

การศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานต่อการลดความชื้น
ในเครื่องอบชีวมวลแบบหมุน

A STUDY OF SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION
FOR DRYING PROCESS OF ROTARY DRUM DRYER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานต่อการลดความชื้น
ในเครื่องอบชีวมวลแบบหมุน

A STUDY OF SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION
FOR DRYING PROCESS OF ROTARY DRUM DRYER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา2559

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานต่อการลดความชื้นในเครื่องอบชีวมวลแบบหมุน
A STUDY OF SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION FOR DRYING PROCESS OF
ROTARY DRUM DRYER

ผู้จัดทำ

- | | | |
|---------------|-------------|-----------------------|
| 1. นายชยพล | ฐิติกวานนท์ | รหัสประจำตัว 56010258 |
| 2. นายชยาคม | สำราญจิตต์ | รหัสประจำตัว 56010261 |
| 3. นายณัฐพนธ์ | กาญจนภู | รหัสประจำตัว 56010409 |



อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

(รศ.ดร.ชินรักษ์ เขียวพงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานต่อการลดความชื้นในเครื่องอบชีวมวลแบบหมุน

นายชยพล	ฐิติกวานนท์	56010258
นายชยาคม	สำราญจิตต์	56010261
นายณัฐพันธ์	กาญจนภุ	56010409
รศ.ดร.ชินรักษ์	เธียรพงษ์	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2559		

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของตัวแปรต่างๆต่ออัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในการลดความชื้นของเครื่องอบชีวมวลแบบหมุน โดยในงานวิจัยนี้ใช้กากมะพร้าวเป็นวัสดุในการศึกษา และทำการศึกษาปัจจัยทั้งหมด 3 ปัจจัยที่มีผลต่อการลดความชื้นได้แก่ รูปแบบของใบกวาดคือ ใบกวาดแบบทำมุมที่ 100, 120 และ 140 องศา, ความเร็วลมที่ 0.6, 0.9 และ 1.2 เมตรต่อวินาที และ อุณหภูมิลมร้อนที่ 90, 110 และ 130 องศาเซลเซียส จากนั้นนำความชื้นที่ได้มาคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจากปริมาณแก๊สที่ใช้ไป และนำมาเปรียบเทียบกับค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของใบกวาดแบบตรงซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมทั่วไปภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.6 เป็น 0.9 เมตรต่อวินาที และกลับมาเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.9 เป็น 1.2 เมตรต่อวินาที และ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลง โดยค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่น้อยที่สุดที่ได้คือ 7.715 MJ ต่อกิโลกรัมของน้ำที่ระเหยไป เมื่อใช้ใบกวาดแบบทำมุมที่ 100 องศา, ความเร็วลมที่ 0.9 เมตรต่อวินาที และ อุณหภูมิลมร้อนที่ 130 องศาเซลเซียส ซึ่งน้อยกว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของใบกวาดแบบตรงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์กากมะพร้าวที่ได้หลังการอบแห้งมีคุณภาพที่ดี ไม่เกิดความเสียหายจากการอบแห้ง

A STUDY OF SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION FOR DRYING PROCESS OF ROTARY
DRUM DRYER

Chayapol	Thitikavanont	56010258
Chayakom	Samranjit	56010261
Natthaphon	Kanjanapoo	56010409
Assoc.Prof.Dr.Chinaruk Thianpong	Advisor	
Year 2559		

Abstract

This research studied about the effect of selected parameter on specific energy consumption (SEC) in drying process of rotary drum dryer. Damp coconut residue was used as an experimental material. The selected parameters were shapes of the lifter (angle lifters with the angle at 100, 120, and 140 degrees), air velocities (0.6, 0.9 and 1.2 m/s) and air temperatures (90, 110 and 130 degrees Celsius). The amount of LPG, used for air heating, was measured for SEC. And compared to SEC of straight lifter which popularly used in common industries under the same conditions. The experimental results showed that the SEC decreased when the air velocity was up from 0.6 m/s to 0.9 m/s but the SEC started to increase when the air velocity was up from 0.9 m/s to 1.2 m/s. However, the higher air temperature, the lower SEC. The lowest SEC was at 7.715 MJ/kg of water evaporated for 100 degrees of angled lifter, 0.9 m/s of air velocity and 130 degrees Celsius of air temperature. That was less than SEC of straight lifter around 40 percent. Dried coconut residue has good quality and undamaged from drying process.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์ และคำแนะนำอันดีจาก อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ชินรัชช์ เจริญพงษ์ และนายยุทธนา ศรีผา ซึ่งคอยชี้แนะกระบวนการในการดำเนินงานต่างๆ และยังคงสนับสนุนทางด้านอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่เอื้อเพื่อให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการนี้ รวมถึงเพื่อนๆ น้องๆทุกคนที่เข้ามาพูดคุย ช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่เข้ามา

ท้ายที่สุดนี้ต้องขอขอบคุณบิดามารดา บุคคลที่สำคัญที่สุดที่คอยสนับสนุนทั้งร่างกาย แรงใจ และได้ให้โอกาสกับข้าพเจ้าในการศึกษาเล่าเรียน ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้ประสบความสำเร็จในวันนี้ ขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้



นายชยพล

รัฐติกวานนท์

นายชยาคม

สำราญจิตต์

นายณัฐพนธ์

กาญจนภู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	1
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	2
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการอบแห้งโดยเครื่องอบแบบหมุน.....	3
2.3 ระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุ.....	3
2.4 ความชื้นในวัสดุ.....	4
2.5 เชื้อเพลิงชีวมวล.....	4
2.6 มอเตอร์ส่งกำลัง (Motor).....	5
2.7 เครื่องเป่าลม (Blower).....	5
2.8 หัวเผาแก๊ส (Burner nozzle).....	5
2.9 สกรูขนถ่ายวัสดุ (Screw conveyer).....	5
2.10 การวัดค่าความเร็วลม.....	6
2.11 กรวยดักลม.....	6
2.12 ท่อหดตัวแบบมีมุม.....	6
2.13 ค่าความร้อน.....	7
2.14 ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน.....	7
บทที่ 3 ปัจจัยที่ศึกษาและการออกแบบการทดลอง.....	8
3.1 ปัจจัยที่เลือกศึกษา.....	8
3.1.1 รูปร่างและขนาดของใบกวาด.....	8
3.1.2 อัตราการป้อนของวัสดุ.....	9
3.1.3 ความเร็วลม.....	9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.4 ความเร็วรอบการหมุนของถังเตาอบ.....	9
3.1.5 อุณหภูมิลมร้อน.....	9
3.2 การออกแบบการทดลอง.....	9
3.3 ชุดทดลองเครื่องอบซีวามวลแบบหมุน.....	10
บทที่ 4 อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง.....	12
4.1 อุปกรณ์ในการทดลอง.....	12
4.1.1 เครื่องอบซีวามวลแบบหมุน.....	12
4.1.2 ไบควาด.....	12
4.1.3 ชุดมอเตอร์เกียร์.....	13
4.1.4 เครื่องเป่าลม พร้อมที่ปรับความเร็วลมและห้องเผาไหม้.....	14
4.1.5 ชุดส่วนต่อขยายท่อลม และกรวยดักลม.....	14
4.1.6 ชุดสกรูขนถ่ายวัสดุและกรวยป้อนวัสดุ.....	15
4.1.7 วัสดุซีวามวล.....	15
4.1.8 เครื่องวัดค่าความเร็วลม.....	15
4.1.9 Thermocouple แบบ Dual K-Type.....	16
4.1.10 เครื่องชั่งดิจิตอล.....	16
4.2 การปรับปรุงเครื่องให้มีความเร็วลมเท่ากันทั้งหน้าตัดก่อนเข้าสู่ส่วนของถังเตาอบ.....	16
4.3 ขั้นตอนการปรับปรุงฝาปิดด้านปลายของถังอบเพื่อลดความแปรปรวนของลม.....	19
4.4 ขั้นตอนการเตรียมเครื่องก่อนการทดลอง.....	20
4.5 ขั้นตอนการหาความหนาแน่น.....	21
4.6 ขั้นตอนการป้อนกากมะพร้าวเข้าสู่ถังเตาอบ.....	22
4.7 ขั้นตอนการหาระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุ (Residence Time).....	23
4.8 กระบวนการอบกากมะพร้าว (Hot Test).....	24
4.9 ขั้นตอนการหาความชื้นของกากมะพร้าว.....	26
4.10 ขั้นตอนการหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน.....	26
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	28
5.1 ความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุในไบควาดแบบต่างๆ.....	28
5.2 ความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับปริมาณน้ำที่ระเหยไปในไบควาดแบบต่างๆ.....	29
5.3 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิลมร้อนกับปริมาณน้ำที่ระเหยไปในไบควาดแบบต่างๆ.....	30
5.4 ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆกับปริมาณแก๊สที่ใช้ไป.....	32
5.5 ความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในไบควาดแบบต่างๆ.....	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.6 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิความร้อนกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในใบกวาดแบบ ต่างๆ.....	36
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	39
6.1 สรุปผลการทดลอง.....	39
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	40
ภาคผนวก.....	41
เอกสารอ้างอิง.....	47



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางแสดงขนาดและมุมของใบกวาด.....	8
3.2 ตารางแสดงค่าของปัจจัยต่างๆในการทดลอง.....	10



