtong District Community Rice Mill Husk Waste for Frying Cereal Banana Chips

โดย : นายสุชล ยินดีฉัตร

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเอก : พัฒนาการเกษตร

ประธานกรรมการปัญหาพิเศษ : .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลือพงษ์ ลือนาม)

10 / ตุลาคม / 2554

การศึกษาออกแบบ สร้าง เตาเผาแกลบผลิตความร้อนเพื่อใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช โดยการศึกษาการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา โดยศึกษาขั้นตอนการทอดกล้วยทอดกรอบธัญพืช ด้วยเตาแก๊สหุงต้มทั่วไป เพื่อนำมาออกแบบ สร้างเตาเผาแกลบผลิตความร้อน ที่สามารถนำมาใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช ซึ่งเตาเผาแกลบผลิตความร้อนที่ออกแบบ สร้างขึ้นมีขนาดหัวเตาเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร เท่ากับปริมาณพื้นที่ผิวสัมผัสของน้ำมันในกระทะ ซึ่งจะทำให้น้ำมันในกระทะได้รับความร้อนอย่างทั่วถึงทำให้น้ำมันกระทะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เตาต้นแบบใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช ใช้เวลาจุดเตา 5.31 นาที ใช้เวลาในการต้มน้ำมันให้เดือด 27 นาที และอุณหภูมิอยู่ที่อยู่ที่ 161.23 องศาเซลเซียส ทอดกล้วยครั้งละ 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาเฉพาะทอดกล้วยทั้งหมด 53.67 นาที ทอดกล้วยจำนวนทั้งหมด 5 ครั้ง ใช้ปริมาณกล้วยทั้งหมด 3.80 กิโลกรัม ปริมาณแกลบที่ใช้ทั้งหมด 7.50 กิโลกรัม อัตราการเติมแกลบทั้งหมด 4.60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้ปริมาณขี้เถ้าแกลบร้อยละ10.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลือพงษ์ ลือนาม ประธานที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่ได้กรุณาสละเวลาของท่านมาให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ อีกทั้งยังให้ความช่วยเหลือดูแลตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการวิจัยฉบับนี้ นับตั้งแต่เริ่มดำเนินการจนสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์เป็นปัญหาพิเศษฉบับนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช ที่กรุณาเป็นกรรมการปัญหาพิเศษ ตลอดทั้งให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร้องต่าง ๆ อีกทั้งยังกรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจคุณภาพของเครื่องมือ และให้คำแนะนำในการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงท่านอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอน ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณต่อการดูแล เอาใจใส่ และเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ขอขอบพระคุณ คุณ รุ่งโรจน์ อยู่ทอง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการช่างกลเกษตร ที่ให้ความสะดวกในการเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการสร้างเตาเผาแกลบผลิตความร้อนชุดทดสอบ

ขอขอบพระคุณ บิดามารดา ที่เป็นกำลังใจ และให้ทุนตลอดระยะเวลาในการศึกษา

ขอบพระคุณ คณาจารย์ พี่ ๆ และเพื่อน ๆ ของสาขาวิชาพัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มีส่วนช่วยให้การดำเนินการศึกษาปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่เกี่ยวข้องอีกหลายท่าน ซึ่งไม่อาจกล่าวนามของท่านได้หมดในที่นี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณท่านทั้งหลายไว ณ โอกาสนี้

สุชล ยินดีฉัตร

กันยายน 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(ก)
สารบัญภาพ	(ค)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตของปัญหา	3
นิยามศัพท์ปฏิบัติการ	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	4
ปริมาณแกลบในประเทศไทย	6
กระบวนการแปรรูปข้าวเปลือก	6
ลักษณะวัสดุเชื้อเพลิงแกลบ	7
วัสดุที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบและส่วนประกอบต่างๆ	8
ประโยชน์ของแกลบและเถ้าแกลบ	10
ประเภทพลังงานเชื้อเพลิงทดแทน	10
การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล	11
ประเภทของเตาผลิตแก๊สชีวมวล	14
การเผาไหม้ตรง	17
เตาแก๊สชีวมวลจากเศษวัสดุทางการเกษตร	24
วิธีการทำกล้วยทอดกรอบธัญพืช	28
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาปริมานแกลบที่เหลือจากโรงสีชุมชนเกษตรกรทำนาขุมทองศึกษาการทำกล้วยทอดกรอบธัญพืช 34

การศึกษาออกแบบ สร้าง เตาเผาแกลบผลิตความร้อนและนำความร้อนมาใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช 35

การศึกษาทดสอบเตาเผาแกลบผลิตความร้อนเพื่อใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช 36

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาการทำกล้วยทอดกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราษโกษาแขวงขุมทอง เขตลาดกระบัง 38

ผลการศึกษาการออกแบบ สร้าง และทดสอบเตาเผลแกลบผลิตความร้อนเพื่อใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช 44

ผลการทดสอบเตาเผลแกลบผลิตความร้อนเพื่อใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช 45

ผลการเปรียบเทียบการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษาที่ใช้เตาแก๊สหุงต้มทั่วไป กับการใช้เตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบ 51

วิจารณ์ผลการวิจัย 52

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 53

สรุปผลการวิจัย 53

ข้อเสนอแนะ 54

เอกสารอ้างอิง 55

ภาคผนวก 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1. ตางรางการประเมินศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 5
2. ตารางแสดงองค์ประกอบทางเคมีของแกลบ 9
3. ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การศึกษาการทอดกล้วยกรอธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา 43
4. ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การศึกษาเตาเผาแกลบผลิตความร้อนใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช 50
5. ผลการเปรียบเทียบการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษาที่ใช้เตาแก๊สหุงต้มทั่วไป กับการใช้เตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบ 51

ตารางภาคผนวกที

1. ผลการศึกษาทดสอบการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา 57
2. อุณหภูมิเริ่มต้น ของการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา 57
3. ระยะเวลาในการทอดกล้วย เวลาตักกล้วยขึ้น และน้ำหนักกล้วยที่ใช้ทอดของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา 58
4. ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยทุกๆ 5 นาที ของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา การทดลองที่ 1 59
5. ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยทุกๆ 5 นาที ของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา การทดลองที่ 2 60
6. ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยทุกๆ 5 นาที ของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา การทดลองที่ 3 61
7. ผลการศึกษาทดสอบการทอดกล้วยกรอบธัญพืชจากเตาต้นแบบ 63
8. เริ่มต้นของ น้ำมันพืช หัวเตาแก๊ส อากาศ และผลทดสอบการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของเตาต้นแบบ 63
9. ระยะเวลาในการทอดกล้วย ตักกล้วย และน้ำหนักกล้วยที่ใช้ทอดจากเตา 64
10. ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย การเติมแกลบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยจากเตาต้นแบบ การทดลองที่ 1 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

11. ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย การเติมแกลบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยจากเตาต้นแบบ การทดลองที่ 1 (ต่อ) 66
12. ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย เติมแกลบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยจากเตาต้นแบบ การทดลองที่ 2 67
13. ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย การเติมแกลบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยจากเตาต้นแบบ การทดลองที่ 2 (ต่อ) 68
14. ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย การเติมแกลบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยจากเตาต้นแบบ การทดลองที่ 3 69
15. ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย การเติมแกลบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยจากเตาต้นแบบ การทดลองที่ 3 (ต่อ) 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1. ภาพปริมานผลผลิตข้าวจำแนกรายจังหวัด 7
2. ภาพแสดงตัวอย่างขี้เถ้าแกลบ 9
3. ภาพแสดงระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวลแบบต่างๆ 17
4. ภาพแสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน 19
5. ภาพแสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบสโตกเกอร์แบบกระจาย 20
6. ภาพแสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาด้านล่าง 20
7. ภาพแสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบพัลเวอร์ไรซ์ 21
8. ภาพแสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบไซโคลน 22
9. ภาพแสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบฟลูอิดไดซ์เบค 23
10. ภาพเตาแก๊สชีวมวลจากแกลบ 25
11. ภาพเตาแก๊สชีวมวลจากแกลบ 26
12. เตาแก๊สจากแกลบประสิทธิภาพสูง แบบ 2 หัวเตา 28
13. ภาพแสดงเตาชีวมวลแบบ Sun Sun 27
14. ภาพแสดงเตาชีวมวลแบบ SME 28
15. ภาพแสดงกล้วยเล็บมือทอดกรอบ 28
16. แบบสร้างเตาชุดทดสอบ 35
17. การทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา 38
18. ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา 42
19. ส่วนประกอบเตาเผาแกลบผลิตความร้อนใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช 45
20. การทดลองทอดกล้วยกรอบธัญพืชด้วยเตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบ 45
21. ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของเตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบ 49

ภาพภาคผนวกที่

1. ขั้นตอนการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา 62
2. ขั้นตอนการทอดกล้วยกรอบธัญพืชด้วยเตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบ 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ (Introduction)

ความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐาน ของประชากรและเกษตรกรในชุมชนต่างๆ ทั่วประเทศ ทั้งในการดำรงชีวิตและสนับสนุนกระบวนการผลิตทางการเกษตร โดยรัฐบาลมีแนวทางการพัฒนาสนับสนุนการใช้พลังงานภายในประเทศ ซึ่งต้องมีปริมาณที่เพียงพอ ในราคาที่เหมาะสม มีคุณภาพดี สอดคล้องกับสภาวะความต้องการของผู้ใช้ และมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งแนวทางของรัฐกำหนดให้จะต้องเลือกใช้เชื้อเพลิง ที่มีราคาถูก มีปริมาณแน่นอนเพียงพอ และมีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมน้อย ตลอดจนเป็นพลังงานที่ใช้ไม่หมด ที่สำคัญจะต้องมีแหล่งพลังงานอยู่ในประเทศ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2547)

ในอนาคตความต้องการด้านพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ขณะที่พลังงานมีอยู่อย่างจำกัด พลังงานจากชีวมวลหรือวัสดุทางการเกษตร จึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งนำมาเป็นวัตถุดิบผลิตพลังงานด้วยเหตุผลที่มีอยู่เป็นจำนวนมากภายในประเทศ มีการผลิตอย่างต่อเนื่องไม่มีหมด มีราคาถูก และเป็นการช่วยลดปัญหาในการจัดเก็บหรือกำจัดทิ้ง รวมถึงนำมาใช้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น ตลอดจนลดการนำเข้าเชื้อเพลิงพลังงานจากต่างประเทศอีกในทางหนึ่ง

กระบวนการผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย อันได้มาจากซึ่งผลผลิตต่างๆ ส่งออกไปต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท ทำให้เกิดวัสดุทางการเกษตรจำนวนมาก ที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ จากเศษวัสดุทางการเกษตรของพืช 10 ชนิด ได้แก่ อ้อย ข้าว,มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วลิสง ถั่วเหลือง และฝ้าย ในปี พ.ศ. 2543 พบว่า ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 63 ล้านตัน ใช้เป็นเชื้อเพลิงและวัตถุประสงค์อื่นประมาณ 16 ล้านตัน ส่วนที่เหลือยังไม่ได้ใช้ให้เกิดประโยชน์ ประมาณ 42 ล้านตัน (พลังงานชีวมวล, 2547) นอกจากนี้พลังงานวัสดุที่สามารถนำมาผลิตพลังงานทดแทน ยังได้จากอุตสาหกรรมเกษตร อาทิเช่น แกลบจากโรงสี กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล กากปาล์ม และกะลาปาล์มจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม กาบและกะลามะพร้าวจากโรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าว ขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ เป็นต้น มีการประเมินว่า ศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน สำหรับการหุงต้มประกอบอาหารหรือในอุตสาหกรรมครัวเรือน เป็นสิ่งทดแทนแหล่งผลิตฟืนและถ่านที่เหลืออยู่น้อยแล้ว และยังเป็นสิ่งที่หาได้ง่าย มีการกระจัดกระจายอยู่ตามท้องถิ่นชุมชนต่างๆ ของเกษตรกร อีกทั้งมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าหรือก๊าซธรรมชาติ และเป็นการนำวัสดุทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าต่อเกษตรกรและชุมชนเพิ่มมากยิ่งขึ้น ในขณะที่ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานความร้อนในการประกอบอาหารตั้งแต่ระดับครัวเรือนจนกระทั่งภัตตาคารใหญ่ๆ (พลังชีวมวล, 2547)

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

โรงสีข้าวชุมชนเกษตรกรทำนาขุมทอง หมู่ 4 แขวง ขุมทอง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ก่อตั้งจากแนวความคิดเพื่อให้เกษตรกรมีข้าวสารบริโภค,ขายภายในชุมชนลดรายจ่ายเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร โดยที่โรงสีข้าวชุมชนไม่คิดค่าใช้จ่ายใดๆ ในการนำข้าวเปลือกที่เกษตรปลูกนำมาสีเป็นข้าวสาร ขอแค่ส่วนที่เหลือจากการสีข้าว คือ รำและแกลบ โรงสีก็จะนำไปขาย เงินที่ได้ก็เก็บไว้เป็นค่าบริหารโรงสีต่อไป โรงสีชุมชนก่อตั้งเมื่อ วันที่ 5 พฤศจิกายน 2545 ปัจจุบันมีสมาชิก 60 ครอบครัว ในเขตพื้นที่นี้มีการทำนาถึง 4405 ไร่ ผลผลิตข้าว 4215 ตัน / ปี สมาชิกและเกษตรกรทั่วไปจะนำข้าวเปลือกมารับบริการจากโรงสี 50% - 70% (16,400 กก./เดือน) หรือประมาณ 546 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งจะมีปริมาณแกลบเหลือประมาณ 184 กิโลกรัมต่อวัน ทางโรงสีข้าวชุมชนขุมทองเริ่มให้บริการสีข้าวแก่สมาชิกและเกษตรกรทั่วไป เมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน 2545 จนถึงปัจจุบัน สมาชิกจะนำข้าวเปลือกมารับบริการจากโรงสีเป็นจำนวนมาก ทำให้ประสบปัญหามีแกลบเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากและล้นโรงเก็บ ทางผู้ดูแลโรงสีจึงได้นำแกลบไปทิ้ง ซึ่งไม่เกิดประโยชน์ (รัก ศรีอยู่, 2553) ดังนั้นจึงได้ศึกษาการนำแกลบมาใช้ประโยชน์ เพื่อการนำแกลบมาใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงโดยการทำให้เกิดการเผาไหม้เพื่อให้เกิดความร้อน และนำความร้อนที่ได้มาใช้ในการทำกล้วยทอดกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา การศึกษาครั้งนี้จึงเน้นการศึกษาการสร้างเตาเผาแกลบ ที่สามารถนำแกลบมาใช้เป็นวัสดุในการเผาไหม้ เพื่อให้เกิดความร้อนและนำความร้อนมาใช้ในการทำกล้วยทอดกรอบธัญพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อออกแบบ สร้าง เตาเผาผลิตความร้อนจากแกลบเหลือทิ้ง
2. สร้างเตาเผาแกลบผลิตความร้อนใช้ในการทำกล้วยทอดกรอบธัญพืช

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปัญหาจากการเหลือทิ้งแกลบจากโรงสีชุมชน
2. ช่วยลดต้นทุนในการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของเกษตรกรในชุมชน
3. เป็นการสนับสนุนส่งเสริมการใช้พลังงานจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
4. ลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานจากการใช้แก๊สหุงต้ม

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาเตาเผาผลิตความร้อนจากแกลบเหลือทิ้ง จากโรงสีข้าวชุมชนเกษตรกรทำนาขุมทอง โดยการออกแบบ สร้าง ปรับปรุง และพัฒนาเตาเผาแกลบผลิตความร้อน และนำความร้อนที่ได้มาใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช

นิยามศัพท์ปฏิบัติการ

โรงสีข้าวชุมชน หมายถึง โรงสีกลุ่มเกษตรกรทำนาขุมทอง เป็นสถานที่ทำการสีข้าวให้กับเกษตรกรในชุมชน หมู่5 แขวงขุมทอง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

แกลบ หมายถึง ผลผลิตที่ได้จากการสีข้าว เป็นเปลือกของข้าวสาร เป็นส่วนที่เหลือใช้จากการผลิตข้าวสาร เมล็ดมีลักษณะเป็นรูปทรงรี เม็ดยาวสีเหลืองอมน้ำตาล หรือเหลืองนวล

กล้วยทอด หมายถึง กล้วยที่นำมาหั่นเป็นแผ่นบางๆ แล้วนำมาทอดเพื่อให้เกิดความกรอบ

เตาต้นแบบ หมายถึง เตาเผาแกลบผลิตความร้อนที่ออกแบบ สร้างเพื่อใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Review of Related Literature)

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในหัวข้อดังต่อไปนี้

1. วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
2. ปริมาณแกลบในประเทศไทย
3. กระบวนการแปรรูปข้าวเปลือก
4. ลักษณะวัสดุเชื้อเพลิงแกลบ
5. วัสดุที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบและส่วนประกอบต่างๆ
6. ประโยชน์ของแกลบและเถ้าแกลบ
7. ระบบเผาไหม้เชื้อเพลิงพลังงานทดแทน
8. การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล
9. ประเภทของเตาผลิตแก๊สชีวมวล
10. การเผาไหม้ตรง
11. เตาแก๊สชีวมวลจากเศษวัสดุทางการเกษตรต่างๆ
12. วิธีการทำกล้วยทอดกรอบธัญพืช
13. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

กระบวนการผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย อันได้มาซึ่งผลผลิตต่าง ๆ ที่ส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถนำมาผลิตพลังงานทดแทน ยังได้จากอุตสาหกรรมเกษตร อาทิเช่น แกลบจากโรงสี กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล กากปาล์ม เปลือกปาล์ม และกะลาปาล์มจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม กาบและกะลามะพร้าวจากโรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าว ขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ เป็นต้น ประเมินว่าศักยภาพในการผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้ดังตารางที่1 จากรายงานการใช้เชื่อเพลิงในปี 2542 มีปริมาณใช้ฟืน 6.7 ล้านตัน ถ่านไม้ 3.3 ล้านตัน โดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ ในอุตสาหกรรมอาหารอบนึ่ง ใช้กับเตาในอุตสาหกรรมเซรามิค การผลิตอิฐ และการผลิตปูนขาว ส่วนใหญ่ใช้หุงต้มประกอบอาหารในชนบท ส่วนถ่านไม้ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมครัวเรือน หุงต้มประกอบอาหารทั้งครัวเรือนชนบทและในเมือง รายงานการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2539 มีแหล่งผลิตฟืนและถ่านเหลือเพียง 25.6% โดยปริมาณการใช้ฟืนและถ่านเป็น 16.7% เทียบจากการใช้พลังงานอื่นๆ ดังนั้นการนำวัสดุที่เหลือช้างการเกษตรมาแปรเปลี่ยนเป้นพลังงานความร้อน สำหรับการหุงต้มประกอบอาหารหรือในอุตสาหกรรมครัวเรือน ซึ่งเป็นสิ่งที่หาได้ง่าย มีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก เมื่อเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้า หรือก๊าซธรรมชาติ ยังก่อให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าต่อชุมชน ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน เพื่อนำไปสู่ชุมชนที่เข้มแข็งและพึ่งตนเองได้ในที่สุด (พลังงานชีวมวล, 2547)

ตารางที่ 1 การประเมินศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ชนิด	ผลผลิต (ตัน)	วัสดุเหลือใช้	ค่าเปลี่ยนเป็นชีวมวล	ปริมาณชีวมวลที่ได้ (ตัน)	ค่าความร้อน (เมกะจูล/กก.)	พลังงาน (GJ)	เทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe)	กำลังไฟฟ้า (MW)
1. อ้อย	73,501,000	ชานอ้อย ส่วนยอดและใบ	0.30 0.24	22,050,300 17,640,240	16.21 16.42	357,435,363 289,652,741	8,461 6,857	97.2 79
2. ข้าว	29,900,000	แกลบ ฟางข้าว	0.23 1.19	6,877,000 35,581,000	15.56 15.51	107,006,120 551,810,992	2,533 13,064	2.5 152.3
3. มันสำปะหลัง	25,155,00	ลำต้น	0.12	301,860	13.38	4,038,887	96	1
4. ข้าวโพด	4,249,000	ซังข้าวโพด	0.19	807,310	16.63	13,425,565	318	3.7
5. ไม้จากสวนป่า	6,000,000	เศษไม้	0.10	600,000	16.85	10,110.000	239	2.6

ที่มา : พลังงานชีวมวล 2550/51

ในระดับชุมชนเกษตรกร มีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ ทั้งด้านบำรุงดินและด้านพลังงานความร้อน วัสดุที่นำมาใช้ประโยชน์ในด้านพลังงานความร้อนส่วนใหญ่ เช่น กะลาปาล์ม กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง แกลบ เป็นต้น การใช้ประโยชน์มีทั้งการเผาให้เกิดความร้อนโดยตรงหรือใช้เป็นฟืน และนำมาแปรสภาพเผาเป็นถ่านก่อนนำไปใช้ ซึ่งปัจจุบันนี้ได้มีการคิดค้นเตาที่ใช้ในการนำเศษวัสดุทางการเกษตรมาใช้ในการเผาเป็นเชื้อเพลิงเป็นจำวนวนมากและสามารเก็บความร้อนได้ดี จึงทำให้วัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรมีบทบาทเพิ่มมากขึ้น (พลังงานชีวมวล, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ปริมาณแกลบในประเทศไทย

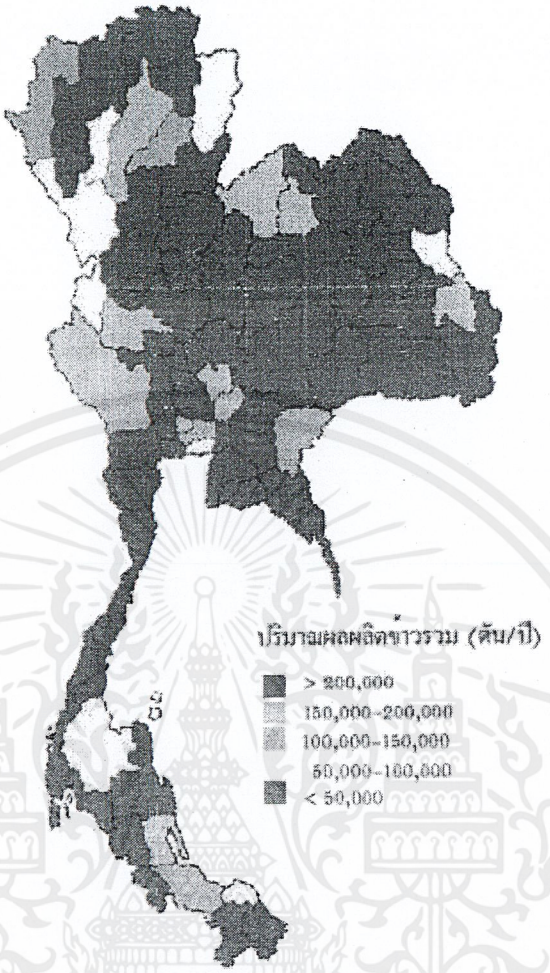
ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศ ด้วยคุณภาพและมาตรฐานที่ขึ้นชื่อ ทำให้ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวสารได้เป็นอันดับ 1 ของโลก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมากกว่า 20 ปี โดยในปี พ.ศ. 2551 มีการส่งออกข้าวสารประมาณ 10 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 203 ล้านบาท โดยมีปริมาณส่วนแบ่งการตลาดมากถึงร้อยละ 35 ดังนั้นอุตสาหกรรมการผลิตข้าวจึงเป็นอุตสาหกรรมที่มีแกลบเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

ปัจจุบันมีการนำแกลบมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมค่างๆ ได้แก่ การสีข้าว การเผาอิฐ การเคี่ยวน้ำตาล การผลิตไฟฟ้า กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ และนอกจากนี้ยังใช้เชื้อเพลิงในภาคครัวเรือนและอื่นๆอีกเล็กน้อย ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตข้าวของประเทศประมานปีละไม่ต่ำกว่า 30 ล้านตัน จะมีปริมาณแกลบประมาณ 6 ล้านตัน เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงซีวมวลและจะได้เถ้าแกลบประมาณ 1.2 ล้านตัน ดังนั้นจึงมีปริมาณแกลบเหลือทิ้งในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำแกลบมาใช้ประโยชน์ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

3 กระบวนการแปรรูปข้าวเปลือก

ในกระบวนการแปรรูปข้าวเปลือกจะให้แกลบเป็นวัสดุเหลือทิ้งโดยเมื่อนำข้าวเปลือก 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปต่าง ๆ แล้วจะใช้พลังงานทั้งสิ้น 30 – 60 kWhเพื่อให้ได้ข้าวประมาณ 600 – 700 กิโลกรัมและจะมีวัสดุเหลือทิ้ง คือ แกลบ ประมาณ 220 กิโลกรัมจากการสำรวจพื้นที่เพาะปลูกข้าวในประเทศไทยเมื่อปี 2542 ได้ดังภาพที่ 1 พบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวรวม 62.70 ล้านไร่ แบ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง 6.46 ล้านไร่ และพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี 56.24 ล้านไร่ โดยมีผลผลิตรวมของทั้งประเทศประมาณ 23.0 ล้านตัน ข้าวเปลือกซึ่งแบ่งเป็นข้าวนาปรัง 4.336 ล้านตัน และข้าวนาปี 18.663ล้านตัน ประมาณร้อยละ 67.5 เป็นผลผลิตที่ได้มาจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง (วารสารพลังงาน ปีที่ 3, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ปริมาณผลผลิตข้าวจำแนกรายจังหวัด