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพแสดงการวัดค่าความเร็วลมตามมาตรฐาน.....	6
2.2 ภาพแสดงตัวอย่างลักษณะของโปรไฟล์ความเร็วลมในท่อก่อนและหลังติดตั้งกรวยดักลม.....	6
2.3 ภาพแสดงสภาพการไหลของอากาศภายในท่อกัดในมุมแบบต่างๆ.....	7
3.1 ภาพแสดงรูปร่างของใบกวาดแบบตรง.....	8
3.2 ภาพแสดงรูปร่างของใบกวาดแบบทำมุม.....	8
3.3 แผนผังแสดงชุดทดลองเครื่องอบชีวมวลแบบหมุน.....	11
3.4 ตำแหน่งการติดตั้ง Thermocouple ที่ถังเตาอบ.....	11
4.1 เครื่องอบชีวมวลแบบหมุน.....	12
4.2 ใบกวาดแบบตรง และใบกวาดแบบทำมุม 100,120 และ 140 องศา.....	12
4.3 ชุดมอเตอร์เกียร์.....	13
4.4 ชุดโซ่ทดรอบ.....	13
4.5 อินเวอร์เตอร์.....	13
4.6 เครื่องเป่าลมพร้อมตัวปรับความเร็วลม (Damper).....	14
4.7 ห้องเผาไหม้พร้อมหัวเผาแก๊ส.....	14
4.8 ส่วนต่อขยายท่อลมและกรวยดักลม.....	14
4.9 ชุดสกรูขนถ่ายวัสดุและกรวยป้อนวัสดุ.....	15
4.10 กากมะพร้าวที่ใช้ในการทดลอง.....	15
4.11 เครื่องวัดความเร็วลม.....	15
4.12 Thermocouple แบบ Dual K-Type.....	16
4.13 เครื่องชั่งดิจิตอล.....	16
4.14 ภาพแสดงค่าความเร็วลมก่อนการปรับปรุง.....	16
4.15 แบบจำลองกรวยดักลม และส่วนต่อขยายท่อลม.....	17
4.16 ภาพการออกแบบชิ้นงานกรวยดักลมและส่วนต่อขยายท่อลมด้วยโปรแกรม Auto CAD.....	17
4.17 ชิ้นงานจริงของกรวยดักลมและส่วนต่อขยายท่อลม.....	17
4.18 ท่อลมหลังจากติดตั้งส่วนต่อขยายท่อลม.....	18
4.19 ภาพแสดงค่าความเร็วลมหลังการปรับปรุง.....	18
4.20 ตัดฝาปิดด้วยการตัดแบบ CNC Plasma Machine.....	18
4.21 ท่อลมและส่วนต่อขยายเมื่อติดตั้งเข้ากับถังเตาอบ.....	19
4.22 ถังเตาอบด้านปลายก่อนและหลังตัดฝาปิด.....	19
4.23 ภาพการออกแบบชิ้นงานฝาปิดด้านปลายด้วยโปรแกรม Auto CAD.....	19
4.24 ถังเตาอบด้านปลายหลังทำการตัดชิ้นงานฝาปิดด้านปลาย.....	20
4.25 ถังเตาอบและท่อลมหลังจากทำการหุ้มฉนวน.....	20
4.26 การติดตั้ง Thermocouple ที่ทางเข้าและทางออกของถังเตาอบ.....	20
4.27 คำน้้ำหนักจากการสุ่มตัวอย่าง 3 ตัวอย่างในปริมาตร 1 ลิตร.....	21

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.28	หน้า
4.28	หน้า
4.29	หน้า
4.30	หน้า
4.31	หน้า
4.32	หน้า
4.33	หน้า
4.34	หน้า
4.35	หน้า
4.36	หน้า
4.37	หน้า
4.38	หน้า
4.39	หน้า
5.1	หน้า
5.2	หน้า
5.3	หน้า
5.4	หน้า
5.5	หน้า
5.6	หน้า
5.7	หน้า
5.8	หน้า
5.9	หน้า
5.10	หน้า
5.11	หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับปริมาณแก๊สที่ใช้ไปที่ ความเร็วลม 0.9 เมตรต่อวินาที.....	33
5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับปริมาณแก๊สที่ใช้ไปที่ ความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที.....	34
5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่ อุณหภูมิร้อน 90 องศาเซลเซียส.....	34
5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่ อุณหภูมิร้อน 110 องศาเซลเซียส.....	35
5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่ อุณหภูมิร้อน 130 องศาเซลเซียส.....	35
5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่ ความเร็วลม 0.6 เมตรต่อวินาที.....	36
5.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่ ความเร็วลม 0.9 เมตรต่อวินาที.....	37
5.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่ ความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที.....	38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันทั่วโลกได้มีการใช้พลังงานกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งพลังงานเหล่านั้นล้วนใช้แล้วหมดไป จึงได้มีการหาแหล่งพลังงานทดแทนจากวิธีการต่างๆ โดยวัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน และสามารถหาได้ง่ายคือ วัสดุชีวมวล แต่วัสดุดังกล่าวนี้มีความชื้นสูง จึงต้องผ่านกระบวนการอบแห้งจากเครื่องอบชีวมวลแบบหมุนเพื่อลดความชื้นก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการผลิตเป็นเชื้อเพลิงต่อไป แต่ในกระบวนการอบแห้งโดยทั่วไปนั้นมีความอันตรายการสิ้นเปลืองพลังงานสูง จึงต้องทำการพัฒนาเครื่องอบชีวมวลแบบหมุนเพื่อให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลง

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องอบชีวมวลแบบหมุนจากปัจจัยต่างๆ
2. ทดลองหาปัจจัยที่มีผลกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานต่อการลดความชื้นในเครื่องอบชีวมวลแบบหมุน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุในเครื่องอบชีวมวลแบบหมุนจากปัจจัยต่างๆ
2. ศึกษารูปแบบของใบกวาด ความเร็วลม และอุณหภูมิลมร้อนที่ส่งผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องอบชีวมวลแบบหมุน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจการทำงานของเครื่องอบชีวมวลแบบหมุน
2. สามารถพัฒนาเครื่องอบชีวมวลแบบหมุนสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. Sefa Tarhan [1] ทำการศึกษาการอบแห้งใบสะระแหน่โดยใช้เครื่องอบแบบหมุน ภายใต้การให้ความร้อนในรูปแบบคงที่ และ รูปแบบเป็นคลื่น เพื่อศึกษาถึงคุณภาพสีของใบสะระแหน่ และ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้ง การทดลองแสดงให้เห็นว่า การให้ความร้อนรูปแบบเป็นคลื่นสามารถลดความชื้นได้มากกว่าแต่มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่สูงกว่าการให้ความร้อนในรูปแบบคงที่

2. S.Kaleemullah [2] ทำการศึกษาผลกระทบของเวลาและอุณหภูมิที่ส่งผลต่อความชื้นของพริกในเครื่องอบแบบหมุน การทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ใช้เวลาในการลดความชื้นลดลง

3. ธนรัช मुखันท์ [3] ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบกะ โดยการทดลองอบแห้งมันเส้นสด ด้วยเครื่องอบแห้งต้นแบบซึ่งใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง ที่อัตราการไหลอากาศร้อน $0.25 \text{ m}^3/\text{s}$ ความเร็วรอบของโรตารี 2.5 rpm อุณหภูมิอากาศร้อน $90, 100$ และ $110 \text{ }^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ประเมินผลการอบแห้งจากลักษณะของมันเส้นที่ได้ คุณลักษณะการอบแห้ง ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ การทดลองแสดงให้เห็นว่า ที่ความจุต่ำสุดคือ 100 กิโลกรัม มันเส้นสดสามารถลดความชื้นมันเส้นได้เร็วที่สุด และเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ $110 \text{ }^\circ\text{C}$ จะทำให้อัตราการอบแห้งสูงที่สุด

4. A.S.Bongo Njeng, [4] ได้ทำการทดลองผลกระทบของความลาดชันเตาเผา, ความเร็วในการหมุน, อัตราการไหลของมวลของวัสดุและความสูงของใบกวาด เพื่อหาเวลาที่วัตถุดกกลงมา และเปรียบเทียบระหว่างใบกวาดแบบตรง และเหลี่ยม พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบ และความลาดชันของเตาเผา จะทำให้ปริมาณที่ใบกวาดตัก และเวลาที่วัตถุดกกลงมาเพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากเพิ่มอัตราการป้อนของวัตถุดิบ จะทำให้ปริมาณเพิ่มขึ้นแต่เวลาที่วัตถุดกกลงมาจะลดลง อีกทั้งยังพบว่า ใบกวาดแบบเหลี่ยมมีประสิทธิภาพดีกว่า ใบกวาดแบบตรง

5. Dennis R. Van Puyvelde [5] ที่ได้ทำการทดลองผลกระทบของมุมที่เตาอบหมุนไปเปรียบเทียบกับใบกวาด 5 รูปแบบ ว่าแบบใดสามารถตักได้มาก และปล่อยวัสดุจากจุดใด ซึ่งใบกวาดจะมีมุมและขนาดต่างๆกัน พบว่าเมื่อรูปร่างของใบกวาดยิ่งซับซ้อนจะทำให้สามารถตักวัตถุดิบได้มาก อีกทั้งสามารถพาวัสดุขึ้นไป และปล่อยลงมาได้จากจุดที่สูงกว่าใบกวาดแบบอื่น จะเห็นได้ว่าลักษณะของใบเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตกของวัสดุอย่างมาก ดังนั้นการออกแบบขนาด และรูปร่างของใบจึงเป็นส่วนที่สำคัญ

6. Hookyung Lee [6] ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับปริมาตรของวัสดุที่ถูกตักโดยใบกวาดที่ได้ทำการออกแบบมาในขนาดและมุมต่างกัน พบว่าเมื่อใช้ใบกวาดที่มีขนาด $L_1=50\text{cm}$ $L_2=40\text{cm}$ และมีมุม 120 องศา วัสดุจะถูกตักขึ้นไปได้ถึง 80 องศา ปริมาตรวัสดุภายในเตาอบอยู่ระหว่าง 10 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรเตาอบ

7. Fan Geng [7] ได้ทำการทดลองผลกระทบของความลาดชันของเครื่องอบ, ความเร็วรอบในการหมุน, อัตราการไหลของมวลของวัสดุและอัตราการไหลของแก๊ส ที่ส่งผลต่อเวลาที่เส้นใยยาสูบอยู่ในเครื่องอบ พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วยุโรปการหมุน, ความลาดชันของเครื่องอบ และอัตราการไหลของแก๊ส ส่งผลให้เวลาที่เส้นใยยาสูบอยู่ในเครื่องอบลดลง ในขณะที่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของมวลจะส่งผลให้เวลาที่เส้นใยยาสูบอยู่ในเครื่องอบและความชื้นของวัสดุเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ได้สหสัมพันธ์จากแต่ละตัวแปร

8. นายกมล จิระชนะพรพงศ์, นายวิหวัศ วัฒนธัญญกรรม, นายวีรยุทธ วงศ์ภัทรวรกุล [8] ได้ศึกษาผลจากการเปลี่ยนแปลงมุมพับของใบกวาดที่มีขนาด 100, 120 และ 140 องศา ทำงาที่ความเร็วรอบ 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที มีอัตราการป้อนวัสดุที่ 2.25 และ 3 ลิตรต่อนาที จากการทดลองพบว่า วัสดุที่นำมาอบมีการเกาะกันเป็นก้อนซึ่งทำให้การโปรยของใบกวาดไม่มีความต่อเนื่อง เมื่อมีอัตราการป้อนวัสดุเป็น 2.25 ลิตรต่อนาที เตาอบจะมีสถานะเป็นดีไซน์โหลด จากการเปรียบเทียบอัตราส่วนหญ้าที่ถูกโปรยอยู่ในอากาศเทียบกับหญ้าที่ถูกอุ้มอยู่ในใบที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อมุมของใบกวาดมีค่าเพิ่มขึ้น วัสดุจะมีการตกที่เร็วขึ้น และเมื่อปรับความเร็วรอบเป็น 4 รอบต่อนาที จะทำให้ใบกวาดที่มีมุม 120 องศา มีการตกสูงสุดเมื่อเคลื่อนที่อยู่ระหว่าง 80-100 องศา ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีระยะเวลาการตกมากที่สุด สำหรับหญ้าเนเปียร์

9. นายไกรศรี จูวังควัฒน์, นายพล สุรนนท์ชนก, นายภาณุพงศ์ วงษ์พานิช [9] ได้ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลง ความเร็วรอบ 3, 4 และ 5 รอบต่อนาที ความเร็วลมที่ปลายถึงเตาอบ 0.5, 1.0 และ 1.5 เมตรต่อวินาที และ อัตราการป้อน 0.7, 1.0 และ 1.3 กิโลกรัมต่อนาที ที่มีต่อระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุ จากการทดลองพบว่า เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุเพิ่มขึ้น และจะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วยุโรป หรือ อัตราการป้อน

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการอบแห้งโดยเครื่องอบแบบหมุน

ทฤษฎีเกี่ยวกับการอบแห้งโดยเครื่องอบแบบหมุนเตาอบแบบหมุนเป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้กับวัสดุที่มีลักษณะการเกาะตัวกันเป็นก้อน การหมุนของตัวถังทรงกระบอกจะอาศัยใบกวาดช่วยโรยวัสดุผ่านกระแสมร้อนเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างวัสดุอบแห้งกับกระแสมร้อน เพื่อเพิ่มอุณหภูมิและอัตราการลดความชื้น ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งของวัสดุได้แก่ อุณหภูมิของลม, ความเร็วลม, อัตราการป้อนวัสดุ, ความเร็วรอบในการหมุน, มุม และลักษณะของใบกวาด

2.3 ระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุ [10]

เวลาที่วัสดุใช้ในการเดินทางผ่านถึงเตาอบ และเกิดการถ่ายเทความร้อนกับลมร้อนที่ถูกเป่าเข้ามาประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. CASCADE MOTION เกิดจากการตักวัสดุของใบกวาด และความลาดเอียงของถังเตาอบ
2. KILN ACTION เกิดจากการที่วัสดุไหลไปกับพื้นผิวของเตาเผา หรือไหลผ่านกันเอง ในส่วนครึ่งล่างของเตาเผา
3. BOUNCING เกิดขึ้นเมื่อวัสดุตกลงมาจากใบกวาด และตกกระทบกับพื้นผิวของถังเตาอบ แทนที่จะตกลงมาและถูกพัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาเฉลี่ยของวัสดุสามารถหาได้จาก

$$\bar{\tau} = \frac{H}{F} \quad (1)$$

โดย H คือ น้ำหนักกากมะพร้าวที่อยู่ในถังเตาอบหลังทำการหยุดเครื่อง
F คือ อัตราการป้อนวัสดุ

2.4 ความชื้นในวัสดุ [11]

ความชื้นคือเปอร์เซ็นต์ของน้ำต่อน้ำหนักของวัสดุโดยหาเป็นร้อยละของความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet Basis) หรือเปอร์เซ็นต์ของน้ำต่อน้ำหนักของวัสดุแห้งโดยหาเป็นร้อยละของความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry Basis) ความชื้นมาตรฐานเปียก จะแสดงน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ต่อน้ำหนักรวมของวัสดุ โดยปกติจะแสดงอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียกนิยมใช้ในทางการค้า ดังสมการที่ 2

$$M_{wb} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (2)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้งซึ่งจะใช้นในงานวิจัยทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก dry matter ของวัสดุไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการอบแห้งดังนั้นจึงง่ายในการวิเคราะห์การถ่ายเทความชื้น สามารถหาได้จากสมการ

$$M_{db} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \quad (3)$$

โดย M_{wb} คือ ร้อยละของความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet Basis)
 M_{db} คือ ร้อยละของความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry Basis)
 W_1 คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ ในการทดลองก่อนทำการอบ (กรัม)
 W_2 คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ ในการทดลองหลังทำการอบ (กรัม)

2.5 เชื้อเพลิงชีวมวล

มะพร้าว (Cocos nucifera L.) [12] เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการปลูกอย่างแพร่หลาย นอกจากจะมีการกินสดหรือการคั้นกะทิแล้ว ยังมีการนำมะพร้าวมาสกัดน้ำมันซึ่งผลพลอยได้ คือ กากมะพร้าว (Copra meal) เป็นส่วนของเนื้อมะพร้าวที่เกิดจากการคั้นหีบเอาน้ำกะทิต่อจนหมด มีสีขาว ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 12 ของน้ำหนักสด 1 ผล ปัจจุบันนำไปเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ และวัสดุกักเก็บความชื้น

2.6 มอเตอร์ (Motor) [13]

มอเตอร์คือเครื่องกลไฟฟ้า (Electromechanical Energy) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) ในรูปแบบของการหมุน เพื่อให้มีประโยชน์ในการนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ถูกนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าประมาณ 80-90%

2.7 เครื่องเป่าลม (Blower) [14]

Blower เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศด้วยความเร็วและทิศทางที่ต้องการ ประเภทของ Blower แบ่งตามลักษณะการไหลของลม เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

2.7.1 Blower แบบหอยโข่งหรือแบบใช้แรงเหวี่ยง (Centrifugal or Radial Fan) โดยมีหลักการทำงานคือ การดึงอากาศเข้าทางด้านข้างและเหวี่ยงออกในแนวรัศมี ส่งผลให้อากาศมีความเร็วสูงขึ้น แล้วบังคับให้อากาศผ่านหน้าตัดที่ขยายขึ้นในลักษณะก้นหอย ทำให้ได้เสียงที่ค่อนข้างเงียบ

2.7.2 Blower แบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fan) โดยมีหลักการทำงานคือ การดูดพัดลมเข้าทางด้านหลังใบพัด และส่งลมผ่านใบพัดออกไปตามแนวแกน แต่พัดลมชนิดนี้ไม่ค่อยนิยมนำมาใช้ในอุปกรณ์ของระบบเครื่องปรับอากาศ เพราะมีเสียงดังและมีประสิทธิภาพในการใช้งานต่ำ

2.8 หัวเผาแก๊ส (BURNER-NOZZLE)

อุปกรณ์ให้ความร้อนผ่านหัวฉีด โดยใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง สามารถคำนวณค่าความร้อนจากสมการที่ 4

$$Q = \dot{m} c_p \Delta T \quad (4)$$

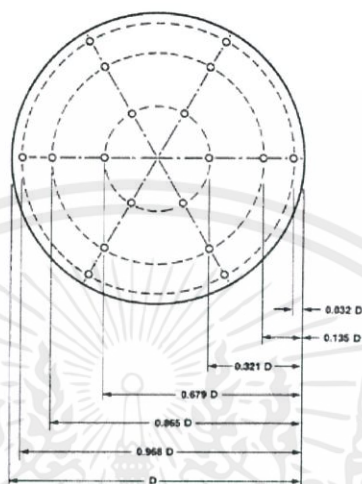
โดย	Q	คือ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิ
	\dot{m}	คือ อัตราการไหลของมวลอากาศ
	c_p	คือ ความจุความร้อนจำเพาะของสาร
	ΔT	คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป

2.9 สกรูขนถ่ายวัสดุ (Screw conveyer) [15]

สกรูขนถ่ายวัสดุเป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุใช้สำหรับขนถ่ายวัสดุที่มีคุณสมบัติในการไหลดีประกอบไปด้วย รางสกรู และใบเกลียวก้นหอยที่ยึดติดกันและหมุนไปพร้อมๆกัน ตัวแปรที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการขนถ่ายวัสดุได้แก่ ขนาดของใบเกลียว ระยะพิทช์ และมุมเอียงในการขนถ่ายวัสดุ

2.10 การวัดค่าความเร็วลม

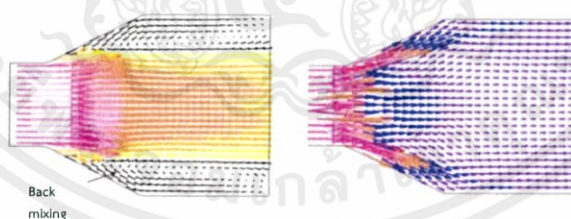
การวัดค่าความเร็วลมตามมาตรฐาน (ASHRAE Standard 111 ; American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) กำหนดจุดวัดค่าความเร็วลมของการทดลองมาดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงการวัดค่าความเร็วลมตามมาตรฐาน [16]

2.11 กรวยดักลม

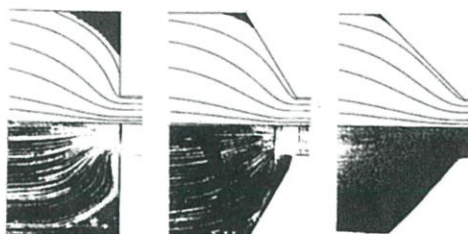
กรวยดักลมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับค่าความเร็วลมให้มีค่าสม่ำเสมอทั้งหน้าตัด โดยให้มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงไม่เกิน $\pm 10\%$



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างลักษณะของโปรไฟล์ความเร็วลมในท่อก่อนและหลังติดตั้งกรวยดักลม [17]