ที่มา: วารสารพลังงาน ปีที่ 3 / 2546

4 ลักษณะวัสดุเชื้อเพลิงแกลบ

แกลบคือ เปลือกนอกของเมล็ดข้าว คิดเป็น 20% โดยน้ำหนักของการเก็บเกี่ยวข้าวเปลือก อันจะก่อให้เกิดเป็นขยะ ประมาณได้ว่าในแต่ละปีมีข้าวเปลือกจากทั่วโลกมากกว่า 80 ล้านตัน เฉพาะที่ประเทศไทยมีโรงสีข้าวประมาณ 40,000โรง และมีแกลบที่ได้จากการสี 4.4-4.6 ล้านตัน ต่อปี ซึ่งคิดเป็นค่าความร้อนเทียบเท่ากับปริมาณน้ำมันดิบ1.46-1.53 ล้านตัน เนื่องด้วยแกลบจัดเป็นเชื้อเพลิงแข็งชนิดหนึ่งและเป็นเชื้อเพลิงแข็งที่เบามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็งจะเป็นการเผาไหม้แบบ Diffusion คือ ก้อนเชื้อเพลิงจะติดไฟที่ผิวนอกก่อน แล้วจึงค่อยๆ ลามเข้าไปข้างในก้อนเชื้อเพลิง และเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไปก่อนก็จะกลายเป็นขี้เถ้า (Ash) ขัดขวางการลามเข้าไปในก้อนเชื้อเพลิงของเปลวไฟ จึงทำให้เชื้อเพลิงมักจะเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ต่างกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวหรือก๊าซ ที่จะมีการผสมกันของเชื้อเพลิงและอากาศก่อน ที่เรียกว่า Premixed จึงทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์กว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง จากการศึกษามีรายงานจำนวนมากของเตาเผาหลายชนิดที่มีการใช้วัสดุชีวมวลหรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ในจำนวนเหล่านั้นเทคโนโลยีฟลูอิดไดซ์เบด ดูเหมือนว่าจะเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งหรือเศษเหลือจากการเกษตรเป็นพลังงาน เนื่องจากว่ามีข้อได้เปรียบตามธรรมชาติ คือ สามารถเปลี่ยนเชื้อเพลิงได้ตามความเหมาะสม ทำงานที่อุณหภูมิต่ำเงื่อนไขการทำงานที่อุณหภูมิคงที่

การใช้วิธีการของฟลูอิดไดซ์เบดนั้นต้องการห้องเผาไหม้ที่สูงมากเพื่อลดอัตราการหลุดลอยของอนุภาคเชื้อเพลิงและทำให้อนุภาคอยู่ในห้องเผาไหม้นานขึ้น ในเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบดนั้นอาจต้องมีความสูงรวมของฟรีบอร์ดมากกว่า15 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเบด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้เชื้อเพลิงแข็งที่เบามาก วิธีการนี้อาจจะไม่เหมาะสำหรับการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงในเตาเผาขนาดเล็กเพื่อจุดประสงค์ในการประยุกต์ใช้ในการอบแห้ง ดังนั้นจึงจำ เป็นต้องแก้ไขปรับปรุงเตาเผาเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการใช้กับเชื้อเพลิงแข็งที่มีน้ำหนักเบา

เตาเผาแกลบฟลูอิดไดซ์เบดที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปแล้วจะเป็นห้องเผาไหม้แบบทรงกระบอกผิวเรียบขนาดใหญ่และมีความสูงมาก ซึ่งหากจะนำเตาเผาแกลบฟลูอิดไดซ์เบดที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมภายในครัวเรือนควรจะมีขนาดเล็กและมีเสถียรภาพทางอุณหภูมิที่ดี แต่เตาฟลูอิดไดซ์เบดขนาดเล็กมีเสถียรภาพทางอุณหภูมิไม่ดีเท่าที่ควร (ดิษฐพร ตุงโสธานนท์, 2548)

5 วัสดุที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบและส่วนประกอบต่าง ๆ

แกลบเมื่อถูกการเผาไหม้จะกลายเป็นเถ้าแกลบซึ่งจะมีปริมาณคิดเป็นร้อยละ 20 – 25 ของแกลบ มีขนาดอนุภาคตั้งแต่ 1 – 100 ไมครอน ลักษณะผิวขรุขระเป็นเหลี่ยมมุม มีรูโพรงอยู่ภายในทำให้โครงสร้างมีความพรุนสูง มีพื้นที่ผิวมาก และมีความว่องไวต่อปฏิกิริยา โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นซิลิการ้อยละ 85 – 99 (ดังแสดงในตารางที่ 2)ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์ของธาตุต่างๆ นั้น ขึ้นอยู่กับแหล่งที่เพาะปลูกข้าว ชนิดของข้าวและปุ๋ยที่ใช้(สรรเสริญ วิราพร, 2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมี

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

ที่มา: สรรเสริญ วิราพร, 2530

ลักษณะของเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาไหม้จะมีสีและโครงสร้างของซิลิกาแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเผา ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อสมบัติของเถ้าแกลบที่สามารถนำไปใช้โดยส่วนมากเถ้าแกลบที่พบจะมีสีเทา สีขาว และสีดำ ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 ตัวอย่างขี้เถ้าแกลบ

ที่มา: สรรเสริญ วิราพร, 2530

แกลบสีเทา ได้จากการเผาแกลบที่อุณหภูมิไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส โดยมีความชื้นพอประมาณ ซิลิกาที่ได้จะมีโครงสร้างในรูปอสัญฐาน (amorphous)

เถ้าแกลบสีขาว ได้จากการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ที่อุณหภูมิสูงไม่เกิน 1000 องศาเซลเซียส ซิลิกาที่ได้จะมีโครงสร้างในรูปอสัญฐานน้อย แต่จะอยู่ในรูปผลึกแบบคริสโทบาไลต์ (cristobalit) ซึ่งเป็นโครงสร้างผลึกรูปแบบหนึ่งของซิลิกา เป็นจำนวนมากทำให้ความพรุนและพื้นที่ผิวลดลง ความว่องไวต่อปฏิกิริยาลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

6 ประโยชน์ของแกลบและเถ้าแกลบ

ประโยชน์จากแกลบ จากการสำรวจโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ย วัสดุปูรองนอน ในโรงเรือนเลี้ยงเป็ด เลี้ยงไก่ และในยุคที่ประเทศ มีความต้องการพลังงานสูง แกลบถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2540)

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

7 ประเภทพลังงานเชื้อเพลิงทดแทน

เมื่อใช้การแบ่งเกณฑ์โดยพิจารณาจากเทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงทดแทนที่มีใช้อยู่ในภาคอุตสาหกรรมเป็นประเด็นสำคัญ จะสามารถแบ่งประเภทออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ เทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ถ่านหินสะอาด และก๊าซชีวภาพ โดยแหล่งพลังงานทดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) ซึ่งประกอบด้วย แกลบ ฟางข้าว ซังข้าวโพด ลำต้นและเหง้ามันสำปะหลัง ชานอ้อย ยอดและใบอ้อย กะลาปาล์ม ใยปาล์ม ทะลายปาล์ม เศษไม้และขี้เลื่อย เป็นต้น ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวลเหล่านี้มีทั้งที่เกิดอยู่ที่โรงงานและปัจจุบันมีการนำมาใช้จนมีราคาและบางประเภทมีปริมาณเหลือน้อยมาก และเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทที่ยังคงถูกปล่อยทิ้งไว้ในไร่นา เนื่องจากยังขาดอุปกรณ์และกลไกในการเก็บรวบรวมมาใช้ประโยชน์

เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ (Biogas) ประกอบด้วยพลังงานจากก๊าซที่ได้จากน้ำเสียทั้งจากกลุ่มอุตสาหกรรมบางประเภทและกลุ่มของเสียจากฟาร์มสัตว์ เช่น ฟาร์มหมู ฟาร์มไก่ เป็นต้น ข้อดีของเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพนี้ นอกจากการพัฒนาพลังงานเพื่อใช้แล้ว ยังเป็นการกำจัดของเสียที่จุดผลิตหรือที่จุดกำเนิด ดังนั้น การใช้เชื้อเพลิงก๊าซจึงมีทั้งผลดีต่อระบบของโรงงานหรือผู้ประกอบการในการทำลายของเสีย และทำให้เกิดพลังงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ รวมทั้งยังไม่มีค่าใช้จ่ายของการขนส่ง

เชื้อเพลิงถ่านหินสะอาด (Clean Coal) เชื้อเพลิงประเภทนี้ในปัจจุบันยังไม่มีการนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศยกเว้นการนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าไฟฟ้าแต่ในต่างประเทศเทคโนโลยีดังกล่าวนี้ค่อนข้างแพร่หลาย โดยการใช้ถ่านหินในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมมีข้อจำกัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหามลภาวะทางอากาศเช่นการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศและการปนเปื้อนกับผลผลิต ดังนั้นการนำเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดมาใช้ในภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะประเภทที่มีการใช้พลังงานมากๆ จะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมอีกทางหนึ่งสำหรับผู้ประกอบการ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2553)

8. **การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล** (Biomass Gasification)

ชีวมวลเป็นพลังงานทดแทนหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงานอาจได้มาจากการปลูกไม้โตเร็ว หรืออาจเป็นของเหลือจากอุตสาหกรรม อาทิ แกลบ ซังข้าวโพด ขี้เลื่อย สมัยโบราณได้รู้จักการนำไม้มาเผาไฟเพื่อใช้ในการหุงต้มอาหารมานานนับหลายล้านปีและได้มีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีด้วยการเปลี่ยนเชื้อเพลิงประเภทถ่านไปเป็นแก๊สเชื้อเพลิงแข็งให้อยู่ในสภาพแก๊ส เราเรียกว่า Gasification กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นได้ด้วยการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งในที่ที่มีปริมาณออกซิเจนจำกัดเกิดความร้อนบางส่วนและความร้อนนี้จะไปเร่งปฏิกิริยาต่อเนื่องอื่นๆให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิงแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิตนี้ เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก๊สชีวมวล เราอาจจะนำเชื้อเพลิงแข็ง อาทิ ไม้ แกลบ หรือขี้เลื่อย มาเผาไหม้ให้ความร้อนได้โดยตรง แต่ทว่าเราไม่สามารถควบคุมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้และค่าความร้อนที่ได้มีค่าต่ำแต่ถ้าเรานำเชื้อเพลิงแข็งมาผ่านกระบวนการผลิตแก๊สชีวมวลแล้วจะทำให้แก๊สที่ได้มีอุณหภูมิและประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงขึ้นด้วย อีกทั้งเรายังสามารถควบคุมการเผาไหม้ของแก๊สได้ แก๊สที่ได้ก็จะมีเขม่าน้อย และเรายังสามารถส่งแก๊สไปตามท่อเพื่อใช้ในที่ต่าง ๆ ได้ และยังสามารถนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนของแก๊สเป็นพลังงานกลได้หรือใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า แก๊สชีวมวลยังสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนโดยตรงได้ อาทิ การอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร หรือการให้ความร้อนแก่หม้อไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ (วรนุช แจ้งสว่าง, 2551)

8.1 ประโยชน์ของแก๊สชีวมวล

8.1.1 ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก การสูบน้ำเพื่อการชลประทาน เครื่องสีข้าว โรงเลื่อยจักร เป็นต้น

8.1.2 พลังงานความร้อน เราสามารถนำแก๊สชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานความร้อนเนื่องจาก แก๊สชีวมวลเราสามารถส่งไปตามท่อในระยะไม่ไกลนักได้ เพื่อให้ความร้อนแก่เตาเผาต่าง ๆหม้อไอน้ำในโรงสีข้าว โรงเลื่อยจักร โรงน้ำตาล และการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรและอบไม้ เป็นต้นเชื้อเพลิงที่จะนำมาป้อนให้แก่เตาผลิตแก๊สชีวมวล ส่วนใหญ่ก็จะเป็นวัสดุเหลือใช้จากการผลิตนั้น ๆ อาทิในโรงสีข้าวเราก็จะนำแกลบมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ในโรงเลื่อยเราก็นำเศษไม้มาเป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้งข้าวโพดเราก็นำเอาซังข้าวโพดมาเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น

8.1.3 นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมี เราสามารถนำแก๊สชีวมวล มาใช้สังเคราะห์เมทธานอลได้ โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม ภายใต้อุณหภูมิและความดันที่สูงพออาทินำเอาแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และแก๊สไฮโดรเจน มาทำปฏิกิริยากันจะได้เมทธานอล

8.1.4 กระบวนการผลิตแก๊สชีวมวล แก๊สชีวมวลได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งในที่ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนกำจัด เชื้อเพลิงแข็ง ได้แก่ ไม้ ถ่านหิน แกลบ ขี้เลื่อย หรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแก๊สชีวมวลที่ผลิตได้จะมีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน (วรนุช แจ้งสว่าง, 2551)

8.2 ปฏิกิริยาเคมีทางความร้อนของการเกิดแก๊สชีวมวล

ในกระบวนการเกิดแก๊สชีวมวลภายในเตาเผา เราสามารถแบ่งโซนการเกิดแก๊สตามปฏิกิริยาทางเคมีและแตกต่างของอุณหภูมิได้เป็น 4 โซน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.1 Combustion หรือ Oxidation Zone อากาศจะถูกส่งเข้ามาในโซนนี้ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อากาศและเชื้อเพลิงสัมผัสกัน เกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างแก๊สออกซิเจนในอากาศกับคาร์บอนและไฮโดรเจน ซึ่งอยู่ในเชื้อเพลิงผลของปฏิกิริยาดังกล่าวก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนและความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาดูดความร้อนในโซน Reductionและโซน Pyrolysis อุณหภูมิในโซน Combustion จะมีค่าระหว่าง 1,100 – 1,500 องศาเซลเซียส

8.2.2 Reduction Zone แก๊สร้อนที่ผ่านมาจากกระบวนการแรก จะไหลผ่านมายังโซนReduction ซึ่งมีปฏิกิริยาหลักก็คือ ปฏิกิริยา Reduction อุณหภูมิในโซนนี้จะมีค่าระหว่าง 500 – 900 องศาเซลเซียสในโซนนี้จะมีการเปลี่ยนแก๊สบางส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ ซึ่งก็คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ในโซนCombustion ให้กลายเป็นแก๊สที่สามารถเผาไหม้ได้ โดยที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำที่เกิดขึ้นจะไหลผ่านคาร์บอนที่กำลังลุกไหม้อยู่ ก่อให้เกิดปฏิกิริยาได้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน เรียกว่าBoudouard Reduction และปฏิกิริยาที่เรียกว่า Watergas Reduction เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส แก๊สที่ได้เป็นแก๊สที่เผาไหม้ได้ และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในแก๊สชีวมวลนี้จะขึ้นอยู่กับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ว่าจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนได้มากน้อยเพียงใด ในโซนของ Reduction นี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะดีเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเร็วระหว่างแก๊สที่สัมผัสกับเชื้อเพลิงแข็งและพื้นที่ ๆ แก๊สสัมผัสกับผิวของเชื้อเพลิงแข็ง ดังนั้นขนาดและปริมาณของเชื้อเพลิงแข็งที่ป้อนเข้าไปยังเตาเผา จึงมีผลต่อการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงขนาดใหญ่จะมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำจะยากต่อการจุดเผาภายในเตาและจะทำให้เกิดปริมาณของช่องว่างระหว่างเชื้อเพลิงด้วยกันมากเป็นผลทำให้มีออกซิเจนไหลผ่านเข้าไปในระบบมาก ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นก็จะน้อยลงตามไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สชีวมวลมีค่าต่ำแต่ถ้าขนาดของเชื้อเพลิงมีขนาดเล็ก ก็จะทำให้เกิดการสูญเสียของความดันภายในเตามาก จึงต้องใช้พัดลมขนาดใหญ่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากยิ่งขึ้น และแก๊สที่ผลิตได้ก็จะมีฝุ่นมากยิ่งขึ้น ขนาดของเชื้อเพลิงแข็งที่เหมาะสมควรมีขนาด 20 – 100 มิลลิเมตรจากปฏิกิริยา ถ้าอุณหภูมิในโซน Reduction สูงกว่า 900 องศาเซลเซียส แล้วแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 90% จะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ และถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่า 1,100oC จะทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ นั่นคือ ประสิทธิภาพของเตาเผาจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในโซนของReductionในขณะที่แก๊สร้อนจากโซน Combustion ไหลเคลื่อนเข้าสู่โซน Reduction จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิของแก๊สลดลง เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ดังนั้นไอน้ำกับคาร์บอนจะทำปฏิกิริยากันเพื่อก่อให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 500 – 600 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยานี้จะมีความสำคัญเพราะจะทำให้ส่วนผสมของไฮโดรเจนในแก๊สชีวมวลมีค่ามากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อค่าความร้อนที่จะได้ในกระบวนการ แต่ถ้าในกระบวนการมีไอน้ำมากเกินไปอาจจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนมอนอกไซด์ ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน (ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Water Shift Reduction) ทำให้ค่าความร้อนของแก๊สชีวมวลที่ได้มีค่าลดลง ดังนั้นเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้จะต้องมีความชื้นไม่มากจนเกินไป ในกระบวนการแก๊สไฮโดรเจนบางส่วนอาจจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอน ทำให้เกิดแก๊สมีเทนขึ้นได้เล็กน้อย ซึ่งเราเรียกว่า Methane Production

8.2.3 Pyrolysis หรือ Distillation Zone ความร้อนจากโซน Reduction จะแพร่เข้ามาสู่โซนนี้ เพื่อที่จะเผาไหม้สารอินทรีย์ ซึ่งก็คือเชื้อเพลิงแข็งนั่นเอง ทำให้ได้เมทธานอล กรดน้ำส้มและน้ำมันดิน อุณหภูมิในโซนนี้จะมีค่าประมาณ 200 – 500องศาเซลเซียส ของแข็งที่เหลืออยู่ภายหลังจากผ่านกระบวนการนี้แล้วก็คือคาร์บอนในรูปของถ่าน ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อในโซน Reduction และ Combustion

8.2.4 Drying Zone ในโซนนี้ความร้อนจะลดลงมากทำให้อุณหภูมิไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของสารระเหย แต่ความชื้นในเชื้อเพลิงจะถูกความร้อนทำให้ระเหยตัวออกมาในรูปของไอน้ำ โซนนี้จะมีอุณหภูมิประมาณ 100 – 200 องศาเซลเซียส (วรนุช แจ้งสว่าง, 2551)

9 ประเภทของเตาผลิตแก๊สชีวมวล

9.1 Updraft Gasifier (Counter Flow) เตาประเภทนี้เป็นเตาเผาที่ผลิตใช้เริ่มแรก และเป็นแบบที่ง่ายที่สุด เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของเตา และอากาศจะถูกส่งผ่านตะแกรงเข้ามาทางด้านล่างบริเวณเหนือตะแกรงขึ้นไปจะมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงขึ้น ซึ่งเราเรียกบริเวณส่วนนี้ว่า Combustion Zone เมื่ออากาศผ่านเข้าไปบริเวณ Combustion Zone จะเกิดปฏิกิริยาขึ้น ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แก๊สร้อนที่ผ่านมาจาก Combustion Zone หรือ Heart Zone จะมีอุณหภูมิสูงและจะถูกส่งผ่านไปยัง Reduction Zone ซึ่งเป็นโซนที่มีปริมาณของคาร์บอนมากเพียงพอที่จะก่อให้เกิดปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เกิดเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจนหลังจากนั้นแก๊สที่ได้ก็จะไหลเข้าสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นของชีวมวล และกลั่นสลายในช่วงอุณหภูมิ 200 – 500 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นแก๊สก็จะไหลเข้าสู่ชั้นของชีวมวลที่ชื้น เนื่องจากแก๊สยังคงมีอุณหภูมิสูงอยู่ จึงไประเหยน้ำที่อยู่ในชีวมวลเหล่านั้น ทำให้แก๊สที่ออกจากเตาเผาชีวมวลมีอุณหภูมิต่ำลง เตาเผาประเภทนี้จะไม่ยุ่งยากสลับซับซ้อน มีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงมากและแก๊สชีวมวลที่ได้มีอุณหภูมิไม่สูงนักแต่มีข้อจำกัดคือ แก๊สที่ผลิตได้จะมีสารเคมีประเภทน้ำมันและน้ำมันดินเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในโซนของ Pyrolesis และจะกลั่นตัวเมื่ออยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้นแก๊สที่ได้จากเตาประเภทนี้จะเหมาะกับนำไปใช้สำหรับหม้อน้ำ หรือการอบแห้งวัสดุทางเกษตร ซึ่งแก๊สที่ได้จะผสมกับอากาศและทำการเผาไหม้โดยตรงในห้องเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนในกระบวนการที่ใช้ความร้อนต่อไป (ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552)

9.2 Downdraft Gasifier แบบนี้ออกแบบขึ้นมาเพื่อที่จะขจัดน้ำมันดิน ที่มีอยู่ภายในเชื้อเพลิงแข็งโดยเฉพาะ อากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่างของเตาเผา ผ่านกลุ่มของหัวฉีด ซึ่งเรียกว่า Tuyers บริเวณหัวฉีดจะเป็นบริเวณของโซน Combustion แก๊สที่ได้จากโซนCombustion จะมีปริมาณออกซิเจนน้อยมากทำให้เกิดการกลั่นสลาย และแขวงน้ำมันดินที่เกิดจากการกลั่นสลายก็จะไหลผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อน ทำให้น้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นแก๊ส ซึ่งการแตกตัวนี้จะเกิดที่อุณหภูมิคงที่ในช่วงระหว่าง 800 – 1,000 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาดูดความร้อนจะทำให้แก๊สที่ได้มีอุณหภูมิต่ำลง แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิดังกล่าว ปฏิกิริยาคายร้อนจะทำให้แก๊สที่ได้มีอุณหภูมิสูงขึ้น แก๊สที่ผ่านโซน Combustion จะมีส่วนประกอบของน้ำมันดินและน้ำมัน ซึ่งจะมีปริมาณลดลงเหลือน้อยกว่า 10% ของน้ำมันดินและน้ำมันที่ได้จาก Updraft Gasifier และแก๊สที่ได้จะมีความสะอาดมากกว่า ทำให้ใช้การกรองน้อยลง Gasifier ทั้งแบบ Updraft และ Downdraft จะมีความเร็วของอากาศไหลผ่านต่ำและเถ้าจะอยู่บริเวณตะแกรง ดังนั้นจึงมีปริมาณเถ้าถ่านติดออกมากับแก๊สชีวมวลน้อยมาก (ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552)

9.3 Crossdraft Gasifier แบบนี้อากาศจะถูกดูดผ่านหัวฉีดซึ่งอยู่ในแนวราบ โซนของ Combustion จะอยู่ถัดจากหัวฉีดออกไป และถัดออกไปอีกจะเป็นโซนของ Reduction แล้วแก๊สชีวมวลจะออกสู่ภายนอกโดยผ่านตะแกรง ซึ่งอยู่ในแนวตั้งโดยรอบบริเวณโซนของ Combustion และโซนReduction จะเป็นโซนของ Pyrolysis หรือ Distillation น้ำมันและน้ำมันดินที่ได้จากโซน Pyrolysis นี้จะผ่านโซน Reduction ก่อนที่จะออกไปสู่ภายนอกเตาเผา ซึ่งเป็นเหตุให้

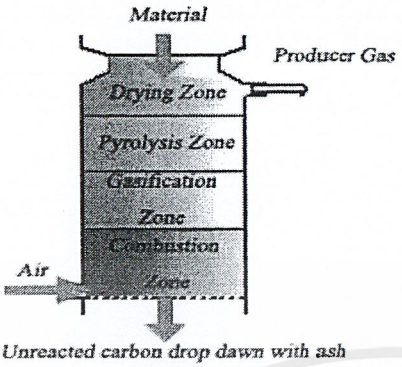
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

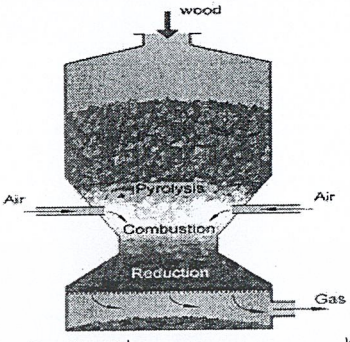
น้ำมันและน้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นแก๊สก่อนที่จะออกไปสู่ภายนอก ทำให้แก๊สชีวมวลที่ได้มีปริมาณน้ำมันและน้ำมันดินต่ำ Gasifier แบบนี้ได้ทำการออกแบบให้สามารถใช้ได้กับยานพาหนะ เนื่องจากมีน้ำหนักเบาและมีผลตอบสนองเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของภาระที่กระทำอยู่ เชื้อเพลิงแข็งที่ควรนำมาใช้กับเตาเผาแบบนี้ คือผ่านไม้ที่มีคุณภาพสูง(ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552)