2.12 ท่อหอดตัวแบบมีมุม

ท่อหอดตัวแบบมีมุมสามารถช่วยลดความแปรปรวนของการไหลของอากาศภายในท่อได้ โดยเมื่อท่อหอดตัวมีมุมเพิ่มขึ้นจะสามารถลดความแปรปรวนได้มากขึ้น และสามารถลดความแปรปรวนได้มากที่สุดเมื่อทำมุม 45 องศา



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงสภาพการไหลของอากาศภายในท่อหดในมุมแบบต่างๆ [18]

2.13 ค่าความร้อน [19]

ค่าความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นต่อน้ำหนักเชื้อเพลิง เมื่อเชื้อเพลิงนั้นถูกเผาไหม้ โดยทั่วไปค่าความร้อนมี 2 ประเภท คือ ค่าความร้อนสูง (High Heating Value) และค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value) ซึ่งค่าความร้อนสูงเป็นค่าที่วัดได้โดยรวมความร้อนที่เกิดขึ้นจากการกลั่นตัวของไอน้ำเข้าไปด้วย โดยค่าความร้อนต่ำของแก๊ส LPG เท่ากับ 50.23 MJ/kg of gas burnt

2.14 ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานคือ อัตราส่วนของปริมาณแก๊สที่ใช้ไปในการระเหยน้ำปริมาณ 1 กิโลกรัม สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$SEC = \frac{W_{gas}}{m} \quad (5)$$

โดย SEC คือ ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน (MJ/kg of water evaporated)
 W_{gas} คือ งานที่ได้จากการเผาไหม้แก๊ส (MJ)
 m คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยไป (kg of water evaporated)

บทที่ 3

ปัจจัยที่ศึกษาและการออกแบบการทดลอง

3.1 ปัจจัยที่เลือกศึกษา

3.1.1 รูปร่างและขนาดของใบกวาด

โดยใช้ใบกวาด 12 ใบในการทดลองแบ่งเป็น 4 แบบ ดังนี้



ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงขนาดและมุมของใบกวาด

No.	type	L1 (mm)	ω	L2 (mm)	θ
1	ใบตรง	50	-	-	90
2	มุม	46	100	23	90
3	มุม	40	120	20	90
4	มุม	36	140	18	90

3.1.2 อัตราการป้อนของวัสดุ

อัตราการป้อนคือน้ำหนักของวัสดุที่ป้อนเข้าถังเตาอบต่อหนึ่งหน่วยเวลา ทำการทดลองโดยการปรับค่าอัตราการป้อนของวัสดุให้มีค่าเท่ากับ 0.5 กิโลกรัมต่อนาที

3.1.3 ความเร็วลม

ความเร็วลมเกิดจากการดึงอากาศเข้าทางด้านข้างและเหวี่ยงออกในแนวรัศมีของ Blower และจะเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัสดุ เพื่อให้เกิดการสัมผัสกันและแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างวัสดุกับลม ทำการทดลองโดยการปรับความเร็วลม ด้วย Damper ให้มีความเร็วลมบริเวณหน้าตัดก่อนทางเข้าถังเตาอบ 0.6, 0.9 และ 1.2 เมตรต่อวินาที

3.1.4 ความเร็วรอบการหมุนของถังเตาอบ

ความเร็วรอบการหมุนคือการหมุนครบหนึ่งรอบของถังเตาอบต่อหนึ่งหน่วยเวลา เป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการอบในเครื่องอบแบบหมุนเพราะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของวัสดุ ทุกๆรอบของการหมุน วัสดุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า และเกิดการโปรยวัสดุผ่านกระแสนลมเพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างวัสดุกับลมที่เป่าเข้ามาจาก Blower ทำการทดลองโดยการปรับความเร็วรอบ ด้วย inverter ให้มีความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที

3.1.5 อุณหภูมิลมร้อน

อุณหภูมิลมร้อนคืออุณหภูมิของอากาศที่ถูกทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วยแก๊สหุงต้ม(LPG) ก่อนเคลื่อนที่เข้าสู่ถังเตาอบเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับวัสดุ ทำการทดลองโดยปรับอุณหภูมิด้วยหัวเผาแก๊สให้มีอุณหภูมิ 90, 110 และ 130 องศาเซลเซียส

3.2 การออกแบบการทดลอง

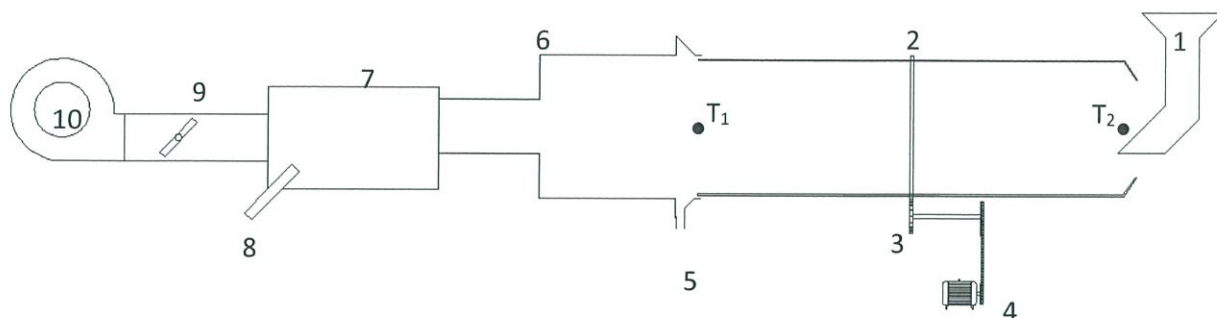
การออกแบบการทดลองในวิจัยนี้อ้างอิงจากสภาวะการอบที่ไม่เหมาะสมและเลือกศึกษาในช่วงของปัจจัยที่ไม่อยู่ในสภาวะนั้น ใบกวาดทั้ง 4 รูปแบบอ้างอิงจากงานวิจัย LIFTERS DESIGNED IN ROTARY DRUM DRYER โดยทำการพัฒนารูปแบบของใบกวาดให้มีความเหมาะสมต่อการไล่ความชื้นในวัสดุทดสอบ ที่ความเร็วลมมากกว่า 1.2 เมตรต่อวินาทีจะทำให้เนื้อมะพร้าวเกิดการพลิกกลับออกมาล้นอยู่ที่ทางเข้าของถัง และที่อุณหภูมิลมร้อนมากกว่า 130 องศาเซลเซียสจะทำให้เนื้อมะพร้าวเกิดความเสียหาย และทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่ในจุดที่ไม่สามารถยอมรับได้ เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมต่อการทดลองจึงเลือกศึกษาช่วง ของปัจจัยดังตาราง 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงค่าของปัจจัยต่างๆในการทดลอง

ปัจจัยที่ศึกษา	สภาวะที่ทำการทดลอง
รูปร่างของใบกวาด (องศา)	ใบกวาดแบบตรง ใบกวาดแบบทำมุม (100, 120 และ 140)
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	0.6, 0.9, 1.2
อุณหภูมิลมร้อน (องศาเซลเซียส)	90, 110, 130

3.3 ชุดทดลองเครื่องอบชีวมวลแบบหมุน

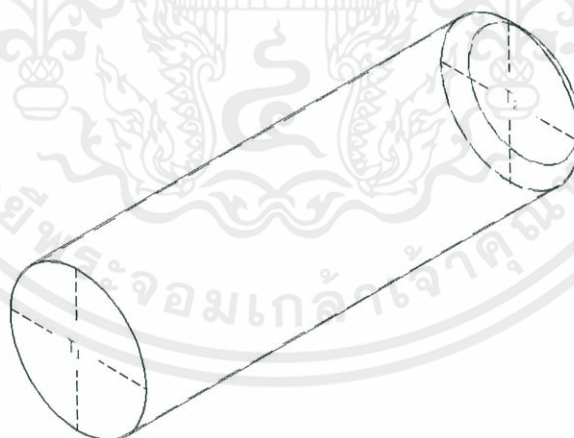
ชุดทดลองเครื่องอบชีวมวลแบบหมุนในวิจัยนี้ประกอบด้วย ถังเตาอบเป็นรูปทรงกระบอกวางนอนแบบมีมุม เอียง วัสดุที่จะถูกป้อนผ่านสกรูขนถ่ายวัสดุและเข้าด้านทางเข้าของถัง Blower จะดูดลมเข้าด้านข้างและ เคลื่อนที่ผ่านท่อลมเข้าสู่ถัง เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับวัสดุแบบสวนทาง มีการกระจายของลมให้สัมผัส กับวัสดุได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งถัง ถังอบมีกลไกให้หมุนรอบตัวที่ควบคุมความเร็วรอบการหมุนด้วย อินเวอร์เตอร์ ภายในถังติดตั้งใบกวาดที่ตักวัสดุขึ้นไป แล้วโปรยจากด้านบน เมื่อถึงหมุนวัสดุเคลื่อนที่และ จะคลุกเคล้ากันตลอดเวลา ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อน วัสดุที่ผ่านกระบวนการเสร็จแล้วจะ เคลื่อนที่ออกทางช่องเปิดด้านล่างหรือทางออกของถัง



รูปที่ 3.3 แผนผังแสดงชุดทดลองเครื่องอบชีวมวลแบบหมุน

โดยที่

- หมายเลข 1 คือ ชุดสกรูขนถ่ายวัสดุและกรวยป้อนวัสดุ (Screw conveyor and hopper)
 หมายเลข 2 คือ ถังเตาอบ (Dryer tank)
 หมายเลข 3 คือ ชุดเกียร์ โช้ และเพลาส่งกำลัง (Gearbox chains and shaft)
 หมายเลข 4 คือ มอเตอร์และอินเวอร์เตอร์ (Motor and inverter)
 หมายเลข 5 คือ ทางออกของวัสดุ (Material outlet)
 หมายเลข 6 คือ ท่อลม (Air tube)
 หมายเลข 7 คือ ห้องเผาไหม้ (Combustion chamber)
 หมายเลข 8 คือ หัวเผาแก๊ส (Burner nozzle)
 หมายเลข 9 คือ ตัวปรับความเร็วลม (Damper)
 หมายเลข 10 คือ เครื่องเป่าลม (Blower) และทางเข้าของลม (Air Inlet)



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งการติดตั้ง Thermocouple ที่ถังเตาอบ