9.4 Fluidized Bed Gasifierเตาเผาจากที่กล่าวมาแล้วทั้งสามแบบข้างต้น การทำงานของกระบวนการในระบบจะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาทางเคมีและสภาพทางฟิสิกส์ของเชื้อเพลิง โดยที่จะเกิดปัญหาทางด้าน Slag ที่เกิดขึ้นมากเกินไป จึงก่อให้เกิดการอุดตันในเตาเผาบ่อยครั้ง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการนำเตาเผาแบบ Fluidized Bed มาใช้ เตาเผาแบบนี้อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิงแข็ง เมื่อเราเพิ่มความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านสูงจนกระทั่งทำให้เชื้อเพลิงที่วางอยู่เริ่มลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายกับของไหล ในขณะที่เริ่มติดไปนั้น Bed จะเริ่มร้อนขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงถึงจุดติดไฟของเชื้อเพลิง หลังจากนั้นเชื้อเพลิงจึงจะถูกป้อนเข้าไปในเตาอย่างสม่ำเสมอ ภายในเตาเผาจะใส่วัสดุเฉื่อยได้แก่ ทราย หรือวัสดุเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ หินปูน ซึ่งจะช่วยในการถ่านเทความร้อนและช่วยในการทำความสะอาดแก๊สที่ได้ใน Bed เตาเผาแบบนี้จะมีข้อดี คือ การควบคุมอุณหภูมิในเตาเผาสามารถกระทำได้ง่าย จึงสามารถรักษาอุณหภูมิให้ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของเถ้าได้ ทำให้ไม่เกิดการจับตัวของ Slag ที่เกิดขึ้น จึงสามารถใช้เชื้อเพลิงที่มีเถ้ามากได้ โดยที่ถ้าเป็นเตาเผาแบบอื่นจะเกิดปัญหา ข้อเสียของเตาเผาแบบนี้ คือ แก๊สชีวมวลที่ออกจากเตาเผาจะมีปริมาณเถ้า และฝุ่นถ่านออกมาด้วย เนื่องจากความเร็วของอากาศภายในเตามีค่าสูง จึงต้องมีการนำ Cyclone หรือ Baghouse มาใช้กับระบบด้วย(ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552)

9.5 Suspended Gasifier การเผาไหม้ในเตาเผาแบบนี้จะมีลักษณะแขวนลอย (Suspended) โดยจะใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตแก๊ส ภายในเตาเผาจะใช้หลักการหมุนวนของอากาศในลักษณะแขวนลอย เพื่อที่จะให้แก๊สและเชื้อเพลิงแข็งมีโอกาสสัมผัสกันมากที่สุดเพื่อทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็ก อาทิ ขี้เลื่อย สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาเผาแบบนี้ได้ (ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552) ประเภทเตาผลิตแก๊สชีวมวลที่นิยมใช้ในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้ 4 แบบ คือ

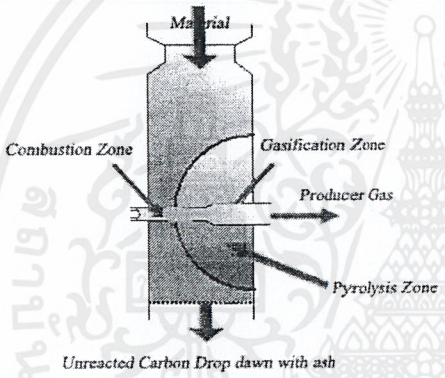
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

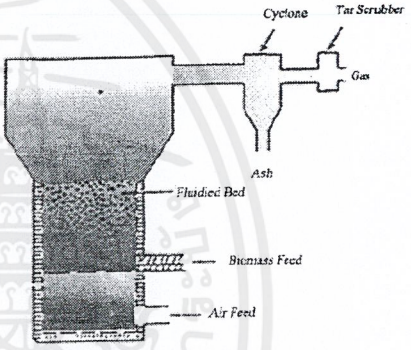




1. เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลขึ้น

2. เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลลง





3. เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลขวาง

4. เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบฟลูอิดไดซ์เบด

ภาพที่ 3 ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวลแบบต่างๆ

(ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552)

10 การเผาไหม้ตรง (Direct Combustion)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

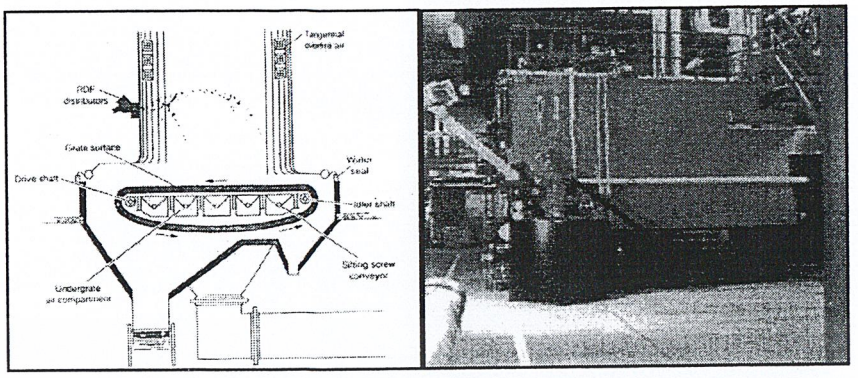
10.1 ระบบใช้แรงงานคนป้อนเชื้อเพลิง ระบบนี้อาศัยคนงานที่มีความชำนาญในการกระจายเชื้อเพลิงให้ทั่วสม่ำเสมอบนตะกรันเตาไฟ ที่ทำจากเหล็กหล่อเป็นตอน ๆ อากาศที่ใช้สำหรับเผาไหม้จะถูกส่งจากใต้เตาเหนือตะกรับเตาไฟ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของระบบนี้ค่อนข้างต่ำ

10.2 ระบบสโตกเกอร์ (Stoker) เป็นระบบแรกที่มีการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาโดยอาศัยเครื่องกลแทนแรงงานคน ข้อดีของระบบนี้คือ มีราคาถูก และสามารถออกแบบให้ใช้ได้กับเชื้อเพลิงแข็งหลายชนิดแต่ระบบสโตกเกอร์มีขีดความสามารถในการผลิตไอน้ำร้อนในระดับต่ำ ระบบสโตกเกอร์สามารถแบ่งตามลักษณะการป้อนเชื้อเพลิงได้เป็น 2 ชนิด คือ

10.2.1 ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านบน เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านบน หรือสูงกว่าตำแหน่งทางเข้าของอากาศส่วนแรกที่ถูกส่งไปช่วยในการเผาไหม้ โดยป้อนเชื้อเพลิงให้อยู่บนตะแกรง จากนั้นอากาศส่วนแรกถูกป้อนเข้าทางด้านล่างของตะแกรงผ่านขึ้นมาเผาไหม้เชื้อเพลิงบนตะแกรง อากาศอีกส่วนหนึ่งจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของตะแกรงเพื่อช่วยให้การเผาไหม้สมบรูณ์ ข้อเสียของการเผาไหม้ระบบนี้ คือการควบคุมปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าใต้ตะแกรงนั้นทำได้ยาก เพราะจะขึ้นอยู่กับความสูงและความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่กองอยู่บนตะแกรง และนอกจากนี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างค่อนข้างสูง เพราะต้องป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากผนังเตาเพื่อทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้อย่างคงที่ เตาที่ใช้กับการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาทางด้านบนที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไปมีอยู่ด้วยกัน คือ

แบบที่ 1 ระบบสโตกเกอร์แบบตระกรันเลื่อน (Traveling Grate Stoker) เชื้อเพลิงจะถูกป้อนออกจากถังเก็บ (Hopper) โดยสายพานตีนตะขาบ ซึ่งจะเคลื่อนที่พาเชื้อเพลิงผ่านเข้าไปในเตาเพื่อเผาไหม้ การลุกไหม้จะลุกคืบจากด้านบนของชั้นเชื้อเพลิงลงสู่ด้านล่าง ในขณะที่เชื้อเพลิงถูกพาให้เคลื่อนที่ไปยังอีกด้านหนึ่งของเตา เมื่อสายพานเลื่อนไปจนสุดทางอีกด้านหนึ่งเชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้หมดพอดี เถ้าที่เหลืออยู่จะตกลงสู่ที่รองรับทางด้านล่าง ดังภาพที่ 4 ข้อดีของสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน คือ ระบบการทำงานไม่ยุ่งยาก เพราะมีอุปกรณ์น้อยและสามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงได้หมด เนื่องจากสามารถควบคุมความเร็วของสายพานได้ และปริมาณควันและเขม่าที่ปล่อยออกมามีน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



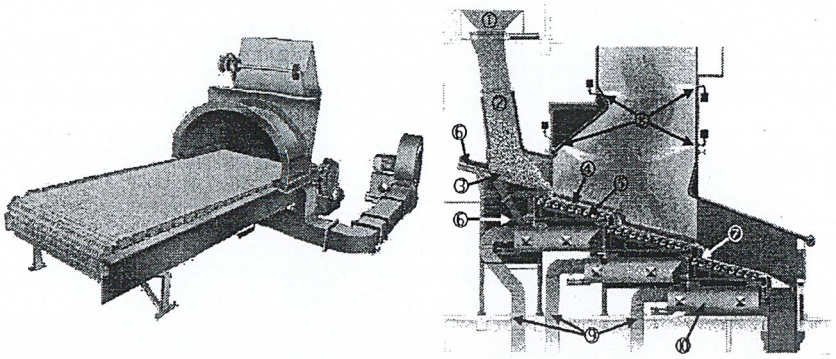
ภาพที่ 4 แสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน
ที่มา: ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552

แบบที่ 2 ระบบสโตกเกอร์แบบกระจาย (Spaeder Fired Stoker) เชื้อเพลิงถูกส่งเข้าเตาในลักษณะกระจายไปทั่วห้องเผาไหม้ด้วยเครื่องป้อนซึ่งมีลักษณะคล้ายใบพัดเป็นตัวหมุนวักเอาเชื้อเพลิงเข้าสู่เตา เชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กหรือเป็นผงจะเกิดการเผาไหม้ขึ้นอย่างรวดเร็วในขณะลอยตัวอยู่ภายในเตา ส่วนเชื้อเพลิงที่มีขนาดใหญ่ก็จะตกลงมาบนตะแกรงและเกิดการเผาไหม้บนตะแกรง ตะแกรงอาจมีการสั่นเป็นจังหวะเพื่อให้เถ้าร่วงลงสู่ด้านล่างดังภาพที่ 5 (ตะแกรงนี้อาจแทนได้ด้วยสายพานตีนตะขาบ) ระบบการเผาไหม้แบบนี้จำเป็นต้องใช้อากาศเหนือไฟที่ด้านหลังและด้านข้างเตา เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้พอเพียงต่อการเผาไหม้อย่างสมบรูณ์ บางครั้งจำเป็นต้องติดตั้งหัวพ่นอากาศใกล้เครื่องกระจายเชื้อเพลิงเพื่อช่วยเป่าเชื้อเพลิงละเอียดให้กระจายออกไป

ข้อได้เปรียบของการเผาไหม้ระบบนี้ คือ การที่เชื้อเพลิงกองอยู่บาง ๆ บนตะแกรงทำให้ความดันอากาศไหลผ่านเชื้อเพลิงมีค่าน้อยกว่าสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน ดังนั้นการควบคุมอากาศที่ป้อนใต้ตะแกรงสามารถทำได้ง่ายกว่า

ข้อเสียของระบบสโตกเกอร์แบบกระจาย คือ มีปริมาณเขม่าและควันออกจากปล่องมากจึงต้องมีอุปกรณ์สำหรับดักขี้เถ้าที่ออกจากปล่องสู่บรรยากาศภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

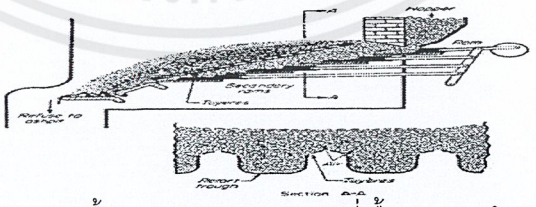


ภาพที่ 5 แสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบสโตกเกอร์แบบกระจาย
ที่มา: ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552

10.2.2 ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่ทางด่านล่าง เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง ส่งผลให้เชื้อเพลิงไปตามรางให้เคลื่อนตัวลึกเข้าไปในเตาตลอดเวลา ทำให้เกิดความดันขึ้นในเชื้อเพลิงส่วนล่าง ส่งผลให้เชื้อเพลิงส่วนบนขยับขึ้นด้านบนได้ วิธีนี้จะทำให้สารระเหยที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงระเหยขึ้นสู่ส่วนบนจึงทำให้ติดไฟได้ง่ายขึ้นและเกิดการเผาไหม้ขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ เชื้อเพลิงที่ลุกไหม้หมดแล้วเป็นเถ้าซึ่งอยู่ส่วนบนสุดจะถูกเชื้อเพลิงตอนล่างดันกระจายลงสู่ที่รองรับเถ้า ดังภาพที่ 6

การควบคุมการเผาไหม้ของระบบนี้สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงระยะชักหรืออัตราเร็วของตัวดันเชื้อเพลิง ส่วนปริมาณอากาศที่ส่งเข้าเตาก็สามารถปรับให้พอเหมาะกันได้ที่ช่องอากาศเข้าเตา อากาศที่ส่งเข้าเตาเพื่อช่วยการเผาไหม้เชื้อเพลิงนี้จะผ่านเข้าไปในเตาได้ทางช่องหรือพวยรับลม (Tuyeres)

ข้อดีของระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง คือ การป้อนเชื้อเพลิงทางด้านล่างจะช่วยลดควันได้ เพราะสารระเหยที่ปล่อยออกจากเชื้อเพลิงจะไหลผ่านชั้นเชื้อเพลิงที่ร้อนทำให้เผาไหม้หมด



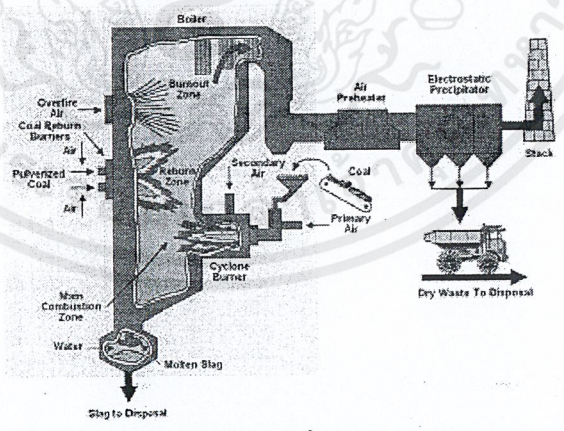
ภาพที่ 6 แสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง
ที่มา: ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.3 ระบบฟัลเวอร์ไรซ์ (Pulverised) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเตา ระบบพัลเวอร์ไรซ์จะเกิดขึ้นในลักษณะที่เชื้อเพลิงแขวนลอยอยู่ ดังนั้นเชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาเผาแบบนี้จะต้องมีขนาดเล็กเพียงพอที่จะแขวนลอยอยู่ในอากาศภายในเตา อากาศส่วนแรกจะถูกอุ่นก่อนส่งเข้าเตา เพื่อใช้ในการอบแห้งเชื้อเพลิงในขณะที่อากาศส่วนที่สองถูกส่งเข้าเตาโดยตรง เพื่อช่วยให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้จะถูกพัดพาออกจากเตาเผาติดมากับแก๊สร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ ดังภาพที่ 7

ข้อได้เปรียบของการเผาระบบนี้ คือ ไม่จำเป็นต้องมีระบบตะแกรงที่จะต้องให้ความร้อนในการเผาไหม้สูง เพราะระบบสโตกเกอร์ที่กล่าวมาแล้วนั้น เชื้อเพลิงจะเผาไหม้ได้จะต้องได้รับความร้อนที่สูงเพียงพอจากเชื้อเพลิงเก่าบนตะแกรง จากเหตุดังกล่าวข้างต้นจึงต้องให้เตาเผาระบบสโตกเกอร์มีขนาดเล็กเพียงพอที่จะทำให้ความร้อนภายในเตาเผามีค่าสูงพอแก่เชื้อเพลิงที่จะเผาไหม้ต่อไป ดังนั้นเตาเผาระบบพัลเวอร์ไรซ์นี้จึงให้ความร้อนในการเผาไหม้ได้สูงกว่า

ข้อเสียของระบบพัลเวอร์ไรซ์นี้ คือ การควบคุมเถ้าทำได้ยาก ดังนั้นจึงต้องมีระบบกำจัดเถ้าที่ดีซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง เชื้อเพลิงที่ใช้จะต้องมีขนาดเล็กเพียงพอ ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบดเชื้อเพลิงให้มีขนาดเล็กลง นอกจากนี้การควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผาทำได้ยาก เพราะถ้าอุณหภูมิของการเผาไหม้สูงเกินไปจะทำให้เกิดการหลอมตัวของเถ้าเกาะกันเป็นก้อนใหญ่ ซึ่งจะทำให้เตาเผาเสียหายได้ เชื้อเพลิงที่ใช้จะต้องแห้งเพียงพอจึงต้องมีการอบแห้ง ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการเพิ่มราคาต้นทุนและพลังงานที่ใช้

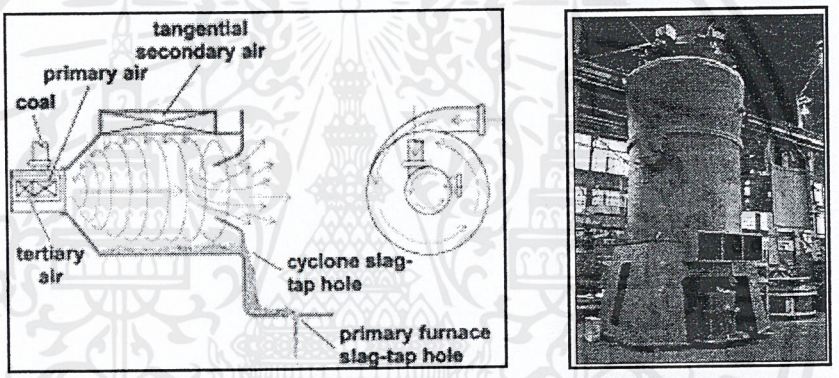


ภาพที่ 7 แสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบพัลเวอร์ไรซ์

ที่มา: ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.4 ระบบไซโคลน (Cyclone) เตาเผาระบบไซโคลน เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าเตาเผาโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงเช่นเดียวกับระบบพัลเวอร์ไรซ์ แต่ไม่จำเป็นต้องบดเชื้อเพลิงให้มีขนาดเล็ก ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการบดเชื้อเพลิงลงได้ การเผาไหม้ในระบบไซโคลนจะใช้หัวเผาแบบ Horizontal water-cooled ขนาดเล็ก ทำให้เตาเผาระบบไซโคลนมีขนาดเล็กกว่าเตาเผาระบบพัลเวอร์ไรซ์เมื่อคิดต่อหน่วยปริมาตร อากาศจะเข้าสู่เตาเผาในแนวสัมผัสกับผนังของห้องเผาไหม้ ซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงเกิดการเคลื่อนที่แบบปั่นป่วน (Turbulence) ในห้องเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้ดียิ่งขึ้น อุณหภูมิของการเผาไหม้ภายในเตาระบบไซโคลนสูงถึง 1650 ^{o}C ซึ่งจะทำให้ขี้เถ้าถูกเผาไหม้กลายเป็นขี้โลหะเหลว (Liquid Slag) ได้ประมาณ 30 -50 % และเหลือขี้เถ้าที่ปนออกมากับแก๊สร้อนเพียง 70-50% ขี้โลหะเหลวที่เกิดขึ้นภายในเตาเผาระบบไซโคลนนี้สามารถปล่อยออกทางด้านล่างของเตาเผาได้ ดังภาพที่ 8

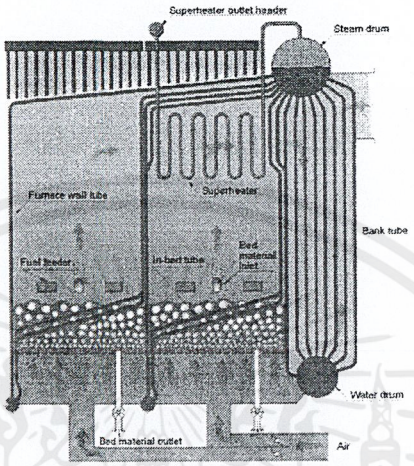


ภาพที่ 8 แสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบไซโคลน
ที่มา: ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552

10.5 ระบบฟลูอิดไดซเบค (Fluidized Bed) อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิงและเมื่อเพิ่มค่าความเร็วของอากาศถึงค่าหนึ่งเชื้อเพลิงที่วางอยู่จะลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายของไหล ในตอนเริ่มติดเตานั้นเบดจะได้รับความร้อนจากภายนอกจนอุณหภูมิถึงจุดติดไฟของเชื้อเพลิง หลังจากนั้นเชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าไปอย่างสม่ำเสมอ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นทั่ว ๆ บริเวณเตา โดยปกติจะใส่สารเฉื่อย (Inert Material) เช่น ทราย หรือ สารที่ทำปฏิกิริยา (Reaction Material) เช่น หินปูน (Limestone) หรือตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ซึ่งจะช่วยในด้านการถ่ายเทความร้อนและช่วยทำความสะอาดภายในเตาระบบฟลูอิดไดซ์เบดนี้แสดงดังภาพที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบฟลูอิดไดซ์เบดนี้ได้รับความสนใจมากในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถใช้กับเชื้อเพลิงแข็งได้ทุกชนิด เพราะอุณหภูมิภายในเตาจะมีค่าใกล้เคียงตลอดทั่วเตาเผา ทำให้อัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงสม่ำเสมอ สามารถเผาเชื้อเพลิงที่มีปริมาณความชื้นสูงได้ดี นอกจากนี้ยังทำให้อุณหภูมิของเปลวไฟคงที่



ภาพที่ 9 แสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบฟลูอิดไดซ์เบด

ที่มา: ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552

ข้อดีของระบบฟลูอิดไดซ์เบด คือมีสารเฉื่อย เช่น ทราย เป็นเบด จึงทำให้เกิดการผสมของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนได้ดี เกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว นอกจากนี้ตัวเบดยังช่วยอมความร้อนทำให้เตามีความเสถียร ไม่ดับง่าย และเกิดการเผาไหม้ในตัวเตาเผาได้อย่างทั่วถึง จึงทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผามีค่าเท่ากันและสม่ำเสมอ สามารถใช้เผาไหม้เชื้อเพลิงในช่วงอุณหภูมิการเผาไหม้ที่ต่ำ (ประมาณ 850 $^{\circ}$C) จึงช่วยแก้ปัญหาด้านมลพิษของอากาศเนื่องจากการเกิดสารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ ได้เป็นระบบเกี่ยวกับลมเกือบทั้งหมด (Pneumatic System) ไม่ค่อยมีระบบเครื่องกล (Mechanical System) ทำให้การควบคุมระบบทำได้ง่าย เชื้อเพลิงที่เผาไหม้ในเตาระบบฟลูอิดไดซ์เบด ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้หมดสมบูรณ์ไม่เกิน 5 วินาที ซึ่งน้อยกว่าเวลาที่เชื้อเพลิงใช้อยู่ในเตาเผา จึงทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์

ชนิดของเตา ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบผลิตไฟฟ้าขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับชีวมวลที่มีขนาดเป็นชิ้นค่อนข้างใหญ่ เตาเผาระบบสโตกเกอร์มีความเหมาะสมมาก ในขณะที่ชีวมวลที่เป็นชิ้นเล็กหรือเป็นเมล็ด เช่น ขี้เลื่อย แกลบ มีความเหมาะสมกับเตาเผาระบบฟลูอิดไดซ์เบดหรือไซโคลน เตาเผาระบบ สโตกเกอร์นั้นสามารถใช้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

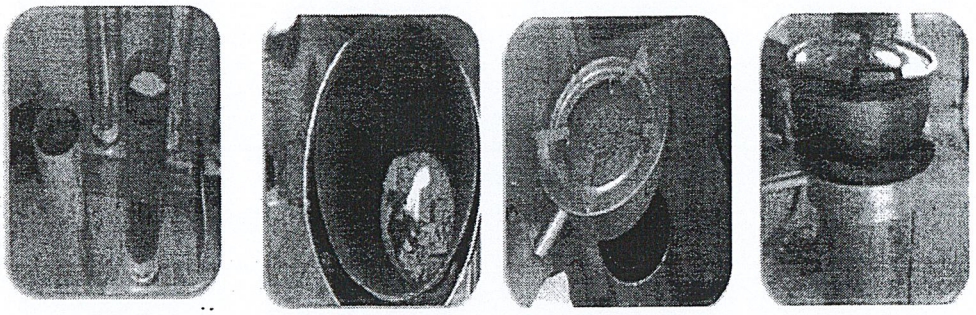
เชื้อเพลิงได้หลายชนิด/ขนาด แต่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภาระต่ำ เตาเผาระบบไซโคลน ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภาระสูงกว่าเตาเผาระบบสโตกเกอร์ แต่ต้องการเชื้อเพลิงที่มีความแห้งมากเตาเผาระบบ ฟลูอิดไดซ์เป็นระบบค่อนข้างใหม่มีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเชื้อเพลิง และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภาระได้เร็ว (ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน, 2552)