- ตำแหน่ง T_1 ติดตั้ง Thermocouple วัดอุณหภูมิของอากาศทางเข้าถังเตาอบ
 ตำแหน่ง T_2 ติดตั้ง Thermocouple วัดอุณหภูมิของอากาศทางออกถังเตาอบ

บทที่ 4

อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

4.1.1 เครื่องอบซีเมนต์แบบหมุน

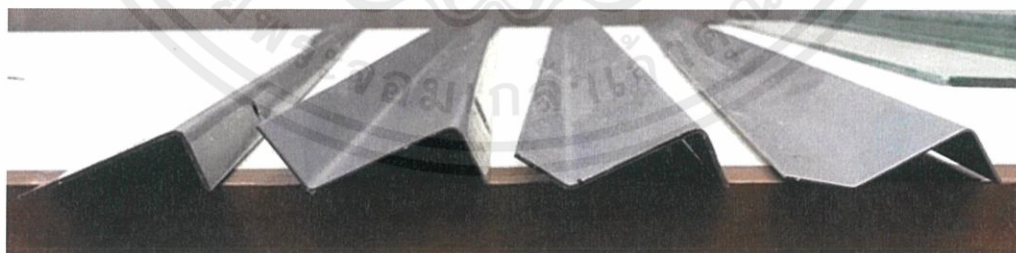
ถังเตาอบทำจากวัสดุสแตนเลสหนา 5 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 395 มิลลิเมตร ยาว 1250 มิลลิเมตร ประกอบกับเครื่องเป่าลมและท่อลม โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ของวัสดุสวนทางกับการเคลื่อนที่ของลม



รูปที่ 4.1 เครื่องอบซีเมนต์แบบหมุน

4.1.2 ไบกวาด

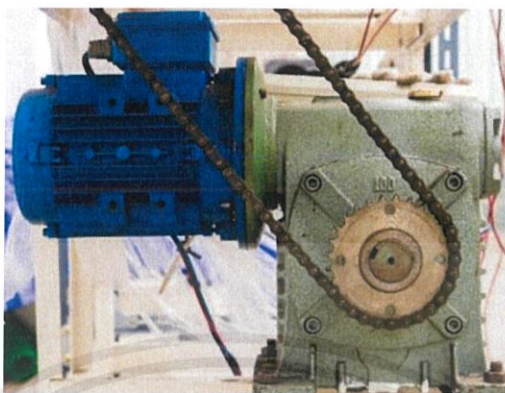
ไบกวาดแบบตรง และไบกวาดแบบทำมุม 100, 120 และ 140 องศาตามลำดับ เจาะรูมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.8 มิลลิเมตร โดยรูห่างจากขอบของไบกวาด 125 มิลลิเมตร จากทั้งสองฝั่งของไบกวาด เพื่อใช้ในการติดตั้งไบกวาดเข้ากับถังเตาอบ



รูปที่ 4.2 ไบกวาดแบบตรง และไบกวาดแบบทำมุม 100,120 และ 140 องศา

4.1.3 ชุดมอเตอร์เกียร์

ควบคุมความเร็วรอบด้วย Inverter ขับชุดโซ่ทดรอบ สำหรับหมุนถังเตาอบ



รูปที่ 4.3 ชุดมอเตอร์เกียร์



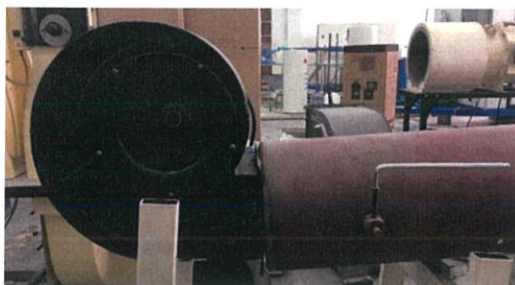
รูปที่ 4.4 ชุดโซ่ทดรอบ



รูปที่ 4.5 อินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 เครื่องเป่าลม พร้อมตัวปรับความเร็วลม (Damper) และห้องเผาไหม้ พร้อมหัวเผาแก๊ส



รูปที่ 4.6 เครื่องเป่าลมพร้อมตัวปรับความเร็วลม (Damper)



รูปที่ 4.7 ห้องเผาไหม้พร้อมหัวเผาแก๊ส

4.1.5 ชุดส่วนต่อขยายท่อลม และกรวยดักกลม



รูปที่ 4.8 ส่วนต่อขยายท่อลมและกรวยดักกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 ชุดสกรูขนถ่ายวัสดุและกรวยป้อนวัสดุ



รูปที่ 4.9 ชุดสกรูขนถ่ายวัสดุและกรวยป้อนวัสดุ

4.1.7 วัสดุซีเมนต์มวล

วัสดุซีเมนต์มวลที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ กากมะพร้าว โดยมีความชื้นเริ่มต้นก่อนผ่านกระบวนการอบ ประมาณ 45 ถึง 55 เปอร์เซ็นต์ความชื้นเปียก



รูปที่ 4.10 กากมะพร้าวที่ใช้ในการทดลอง

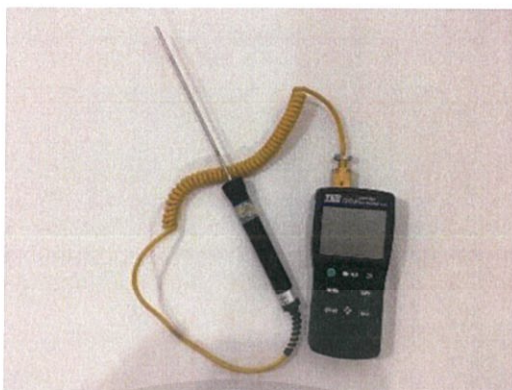
4.1.8 เครื่องวัดค่าความเร็วลม



รูปที่ 4.11 เครื่องวัดความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.9 Thermocouple แบบ Dual K-Type



รูปที่ 4.12 Thermocouple แบบ Dual K-Type

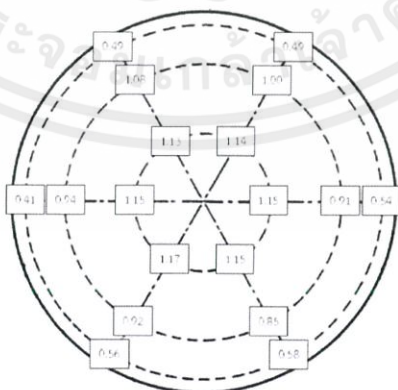
4.1.10 เครื่องชั่งดิจิตอล



รูปที่ 4.13 เครื่องชั่งดิจิตอล

4.2 การปรับปรุงเครื่องให้มีความเร็วลมเท่ากันทั้งหน้าตัดก่อนเข้าสู่ส่วนของถังเตาอบ

1. วัดความเร็วลมเดิมก่อนปรับปรุง



รูปที่ 4.14 ภาพแสดงค่าความเร็วลมก่อนการปรับปรุง

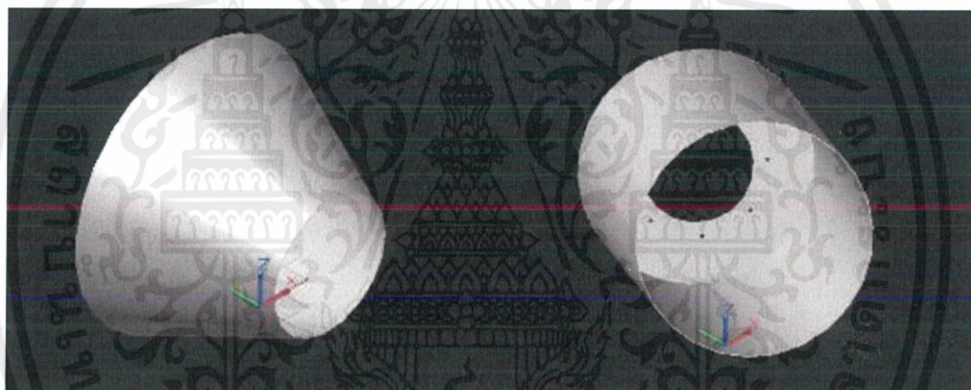
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค้นคว้าและศึกษากรวยดักกลม
3. จำลองส่วนต่อขยายท่อลมและกรวยดักกลม จากนั้นวัดความเร็วลมใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 4.15 แบบจำลองกรวยดักกลม และส่วนต่อขยายท่อลม

4. เขียนแบบ Auto CAD และสร้างชิ้นงานจริง



รูปที่ 4.16 ภาพการออกแบบชิ้นงานกรวยดักกลมและส่วนต่อขยายท่อลมด้วยโปรแกรม Auto CAD



รูปที่ 4.17 ชิ้นงานจริงของกรวยดักกลมและส่วนต่อขยายท่อลม

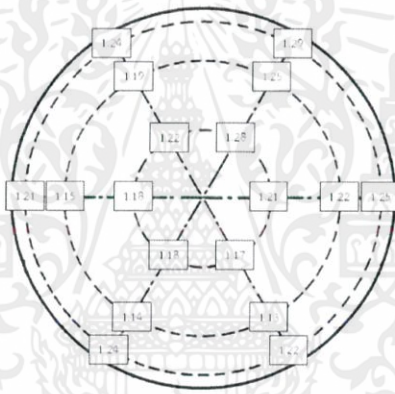
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ติดตั้งกรวยดักลมและส่วนต่อขยายท่อลมเข้ากับท่อลม



รูปที่ 4.18 ท่อลมหลังจากติดตั้งส่วนต่อขยายท่อลม

6. ทดสอบค่าความเร็วลม



รูปที่ 4.19 ภาพแสดงค่าความเร็วลมหลังการปรับปรุง

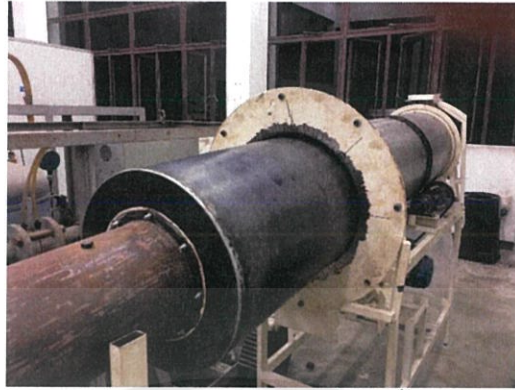
7. ตัดแผ่นฝาปิดด้านก่อนเข้าถังเตาอบให้ได้รูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับส่วนต่อขยายท่อลม



รูปที่ 4.20 ตัดฝาปิดด้วยการตัดแบบCNC Plasma Machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ประกอบส่วนต่อขยายท่อลมเข้ากับถังเตาอบ



รูปที่ 4.21 ท่อลมและส่วนต่อขยายเมื่อติดตั้งเข้ากับถังเตาอบ

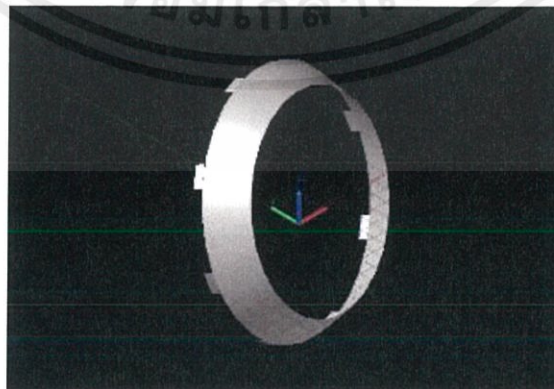
4.3 ขั้นตอนการปรับปรุงฝาปิดด้านปลายของถังเตาอบเพื่อลดความแปรปรวนของลม

1. ตัดฝาปิดด้านปลายถังเตาอบ



รูปที่ 4.22 ถังเตาอบด้านปลายก่อนและหลังตัดฝาปิด

2. เขียนแบบชิ้นงานด้วยโปรแกรม Auto CAD



รูปที่ 4.23 ภาพการออกแบบชิ้นงานฝาปิดด้านปลายด้วยโปรแกรม Auto CAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สร้างชิ้นงานจริงและติดชิ้นงานกับถังเตาอบด้านปลาย



รูปที่ 4.24 ถังเตาอบด้านปลายหลังทำการติดชิ้นงานฝาปิดด้านปลาย

4.4 ขั้นตอนการเตรียมเครื่องก่อนการทดลอง

1. หุ้มฉนวนรอบถังเตาอบและท่อลม



รูปที่ 4.25 ถังเตาอบและท่อลมหลังจากทำการหุ้มฉนวน

2. ติดตั้ง Thermocouple เพื่อใช้วัดอุณหภูมิทางเข้าและทางออกของถังเตาอบ

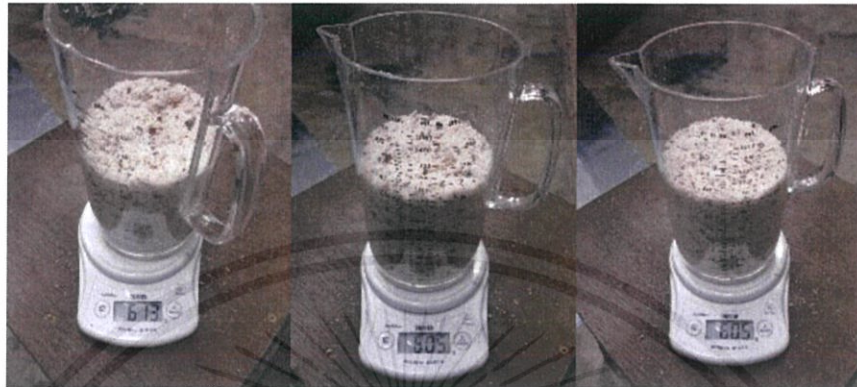


รูปที่ 4.26 การติดตั้ง Thermocouple ที่ทางเข้าและทางออกของถังเตาอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

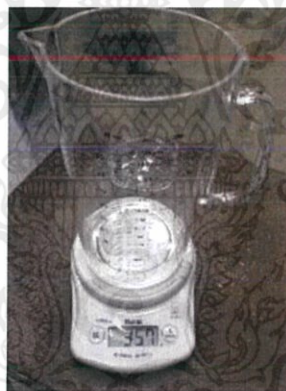
4.5 ขั้นตอนการหาความหนาแน่น

- นำกากมะพร้าวใส่ภาชนะตวงปริมาตร 1 ลิตร สุ่ม ตัวอย่าง 3 ครั้ง พร้อมทั้งชั่งน้ำหนักได้ 613, 605 และ 605 กรัม น้ำหนักเฉลี่ย ได้ 607.7 กรัม



รูปที่ 4.27 ค่าน้ำหนักจากการสุ่มตัวอย่าง 3 ตัวอย่างในปริมาตร 1 ลิตร

- นำน้ำหนักกากมะพร้าวเฉลี่ยที่ได้มาลบด้วยน้ำหนัก ของภาชนะตวงเปล่า 607.7 - 357 กรัม ได้ 250.7 กรัม



รูปที่ 4.28 น้ำหนักของภาชนะตวงแบบที่ 1

- หาความหนาแน่น (Bulb density) ของกากมะพร้าวที่ น้ำหนักเฉลี่ย 607.7 กรัม ค่าที่ได้คือ 0.2507 กิโลกรัมต่อลิตร

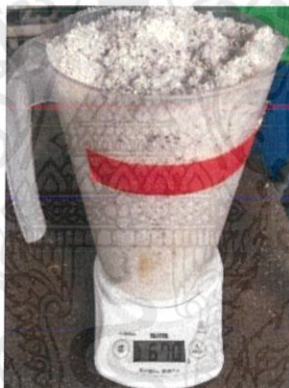
4.6 ขั้นตอนการป้อนกากมะพร้าวเข้าสู่ถังเตาอบ

1. ชั่งน้ำหนักภาชนะตวงได้ 170 กรัม



รูปที่ 4.29 น้ำหนักของภาชนะตวงแบบที่ 2

2. ชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมกากมะพร้าวให้ได้น้ำหนักรวม 670 กรัม เพื่อให้ได้อัตราการป้อน 0.5 กิโลกรัม/นาที



รูปที่ 4.30 น้ำหนักของภาชนะตวงรวมกับน้ำหนักของกากมะพร้าว

3. ป้อนกากมะพร้าวเข้าสู่ชุดสกรูขนถ่ายวัสดุและกรวยป้อนวัสดุ



รูปที่ 4.31 การป้อนกากมะพร้าวเข้าสู่ชุดสกรูขนถ่ายวัสดุและกรวยป้อนวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ขั้นตอนการหาระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุ (Residence Time)

1. เดินเครื่องพร้อมกับปรับความเร็วรอบและความเร็วลม ตามที่กำหนด



รูปที่ 4.32 ตัวปรับความเร็วลม (Damper) และ อินเวอร์เตอร์

2. ต่อบดสกรูขนถ่ายวัสดุและกรวยป้อนวัสดุเข้ากับถังเตาอบ จากนั้นเริ่มป้อนกากมะพร้าว



รูปที่ 4.33 การป้อนกากมะพร้าวเข้าสู่ชุด Screw conveyer และถังเตาอบ

3. รอกจนเครื่องอบเข้าสู่สภาวะคงที่ (กากมะพร้าวที่ออกมาจากเครื่องในช่วงเวลาที่เท่ากันจะต้องมีน้ำหนักที่ใกล้เคียงกันตลอด และมีค่าเท่ากับน้ำหนักของกากมะพร้าวที่ป้อนในช่วงเวลาหนึ่งๆ)
4. เมื่อกระบวนการอบอยู่ในสภาวะคงที่แล้ว ให้หยุดเครื่องอบทันที จากนั้นนำกากมะพร้าวที่อยู่ในถังเตาอบในเวลาขึ้นไปชั่งน้ำหนัก
5. นำน้ำหนักที่ชั่งได้ไปหา Residence time โดยใช้สูตร

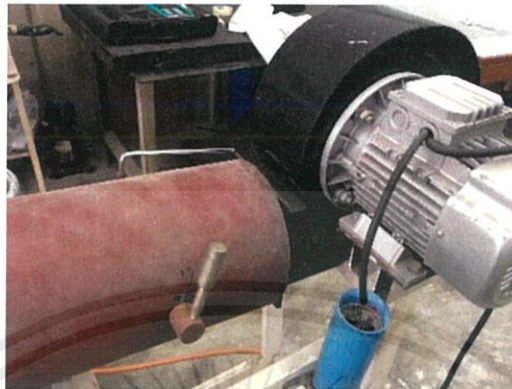
$$\bar{\tau} = \frac{H}{F}$$

โดย H คือ น้ำหนักกากมะพร้าวที่อยู่ในถังเตาอบหลังทางการหยุดเครื่อง
F คือ อัตราการป้อน (0.5 kg/min)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 กระบวนการอบกักมะพร้าว (Hot Test)

1. เปิด Blower และปรับค่าความเร็วลมให้ได้ตามที่ ต้องการ



รูปที่ 4.34 การเปิด Blower และปรับความเร็วลม

2. จุดหัวเผาแก๊สและปรับความแรงของแก๊สให้ได้อุณหภูมิ ลมร้อนที่ทางเข้าตามที่ ต้องการ



รูปที่ 4.35 การจุดหัวเผาแก๊สและปรับความแรงของแก๊ส

3. รอให้อุณหภูมิทางเข้าและทางออกของถังเตาอบคงที่ ใช้ เวลาประมาณ 10-20 นาที



รูปที่ 4.36 อุณหภูมิลมร้อนที่ 90, 110 และ 130 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการป้อนมะพร้าวด้วยอัตราป้อน 0.5 กิโลกรัม ต่อนาที เป็นเวลา 40 นาที



รูปที่ 4.37 การป้อนมะพร้าวด้วยอัตราป้อน 0.5 กิโลกรัม ต่อนาที

5. หลังจากนาที่ที่ 20 เมื่อเครื่องอบเข้าสู่สภาวะคงที่ ทำการเก็บตัวอย่างกากมะพร้าวที่ออกจาก ถังเตาอบเป็นเวลา 10 วินาที พร้อมทั้งบันทึกค่าน้ำหนักของถังแก๊สทุกๆ 2 นาที และบันทึก อุณหภูมิทางเข้าและออกทุกๆ 10 นาที