11 เตาแก๊สซีวมวลจากเศษวัสดุทางการเกษตรแบบต่าง ๆ

เป็นเตาแก๊สซีวมวลเพื่อใช้หุงต้นในครัวเรือน โดยนำเศษกิ่งไม้ ซังข้าวโพด กะลา ฯลฯ มาผ่านกระบวนการเผาไหม้สมบูรณ์ ทำให้ได้แก๊สมีเทนใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม แถมลดปริมาณควัน ไม่ก่อมลพิษ เตาก๊าซซีวมวล มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงกว่าเตาทั่วไป โดยใช้เชื้อเพลิงที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากจากการเกษตร อาทิเช่น กิ่งไม้ ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง และกะลามะพร้าว โดยเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซมีเทน จากกปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง ถึง 2 ครั้ง ซึ่งเตาแก๊สซีวมวลเป็นเตาที่จัดสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับการหุงต้มอาหารในครัวเรือน โดยใช้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง โดยมีหลักการทำงานแบบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวล (Gasifier) แบบอากาศไหลขึ้น (Updraf Gasifier) เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่ที่จำกัดปริมาณอากาศให้เกิดความร้อนบางส่วนแล้วไปเร่งปฏิกิริยาต่อเนื่องอื่นๆ เพื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ที่สามารถติดไฟได้ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไฮโดรเจน และแก๊สมีเธน เป็นต้น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน รายงานพลังงานของประเทศไทย, 2545)

11.1 เตาแก๊สซีวมวลจากแกลบ บ้านสันทราย ตำบลป่าอ้อดอนชัย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย การผลิตเตาแก๊สซีวมวลเพื่อเป็นการประหยัด พลังงานและเงินทุนในการใช้เตาแก๊สทั่วไปนั้น ถือได้ว่าเป็นแนวคิดที่ดีและ สามารถนำมาใช้ได้จริง ซึ่งก็มีวิธีการง่ายๆ โดยนำแกลบมาเผาในเตาที่มีการ ผลิตขึ้นเป็นพิเศษ มีลักษณะคล้ายกับเตาแก๊สทั่วไป แต่ต่างกันแค่สิ่งที่นำมา บรรจุอยู่ด้านใน นั่นก็คือแกลบกับแก๊ส ซึ่งแค่ชื่อก็รู้แล้วว่าราคามีความ แตกต่างกันมาก เมื่อนำมาทดลองใช้เตาชนิดนี้สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายและช่วยลด การใช้พลังงานได้เป็นอย่างดี (การใช้พลังงานทดแทนจากเตาแก๊สซีวมวล, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 เตาชีวมวลจากแลบ

ที่มา: การใช้พลังงานทดแทนจากเตาแก๊สชีวมวล, 2552

ส่วนประกอบของเตาแก๊สชีวมวล

1. กล่องฐานทำจากสังกะสี เคลือบด้วยแผ่นกันความร้อนและกันลม
2. ท่อเหล็กดำขนาดกว้าง 6 นิ้ว ยาว 60 เซนติเมตร ใช้ทำกระบอกเชื้อเพลิง
3. ฉนวนกันความร้อน
4. Adapter ระบบ DC ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้สำหรับปรับความแรงของไฟได้ กินไฟ น้อยเทียบได้กับการชาร์จแบตเตอรี่มือถือ หนึ่งครั้งกินไฟเพียงแค่ 4 สตางค์เท่านั้น
5. แกลบที่ได้จากโรงสีข้าว

ขั้นตอนการใช้งานเตาแกลบชีวมวล

1. ปิดฝากล่องให้แน่น และปิดตะแกรงท่อ
2. ใส่แกลบให้เต็มท่อ แล้วเสียบปลั๊กพัดลมหอยโข่ง
3. จุดไฟบนแกลบ แล้วเปิดพัดลม12 v.
4. เมื่อไฟติดแล้วให้นำหัวเตาแก๊สสวมบนท่อ เสร็จแล้วสามารถเริ่มทำอาหารได้
5. เมื่อแกลบหมด ให้ปิดพัดลมก่อน แล้วเปิดฝากล่อง นำแกลบดำออกจากท่อ

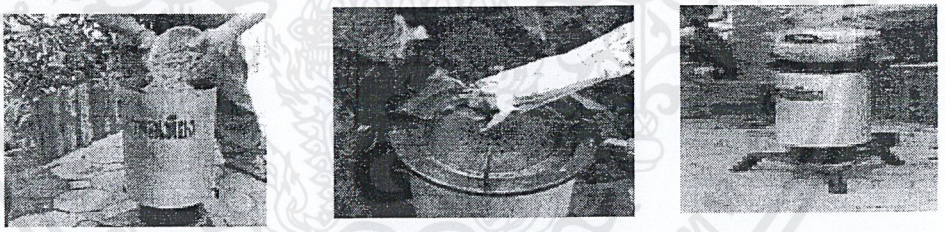
ประโยชน์ของเตาแก๊สชีวมวล

1. ประหยัดเพราะพลังงานที่ได้มาจากการเผาแกลบ ซึ่งหาได้ง่ายในชุมชน ไม่ต้องหาซื้อให้สิ้นเปลืองเงินทองเหมือนแก๊ส
2. ไฟที่ได้จะร้อนมากเทียบเท่ากับเตาแก๊สทั่วไป
3. ไม่ทำให้หม้อหรือภาชนะที่ใช้ในการหุงต้มเปลี่ยนเป็นสีดำ
4. ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานจากเตาแก๊ส
5. ช่วยลดมลภาวะในอากาศ เพราะไม่มีควันและไม่มีกลิ่นคอยรบกวน
6. แกลบดำที่ได้จากการเผาไหม้ของเตาแก๊สชีวมวล สามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น.อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อใส่หน้าดินให้ดินร่วนซุยดี รักษาความชื้นในดิน และเป็นปุ๋ยใส่พืชต่างๆ นอกจากนั้นยังนำไปผสมกับดินใช้เพาะกล้าพันธุ์พืชต่างๆ ได้ (การใช้พลังงานทดแทนจากเตาแก๊สชีวมวล, 2552)

11.2 เตาแก๊สชีวมวลจากแลบ วัดศรีคิรินทราราม จังหวัด แพร่ เตาแกลบหรือเตาแก๊สชีวมวล เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่ถูกนำมาจัดแสดงไว้ในวัด เป็นเครื่องมือหนึ่งในการดำรงชีวิตในครัวเรือน ที่ทำให้ประหยัดไม่ฟุ้งเฟ้อ ฟุ่มเฟือย ในการหุงต้มอาหารที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเรื่องเชื้อเพลิงหุงต้ม ข้อดีของเตาแกลบคือประหยัด ใช้วัสดุในท้องถิ่น ลงทุนเพียงค่าเตาเท่านั้นก็อยู่ได้นาน เหมาะกับเกษตรกร หรือชาวบ้านที่อยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบ นอกจากนี้ ยังไม่มีควันทำให้หม้อดำเหมือนฟืนอีกด้วย การทำเตาแกลบหรือเตาแก๊สชีวมวลเพื่อลดการใช้แก๊สหุงต้มในครัวเรือน โดยมีหลักคิดในเรื่องของการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น เตาแกลบราคาไม่สูงนัก จะทำเองก็ได้ถ้าเข้าใจวิธีการ ต้นทุนส่วนใหญ่เป็นค่าเหล็กที่นำมาประกอบเป็นเตา มีพัดลมคอมพิวเตอร์ หม้อแปลงไฟฟ้าบ้านเป็นค่าไฟฟ้า 6-12 โวลต์ การใช้เตาแกลบในการหุงต้มนั้นไม่ยาก วัสดุที่นำมาใช้ก็หาได้ง่าย ตราบใดที่คนไทยยังปลูกข้าว กินข้าวอยู่ เราจะมีแกลบไว้ใช้เป็นวัตถุดิบได้ตลอดไปวิธีการคือนำแกลบมาใส่ในช่องกระบอกเตาอัดให้แน่น เตาที่ใช้จุแกลบได้ 1.2 กิโลกรัม ก็เต็มกระบอก จากนั้นจุดไฟที่ด้านบนด้วยเศษกระดาษ เมื่อไฟติดแกลบเล็กน้อย เปิดสวิตช์พัดลมที่ค่าไฟ 6 โวลต์ ลมจะเป่าย้อนจากด้านล่างขึ้นมา ทำให้ไฟติดและมีเปลวแรง นำฝาคลอบหรือฐานตั้งภาชนะสวมปิดด้านบน จะดูเหมือนเตาแก๊สทั่วไป แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 เตาแก๊สชีวมวลจากแกลบ

ที่มา: ฤทธิชัย บุตรชา 2553

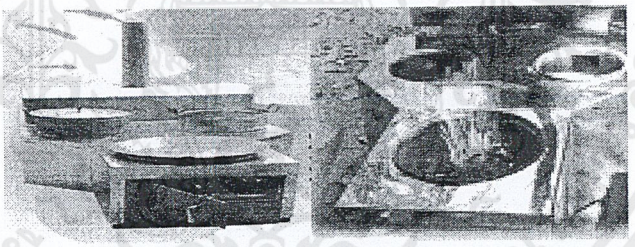
ที่มา: ข่าวสดรายวัน เตาแกลบแทนเตาแก๊ส ทั้งประหยัด ช่วยชาติ 16 มกราคม พ.ศ. 2553

การใช้งานสามารถใช้หุงต้มได้นานถึง 50 นาที การหุงต้มสามารถพักเตาได้ ด้วยการปิดพัดลมทำให้เปลวไฟหยุดลง แต่เตายังคุกรุ่นอยู่ เป็นการประหยัดเชื้อเพลิง เมื่อพร้อมจะใช้ติดไฟอีกครั้งง่ายมาก คือเปิดพัดลม ไฟจะปะทุขึ้นมาอีกหรือใช้ไม้ขีดจุดช่วยที่ด้านบนของเตาก็ได้เมื่อไฟติดควัน จะหมดไป หลักการทำงานคือการใช้พัดลมคอมพิวเตอร์ 12 โวลต์เป่าอากาศสู่ห้องเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ดี จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนกับออกซิเจน ทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ เกิดแก๊สไฮโดรเจน และแก๊สมีเทน แก๊สที่มีอุณหภูมิสูงจะลอยสู่ด้านบนเกิดการลุกไหม้เป็นเปลวไฟได้ความร้อน เท่าเทียมแก๊สแอลพีจี ตามปกติเราหุงข้าวกันใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที ผัดๆ ทอดๆ ก็ไม่นาน เรามีเวลาพอที่จะใช้เชื้อเพลิงเพียงแกลบกิโลครึ่งได้อย่างสบายๆ และให้ความร้อนสูงอีกด้วย แถมท้ายเมื่อทำเสร็จจะได้ขี้เถ้าแกลบสีดำ ที่สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปลูกต้นไม้ได้อีกด้วย ทำครัวครั้งหนึ่งจะเสียค่าไฟฟ้า 0.03 บาทเท่านั้น วันหนึ่งทำสองครั้งเสียไม่ถึง 1 บาท เรียกว่า ปีหนึ่งถ้าทำทุกวันเสียเงินไปไม่ถึง 100 บาท ส่วนคนที่ต้องซื้อแกลบก็มีค่าใช้จ่ายเพิ่มแต่ไม่มาก เรียกว่าน้อยกว่าการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น เป็นการลดค่าเชื้อเพลิงได้หลายเท่าตัว และที่สำคัญเป็นการลดการนำเข้าแก๊สจากต่างประเทศ (ฤทธิชัย บุตรชา, 2553)

11.3 เตาชีวมวลแบบ Sun Sun เป็นเตาที่สามารถวางภาชนะได้หลายขนาด มีระบบการต้ม การทอด และการอุ่นแบบต่อเนื่องมีระบบการกรองพิษจากเขม่า และควันพิษด้วยม่านไอน้ำ 2 ชั้น มีระบบต้มน้ำโดยใช้ความร้อนจากปล่องควัน เชื้อเพลิงที่ใช้จะเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง เช่น กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด กิ่งไม้ เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น เชื้อเพลิง 9 กิโลกรัมสามารถหุงอาหารได้ 2-3 ชั่วโมง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ พลังงาน , 2553)

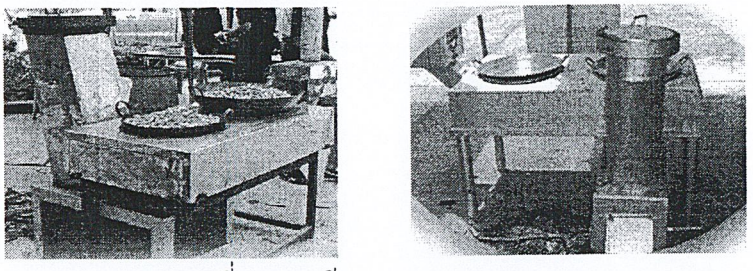


ภาพที่ 13 เตาชีวมวลแบบ Sun Sun

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ พลังงาน ,2553

11.4 เตาชีวมวลแบบ SME เป็นเตาที่มีระบบการกรองพิษจากเขม่าด้วยม่านไอน้ำ สามารถวางภาชนะได้หลายขนาด มีหัวเตาสำหรับประกอบอาหาร และหัวเตาสำหรับการอุ่นอาหารแบบต่อเนื่อง เชื้อเพลิงที่ใช้จะเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง เช่น กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด กิ่งไม้ เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น เชื้อเพลิง10 กิโลกรัมสามารถหุงอาหารได้ 2-3 ชั่วโมง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ พลังงาน ,2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



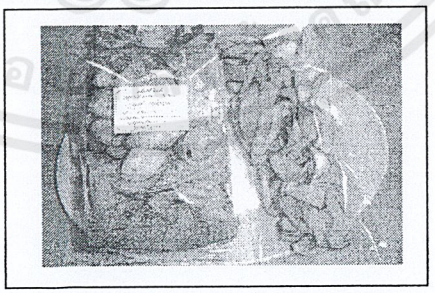
ภาพที่ 14 เตาชีวมวลแบบ SME

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ พลังงาน ,2553

12 วิธีการทำกล้วยทอดกรอบธัญพืช

กล้วยเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะกล้วยสุก กล้วยแต่ละชนิดมีสารอาหารในปริมาณที่แตกต่างกัน เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรท และไขมัน อาทิ กล้วยเล็บมือ กล้วยหักมุก มีคาร์โบไฮเดรท ไขมันคิดเป็นร้อยละ18.0 26.3 และ1.8 1.2 กรัมของเนื้อกล้วย ตามลำดับ รวมทั้งเกลือแร่ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก คิดเป็น ร้อยละ 10, 18; 24, 22 และ1.3, 0.4 ตามลำดับ (กองโภชนาการ , 2530)

กลุ่มสตรีบ้านห้วยขนุน ทำกล้วยทอดกรอบจากกล้วยเล็บมือดิบ เลือกกล้วยที่มีความแก่อ่อนประมาณ75% เริ่มจากการตัดกล้วยออกจากเครือให้เป็นผลเดี่ยวๆ ล้างทำความสะอาด ตัดหัวท้ายของผลกล้วยและลอกเปลือกเป็นแผ่นบาง โดยที่ผลกล้วยยังมีบางส่วนของเปลือกสีเขียวแช่ในน้ำเกลือกร่อยๆจนกว่าจะนำมาทอด ฝานเป็นแผ่นบางด้วยมีด 2 คมใส่กระทะที่มีน้ำมันร้อนโดยตรง ทอดจนเหลืองกรอบ ทำให้สะเด็ดน้ำมันและใช้กระดาษขาวซับน้ำมันส่วนที่เหลือออกไป และเก็บใส่กล่องปิดฝาป้องกันไม่ให้สัมผัสกับอากาศและความชื้น เพื่อนำไปทำเป็นกล้วยกรอบหวานต่อไป (การพัฒนากระบวนการผลิต คุณภาพและการบรรจุของผลิตภัณฑ์กล้วย และไชโป๊ว ,2551)



ภาพที่ 15 กล้วยเล็บมือทอดกรอบ

ที่มา http://kuservice.ku.ac.th/cms_web/pying/penpimon.doc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสมกล้วยทอดกรอบรสเค็ม

1. กล้วยดิบแก่จัด (90-100%) 4 กิโลกรัม
2. เนยหรือมาการีน 250 กรัม
3. เกลือ 10 กรัม
4. น้ำมันพืช
5. น้ำตาลทราย 1 กิโลกรัม
6. น้ำ 1 ลิตร (5 แก้ว)

วิธีทำ ปอกผลกล้วยให้เหลือแต่เนื้อสีขาว แช่น้ำไว้ หากยังไม่ทอด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำมาฝานเป็นแผ่นบางขนาด 1 มิลลิเมตร ลงในน้ำมันที่ร้อนจัด ทอดจนเหลือง หรือขึ้นลายกล้วย ตักขึ้นให้สะเด็ดน้ำมัน คลุกกับมาการีนและเกลือป่นขณะที่ร้อน อัตรา 1,000:50:1 กรัม จะได้กล้วยทอดกรอบรสเค็ม ทิ้งให้เย็น บรรจุใส่ภาชนะเก็บไว้รับประทาน หากต้องการกล้วยทอดกรอบธัญพืชให้เตรียมน้ำเชื่อม อัตราดังนี้

ส่วนผสมกล้วยทอดกรอบรสหวาน

1. น้ำตาลทราย 1 กิโลกรัม
2. เนยหรือมาการีน 250 กรัม
3. เกลือ 10 กรัม
4. น้ำ 1 ลิตร
5. เกลือ 10 กรัม
6. น้ำ 1 ลิตร (5 แก้ว)

วิธีทำ นำส่วนผสมต้มให้ เดือด และทุกอย่างละลายเข้ากันดีแล้ว ยกลง นำกล้วยที่ทอดลักษณะเดียวกับทำรสเค็ม แต่ทอดให้เหลืองน้อยกว่า คลุกลงในน้ำเชื่อมให้ทั่ว ตักขึ้นให้สะเด็ดน้ำเชื่อม นำลงไปทอดในน้ำมันที่ร้อนจัดประมาณ 3-5 นาที หรือจนน้ำมันนิ่ง ตักขึ้นให้สะเด็ดน้ำมัน เกลี่ยแผ่นกล้วยออกจากกันผึ่งให้เย็น เก็บใส่ภาชนะอย่าให้ลมเข้า จะสามารถเก็บรับประทานได้นาน (กล้วยทอดกรอบ 2548)

13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชนาธิป ชัยดิลกพัฒนกุล ดิษฐพร ตุงโสธานนท์ และพงษ์เจต พรหมวงศ์ (2549) ศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้แกลบในฟลูอิดไดซ์เบดแบบผิวคลื่น พบว่าอิทธิพลของผิวคลื่นของเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบดต่อพฤติกรรมการเผาไหม้แกลบ โดยในการศึกษาได้ทำการทดลองในเตาเผาแกลบ 2 ลักษณะของการทดลอง คือ กรณีผนังเตาเป็นแบบผิวเรียบและกรณีผนังเตาเป็นแบบผิวคลื่นครึ่งล่าง โดยในแต่ละกรณีของการทดลองได้ทำการทดลองที่อัตราการไหลอากาศค่าเดียว คือ 95 kg/hr และในการศึกษาถึงผลของอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ทำการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลเชิงมวลของแกลบอยู่ระหว่าง 10 – 15.5 kg/hr โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินตั้งแต่ 15 – 75 % โดยทำการวัดและสังเกตการกระจายอุณหภูมิในตำแหน่งต่างๆภายในเตา, ขี้เถ้า, ควันที่ออกมากับก๊าซไอเสีย จากการศึกษาพบว่า การติดตั้งผิวคลื่นที่ผนังเตาแบบผิวคลื่นด้านล่างจะช่วยให้ลักษณะการเผาไหม้ดีกว่าผนังเตาแบบธรรมดา โดยมีอุณหภูมิไอเสียมีค่าอยู่ระหว่าง 573 - 746

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดของห้องเผาไหม้อยู่ที่ 979 °C, จากการวิเคราะห์ก๊าซไอเสียปริมาณของก๊าซ CO อยู่ระหว่าง 605 – 3864ppm, ก๊าซ NO อยู่ระหว่าง 171 – 367 ppm และประสิทธิภาพการเผาไหม้ อยู่ระหว่าง 83.9– 92.5

เพ็ญพิมล จาตุรนต์รัศมี สาวรัศมี ศุภศรี (2551) ศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตคุณภาพและการบรรจุของผลิตภัณฑ์กล้วย และไชโป๊ว พบว่ากล้วยทอดหน้าธัญพืช จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(มผช.๑๑๑/๒๕๔๖) คุณภาพผ่านเกณฑ์ทุกข้อ มีความชื้นประมาณร้อยละ 3 ไขมันร้อยละ29.44 ส่วนการศึกษาอายุการเก็บเป็นเวลา 60 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นและค่า aw เพิ่มขึ้นตามระยะ เวลาการเก็บในถุงโอพีพี และถุงเพท แต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกล้วยทอดกรอบ ทั้งค่าความชื้นและค่า aw ของผลิตภัณฑ์ กล่องบรรจุกล้วยทอดหน้าธัญพืช ในถุงเพทต่ำกว่าในถุงโอพีพี และถุงเพท แต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกล้วยทอดกรอบ ทั้งค่าความชื้นและค่า awของผลิตภัณฑ์ในถุงเพทต่ำกว่าในถุงโอพีพีโดยแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ส่วนค่าความกรอบของกล้วยทอดหน้าธัญพืช ในถุงเพทกรอบกว่าในถุงโอพีพีและวัดได้เพียงช่วงนาน40 วันเท่านั้น เมื่อเก็บนาน 60 วันวัดความกรอบไม่ได้ แสดงว่าถุง เพทที่ใช้บรรจุไม่มีผลต่อการยืดอายุ ควรลดความชื้นของกล้วยทอดและถั่วงาทอดเริ่ม ต้นให้ต่ำลง รวมทั้งควรเลือกน้ำพริกเผาที่มีไขมันต่ำและลดน้ำที่ใช้ละลายน้ำพริกเผาที่ใช้ทาเพื่อให้เข้มข้นขึ้นด้วย แล้วควบคุมอุณหภูมิและเวลาการอบกรอบ มีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์โดยบรรจุถุงในกล่อง ส่วนสถานที่การผลิตมีการพัฒนาตามคำแนะนำ ผลิตภัณฑ์จึงควรได้รับการรับรองมาตรฐานมก.-ธ.ก.ส. กล้วยทอดกรอบ ผลิตภัณฑ์ชนิดเค็มและหวานมีปริมาณไขมันร้อยละ 38.83และ42.12 ตามลำดับ จากการตรวจวิเคราะห์ตามเกณฑ์มผช.๑๑๑/๒๕๔๖ ค่าเปอร์ออกไซด์อยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างสูง พบเชื้อราเกินกำหนดเป็น2.2×10^2และ 2.2×10^2โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับแสดงว่าสุขาภิบาลในการผลิตยังไม่ดีสอดคล้องกับพื้นที่การผลิตที่ยังเป็นพื้นที่เปิดข้างถนน ในกรรมวิธีการเตรียมกล้วยก่อนทอด แนะนำให้แช่กล้วยลอกเปลือกในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 3 นาน 6 นาทีแทนการแช่ในน้ำกร่อย และไม่อนุญาตให้ใช้สีสังเคราะห์ ได้ถ่ายทอดความรู้พื้นฐานการผลิตอาหารทอดและสุขลักษณะที่ดีในการผลิตให้แก่สมาชิกในกลุ่มและออกแบบพื้นที่การผลิตให้แก่กลุ่มในการปรับปรุงสถานที่ผลิตเมื่อได้รับเงินอุดหนุนจากหน่วยงาน ผลิตภัณฑ์จึงยังไม่ควรได้รับการรับรองมาตรฐานมก.-ธ.ก.ส. ไส้ขนมสำเร็จรูปจากไชโป๊ว ในบรรจุภัณฑ์ใหม่เป็นถุงไนลอนผ่านการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์มีความปลอด ภัยต่อการบริโภค มีค่าaw ต่ำกว่า0.85 ประมาณ 0.7 ที่บ่งชี้ให้สามารถเก็บในภาชนะบรรจุปิดสนิทได้โดยไม่ต้องฆ่าเชื้อในถุงด้วยความร้อน ปริมาณสารกันเสียอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ได้ให้คำแนะนำวิธีการเติมปริมาณสารกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสีย ไส้ขนม สำเร็จรูปจากไซโป๊วในถุงไนลอน กระบวนการผลิตไซโป๊วซึ่งเป็นวัตถุดิบที่นำมาแปรรูปเป็นไส้ขนมเพื่อไม่ให้มีสารกันเสียตกค้างเกินกว่าที่พ.ร.บ.อาหารและยากำหนดไว้ ในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น จากการตรวจค่า TBA, mg Malonaldehyde/kg แสดงถึงการหืนที่เกิดจากน้ำมันที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดไม่ให้ยอมรับ ในช่วงเวลาที่ศึกษาอายุการเก็บแบบเร่งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียสนาน75 วัน การเปลี่ยนแปลงของสีด้วยการสังเกตผลิตภัณฑ์เป็นสีน้ำตาลที่ยังยอมรับได้ ส่วนค่าสีที่วัดได้เป็นค่า L* a*และb*มีค่าไม่แตกต่างกันยังหาจุดสิ้นสุดไม่ได้ ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เพิ่มขึ้นตลอดช่วงการศึกษา คาดว่าอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ไม่ต่ำกว่า 6 เดือน ส่วนสถานที่ผลิตมีการปรับปรุงเพิ่มขึ้นตามคำ แนะนำ ผลิตภัณฑ์จึงสมควรได้รับการรับรองมาตรฐานมก.-ธ.ก.ส.