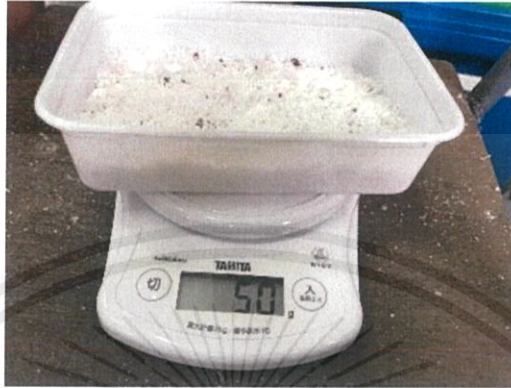
รูปที่ 4.38 การเก็บตัวอย่างของกากมะพร้าว

6. เมื่อครบ 40 นาทีทำการปิดระบบโดยการ ปิดเครื่องอบ ปิดแก๊ส และBlower ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 ขั้นตอนการหาความชื้นของกากมะพร้าว

1. เก็บตัวอย่างกากมะพร้าวแบบสุ่มน้ำหนัก



รูปที่ 4.39 ตัวอย่างการชั่งกากมะพร้าว

2. นำไปตากแดดในบริเวณที่เหมาะสม
3. ชั่งน้ำหนักทุกๆ 12 ชั่วโมง
4. เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเป็นศูนย์ จึงนำค่าน้ำหนักทั้งก่อนและหลังตากแดดมาคำนวณหาความชื้นโดยใช้สูตร

$$M_{wb} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

โดย M_{wb} คือ ร้อยละของความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet Basis)
 W_1 คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ ในการทดลองก่อนทำการอบ (กรัม)
 W_2 คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ ในการทดลองหลังทำการอบ (กรัม)

4.10 ขั้นตอนการหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน

1. หาความชื้นของกากมะพร้าวทั้งก่อนและหลังทำการทดลอง
2. นำมาหาปริมาณน้ำที่หายไปโดยสมการ

$$\text{Water loss} = \frac{M_{wb,in} - M_{wb,out}}{100} \times F \times T$$

โดย $M_{wb,in}$ คือ ร้อยละของความชื้นมาตรฐานเปียกก่อนเข้าถังเตาอบ
 $M_{wb,out}$ คือ ร้อยละของความชื้นมาตรฐานเปียกหลังเข้าถังเตาอบ
 F คือ อัตราการป้อน (kg of product in/minute)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T คือ ระยะเวลาในการทดลอง (minute)

3. หางานจากความร้อนของแก๊ส LPG ที่ใช้ไปโดยสมการ

$$\text{Work}_{\text{gas}} = \text{LHV} \times m_{\text{gas}}$$

โดย LHV คือ ค่าความร้อนต่ำของแก๊ส LPG (50.23 MJ/kg gas)

m_{gas} คือ น้ำหนักของแก๊ส LPG ที่ใช้ไป (kg gas/10 kg of product in)

4. หาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานโดยสมการ

$$\text{SEC} = \frac{\text{Work}_{\text{gas}}}{\text{Water loss}}$$

โดย SEC คือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน (MJ / kg of water evaporated)

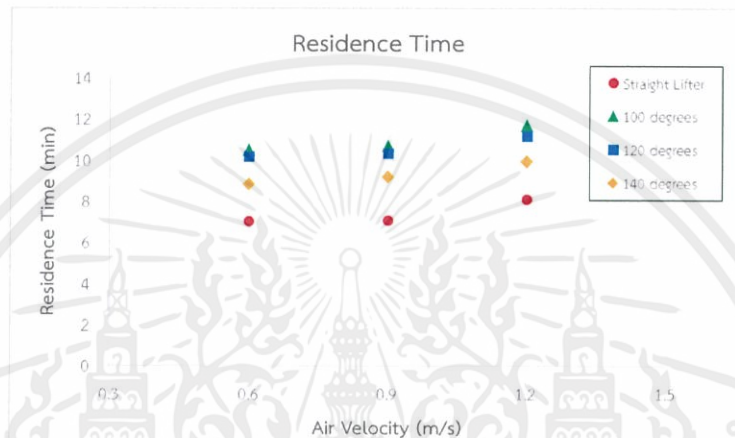


บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 ความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุในใบกวาดแบบต่างๆ

จากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับระยะเวลาคงอยู่ของกากมะพร้าวที่อัตราการป้อน 0.5 กิโลกรัมต่อนาที และความเร็วรอบการหมุน 3 รอบต่อนาที และใบกวาดแบบต่างๆ

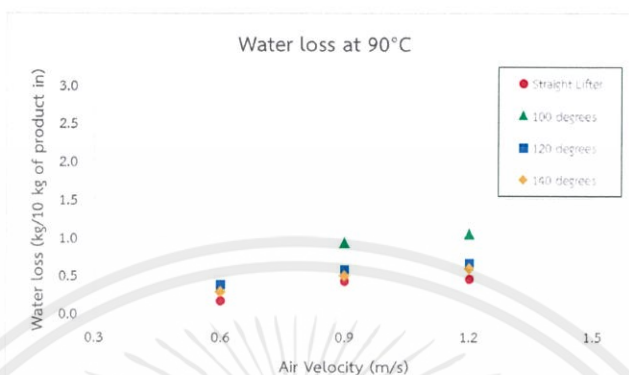


รูปที่ 5.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุ

จากรูปที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มความเร็วลม ระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุจะมีค่ามากขึ้น เนื่องจากทิศทางการเคลื่อนที่ของลมสวนทางกับการเคลื่อนที่ของวัสดุ มีผลทำให้เมื่อเพิ่มความเร็วลม จะทำให้ลดต้านการเคลื่อนที่ของวัสดุ ทำให้ระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุเพิ่มมากขึ้น โดยเมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.6 เป็น 0.9 เมตรต่อวินาที ระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.9 เป็น 1.2 เมตรต่อวินาที ระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุจะเพิ่มขึ้นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อติดตั้งใบกวาดแบบทำมุม 100 องศา จะทำให้มีค่าระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุมากที่สุดที่ 11.664 นาที โดยใบกวาดแบบทำมุม 120 องศา, 140 องศา และใบกวาดแบบตรง มีระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุน้อยลงตามลำดับ เมื่อเทียบที่ความเร็วลมเท่ากัน

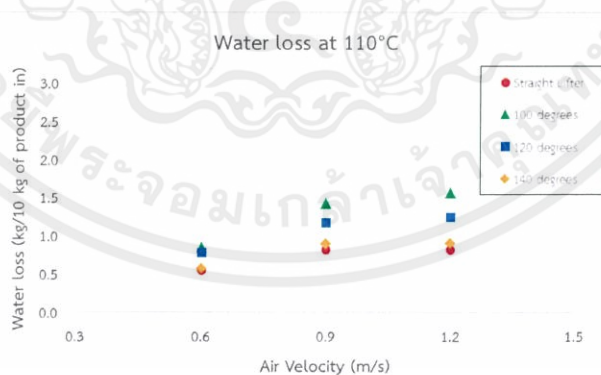
5.2 ความสัมพันธ์ของความเร็วมกับปริมาณน้ำที่ระเหยไปในใบกวาดแบบต่างๆ

จากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยไปกับความเร็วมที่เพิ่มขึ้นที่อัตราการป้อน 0.5 กิโลกรัมต่อนาที ความเร็วรอบการหมุน 3 รอบต่อนาที และใบกวาดแบบต่างๆ



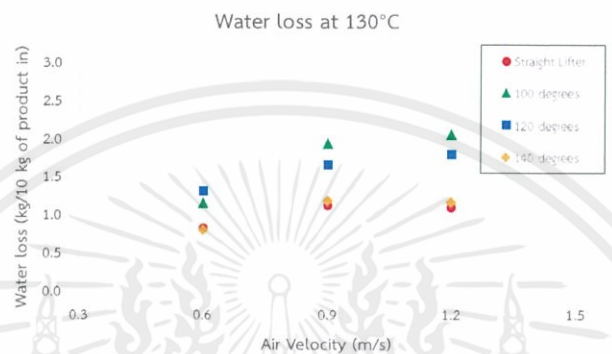
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมเทียบกับปริมาณน้ำที่ระเหยไปที่อุณหภูมิร้อน 90 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมเทียบกับปริมาณน้ำที่ระเหยไปที่อุณหภูมิร้อน 90 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มความเร็วมจาก 0.6 เป็น 0.9 เมตรต่อวินาที ค่าปริมาณน้ำที่ระเหยไปจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มความเร็วมจาก 0.9 เป็น 1.2 เมตรต่อวินาที จะทำให้ค่าปริมาณน้ำที่ระเหยไปจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใบกวาดแบบทำมุม 100 องศา มีค่าปริมาณน้ำที่ระเหยไปมากที่สุดประมาณ 1.039 กิโลกรัมของน้ำที่ระเหยไป โดยใบกวาดแบบทำมุม 120 องศา 140 องศา และใบกวาดแบบตรง จะมีค่าปริมาณน้ำที่ระเหยไปน้อยลงตามลำดับ



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วมเทียบกับปริมาณน้ำที่ระเหยไปที่อุณหภูมิร้อน 110 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับปริมาณน้ำที่ระเหยไป ที่อุณหภูมิความร้อน 110 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.6 เป็น 0.9 เมตรต่อวินาที ค่าปริมาณน้ำที่ระเหยไปจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.9 เป็น 1.2 เมตรต่อวินาที จะทำให้ค่าปริมาณน้ำที่ระเหยไปจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยใบกวาดแบบทำมุม 100 องศา มีค่าปริมาณน้ำที่ระเหยไปมากที่สุดประมาณ 1.562 กิโลกรัมของน้ำที่ระเหยไป โดยใบกวาดแบบทำมุม 120 องศา 140 องศา และใบกวาดแบบตรง จะมีค่าปริมาณน้ำที่ระเหยไปน้อยลงตามลำดับ