วัชระ เพิ่มชาติ (2548) ศึกษาการพัฒนาและศึกษาเตาเชื้อเพลิงชีวมวลแบบฟลูอิดไซด์เบดที่มีฐานเตาเป็นรูปทรงกรวย พบว่าวัสดุเหลือใช้ในทางการเกษตรหรือชีวมวลสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงหลัก ประเภทถ่านหินและน้ำมันได้ ทำให้ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลง การเปลี่ยนรูปพลังงานชีวมวลให้เป็นพลังงานที่มีประสิทธิภาพ โดยการใช้เทคโนโลยีฟลูอินไดซ์เบดจึงนับว่าเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูง วิทยานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเตาชีวมวลแบบฟลูอิดไซซ์เบดความดันบรรยากาศที่มีฐานเตาเป็นรูปทรงกรวยมีมุมไม่เกิน 44 องศา เพื่อจะช่วยลดปริมาณทรายที่ใช้เป็นเบดในการเผาไหม้ลง ซึ่งจะทำให้ช่วยลดระยะเวลาในการอุ่นเบดลง เพื่อศึกษาถึงลักษณะการเผาไหม้ของชีวมวล 3 ชนิดได้แก่ ขี้เลื้อย แกลบ และชานอ้อย เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีผลต่อการเผาไหม้และการเกิดมลพิษรวมถึงการประเมินประสิทธิภาพการเผาไหม้ ณ สภาวะการทำงานต่าง ๆ ของเตาเผาพบว่าเมื่อใช้เผาขี้เลื้อย แกลบ และชานอ้อยแห้งจะให้ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงคือ 96.5 – 99.8 % , 81.3 – 86.3% และ 96.3 – 99.4 % ตามลำดับ อุณหภูมิของการเผาไหม้ภายในเตาเผาจะมีลักษณะค่อนข้างสม่ำเสมอ ตลอดจนมลพิษจากการเผาไหม้จะลดลงหากใช้ Corundom ($A1_2O_3$) เป็นเบดช่วยในการเผาไหม้แทนทรายซิลิกา การพัฒนาและศึกษาเตาเผาเชื้อเพลิงชีวมวลแบบฟลูอิดไซด์เบดฯ จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับหม้อไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมได้

วิศิษฐ์ ลีลาผาติกุล (2544) ศึกษา เตาเผาแกลบวอร์เทคหลายขั้น พบว่าขั้นวอร์เทคของเตาเผาแกลบ ที่มีอิทธิพลต่อการเผาไหม้ภายในเตา ซึ่งเตาเผาไหม้มีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเท่ากับ 300 มิลลิเมตร (D) โดยมีแกนกลางภายในเป็นท่อทิ้งไอเสีย และมีการติดตั้งตำแหน่งท่อฉีดอากาศไว้ในแนวสัมผัสรอบๆ ผนังเตาเผาไหม้เพื่อทำให้เกิดการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุนวนของอากาศภายใน ขนาดของเตาเผาไหม้ส่วนบนและส่วนล่าง ถูกออกแบบให้สามารถปรับเปลี่ยนขนาดจาก 1.0D เป็น 0.75D และ 0.5D ตามที่ได้ออกแบบไว้ การเปลี่ยนขนาดเตาเผาส่วนบนและส่วนล่างนี้ก่อให้เกิดการหมุนวนหลายขั้นภายในเตา เผาไหม้ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของการกระจายอุณหภูมิสูงสุดภายในเตา เมื่อทำการปรับค่า อัตราส่วนสมมูล (Φ) เท่ากับ 0.8, 1.0 และ 1.2 โดยแต่ละการทดลองจะกำหนดอัตราส่วนของอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศทุติยภูมิต่ออัตราการไหลของอากาศทั้งหมด (λ) เท่ากับ 0.0, 0.15 และ 0.25 ที่อัตราการไหลของเชื้อเพลิงแกลบคงที่เท่ากับ 0.3 kg/min จากการทดลอง เตาเผาส่วนบนและส่วนล่างที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.5D และ 1.0D ตามลำดับ ที่ค่า Φ เท่ากับ 0.8 และที่ค่า λ เท่ากับ 0.0 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดภายในเตาเผาเท่ากับ 1,192.9 องศาเซลเซียส ที่บริเวณวงแหวนของห้องเผาไหม้โดยที่ควันที่เกิดจากการเผาไหม้มีปริมาณน้อย และจากการวิเคราะห์ก๊าซไอเสียของเตาเผาวอร์เทค พบว่าประกอบด้วย ก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 1.5 % ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 18.3 % และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เท่ากับ 205 ppm

วิบูลย์ เทเพนทร์ เวียง อากรชี พุทธธินันทร์ จารุวัฒน์ (2543) ศึกษา เตาลมร้อนเชื้อเพลิงชีวมวลแบบไซโคลน พบว่า เตาลมร้อนเชื้อเพลิงชีวมวลแบบไซโคลน ใช้สำหรับเป็นแหล่งกำเนิดลมร้อนของเครื่องอบลดความชื้นเมล็ดพืช หรือเครื่องลดความชื้นผลิตผลการเกษตรอื่นๆ โดยพัฒนาจากเตาเผาแกลบแบบไซโคลนให้สามารถใช้กับเชื้อเพลิงชีวมวลอื่นๆ ได้ เช่นซังข้าวโพดและเหง้ามันสำปะหลัง และออกแบบให้มีชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่ต่อเข้ากับตัวเตาเพื่อให้ได้ลมร้อนที่สะอาด ปราศจากฝุ่นเถ้าและกลิ่นควันไฟ เตาลมร้อนต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีค่าภาระเตา 400 กิโลวัตต์ต่อปริมาตรห้องเผาไหม้ 1 ลูกบาศก์เมตร ขนาดตัวเตามีสัดส่วนมาตรฐาน โดยสามารถออกแบบขยายขนาดเตาให้เหมาะสมกับขนาดของเครื่องอบลดความชื้นผลิตผลเกษตรได้ ตัวเตาแบบไซโคลนมีชุดแลกเปลี่ยนลมร้อนรูปทรงกระบอก ด้านล่างตัวเตาเป็นรูปกรวยตัด ผนังเตาภายในบุด้วยอิฐทนไฟ ด้านนอกหุ้มด้วยเหล็ก แผ่นหนา 3 มิลลิเมตร ความสูงเตาช่วงทรงกระบอกมีความสูงเป็น 1.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวเตา การป้อนเชื้อเพลิงแบบอัตโนมัติใช้ลมส่งเข้าไปในตัวเตา เตาต้นแบบที่ออกแบบสร้างขึ้นทำการทดสอบมีขนาด 450 กิโลวัตต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เมตร ปริมาตรห้องเผาไหม้1.15 ลูกบาศก์เมตร และมีชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell and tube โดยมีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยน 24.6 ตารางเมตรผ่านท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ยาว 1.50 เมตร จำนวน 89 ท่อ ผลการทดสอบใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิงอัตราการป้อน 95 105 และ 125 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่า ประสิทธิภาพgเชิงความร้อนรวมของเตาเท่ากับ 63.1 63.3 และ 62.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จากนั้นได้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยายเตาให้ขนาดใหญ่ขึ้น โดยขนาดเตาที่มีผู้ประกอบการและเอกชนขอแบบนำไปสร้างใช้เอง รวมทั้งผลิตจำหน่ายแล้วคือ ขนาด 4,000 กิโลวัตต์และ 9,000 กิโลวัตต์ นำไปใช้เป็นแหล่งกำเนิดลมร้อนของเครื่องอบลดความชื้นเมล็ดพืช โดยสามารถใช้ชื้อเพลิงทั้ง แกลบ ซังข้าวโพดและเหง้ามันสำปะหลัง

อาภาพร สินธุสาร (2552) ศึกษา แกลบ เถ้าแกลบ เชื้อเพลิงชีวมวล ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศ ทำให้ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวสารได้มากเป็นอันดับ 1 ของโลก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมากกว่า 20 ปี โดยในปี พ.ศ. 2551 มีการส่งออกข้าวสารประมาณ 10 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 203 ล้านบาท โดยมีปริมาณส่วนแบ่งการตลาดมากถึงร้อยละ 35 ดังนั้นอุตสาหกรรมการผลิตข้าวจึงเป็นอุตสาหกรรมที่มีแกลบเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันมีการนำแกลบมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ การสีข้าว การเผาอิฐ การเคี่ยวน้ำตาล การผลิตไฟฟ้า การผลิตปูนซีเมนต์ และนอกจากนี้ยังใช้เป็นเชื้อเพลิงในภาคครัวเรือนและอื่นๆอีกเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodologies)

เพื่อให้การศึกษาวิจัยบรรลุตามวัตถุประสงค์ จึงกำหนดแนวทางการศึกษาแยกออกเป็นขั้นตอนและแต่ละขั้นตอนโดยมีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

1 การศึกษาการทำกล้วยทอดกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา แขวงขุมทอง เขตลาดกระบัง

1.1 เพื่อศึกษาเก็บข้อมูลการทำกล้วยทอดกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ขนาดกระทะ ขนาดหัวเตา ปริมาณน้ำมันพืช พื้นที่ผิวสัมผัสของน้ำมันกับกระทะ ปริมาณกล้วยที่ใช้ อุณหภูมิน้ำมัน อุณหภูมิหัวเตาแก๊ส และอุณหภูมิอากาศ ทุกๆ 5 นาที จับเวลาการจุดเตา จับเวลาต้มน้ำมันจนเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 160 องศาเซลเซียส จับเวลาการทอดกล้วยแต่ละครั้งและเวลาทอดกล้วยทั้งหมด จับเวลาที่ใช้ตักกล้วย ปริมาณแก๊สที่ใช้ จับเวลาที่ใช้ทั้งหมด ทำการทดลองจำนวน 3 การทดลอง ซึ่งมีวัสดุในการทดสอบได้แก่ ตาชั่งนาฬิกา เครื่องวัดอุณหภูมิ ตลับเมตร สมุดบันทึก กล้องถ่ายภาพ เป็นต้น โดยมีวิธีการดำเนินการศึกษาเก็บข้อมูลกรทดลอง มีขั้นตอนดังนี้

1. วัดขนาดกระทะ ขนาดหัวเตา จากนั้นชั่งปริมาณน้ำมันพืชที่ใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช วัดขนาดพื้นที่ผิวสัมผัสน้ำมันกับกระทะ ชั่งน้ำหนักถังแก๊สก่อนใช้ และทำการจดบันทึก

2. จับเวลาการจุดเตา จากนั้นนำกระทะที่มีน้ำมันยกขึ้นต้มที่หัวเตา และเริ่มทำการวัดอุณหภูมิน้ำมัน อุณหภูมิหัวเตาแก๊ส และอุณหภูมิอากาศทุกๆ 5 นาที และทำการจดบันทึก

3. เมื่อน้ำมันเดือดที่ประมาณ 160 องศาเซลเซียส เริ่มทำการทอดกล้วย

4.นำกล้วยที่เตรียมไว้มาชั่งน้ำหนักจากนั้นเทกล้วยทอดลงในกระทะ จับเวลาการทอดแต่ละครั้ง และเวลาการตักกล้วย โดยทำการทอดจำนวน 5 ครั้ง และทำการจดบันทึก

5. ทอดกล้วยเสร็จให้ทำการชั่งน้ำหนักถังแก๊ส และจดบันทึก

6. ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 1 – 5 จำนวน 3 การทดลอง

1.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบในการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา โดยการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบ แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำมันในกระทะ อุณหภูมิหัวเตาแก๊ส อุณหภูมิอากาศ แล้วนำข้อมูลที่ได้สร้างกราฟความสัมพันธ์ และใช้สมการในการคำนวณดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$1.\ \text{อัตราการทอดกล้วยทางทฤษฎี(กก./ชม.)} = \frac{\text{ปริมาณกล้วยที่ใช้ทั้งหมด (กก.)}}{\text{เวลาที่ใช้เฉพาะทอดกล้วยทั้งหมด (ชม.)}}$$

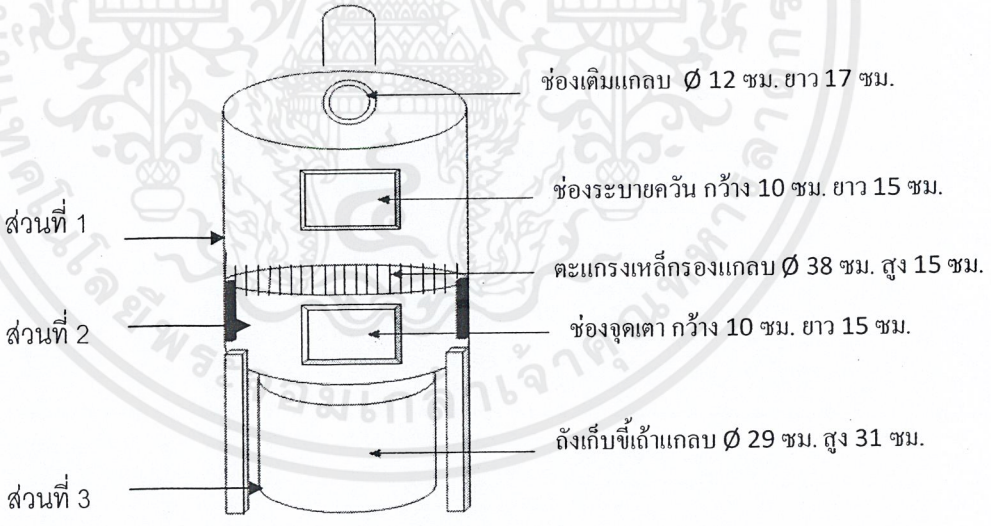
$$2.\ \text{อัตราการทอดกล้วยจริง (กก./ชม.)} = \frac{\text{ปริมาณกล้วยที่ใช้ทั้งหมด (กก.)}}{\text{เวลาที่ใช้ทดลองทั้งหมด (ชม.)}}$$

$$3.\ \text{ประสิทธิภาพในการทอดกล้วย (\%)} = \frac{\text{อัตราการทอดกล้วยจริง (กก./ชม.)}}{\text{อัตราการทอดกล้วยทางทฤษฎี (กก./ชม.)}} \times 100$$

$$4.\ \text{อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กก./ชม.)} = \frac{\text{อัตราเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด (กก.)}}{\text{เวลาที่ใช้ทั้งหมด (ชม.)}}$$

2 การศึกษาออกแบบ และทดสอบเตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบเพื่อใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช

2.1 การออกแบบสร้างเตาเผาแกลบผลิตความร้อนใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืชต้นแบบ สามารถจำแนกลักษณะได้ 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 เตาเผาแกลบผลิตความร้อนใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืชชุดทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนห้องเผาไหม้ เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนจากการเผาไหม้ โดยแกลบที่ใช้เติมภายในเตา จะเกิดกระบวนการเผาไหม้ ทำให้ภายในเตามีอุณหภูมิและความร้อนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นจะสัมผัสแลกเปลี่ยนความร้อนกับผิวกระทะที่ตั้งอยู่ด้านบนหัวหัวเตา ทำให้น้ำมันภายในกระทะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ห้องเผาไหม้ทำจากถังน้ำมัน 70 ลิตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 40 เซนติเมตร และมีความสูง 54 เซนติเมตร โดยนำมาเจาะฝาถังออก เพื่อนำตระแกรงเหล็กใส่ไว้ข้างในสำหรับรองแกลบ บริเวณขอบฐานล่างของถังนำมาเจาะช่องสำหรับติดเชื้อไฟขนาด 10 x 15 เซนติเมตร ขอบฝาถังบนเจาะช่องเติมแกลบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร ยาว 17 เซนติเมตร และช่องระบายควันขนาด 10 x 15 เซนติเมตร และก้นถังเจาช่องสำหรับระบายขี้เถ้าแกลบ 10 x 15 เซนติเมตร

2. ตะแกรงเหล็ก เป็นฐานสำหรับรองแกลบภายในห้องเผาไหม้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 เซนติเมตร มีขาตั้งสูง 15 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นตระแกรงแนวตรง ซึ่งมีระยะห่างแต่ละแถว 0.5 เซนติเมตร

3. ถังเก็บขี้เถ้าแกลบ ทำจากถังน้ำมันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 29 เซนติเมตร สูง 31 เซนติเมตร

2.2 การทดสอบเตาเผาแกลบผลิตความร้อนเพื่อใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช การศึกษาในขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเตาเผาแกลบผลิตความร้อนใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช โดยทำการทดลองในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช โดยทอดกล้วยทั้งหมดจำนวน 5 ครั้ง เพื่อเก็บข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ขนาดกระทะ ขนาดหัวเตา ปริมาณน้ำมันพืช พื้นที่ผิวสัมผัสของน้ำมันกับกระทะ ปริมาณกล้วยที่ใช้ อุณหภูมิน้ำมัน.อุณหภูมิหัวเตาแก๊ส และอุณหภูมิอากาศ ทุกๆ 5 นาที จับเวลาการจุดเตา จับเวลาต้มน้ำมันจนเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 160 องศาเซลเซียส จับเวลาการทอดกล้วยแต่ละครั้งและเวลาทอดกล้วยทั้งหมด จับเวลาที่ใช้ตักกล้วย ปริมาณแกลบที่ใช้ น้ำหนักเถ้าแกลบ จับเวลาที่ใช้ทั้งหมด ทำการทดลองจำนวน 3 การทดลอง ซึ่งมีวัสดุในการทดสอบได้แก่ ตาชั่ง นาฬิกา เครื่องวัดอุณหภูมิ ตลับเมตร สมุดบันทึก กล้องถ่ายภาพ เป็นต้น โดยมีวิธีวิธีดำเนินการศึกษาทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1. วัดขนาดกระทะ ขนาดหัวเตา จากนั้นชั่งปริมาณน้ำมันพืชที่ใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช วัดขนาดพื้นที่ผิวสัมผัสน้ำมันกับกระทะ และทำการจดบันทึก

2. เทแกลบน้ำหนัก 1 กิโลกรัมใส่ในเตา จากนั้นเริ่มทำการจุดเตาและจดบันทึก

3. จับเวลาการจุดเตา นำกระทะที่มีน้ำมันปริมาณ 6 ลิตร ยกขึ้นต้มที่หัวเตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จับเวลาและเริ่มทำการวัดอุณหภูมิน้ำมัน อุณหภูมิหัวเตาแก๊ส และอุณหภูมิอากาศทุกๆ 5 นาที และทำการจดบันทึก

5. จับเวลาเติมแกลบใส่ในเตาครั้งละ 0.50 กิโลกรัม โดยสังเกตอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิลดลงให้ทำการเติมแกลบ และจดบันทึก

6. เมื่อน้ำมันเดือดที่ประมาณ 160 องศาเซลเซียส เริ่มทำการทอดกล้วย

7.นำกล้วยที่เตรียมไว้มาชั่งน้ำหนักจากนั้นเทกล้วยทอดลงในกระทะ จับเวลาการทอดแต่ละครั้ง และเวลาการตักกล้วย โดยทำการทอดจำนวน 5 ครั้ง และทำการจดบันทึก

8. ทอดกล้วยเสร็จให้ทำการชั่งน้ำหนักถังแก๊ส และจดบันทึก

9. ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 1 – 8 จำนวน 3 การทดลอง

2.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบในการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา โดยการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบ แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำมันในกระทะ อุณหภูมิหัวเตาแก๊ส อุณหภูมิอากาศ แล้วนำข้อมูลที่ได้สร้างกราฟความสัมพันธ์ และใช้สมการในการคำนวณดังนี้

$$\text{1. อัตราการทอดกล้วยทางทฤษฎี(กก./ชม.)} = \frac{\text{ปริมาณกล้วยที่ใช้ทั้งหมด (กก.)}}{\text{เวลาที่ใช้เฉพาะทอดกล้วยทั้งหมด (ชม.)}}$$

$$\text{2. อัตราการทอดกล้วยจริง (กก./ชม.)} = \frac{\text{ปริมาณกล้วยที่ใช้ทั้งหมด (กก.)}}{\text{เวลาที่ใช้ทดลองทั้งหมด (ชม.)}}$$

$$\text{3. ประสิทธิภาพในการทอดกล้วย (\%)} = \frac{\text{อัตราการทอดกล้วยจริง (กก./ชม.)}}{\text{อัตราการทอดกล้วยทางทฤษฎี (กก./ชม.)}} \times 100$$

$$\text{4. อัตราการใช้แกลบ (กก./ชม.)} = \frac{\text{ปริมาณแกลบทั้งหมด (กก)}}{\text{เวลาที่ใช้ทั้งหมด (ชม.)}}$$

$$\text{6. ปริมาณขี้เถาแกลบ (\%)} = \frac{\text{ปริมาณขี้เถ้าแกลบ (กก)}}{\text{น้ำหนักแกลบทั้งหมด (กก.)}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล (Findings and Results)

ผลการศึกษาการวิจัยได้ดำเนินการศึกษาออกแบบ สร้าง ทดสอบเตาเผาแกลบผลิตความร้อน และนำความร้อนมาใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช ดังนี้

1 ผลการศึกษาการทำกล้วยทอดกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราษโกษา แขวงขุมทอง เขตลาดกระบัง

การทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา ภาพที่ 17 ได้ทำการทดลอง ณ 255/9 หลวงแพ่ง หมู่ 1 หมู่บ้านพญาเพชรวิลล่า ถนนสุขุมวิท 77 แขวงขุมทอง เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในสภาพอากาศแวดล้อมบริเวณทดสอบ มีลมพัด มีแสงแดดตลอดทั้งวัน โดยทดลองทอดกล้วยกรอบธัญพืช โดยใช้ระยะเวลาในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช 5 ครั้ง จำนวน 3 การทดลอง แสดงขั้นตอนการทอดกล้วยกรอบธัญพืชและข้อมูลการทดลองในภาคผนวก แสดงระดับอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ ของเตา ดังภาพที่ 21 และวิเคราะห์ผลได้ดังตารางที่ 4 อภิปรายผลการทดลอง ดังนี้

ภาพที่ 17 การทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 เริ่มจากการวัดขนาดกระทะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55.88 เซนติเมตร ขนาดหัวเตาแก๊ส 13 เซนติเมตร ชั่งปริมาณน้ำมันพืชได้ 6 ลิตร ใส่น้ำมันพืชลงกระทะและวัดเส้นผ่านศูนย์กลางน้ำมันในกระทะได้ขนาด 40 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักถังแก๊สก่อนใช้หนัก 23.10 กิโลกรัม วัดอุณหภูมิเริ่มต้น หัวเตาแก๊ส น้ำมันในกระทะ และ อากาศ 26.80, 29.10 และ 26.10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เริ่มการทดลองที่เวลา 7:59:56 นาฬิกา ใช้เวลาจุดเตา 4 วินาที จากนั้นเริ่มตั้งกระทะ และวัดอุณหภูมิ หัวเตาแก๊ส น้ำมันในกระทะ และอากาศ ทุกๆ 5 นาที เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที 4 วินาที เริ่มทอดกล้วยครั้งที่ 1 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอด 10 นาที 32 วินาที ซึ่งอุณหภูมิ น้ำมันในกระทะ หัวเตาแก๊ส และ อากาศ 160.60, 576.60 และ 25.40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ที่ 30 นาที 07 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 1 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 31 วินาที เวลาผ่านไป 32 นาที 38 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 2 ใช้กล้วยหนัก 0.80 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 9 นาที 45 วินาที ที่เวลา 42 นาที 23 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 2 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 35 วินาที ที่เวลา 43 นาที 58 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 3 ใช้กล้วยหนัก 0.70 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 24 วินาที เวลาผ่านไป 54 นาที 22 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 3 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 23 วินาที เวลาผ่านไป 55 นาที 45 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 4 ใช้กล้วยหนัก 0.70 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 30 วินาที เวลาผ่านไป 66 นาที 15 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 4 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 31 วินาที เวลาผ่านไป 67 นาที 46 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 5 ใช้กล้วยหนัก 0.80 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 9 นาที 43 วินาที ที่เวลา 77 นาที 29 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 5 จนตักกล้วยเสร็จ 78 นาที 41 วินาที ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 12 วินาที ใช้เวลาเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด 78 นาที 41 วินาที ใช้จำนวนในการทอดกล้วย 5 ครั้ง ใช้เวลาเฉพาะทอดกล้วยทั้งหมด 51 นาที 25 วินาที ใช้เวลาตักกล้วยทั้งหมด 7 นาที 12 วินาที ใช้ปริมาณกล้วยในการทอดทั้งหมด 3.80 กิโลกรัม ชั่งน้ำหนักถังแก๊สหลังการทดลองหนัก 22.70 กิโลกรัม ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไป 0.40 กิโลกรัม

การทดลองที่ 2 เริ่มจากการวัดขนาดกระทะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55.88 เซนติเมตร ขนาดหัวเตาแก๊ส 13 เซนติเมตร ชั่งปริมาณน้ำมันพืชได้ 6 ลิตร ใส่น้ำมันพืชลงกระทะและวัดเส้นผ่านศูนย์กลางน้ำมันในกระทะได้ขนาด 40 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักถังแก๊สก่อนใช้หนัก 23.10 กิโลกรัม วัดอุณหภูมิเริ่มต้น หัวเตาแก๊ส น้ำมันในกระทะ และ อากาศ 26.20, 28.30 และ 26.40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เริ่มการทดลอง 7:59:55 นาฬิกา ใช้เวลาจุดเตา 5 วินาที จากนั้นเริ่มตั้งกระทะ และวัดอุณหภูมิ หัวเตาแก๊ส น้ำมันในกระทะ และอากาศ ทุกๆ 5 นาที เมื่อเวลาผ่านไป 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

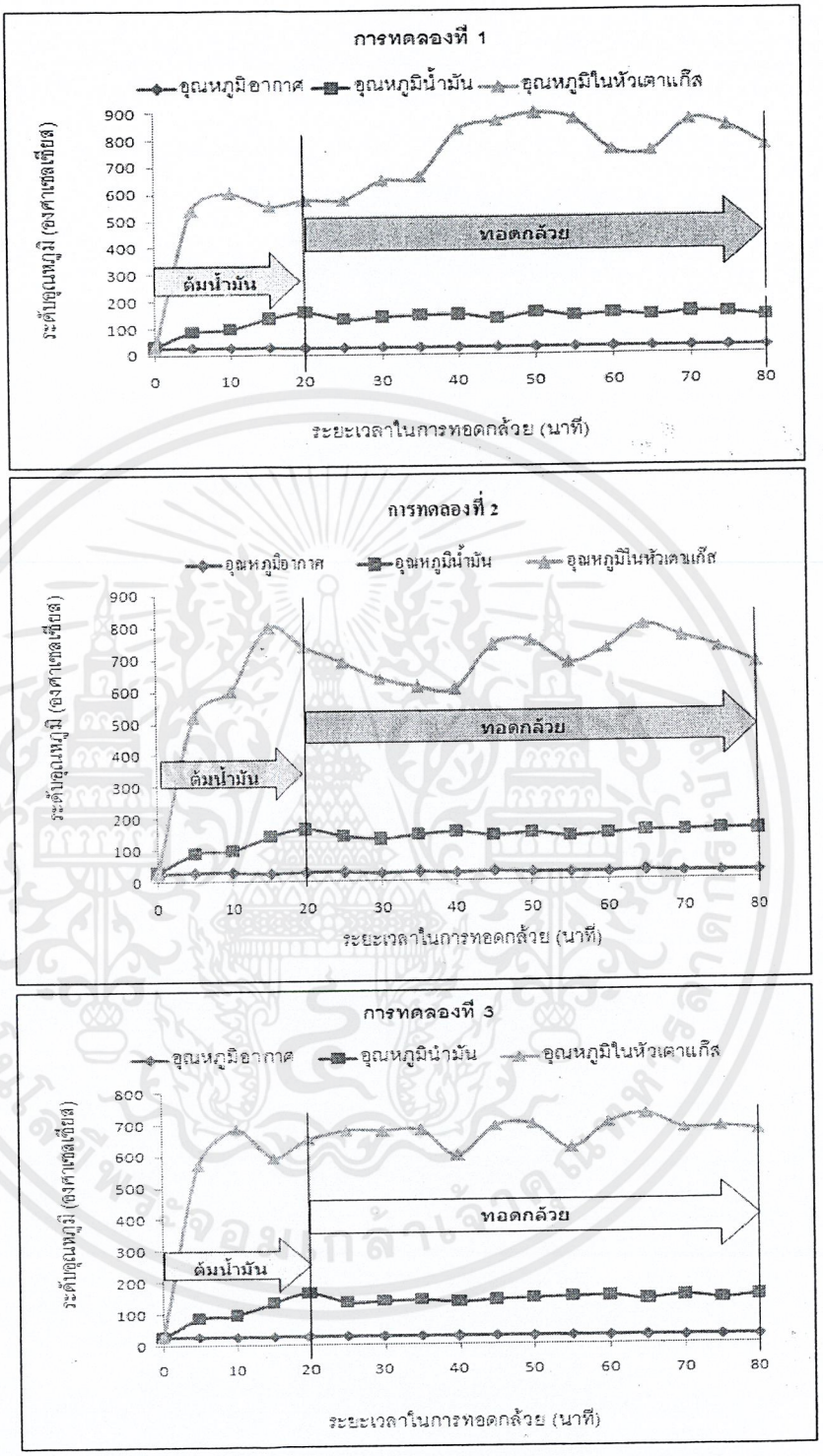
นาที 5 วินาที เริ่มทอดกล้วยครั้งที่ 1 ใช้กล้วยหนัก 0.90 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอด 10 นาที 32 วินาที ซึ่งอุณหภูมิ น้ำมันในกระทะ หัวเตาแก๊ส และ อากาศ 163.20, 738.10 และ 27.20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เวลาผ่านไป 30 นาที 37 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 1 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 36 วินาที เวลาผ่านไป 32 นาที 13 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 2 ใช้กล้วยหนัก 0.70 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 5 วินาที เวลาผ่านไป 42 นาที 18 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 2 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1นาที 54 วินาที เวลาผ่านไป 44 นาที 12 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 3 ใช้กล้วยหนัก 0.70 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 11 นาที 30 วินาที เวลาผ่านไป 55 นาที 42 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 3 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 13 วินาที เวลาผ่านไป 56 นาที 55 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 4 ใช้กล้วยหนัก 0.70 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 1 วินาที เวลาผ่านไป 66 นาที 56 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 4 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 35 วินาที เวลาผ่านไป 68 นาที 31 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 5 ใช้กล้วยหนัก 0.70 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 9 นาที 54 วินาที เวลาผ่านไป 78 นาที 20 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 5 จนตักกล้วยเสร็จ 80 นาที 5 วินาที ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 40 วินาที ใช้เวลาเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด 80 นาที 5 วินาที ใช้จำนวนในการทอดกล้วย 5 ครั้ง ใช้เวลาทอดกล้วยทั้งหมด 52 นาที 2 วินาที ใช้เวลาตักกล้วยทั้งหมด 7 นาที 58 วินาที ใช้ปริมาณกล้วยในการทอดทั้งหมด 3.80 กิโลกรัม ชั่งน้ำหนักถังแก๊สหลังการทดลองหนัก 22.70 กิโลกรัม ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไป 0.40 กิโลกรัม

การทดลองที่ 3 เริ่มจากการวัดขนาดกระทะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55.88 เซนติเมตร ขนาดหัวเตาแก๊ส 13 เซนติเมตร ชั่งปริมาณน้ำมันพืชได้ 6 ลิตร ใส่น้ำมันพืชลงกระทะและวัดเส้นผ่านศูนย์กลางน้ำมันในกระทะได้ขนาด 40 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักถังแก๊สก่อนใช้หนัก 20.50 กิโลกรัม วัดอุณหภูมิเริ่มต้น หัวเตาแก๊ส น้ำมันในกระทะ และ อากาศ 26.90, 28.50 และ 27.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เริ่มการทดลองที่เวลา 7:59:57 นาฬิกา ใช้เวลาจุดเตา 3 วินาที จากนั้นเริ่มตั้งกระทะ และวัดอุณหภูมิ หัวเตาแก๊ส น้ำมันในกระทะ และอากาศ ทุกๆ 5 นาที ที่เวลา 20 นาที 3 วินาที เริ่มทอดกล้วยครั้งที่ 1 ใช้กล้วยหนัก 0.70 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอด 9 นาที 43 วินาที ซึ่งอุณหภูมิ น้ำมันในกระทะ หัวเตาแก๊ส และ อากาศ อยู่ที่ 164.40, 651.70 และ 26.20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ที่เวลา 29 นาที 46 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 1 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 43 วินาที ที่เวลา 31 นาที 29 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 2 ใช้กล้วยหนัก 0.80 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 34 วินาที ที่เวลา 42 นาที 3 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 2 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 27 วินาที ที่เวลา 43 นาที 30 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 3 ใช้กล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนัก 0.70 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 21 วินาที ที่เวลา 53 นาที 51 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 3 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 42 วินาที ที่เวลา 55 นาที 33 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 4 ใช้กล้วยหนัก 0.90 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 53 วินาที ที่เวลา 66 นาที 26 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 4 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 33 วินาที ที่เวลา 67 นาที 59 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 5 ใช้กล้วยหนัก 0.80 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 11 นาที 32 วินาที ที่เวลา 79 นาที 31 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 5 จนตักกล้วยเสร็จ 80 นาที 52 วินาที ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 21 วินาที ใช้เวลาเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด 80 นาที 52 วินาที ใช้จำนวนในการทอดกล้วย 5 ครั้ง ใช้เวลาทอดกล้วยทั้งหมด 53 นาที 3 วินาที ใช้เวลาตักกล้วยทั้งหมด 7 นาที 46 วินาที ใช้ปริมาณกล้วยในการทอดทั้งหมด 3.80 กิโลกรัม ชั่งน้ำหนักถังแก๊สหลังการทดลองหนัก 22.70 กิโลกรัม ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไป 0.40 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การศึกษาการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา

รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองที่			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
เวลาในการจุดเตา (วินาที)	4.00	5.00	3.00	4.00
เวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)	78.41	80.50	80.27	79.66
ปริมาณน้ำมันพืช (ลิตร)	6.00	6.00	6.00	6.00
ระยะเวลาต้มน้ำมันให้เดือดที่ 160 องศาเซลเซียส (นาที)	20.00	20.00	20.00	20.00
ระยะเวลาใช้ทอดกล้วยทั้งหมด (นาที)	52.48	52.02	52.23	52.24
ระยะเวลาในการทอดในหนึ่งกระทะเฉลี่ย (นาที)	10.33	10.24	10.36	10.31
ระยะเวลาใช้ในการตักกล้วย (นาที)	7.21	7.58	7.37	7.35
จำนวนครั้งในการทอด (ครั้ง)	5.00	5.00	5.00	5.00
ปริมาณกล้วยทอดทั้งหมด (กิโลกรัม)	3.70	3.80	3.90	3.80
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด (กิโลกรัม)	0.40	0.40	0.40	0.40
อัตราการทอดกล้วยจริง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	2.83	2.83	2.92	2.86
อัตราการทอดกล้วยทางทฤษฎี(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	4.23	4.38	4.48	4.36
ประสิทธิภาพในการทอดกล้วย (%)	66.90	64.61	65.19	65.57
อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	0.30	0.30	0.30	0.30

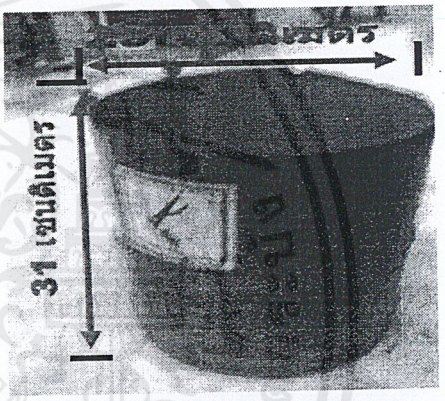
จาการศึกษากระบวนการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา สามารถสรุปได้ว่า ใช้กระทะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55.88 เซนติเมตร หัวเตาแก๊สขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร ปริมาณน้ำมันพืช 6 ลิตร น้ำมันในกระทะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ใช้เวลาจุดเตาเฉลี่ย 4 วินาทีต่อครั้ง ใช้เวลาในการต้มน้ำมันให้เดือดเฉลี่ย 20 นาที และอุณหภูมิอยู่ที่ 162.73 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการทอดกล้วยเฉลี่ย 0.76 กิโลกรัมต่อครั้ง ใช้เวลาในการทอดกล้วยเฉลี่ย 10.31 นาทีต่อครั้ง ใช้เวลาการทอดกล้วยทั้งหมดเฉลี่ย 52.24 นาที ใช้เวลาตักกล้วยขึ้นทั้งหมดเฉลี่ย 7.35 นาที ทอดกล้วยกรอบธัญพืชจำนวน 5 ครั้ง ใช้เวลาทั้งหมดเฉลี่ย 79.66 นาที ใช้ปริมาณกล้วยทั้งหมดเฉลี่ย 3.80 กิโลกรัม ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง 0.40 กิโลกรัม อัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 0.30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการทอดกล้วยจริงเฉลี่ย 2.86 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการทอดกล้วยทางทฤษฎี 4.36 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทอดกล้วย 65.57 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

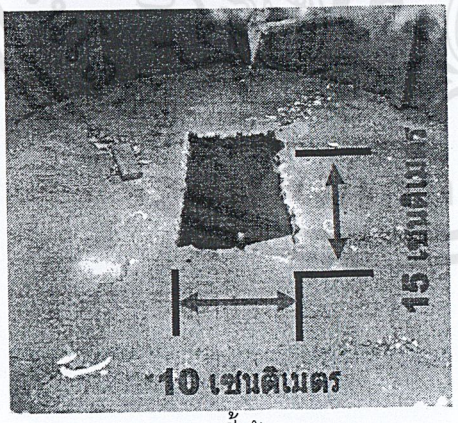
2 ผลการออกแบบ สร้าง เตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบเพื่อใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช

2.1 การออกแบบและสร้างเตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช ภาพที่ 19 ด้วยการออกแบบหัวเตาที่มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวสัมผัสของน้ำมันที่ใช้ในการทอดกล้วยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำมันในกระทะ 40 เซนติเมตร ซึ่งจะทำให้น้ำมันในกระทะได้รับความร้อนอย่างทั่วถึงทำให้น้ำมันที่ต้มในกระทะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งอากาศไหลเข้าสู่ห้องเชื้อเพลิงเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับออกซิเจนทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ เกิดแก๊สไฮโดรเจน และแก๊สมีเทน แก๊สที่มีอุณหภูมิสูงจะลอยสู่ด้านบนเกิดการลุกไหม้เป็นเปลวไฟได้ความร้อน

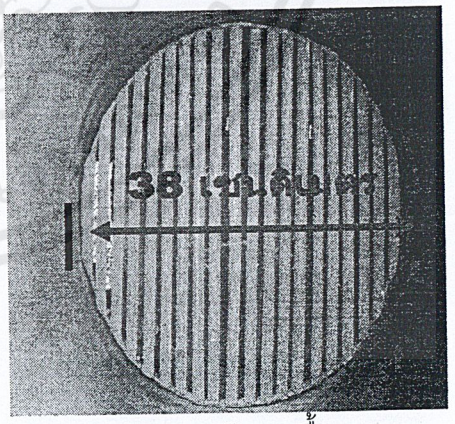
เตาเผาแกลบผลิตความร้อน



ส่วนห้องเก็บแกลบ



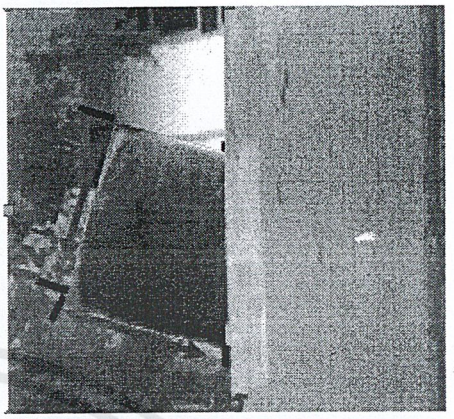
ช่องระบายขี้เถ้าแกลบ



ตะแกรงเหล็กรองเชื้อแกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

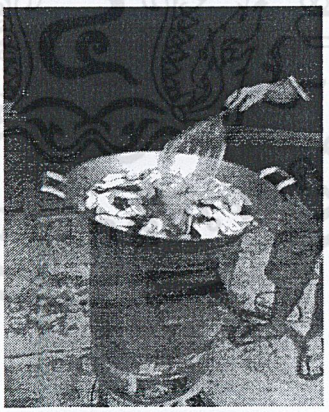
ช่องระบายควัน



ช่องเติมแกลบ

ภาพที่ 19 ส่วนประกอบเตาเผาแกลบผลิตความร้อนใช้ทอดกล้วยกรอบธัญพืช

2.2 ผลการทดสอบเตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบเพื่อใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช ภาพที่ 20 ได้ทำการทดลอง ณ บริเวณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยทดลองทอดกล้วยกรอบธัญพืช ใช้จำนวนในการทอดกล้วย 5 ครั้ง จำนวน 3 การทดลอง แสดงขั้นตอนและข้อมูลการทดลองในภาคผนวก แสดงระดับอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ ของเตาดังภาพที่ 21 และวิเคราะห์ผลได้ดังตารางที่ 6 อภิปรายผลกา การทดลองดังนี้



ภาพที่ 20 การทดลองทอดกล้วยกรอบธัญพืชด้วยเตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 เริ่มจากการวัดกระทะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55.88 เซนติเมตร ขนาดหัวเตาต้นแบบ 40 เซนติเมตร ชั่งปริมาณน้ำมันพืชได้ 6 ลิตร ใส่น้ำมันพืชลงกระทะและวัดเส้นผ่านศูนย์กลางน้ำมันในกระทะ 40 เซนติเมตร จากนั้นเทแกลบใส่เตา 1 กิโลกรัม วัดอุณหภูมิเริ่มต้นห้องเผาไหม้ น้ำมันในกระทะ และ อากาศ 26.70, 28.30 และ 27.10 องศาเซลเซียส ตามลำดับเริ่มการทดลองที่เวลา 7:54:30 นาฬิกา ใช้เวลาจุดเตา 5.30 นาที เริ่มทำการตั้งกระทะ และวัดอุณหภูมิหัวเตาแก๊ส น้ำมันในกระทะ และอากาศ ทุกๆ 5 นาที ที่เวลา 9 นาที 30 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 1 ที่เวลา 12 นาที 30 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 2 ที่เวลา 17 นาที 30 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 3 ที่เวลา 24 นาที 30 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 4 ที่เวลา 30 นาที 30 วินาที เริ่มทอดกล้วยครั้งที่ 1 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 45 วินาที และเติมแกลบครั้งที่ 5 ซึ่งอุณหภูมิน้ำมันในกระทะ ห้องเผาไหม้ และ อากาศ อยู่ที่ 160.50, 320.60 และ 28.10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ที่เวลา 36 นาที 30 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 6 ที่เวลา 41 นาที 15 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 1 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 33 วินาที ที่เวลา 42 นาที 30 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 7 ที่เวลา 42 นาที 48 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 2 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 32 วินาที ที่เวลา 50 นาที 30 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 8 ที่เวลา 53 นาที 20 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 2 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 36 วินาที ที่เวลา 53 นาที 30 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 9 ที่เวลา 54 นาที 56 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 3 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 16 วินาที ที่เวลา 55 นาที 30 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 10 ที่เวลา 65 นาที 12 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 3 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 35 วินาที ที่เวลา 66 นาที 30 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 11 ที่เวลา 66 นาที 47 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 4 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 11 นาที 31 วินาที ที่เวลา 78 นาที 18 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 4 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 44 วินาที ที่เวลา 80 นาที 2 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 5 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 32 วินาที ที่เวลา 80 นาที 30 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 12 ที่เวลา 90 นาที 34 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 5 จนถึง ที่เวลา 92 นาที 11 วินาที ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1.37 นาที ใช้เวลาเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด 92.11 นาที ทอดกล้วยจำนวน 5 ครั้ง ใช้กล้วยทั้งหมด 3.80 กิโลกรัม ใช้เวลาทอดกล้วยทั้งหมด 53 นาที 36 วินาที ใช้เวลาตักกล้วยทั้งหมด 8 นาที 5 วินาที เติมแกลบทั้งหมดจำนวน 12 ครั้ง ใช้แกลบทั้งหมด 7 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบหนัก 0.83 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

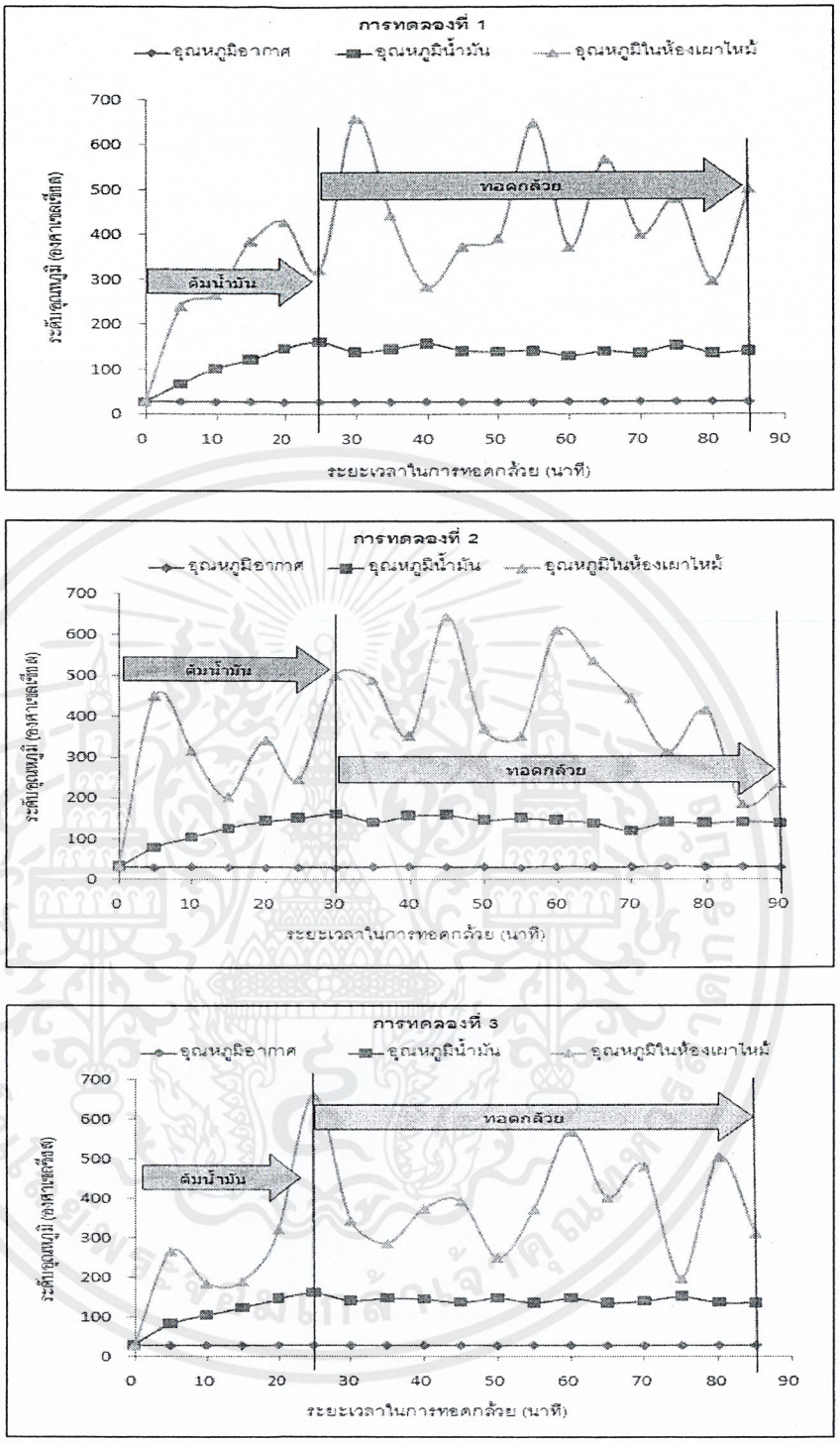
การทดลองที่ 2 เริ่มจากการวัดกระทะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55.88 เซนติเมตร ขนาดหัวเตาต้นแบบ 40.00 เซนติเมตร ชั่งปริมาณน้ำมันพืชได้ 6 ลิตร ใส่น้ำมันพืชลงกระทะและวัดเส้นผ่านศูนย์กลางน้ำมันในกระทะ 40.00 เซนติเมตร จากนั้นเทแกลบใส่เตา 1 กิโลกรัม วัดอุณหภูมิเริ่มต้นห้องเผาไหม้ น้ำมันในกระทะ และ อากาศ 29.70, 30.10 และ 29.40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เริ่มการทดลองที่เวลา 10:54:37 นาฬิกา ใช้เวลาจุดเตา 5 นาที 23 วินาที เริ่มทำการตั้งกระทะ และเริ่มวัดอุณหภูมิหัวเตาแก๊ส น้ำมันในกระทะ และอากาศ ทุกๆ 5 นาที ที่เวลา 9 นาที 23 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 1 ที่เวลา 14 นาที 23 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 2 ที่เวลา 21 นาที 23 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 3 ที่เวลา 29 นาที 23 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 4 ที่เวลา 35 นาที 23 วินาที เริ่มทอดกล้วยครั้งที่ 1 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอด 11นาที 24 วินาที และอุณหภูมิ ห้องเผาไหม้ น้ำมันในกระทะ และ อากาศ 163.00, 501.10 และ 28.70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ที่เวลา 39 นาที 23 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 6 ที่เวลา 46 นาที 47 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 1 ใช้เวลาในการตักกล้วยขึ้น 1 นาที 30 วินาที ที่เวลา 47 นาที 23 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 7 ที่เวลา 45 นาที 23 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 8 ที่เวลา 58 นาที 23 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 9 ที่เวลา 58 นาที 42 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 2 ใช้เวลาในการตักกล้วยขึ้น 1 นาที 35 วินาที ที่เวลา 60 นาที 17 วินาที เริ่มทอดกล้วยครั้งที่ 3 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอด 11 นาที 32 วินาที ที่เวลา 84 นาที 14 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 4 ใช้เวลาในการตักกล้วยขึ้น 1 นาที 30 วินาที ที่เวลา 85 นาที 44 วินาที เริ่มทอดกล้วยครั้งที่ 5 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 23 วินาที ที่เวลา 96 นาที 7 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 5 ใช้เวลาในการตักกล้วยขึ้น 1 นาที 43 วินาที ใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 97 นาที 50 วินาที ใช้เวลาเฉพาะทอดกล้วยทั้งหมด 54 นาที 27 วินาที ใช้เวลาในการตักกล้วยขึ้นทั้งหมด 8 นาที เติมแกลบทั้งหมดจำนวน 13 ครั้ง ใช้แกลบทั้งหมด 7.50 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบหนัก 0.90 กิโลกรัม

การทดลองที่ 3 เริ่มจากการวัดกระทะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55.88 เซนติเมตร ขนาดหัวเตาต้นแบบ 40.00 เซนติเมตร ชั่งปริมาณน้ำมันพืชได้ 6 ลิตร ใส่น้ำมันพืชลงกระทะและวัดเส้นผ่านศูนย์กลางนำมันในกระทะ 40 เซนติเมตร จากนั้นเทแกลบใส่ในเตา 1 กิโลกรัม วัดอุณหภูมิเริ่มต้นห้องเผาไหม้ น้ำมันในกระทะ และ อากาศ 26.90, 29.40 และ 27.30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเริ่มการทดลองที่เวลา 13:54:49 นาฬิกา ใช้เวลาจุดเตา 5 นาที 41 วินาที จากนั้นเริ่มทำการตั้งกระทะ และวัดอุณหภูมิหัวเตาแก๊ส น้ำมันในกระทะ และอากาศ ทุกๆ 5 นาที ที่เวลา 9 นาที 11 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 1 ที่เวลา 14 นาที 11 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 2 ที่เวลา 17 นาที 11 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 3 ที่เวลา 23 นาที 11 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 4 ที่เวลา 30 นาที 11 วินาที เริ่มทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้วยครั้งที่ 1 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม และเติมแกลบครั้งที่ 5 ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 3 วินาที และอุณหภูมิ น้ำมันในกระทะ ห้องเผาไหม้ และ อากาศ 160.20, 657.80 และ 27.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ที่เวลา 37 นาที 11 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 6 ที่เวลา 40 นาที 14 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 1 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 52 วินาที ที่เวลา 42 นาที 6 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 2 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ที่เวลา 46 นาที 11 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 7 ที่เวลา 51 นาที 11 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 8 ใช้เวลาในการทอดกล้วย 11 นาที 21วินาที ที่เวลา 53 นาที 27 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 2 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 32 วินาที ที่เวลา 54 นาที 59 วินาที เริ่มทอดกล้วยครั้งที่ 3 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ที่เวลา 54 นาที 59 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 9 ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 32 วินาที ที่เวลา 65 นาที 31 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 3 ใช้เวลาตักกล้วย 1 นาที 33 วินาที ที่เวลา 67 นาที 4 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 4 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 41 วินาที ที่เวลา 68 นาที 11 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 10 ที่เวลา 72 นาที 11 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 11 ที่เวลา 77 นาที 45 วินาที เริ่มตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 4 ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที 28 วินาที ที่เวลา 79 นาที 13 วินาที เริ่มการทอดกล้วยครั้งที่ 5 ใช้กล้วยหนัก 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 31 วินาที ที่เวลา 82 นาที 11 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 12 ที่เวลา 89 นาที 44 วินาที เริ่มการตักกล้วยขึ้นครั้งที่ 5 ที่เวลา 90 นาที 11 วินาที เติมแกลบครั้งที่ 13 ที่เวลา 91 นาที 20 วินาที ตักกล้วยเสร็จ ใช้เวลาตักกล้วยขึ้น 1 นาที่ 36 วินาที ใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 91 นาที 20 วินาที ทอดกล้วยจำนวน 5 ครั้ง ใช้กล้วยทั้งหมด 3.80 กิโลกรัม ใช้เวลาทอดกล้วยทั้งหมด 53 นาที 38 วินาที ใช้เวลาตักกล้วยทั้งหมด 8 นาที 1 วินาที เติมแกลบทั้งหมดจำนวน 13 ครั้ง ใช้แกลบทั้งหมด 7.50 กิโลกรัม ได้ขี้เถ้าแกลบหนัก 0.80 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 21 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของเตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การศึกษาเตาเผาแกลบผลิตความร้อนใช้ทอดกล้วยกรอธัญพืช

รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองที่			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
เวลาในการจุดเตา (นาที)	5.30	5.23	5.41	5.31
เวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)	92.11	97.50	91.20	93.60
ปริมาณน้ำมันพืช (ลิตร)	6.00	6.00	6.00	6.00
ระยะเวลาในการต้มน้ำมันให้เดือด (นาที)	25.00	30.00	25.00	27.00
ระยะเวลาในการทอดกล้วยทั้งหมด (นาที)	53.36	54.27	53.38	53.67
ระยะเวลาในการการตักกล้วยขึ้นทั้งหมด (นาที)	8.05	8.00	8.01	8.02
จำนวนครั้งในการทอดกล้วย (ครั้ง)	5.00	5.00	5.00	5.00
ปริมาณกล้วยที่ใช้ทั้งหมด (กิโลกรัม)	3.80	3.80	3.80	3.80
ปริมาณเชื้อใช้จุดเตา (กิโลกรัม)	1.00	1.00	1.00	1.00
จำนวนการป้อนแกลบ (ครั้ง)	12.00	13.00	13.00	13.00
ปริมาณเชื้อแกลบที่ใช้ (กิโลกรัม)	7.00	7.50	7.50	7.33
ปริมาณเถ้าแกลบหนัก (กิโลกรัม)	0.80	0.90	0.80	0.83
อัตราการทอดกล้วยจริง(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	2.48	2.34	2.50	2.44
อัตราการทอดกล้วยทางทฤษฎี(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	4.25	4.20	4.27	4.24
ประสิทธิภาพในการทอดกล้วย (%)	58.38	55.71	58.55	57.55
อัตราการเติมแกลบ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	4.56	4.62	4.62	4.60
ปริมานเถ้าแกลบ (%)	10	12	10.67	10.98

จากการศึกษากระบวนการใช้เตาเผาแกลบผลิตความร้อนใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช สามารถสรุปได้ว่า ใช้กระทะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55.88 เซนติเมตร ขนาดหัวเตาต้นแบบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ชั่งปริมาณน้ำมันพืชได้ 6 ลิตร น้ำมันพืชในกระทะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ใช้เวลาจุดเตาเฉลี่ย 5.31 นาที ใช้เวลาในการต้มน้ำมันให้เดือดเฉลี่ย 27 นาที และอุณหภูมิอยู่ที่เฉลี่ยอยู่ที่ 161.23 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการทอดกล้วยครั้งละ 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาทอดกล้วยทั้งหมดเฉลี่ย 53.67 นาที ใช้เวลาตักกล้วยขึ้นทั้งหมดเฉลี่ย 8.02 นาที ทอดกล้วยกล้วยทั้งหมด 5 ครั้ง ใช้ปริมาณกล้วยทั้งหมดเฉลี่ย 3.80 กิโลกรัม ปริมาณแกลบทั้งหมดเฉลี่ย 7.33 กิโลกรัม อัตราการทอดกล้วยจริงเฉลี่ย 2.44 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการทอดกล้วยทางทฤษฎีเฉลี่ย 4.24 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทอดกล้วยเฉลี่ย 57.55 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเติมแกลบเฉลี่ย 4.60 กิโลกรัมต่อชั้วโมง ได้ปริมาณขี้เถ้าแกลบ 10.98 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษาที่ใช้เตาแก๊สหุงต้มทั่วไป กับการใช้เตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบ

รายการวิเคราะห์ผล	เตาแก๊สหุงต้มทั่วไป	เตาต้นแบบ
เวลาในการจุดเตา (นาที)	0.04	5.31
เวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)	79.66	93.60
ปริมาณน้ำมันพืช (ลิตร)	6.00	6.00
ระยะเวลาต้มน้ำมันให้เดือดที่ 160 องศาเซลเซียส (นาที)	20.00	27.00
ระยะเวลาเฉพาะการทอดกล้วยทั้งหมด (นาที)	52.24	53.67
ระยะเวลาในการการตักกล้วยขึ้นทั้งหมด (นาที)	7.35	8.02
ปริมาณกล้วยที่ใช้ทั้งหมด (กิโลกรัม)	3.80	3.80
ปริมาณเชื้อแกลบที่ใช้ (กิโลกรัม)	-	7.33
ปริมาณเถ้าแกลบหนัก (กิโลกรัม)	-	0.83
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด (กิโลกรัม)	0.40	-
อัตราการทอดกล้วยจริง(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	2.86	2.44
อัตราการทอดกล้วยทางทฤษฎี(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	4.36	4.24
ประสิทธิภาพในการทอดกล้วย (%)	65.57	57.55

ผลการเปรียบเทียบการทอดกล้วยกรอบธัญพืชใช้กระทะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55.88 เซนติเมตร ใช้ปริมาณน้ำมันพืช 6 ลิตร ใช้ปริมาณกล้วย 3.80 กิโลกรัม เตาแก๊สหุงต้มทั่วไปใช้เวลาในการจุดเตา 4 วินาที เตาต้นแบบใช้เวลาจุดเตา 5.31 นาที เตาแก๊สหุงต้มทั่วไปต้มน้ำมันให้เดือดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที เตาต้นแบบต้มน้ำมันให้เดือดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 27 นาที จากนั้นทำการทอดกล้วยโดยเตาแก๊สหุงต้มทั่วไปใช้เวลาเฉพาะการทอดกล้วยทั้งหมด 52.24 นาที และเตาต้นแบบใช้เวลา 53.67 นาที ใช้เวลาในการตักกล้วยขึ้น เตาแก๊สหุงต้มทั่วไปใช้เวลา 7.35 นาที เตาต้นแบบใช้เวลา 8.02 นาที ใช้เวลาในการทอดกล้วยทั้งหมดของเตาแก๊สหุงต้มทั่วไป 79.66 นาที และเตาต้นแบบ 93.60 นาที และปริมาณเชื้อเพลงที่ใช้ทั้งหมด เตาแก๊สหุงต้มทั่วไปใช้ 0.40 กิโลกรัม เตาต้นแบบใช้ไป 7.33 กิโลกรัม ได้เถ้าแกลบ 0.83 กิโลกรัม ดังนั้น ใช้อัตราในการทอดกล้วยจริงของเตาแก๊สหุงต้มทั่วไป และเตาต้นแบบ 2.86 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 2.44 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้อัตราการทอดกล้วยทางทฤษฎีของเตาแก๊สหุงต้มทั่วไปและ เตาต้นแบบ 4.36 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 4.24 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทอดกล้วยของเตาแก๊สหุงต้มทั่วไปและเตาต้นแบบ 65.57 % และ 57.55 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 วิจารณ์ผล

การพัฒนาเตาเผาแกลบผลิตความร้อนจากแกลบเหลือทิ้งเพื่อใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช โดยตะหนักถึงการเลือกใช้เชื้อเพลิง ที่มีราคาถูก มีปริมาณที่แน่นอนเพียงพอ และหาง่ายตามแหล่งชุมชน ซึ่งพบว่าชุมชนเกษตรกรทำนาขุมทอง เขตลาดกระบัง ซึ่งมีพื้นที่ในการทำนาถึง 4,405 ไร่ ได้ผลผลิตข้าว 4,215 ตันต่อปี ซึ่งโรงสีข้าวชุมชนจะมีการสีข้าวประมาณ 546 กิโลกรัมต่อวัน จะได้แกลบจากการสีข้าว 184 กิโลกรัมต่อวัน ทำให้เกิดปัญหาแกลบล้นที่เก็บ จึงได้นำแกลบมาใช้เพื่อเป็นวัสดุเชื้อเพลิงที่เหลือทิ้งทางการเกษตร แทนการใช้พลังงานเชื้อเพลงจากแก๊สหุงต้ม

การทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา ใช้กระทะขนาด 22 นิ้ว ใช้ปริมาณน้ำมันพืช 6 ลิตร เพื่อใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช โดยใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากแก๊สหุงต้ม ซึ่งถังแก๊สที่ใช้ขนาด 15 กิโลกรัม คิดเป็นราคา 350 บาท หรือ กิโลกรัมละ 23 บาท และในการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษานั้น จะใช้อุณหภูมิเริ่มต้นในการทอด 160 องศาเซลเซียส ซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการต้มน้ำมันให้เดือดนาน 20 นาที จากนั้นทำการทอดกล้วยกรอบธัญพืช สามารถทอดกล้วยกรอบธัญพืชได้ 2.86 กิโลกรัม ซึ่งจะใช้พลังงานเชื้อเพลิง 0.3 กิโลกรัม คิดเป็นค่าใช้จ่าย 7 บาทต่อเชื้อเพลิง 0.3 กิโลกรัม แต่การทอดกล้วยกรอบธัญพืช โดยใช้เตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบ พบว่า ในการทอดกล้วยโดยใช้กระทะขนาด 22 นิ้ว และปริมาณน้ำมันพืช 6 ลิตร ใช้อุณหภูมิเริ่มต้นในการทอด 160 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการต้มน้ำมันให้เดือดนาน 27 นาที จากนั้นทำการทอดกล้วยกรอบธัญพืช สามารถทอดกล้วยกรอบธัญพืชได้ 2.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้เชื้อเพลิงจากแกลบ 4.60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งการทอดกล้วยกรอบธัญพืชที่ใช้เตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบ จะไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเชื้อเพลิง เนื่องจากเชื้อเพลงจากแกลบที่ได้ เป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากโรงสีข้าวของชุมชนเกษตรทำนาขุมทอง

ข้อสังเกตของผู้วิจัย การทอดกล้วยกรอบธัญพืชโดยใช้เตาเผาแกลบผลิตความร้อน เป็นการช่วยส่งเสริมการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และลดต้นทุนในการผลิต ทำให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้น รวมถึงช่วยลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงจากแก๊สหุงต้ม ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Recommendation)

1. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา ใช้กระทะขนาด Ø 55.88 เซนติเมตร หัวเตาแก๊สขนาด Ø 13.00 เซนติเมตร ปริมาณน้ำมันพืช 6 ลิตร น้ำมันในกระขนาด Ø 40 เซนติเมตร ใช้เวลาจุดเตาเฉลี่ย 4 วินาที ใช้เวลาในการต้มน้ำมันให้เดือด 20 นาที และอุณหภูมิอยู่ที่ 162.73 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการทอดกล้วย 0.76 กิโลกรัมต่อครั้ง ใช้เวลาในการทอดกล้วย 10 นาที 31 วินาทีต่อครั้ง ใช้เวลาการทอดกล้วยทั้งหมด 52 นาที 24 วินาที ใช้เวลาตักกล้วยขึ้นทั้งหมด 7 นาที 35 วินาที ทอดกล้วยกรอบธัญพืชจำนวน 5 ครั้ง ใช้เวลาทั้งหมด 79 นาที 66 วินาที ใช้ปริมาณกล้วยทั้งหมด 3.80 กิโลกรัม ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง 0.40 กิโลกรัม อัตราการใช้เชื้อเพลิง 0.30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการทอดกล้วยจริง 2.86 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการทอดกล้วยทางทฤษฎี 4.36 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทอดกล้วย 65.57 เปอร์เซ็นต์

การออกแบบเตาเผาแกลบผลิตความร้อนหัวเตาที่มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวสัมผัสของน้ำมันที่ใช้ในการทอดกล้วยที่มี Ø ของน้ำมันในกระทะ 40 เซนติเมตร ซึ่งจะทำให้น้ำมันในกระทะได้รับความร้อนอย่างทั่วถึงทำให้น้ำมันที่ต้มในกระทะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และสามารถให้ความร้อนได้ดีโดยอากาศจะไหลเข้าสู่ห้องเชื้อเพลิงเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ ทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ เกิดแก๊สไฮโดรเจน และแก๊สมีเทน แก๊สที่มีอุณหภูมิสูงจะลอยสู่ด้านบนเกิดการลุกไหม้เป็นเปลวไฟได้ความร้อน

จากการศึกษากระบวนการใช้เตาเผาแกลบผลิตความร้อนใช้ในการทอดกล้วยกรอบธัญพืช ใช้กระทะขนาด Ø 55.88 เซนติเมตร ขนาดหัวเตาต้นแบบ Ø 40 เซนติเมตร ชั่งปริมาณน้ำมันพืชได้ 6 ลิตร น้ำมันพืชในกระทะขนาด Ø 40 เซนติเมตร ใช้เวลาจุดเตาเฉลี่ย 5 นาที31 วินาที ใช้เวลาในการต้มน้ำมันให้เดือดเฉลี่ย 27 นาที และอุณหภูมิอยู่ที่เฉลี่ยอยู่ที่ 161.23 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการทอดกล้วยครั้งละ 0.76 กิโลกรัม ใช้เวลาทอดกล้วยทั้งหมดเฉลี่ย 53 นาที 67 วินาที ใช้เวลาตักกล้วยขึ้นทั้งหมดเฉลี่ย 8 นาที 2 วินาที ทอดกล้วยกล้วยทั้งหมด 5 ครั้ง ใช้ปริมาณกล้วยทั้งหมดเฉลี่ย 3.80 กิโลกรัม ปริมาณแกลบทั้งหมดเฉลี่ย 7.33 กิโลกรัม อัตราการทอดกล้วยจริงเฉลี่ย 2.44 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการทอดกล้วยทางทฤษฎีเฉลี่ย 4.24 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทอดกล้วยเฉลี่ย 57.55 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเติมแกลบเฉลี่ย 4.60 กิโลกรัมต่อ-ชั่วโมง ได้ปริมาณขี้เถ้าแกลบ 10.98 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาถึงวัสดุที่ใช้สำหรับทำเตาเผาแกลบผลิตความร้อนให้มีความคงทน และสามารถใช้ได้ยาวนาน

2. ควรศึกษาถึงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่นๆ นำมาประยุกต์ใช้เป็นเชื้อเพลิงนอกเหนือจากแกลบ

3. ควรจะมีการนำไปศึกษาและพัฒนาต่อเพื่อประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ และรูปแบบเตาเผาแกลบผลิตความร้อนที่เหมาะสมของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา แขวงขุมทอง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2545. **รายงานพลังงานของประเทศไทย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=96 [18 มกราคม 2553].

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552. **เตาชีวมวลแบบ SME**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www2.dede.go.th/bett/Techno.html [24 มกราคม 2552].

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ พลังงาน 2552. **เตาชีวมวลแบบ Sun Sun**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www2.dede.go.th/bett/Techno.html [20 มกราคม 2553].

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2545. **รายงานพลังงานของประเทศไทย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=96 [7ธันวาคม 2552].

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2550. **พลังงาน**. [ออนไลน์] http://renew.go.th/Knowledge/%28pb2n3r555xw5ty55qj4nupro%29/Main2.aspx [30 ธันวาคม 2552].

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552. **พลังงาน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.network4ae.com/tech.php [14 มกราคม 2553]

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2552. **ระบบเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.network4ae.com/tech.php. [30 ธันวาคม 2552].

การใช้พลังงานทดแทนจากเตาแก๊สชีวมวล. 2552 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=455&s=tblrice. [2 พฤศจิกายน 2552].

การุณ เลาะมาน และ คณะ. 2546. **การศึกษาเชิงทดลองเตาเผาแกลบแบบหมุนวนหลายขั้น**. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

แกลบแบบไซโคลน. 2541. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้วยทอดกรอบ. 2548. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก http://www.ku.ac.th/emagazine/june48 /know/banana.html [7 ธันวาคม 2552]

ชนกนันท์ สุขกำเนิด และ คณะ. 2553. **ศักยภาพของการใช้แกลบเพื่อผลิตพลังงานสำหรับโรงสีข้าวเทคโนโลยีพลังงานชุมชน.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.energybase .net [13มีนาคม 2553].

ดิษฐพร ตุงโสธานนท์. 2548. **พฤติกรรมการเผาไหม้แกลบในเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบดผิวคลื่นพลังงานชีวมวล.** 2547. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://203.150.24.8/dede/renew/bio_p.htm [13 มีนาคม 2553].

ฤทธิชัย บุตรชา. 2553. **เตาแกลบแทนเตาแก๊สทั้งประหยัดช่วยชาติ.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.khaosod.co.th/view_news.php?newsid.htm [25 มีนาคม 2553].

เพ็ญพิมล จาตุรนต์รัศมี และ สาวรัศมี ศุภศรี. 2551 **ศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตคุณภาพและการบรรจุของผลิตภัณฑ์กล้วย และไซโป๊.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://kuservice.ku.ac.th/ cms_web/pying/penpimon.doc. [6 มีนาคม 2553].

รัก ศรีอยู่. 2553. **โรงสีข้าวชุมชนแขวงขุมทอง.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://webserv.kmitl. ac.th/~siwarak/index3.html. [20 ธันวาคม 2553].

ลือพง ลือนาม และ สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช. 2551.**การวิจัยและพัฒนาการผลิตถ่านกะลามะพร้าวในระดับเกษตรกร.** คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

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

วรนุช แจ้งสว่าง. 2551. **พลังงานหมุนเวียน.** กรุงเทพ: สำนักโรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัชระ เพิ่มชาติ. 2548. **การพัฒนาและศึกษาเตาเชื้อเพลิงชีวมวลแบบฟลูอิดไซด์เบดที่มีฐานเตาเป็นรูปทรงกรวย.** วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิบูลย์ เทเพนทร์ และ คณะ. 2547. **วิจัยและพัฒนาเตาเผาแกลบสำหรับเครื่องลดความชื้นลำไยทั้งเปลือก.** ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม.

สงวน ตั้งโพธิธรรม. **การผลิตซิลิกอนไนไตรด์ (Si3NN4) จากถ่านแกลบ.** วารสารสงขลานครินทร์ ปีที่ 11 ฉบับที่ 2-4 ISSN 0125-3395.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

อนุชิต กิจสวัสดิ์. 2529. **ประโยชน์จากแกลบและเถ้าแกลบ**. วิทยาศาสตร์สำหรับประชาชน ครั้งที่ 411.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการศึกษาทดสอบการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา

การทดลองที่	ขนาดหัวเตาแก๊ส (ซม.)	น้ำมันพืชในกระทะ Ø (ซม.)	ขนาดกระทะ (ซม.)	น้ำหนักถังแก๊สก่อนใช้ (กก.)	น้ำหนักถังแก๊สหลังใช้ (กก.)	ปริมาณแก๊สที่ใช้ทั้งหมด (กก.)	ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)	เวลาในการทอดกล้วย (นาที)	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ทอด (กก.)	ปริมาณกล้วยที่ใช้ทอด (กก.)	เวลาในการจุดเตา (นาที)	ระยะเวลาการทอดกล้วย 1 ครั้ง (นาที)	เวลาในการตักกล้วยขึ้น (นาที)
1	13.00	40.00	55.88	26.00	25.60	0.40	78.41	51.25	6.00	3.70	0.04	10.33	7.12
2	13.00	40.00	55.88	23.10	22.70	0.40	80.05	52.02	6.00	3.80	0.05	10.24	7.58
3	13.00	40.00	55.88	20.50	20.10	0.40	80.52	53.03	6.00	3.90	0.03	10.36	7.37
เฉลี่ย	13.00	40.00	55.88	-	-	0.40	79.66	52.10	6.00	3.80	0.04	10.31	7.35

ตารางภาคผนวกที่ 2 อุณหภูมิเริ่มต้น ของการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา

การทดลองที่	น้ำมันพืช (°c)	หัวเตาแก๊ส (°c)	อากาศ (°c)
1	29.10	26.80	26.10
2	28.30	26.20	26.40
3	28.50	26.90	27.50

ตารางภาคผนวกที่ 3 ระยะเวลาในการทอดกล้วย เวลาตักกล้วยขึ้น และน้ำหนักกล้วยที่ใช้ทอดของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา

การทดลองที่	ซ้ำที่	ระยะเวลาในการทอดกล้วย (นาที)	ระยะเวลาในการตักกล้วยขึ้น (นาที)	น้ำหนักกล้วยใช้ทอด (กิโลกรัม)
1	1	10.32	1.31	0.70
	2	9.45	1.35	0.80
	3	10.24	1.23	0.70
	4	10.30	1.31	0.70
	5	9.43	1.12	0.80
	เฉลี่ย	9.95	1.26	0.74
2	1	10.32	1.36	0.90
	2	10.05	1.54	0.70
	3	11.30	1.13	0.70
	4	10.01	1.35	0.80
	5	9.45	1.40	0.70
	เฉลี่ย	10.23	1.36	0.76
3	1	9.43	1.43	0.70
	2	10.34	1.27	0.80
	3	10.21	1.42	0.70
	4	10.53	1.33	0.90
	5	11.32	1.21	0.80
	เฉลี่ย	10.37	1.33	0.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยทุกๆ 5 นาที ของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา การทดลองที่ 1

เวลา (นาฬิกา)	เวลา (นาที)	ระยะเวลาการจุดเตา ทอดกล้วย และ ตักกล้วย	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง ต่างๆ (°C)		
			หัวเตาแก๊ส (°C)	น้ำมันในกระทะ (°C)	อากาศ (°C)
7:59:56	00.00	เริ่มจุดเตา	26.80	29.10	26.10
8:00:00	00:04	เริ่มตั้งกระทะ	520.00	30.00	26.25
8:05:00	05:04	-	537.30	85.40	26.20
8:10:00	10:04	-	601.20	95.60	26.10
8:15:00	15:04	-	554.40	135.20	26.70
8:20:00	20:04	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 1	576.50	160.60	25.40
8:25:00	25:04	-	577.20	132.30	26.80
8:30:00	30:04	-	649.40	138.50	27.30
8:31:03	31:07	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 1	-	-	-
8:32:34	32:38	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 2	-	-	-
8:35:00	35:04	-	663.40	145.20	26.40
8:40:00	40:04	-	835.90	148.60	25.70
8:42:19	42:23	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 2	-	-	-
8:43:54	43:58	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 3	-	-	-
8:45:00	45:04	-	869.30	133.40	26.30
8:50:00	50:04	-	894.70	155.70	27.20
8:54:18	54:22	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 3	-	-	-
8:55:00	55:04	-	872.90	140.40	26.50
8:55:41	55:45	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 4	-	-	-
9:00:00	60:04	-	758.90	150.90	26.40
9:05:00	65:04	-	753.40	140.80	26.30
9:06:11	66:15	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 4	-	-	-
9:07:42	67:46	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 5	-	-	-
9:10:00	70:04	-	869.20	152.30	27.60
9:15:00	75:04	-	943.70	149.20	26.30
9:17:25	77:29	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 5	-	-	-
9:18:37	78:41	ตักกล้วยเสร็จ	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยทุกๆ 5 นาที ของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา การทดลองที่ 2

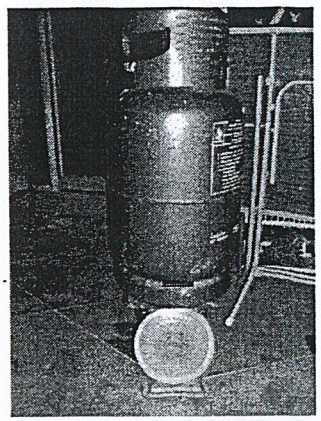
เวลา (นาฬิกา)	เวลา (นาที)	ระยะเวลาการจุดเตา ทอดกล้วย และ ตักกล้วย	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง ต่างๆ (°C)		
			หัวเตาแก๊ส (°C)	น้ำมันในกระทะ (°C)	อากาศ (°C)
7:59:55	00:00	เริ่มจุดเตา	26.20	28.30	26.40
8:00:00	00:05	เริ่มตั้งกระทะ	500.00	29.00	26.50
8:05:00	05:05	-	520.30	89.10	27.50
8:10:00	10:05	-	600.70	97.40	26.70
8:15:00	15:05	-	798.60	141.20	26.43
8:20:00	20:05	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 1	738.10	163.20	27.20
8:25:00	25:05	-	690.90	140.60	27.30
8:30:00	30:05	-	639.80	131.80	26.40
8:30:32	30:37	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 1	-	-	-
8:32:08	32:13	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 2	-	-	-
8:35:00	35:05	-	612.00	145.90	27.30
8:40:00	40:05	-	604.20	153.50	26.30
8:42:13	42:18	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 2	-	-	-
8:44:07	44:12	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 3	-	-	-
8:45:00	45:05	-	741.20	142.70	27.80
8:50:00	50:05	-	753.90	149.40	26.10
8:55:00	55:05	-	686.10	137.70	26.10
8:55:37	55:42	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 3	-	-	-
8:56:50	56:55	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 4	-	-	-
9:00:00	60:05	-	731.40	146.30	26.60
9:05:00	65:05	-	801.50	152.20	27.80
9:06:51	66:56	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 4	-	-	-
9:08:26	68:31	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 5	-	-	-
9:10:00	70:05	-	764.20	154.50	26.30
9:15:00	75:05	-	731.50	156.20	26.50
9:18:20	78:25	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 5	-	-	-
9:20:00	80:05	ตักกล้วยเสร็จ	683.20	155.10	26.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

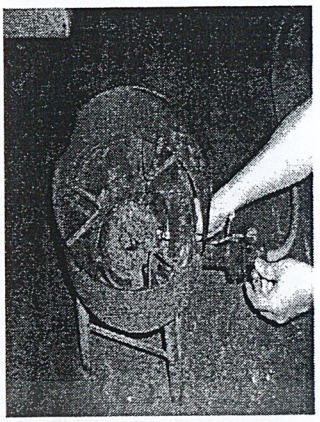
ตารางภาคผนวกที่ 6 ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยทุกๆ 5 นาที ของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา การทดลองที่ 3

เวลา (นาฬิกา)	เวลา (นาที)	ระยะเวลาการจุดเตา ทอดกล้วย และ ตักกล้วย	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง ต่างๆ (°C)		
			หัวเตาแก๊ส (°C)	น้ำมันในกระทะ (°C)	อากาศ (°C)
7:59:57	00:00	เริ่มจุดเตา	26.90	28.50	27.50
8:00:00	00:03	เริ่มตั้งกระทะ	558.00	29.00	27.45
8:05:00	05:03	-	571.40	87.70	26.30
8:10:00	10:03	-	684.70	96.30	26.20
8:15:00	15:03	-	593.80	136.10	27.10
8:20:00	20:03	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 1	651.70	164.40	26.20
8:25:00	25:03	-	679.00	135.50	26.40
8:29:43	29:46	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 1	-	-	-
8:30:00	30:03	-	676.20	139.70	26.50
8:31:26	31:29	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 2	-	-	-
8:35:00	35:03	-	680.30	142.90	27.10
8:40:00	40:03	-	598.10	135.60	26.10
8:42:00	42:03	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 2	-	-	-
8:43:27	43:30	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 3	-	-	-
8:45:00	45:03	-	692.30	140.30	27.40
8:50:00	50:03	-	695.80	145.20	26.20
8:53:48	53:51	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 3	-	-	-
8:55:00	55:03	-	620.50	150.40	26.50
8:55:30	55:33	เริ่มทอดกล้วยครั้งที่ 4	-	-	-
9:00:00	60:03	-	701.30	151.60	27.60
9:05:00	65:03	-	725.80	140.20	26.10
9:06:23	66:26	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 4	-	-	-
9:07:56	67:59	เริ่มทอดกล้วยครั้งที่ 5	-	-	-
9:10:00	70:03	-	681.30	152.30	26.70
9:15:00	75:03	-	684.20	141.50	26.40
9:19:28	79:31	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 5	-	-	-
9:20:00	80:03	-	673.60	152.20	27.10
9:20:49	80:52	ตักกล้วยเสร็จ	-	-	-

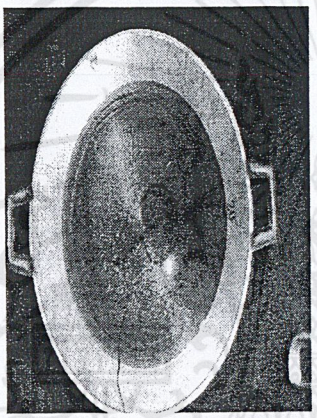
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชั่งน้ำหนักปริมาณแก๊ส

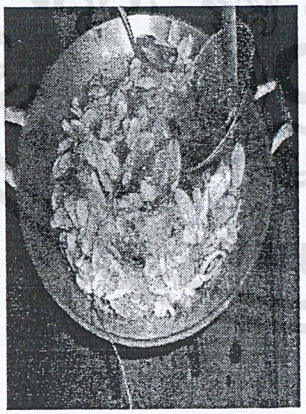


จุดเตา

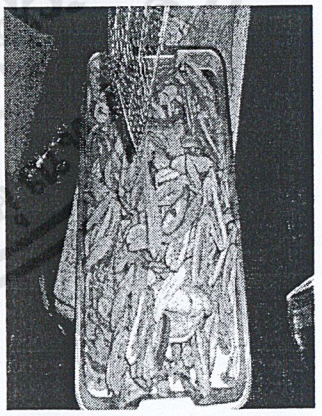


ต้มน้ำมันในกระทะ

เทกล้วยใส่กระทะ



ทำการทอดกล้วย



นำกล้วยขึ้นสะเด็ดน้ำมัน

ภาพภาคผนวกที่ 1 ขั้นตอนการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของกลุ่มแม่บ้านวัดราชโกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลการศึกษาทดสอบการทอดกล้วยกรอบธัญพืชจากเตาต้นแบบ

การทดลองที่	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ทอด (กก.)	ปริมาณกล้วยที่ใช้ทอด (กก.)	ปริมาณแกลบใช้เติม (กก.)	น้ำหนักแกลบที่ใช้จุดเตาเริ่มต้น (กก.)	น้ำหนักแกลบทั้งหมด (กก.)	เวลาทั้งหมด (นาที)	ขนาด หัวเตาต้นแบบ (ซม.)	ขนาดน้ำมันในกระทะ (ซม.)	ขนาดกระทะ (ซม.)	ปริมาณเถ้าแกลบ (กก.)	เวลาในการจุดเตา (นาที)	จำนวนการเติมแกลบ (ครั้ง)	เวลาใช้ทอดกล้วย (นาที)	เวลาที่ใช้ตักกล้วยขึ้น (นาที)
1	6.00	3.80	6.00	1.00	7.00	92.11	40.00	40.00	55.88	0.80	5.30	12.00	53.36	8.05
2	6.00	3.80	6.50	1.00	7.50	97.50	40.00	40.00	55.88	0.90	5.23	13.00	54.27	8.00
3	6.00	3.80	6.50	1.00	7.50	91.20	40.00	40.00	55.88	0.80	5.41	13.00	53.38	8.01
เฉลี่ย	6.00	3.80	6.33	1.00	7.33	93.60	40.00	40.00	55.88	0.83	5.31	13.00	53.67	8.02

ตารางภาคผนวกที่ 8 อุณหภูมิเริ่มต้นของ น้ำมันพืช หัวเตาแก๊ส อากาศ และผลทดสอบการทอดกล้วยกรอบธัญพืชของเตาต้นแบบ

การทดลองที่	น้ำมันพืช (°c)	ห้องเผาไหม้ (°c)	อากาศ (°c)
1	28.30	26.70	27.10
2	30.10	29.70	29.40
3	29.40	26.90	27.30

ตารางภาคผนวกที่ 9 ระยะเวลาในการทอดกล้วย ตักกล้วย และน้ำหนักกล้วยที่ใช้ทอดจากเตาต้นแบบ

การทดลองที่	ซ้ำที่	ระยะเวลาในการทอดกล้วย (นาที)	ระยะเวลาในการตักกล้วย (นาที)	น้ำหนักกล้วยใช้ทอด (กิโลกรัม)
1	1	10.54	1.33	0.76
	2	10.32	1.36	0.76
	3	10.16	1.35	0.76
	4	11.31	1.44	0.76
	5	10.32	1.37	0.76
	เฉลี่ย	10.33	1.37	0.76
2	1	11.24	1.30	0.76
	2	10.25	1.35	0.76
	3	11.32	1.42	0.76
	4	10.43	1.31	0.76
	5	10.23	1.43	0.76
	เฉลี่ย	10.69	1.36	0.76
3	1	10.30	1.25	0.76
	2	11.21	1.32	0.76
	3	10.32	1.33	0.76
	4	10.41	1.28	0.76
	5	10.31	1.36	0.76
	เฉลี่ย	10.51	1.31	0.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย การเติมแกลบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยจากเตาต้นแบบ การทดลองที่ 1

เวลา (นาฬิกา)	เวลา (นาที)	ระยะเวลาการจุดเตาทอดกล้วย และ ตักกล้วย	ช่วงเวลาการเติมแกลบ ครั้งที่	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง ต่างๆ (°C)		
				ห้องเผาไหม้ (°C)	น้ำมันในกระทะ (°C)	อากาศ (°C)
7:54:30	00:00	เริ่มจุดเตา	-	26.70	28.30	27.10
8:00:00	05:30	เริ่มตั้งกระทะ	-	210.00	29.00	27.20
8:04:00	09:30	-	1	-	-	-
8:05:00	10:30	-	-	239.20	68.20	28.40
8:07:00	12:30	-	2	-	-	-
8:10:00	15:30	-	-	264.40	101.40	27.60
8:12:00	17:30	-	3	-	-	-
8:15:00	20:30	-		384.40	121.40	27.80
8:19:00	24:30	-	4	-	-	-
8:20:00	25:30	-	-	428.50	146.80	27.10
8:25:00	30:30	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 1	5	320.60	160.50	28.10
8:30:00	35:30	-	-	657.80	138.10	27.20
8:31:00	36:30	-	6	-	-	-
8:35:00	40:30	-		442.70	145.10	27.40
8:35:45	41:15	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 1				
8:37:00	42:30	-	7	-	-	-
8:37:18	42:48	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 2	-	-	-	-
8:40:00	45:30	-	-	284.20	157.00	28.40
8:45:00	50:30	-	8	372.80	141.40	27.50
8:47:50	53:20	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 2	-	-	-	-
8:48:00	53:30	-	9	-	-	-
8:49:26	54:56	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 3				
8:50:00	55:30	-	10	391.30	139.10	27.80
8:55:00	60:30		-	648.40	141.00	27.40
8:59:42	65:12	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 3	-	-	-	-
9:00:00	65:30	-	-	371.20	130.20	28.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11 ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย การเติมแกลบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยจากเตาต้นแบบ การทดลองที่ 1 **(ต่อ)**

เวลา (นาฬิกา)	เวลา (นาที)	ระยะเวลาการทอดกล้วย และ ตักกล้วย	ช่วงเวลาการเติมแกลบ ครั้งที่	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง ต่างๆ (°C)		
				ห้องเผาไหม้ (°C)	น้ำมันในกระทะ (°C)	อากาศ (°C)
9:01:00	66:30	-	11	-	-	-
9:01:17	66:47	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 4	-	-	-	-
9:05:00	70:30	-	-	568.00	139.60	28.50
9:10:00	75:30	-	-	400.40	135.90	28.80
9:12:48	78:18	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 4	-	-	-	-
9:14:32	80:02	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 5	-	-	-	-
9:15:00	80:30	-	12	479.90	152.40	28.90
9:20:00	85:30	-	-	296.10	135.60	28.70
9:25:00	90:30	-	-	502.90	141.00	27.90
9:25:04	90:34	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 5	-	-	-	-
9:26:41	92:11	ตักกล้วยเสร็จ	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 12 ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย เติมแกลบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยจากเตาต้นแบบ การทดลองที่ 2

เวลา (นาฬิกา)	เวลา (นาที)	ระยะเวลาการทอดกล้วย และ ตักกล้วย	ช่วงเวลาการเติมแกลบ ครั้งที่	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง ต่างๆ (°C)		
				ห้องเผาไหม้ (°C)	น้ำมันในกระทะ (°C)	อากาศ (°C)
10:54:37	00:00	เริ่มจุดเตา	-	29.70	30.10	29.40
11:00:00	05:23	เติมตั้งกระทะ	-	440.00	32.00	29.50
11:04:00	09:23	-	1	-	-	-
11:05:00	10:23	-		450.20	78.20	28.60
11:09:00	14:23	-	2	-	-	-
11:10:00	15:23	-	-	316.50	104.10	29.60
11:15:00	20:23	-	-	202.80	125.70	29.20
11:16:00	21:23	-	3	-	-	-
11:20:00	25:23	-		341.80	143.30	29.40
11:24:00	29:23	-	4	-	-	-
11:25:00	30:23	-	-	246.20	151.30	29.40
11:30:00	35:23	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 1	5	501.10	163.00	28.70
11:34:00	39:23	-	6	-	-	-
11:35:00	40:23	-	-	490.60	142.10	29.90
11:40:00	45:23	-	-	352.80	156.10	31.60
11:41:24	46:47	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 1	-	-	-	-
11:42:00	47:23	-	7	-	-	-
11:42:54	48:17	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 2	-	-	-	-
11:45:00	50:23	-	-	745.20	158.60	30.70
11:49:00	54:23	-	8	-	-	-
11:50:00	55:23	-	-	371.50	145.20	29.60
11:53:00	58:23	-	9	-	-	-
11:53:19	58:42	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 2	-	-	-	-
11:54:54	60:17	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 3	-	-	-	-
11:55:00	60:23	-	-	353.00	150.70	29.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย การเติมแกลบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยจากเตาต้นแบบ การทดลองที่ 2 **(ต่อ)**

เวลา (นาฬิกา)	เวลา (นาที)	ระยะเวลาการทอดกล้วย และ ตักกล้วย	ช่วงเวลาการเติมแกลบ ครั้งที่	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง ต่างๆ (°C)		
				ห้องเผาไหม้ (°C)	น้ำมันในกระทะ (°C)	อากาศ (°C)
11:58:00	63:23	-	10	-	-	-
12:00:00	65:23	-	-	711.40	145.20	31.40
12:04:00	69:23	-	11	-	-	-
12:05:00	70:23	-	-	536.70	138.90	30.30
12:06:26	71:49	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 3	-	-	-	-
12:08:08	73:31	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 4	-	-	-	-
12:10:00	75:23	-	-	444.30	120.30	29.90
12:15:00	80:23	-	-	315.3	140.10	31.20
12:16:00	81:23	-	12	-	-	-
12:18:51	84:14	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 4				
12:20:00	85:23	-	-	415.30	138.00	30.10
12:20:21	85:44	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 5	-	-	-	-
12:25:00	90:23	-	-	186.90	142.30	30.00
12:26:00	91:23	-	13	-	-	-
12:30:00	95:23	-	-	235.40	139.50	29.50
12:30:44	96:07	เริ่มตักกล้วยครั้งที่ 5	-	-	-	-
12:32:27	97:50	ตักกล้วยเสร็จ	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 14 ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย การเติมแกลบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยจากเตาต้นแบบ การทดลองที่ 3

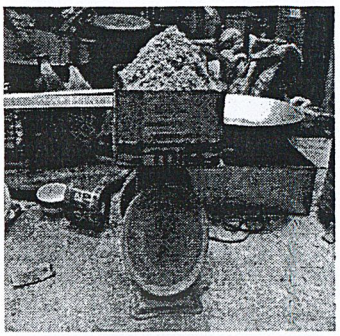
เวลา (นาฬิกา)	เวลา (นาที)	ระยะเวลาการทอดกล้วย และ ตักกล้วย	ช่วงเวลาการเติมแกลบ ครั้งที่	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง ต่างๆ (°C)		
				ห้องเผาไหม้ (°C)	น้ำมันในกระทะ (°C)	อากาศ (°C)
13.54.49	00:00	เริ่มจุดเตา	-	26.90	29.40	27.30
14.00.00	05:11	เริ่มตั้งกระทะ	-	260.00	30.00	27.25
14.04.00	09:11	-	1	-	-	-
14.05.00	10:11	-	-	264.40	82.10	27.20
14.09.00	14:11	-	2	-	-	-
14.10.00	15:11	-	-	184.40	103.70	28.00
14.12.00	17:11	-	3	-	-	-
14.15.00	20:11	-	-	188.50	123.30	27.10
14.18.00	23:11	-	4	-	-	-
14.20.00	25:11	-	-	320.60	145.50	28.70
14.25.00	30:11	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 1	5	657.80	160.20	27.50
14.30.00	35:11	-	-	342.70	141.00	27.90
14.32.00	37:11	-	6	-	-	-
14.35.00	40:11	-	-	284.20	147.40	28.20
14.35.03	40:14	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 1	-	-	-	-
14.36.55	42:06	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 2	-	-	-	-
14.40.00	45:11	-	-	372.80	145.20	28.10
14.41.00	46:11	-	7	-	-	-
14.45.00	50:11	-		391.30	136.20	28.10
14.46.00	51:11	-	8	-	-	-
14.48.16	53:27	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 2	-	-	-	-
14.49.48	54:59	เริ่มทอดกล้วย ครั้งที่ 3	-	-	-	-
14.50.00	55:11	-	-	248.40	147.80	27.50
14.54.00	59:11	-	9	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

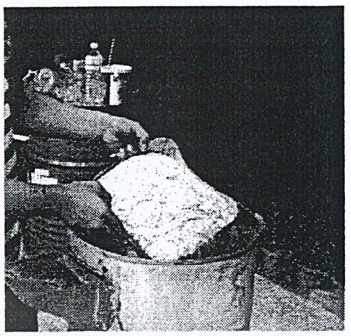
ตารางภาคผนวกที่ 15 ระยะเวลาการทอดกล้วย ตักกล้วย การเติมแกลบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยจากเตาต้นแบบ การทดลองที่ 3 **(ต่อ)**

เวลา (นาฬิกา)	เวลา (นาที)	ระยะเวลาการทอดกล้วย และ ตักกล้วย	ช่วงเวลาการเติมแกลบครั้งที่	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง ต่างๆ (°C)		
				ห้องเผาไหม้ (°C)	น้ำมันในกระทะ (°C)	อากาศ (°C)
14:55:00	60:11	-	-	371.20	135.30	28.30
15:00:00	65:11	-		568.00	146.70	28.70
15:00:20	65:31	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 3	-	-	-	-
15:01:53	67:04	เริ่มทอด ครั้งที่ 4	-	-	-	-
15:03:00	68:11	-	10	-	-	-
15:05:00	70:11	-	-	400.40	135.00	28.20
15:07:00	72:11	-	11	-	-	-
15:10:00	75:11	-	-	479.90	139.40	27.20
15:12:34	77:45	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 4	-	-	-	-
15:14:02	79:13	เริ่มทอด ครั้งที่ 5	-	-	-	-
15:15:00	80:11	-	-	196.10	151.10	27.80
15:17:00	82:11	-	12	-	-	-
15:20:00	85:11	-	-	502.90	136.10	28.30
15:24:33	89:44	เริ่มตักกล้วย ครั้งที่ 5	-	-	-	-
15:25:00	90:11	-	13	310.30	135.40	28.50
15:26:09	91:20	ตักกล้วยเสร็จ	-	-	-	-

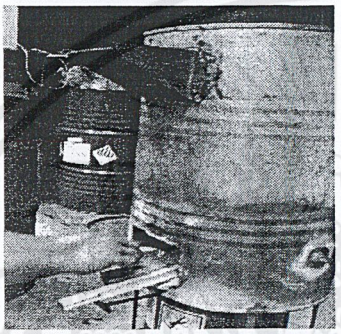
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



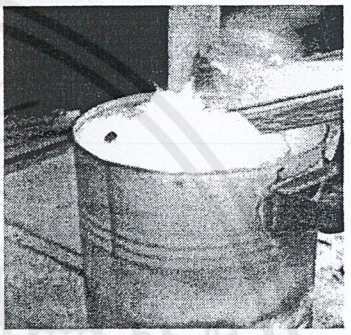
ชั่งเชื้อแกลบ



เท่เชื้อแกลบใส่ด้านบนหัวเตา

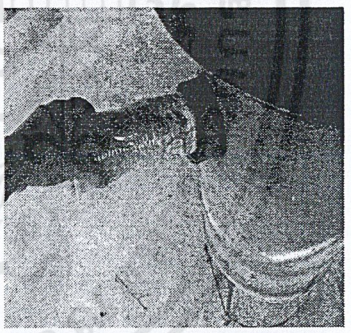


จุดเตา



เติมเชื้อแกลบ

ตั้งกระทะต้มน้ำมัน



เติมเชื้อแกลบช่องเติมแกลบ

นำกล้วยมาทอด

นำกล้วยใส่ภาชนะ

ภาพภาคผนวกที่ 2 ขั้นตอนการทอดกล้วยกรอบธัญพืชด้วยเตาเผาแกลบผลิตความร้อนต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้