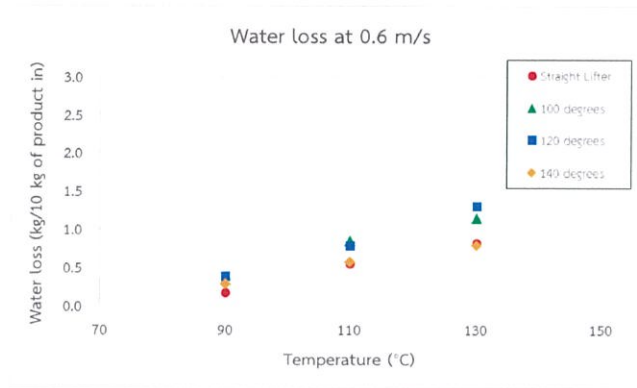
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับปริมาณน้ำที่ระเหยไป ที่อุณหภูมิความร้อน 130 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับปริมาณน้ำที่ระเหยไป ที่อุณหภูมิความร้อน 130 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.6 เป็น 0.9 เมตรต่อวินาที ค่าปริมาณน้ำที่ระเหยไปจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.9 เป็น 1.2 เมตรต่อวินาที จะทำให้ค่าปริมาณน้ำที่ระเหยไปจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยใบกวาดแบบทำมุม 100 องศา มีค่าปริมาณน้ำที่ระเหยไปมากที่สุดประมาณ 2.049 กิโลกรัมของน้ำที่ระเหยไป โดยใบกวาดแบบทำมุม 120 องศา 140 องศา และใบกวาดแบบตรง จะมีค่าปริมาณน้ำที่ระเหยไปน้อยลงตามลำดับ

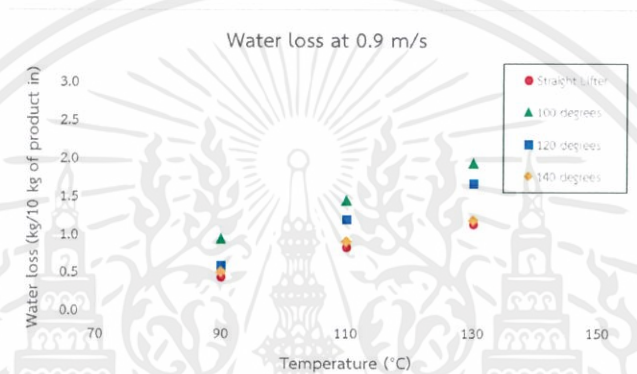
จากรูปที่ 5.2 ถึง 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยไปเทียบกับความเร็วลมที่อุณหภูมิความร้อนทั้ง 3 ค่า นั้น สามารถสรุปได้ว่า เมื่อเพิ่มความเร็วลมในช่วง 0.6 ถึง 1.2 เมตรต่อวินาที จะสามารถลดความชื้นได้ดีขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มความเร็วลมจะทำให้อัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความร้อนเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้สามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีขึ้น โดยเมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.6 เป็น 0.9 เมตรต่อวินาทีจะทำให้เพิ่มความสามารถในการลดความชื้นได้มากกว่าการเพิ่มความเร็วลมจาก 0.9 เป็น 1.2 เมตรต่อวินาที

5.3 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิความร้อนกับปริมาณน้ำที่ระเหยไปในใบกวาดแบบต่างๆ

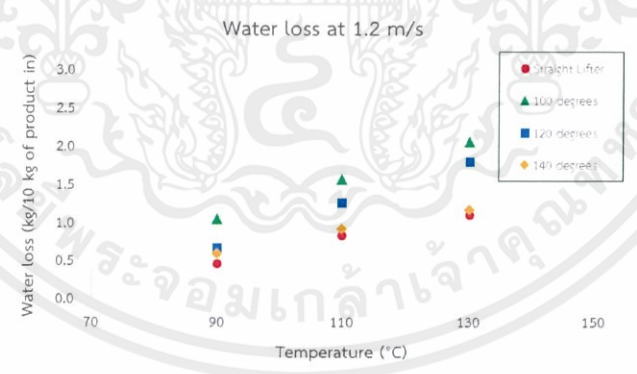
จากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยไปกับความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นที่อัตราการป้อน 0.5 กิโลกรัมต่ออนาที ความเร็วรอบการหมุน 3 รอบต่ออนาที และใบกวาดแบบต่างๆ



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยไปเทียบกับอุณหภูมิลมร้อนที่ความเร็วลม 0.6 เมตรต่อวินาที



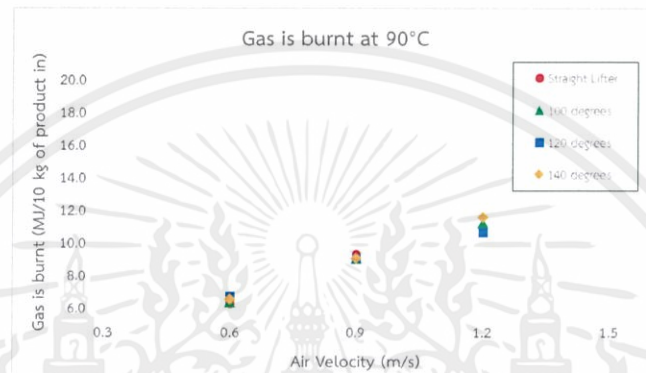
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยไปเทียบกับอุณหภูมิลมร้อนที่ความเร็วลม 0.9 เมตรต่อวินาที



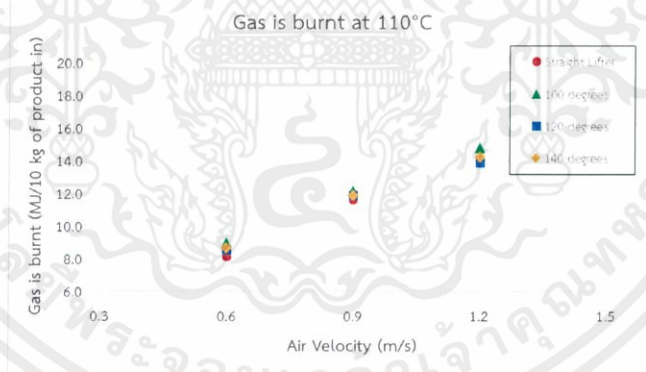
รูปที่ 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยไปเทียบกับอุณหภูมิลมร้อนที่ความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที

จากรูปที่ 5.5 ถึง 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ระเหยไปเทียบกับอุณหภูมิ ลมร้อน ที่ความเร็วลมทั้ง 3 ค่า นั้น สามารถสรุปได้ว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจะทำให้ค่าปริมาณน้ำที่ ระเหยไปมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกค่าความเร็วลม เนื่องจากเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจะทำให้ปริมาณความ ร้อนเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้สามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีขึ้น โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจาก 90 เป็น 110 องศาเซลเซียสและ จาก 110 เป็น 130 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาณ น้ำที่ระเหยไปมีค่าใกล้เคียงกัน

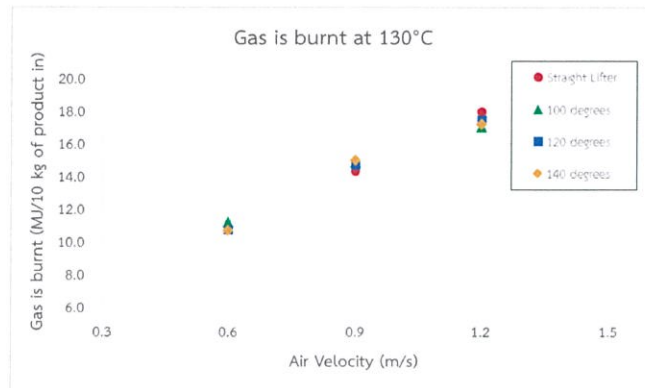
5.4 ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆกับปริมาณแก๊สที่ใช้ไป



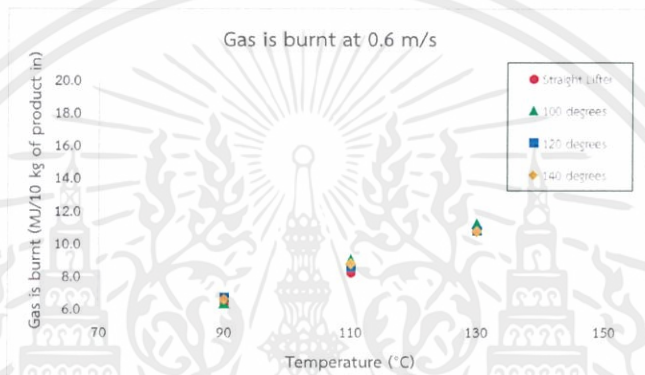
รูปที่ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับปริมาณแก๊สที่ใช้ไป ที่อุณหภูมิลมร้อน 90 องศาเซลเซียส



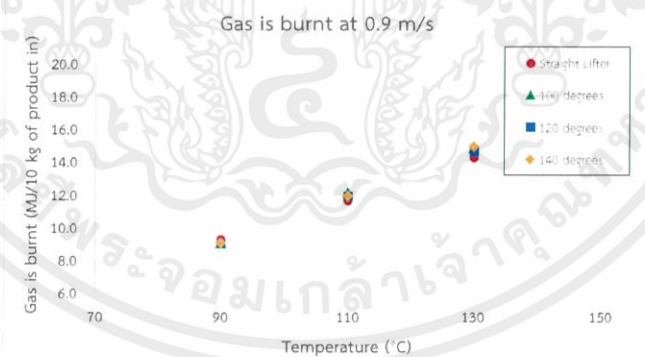
รูปที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับปริมาณแก๊สที่ใช้ไป ที่อุณหภูมิลมร้อน 110 องศาเซลเซียส



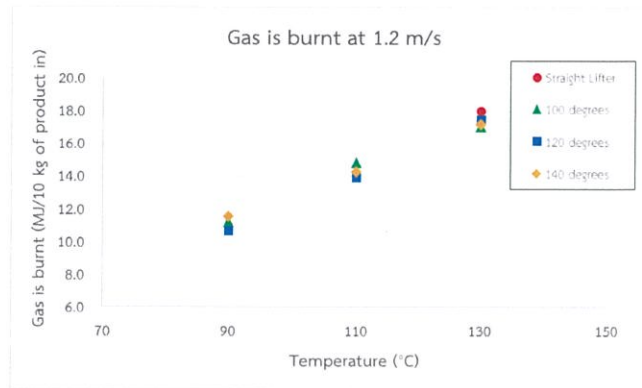
รูปที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับปริมาณแก๊สที่ใช้ไปที่อุณหภูมิร้อน 130 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับปริมาณแก๊สที่ใช้ไปที่ความเร็วลม 0.6 เมตรต่อวินาที



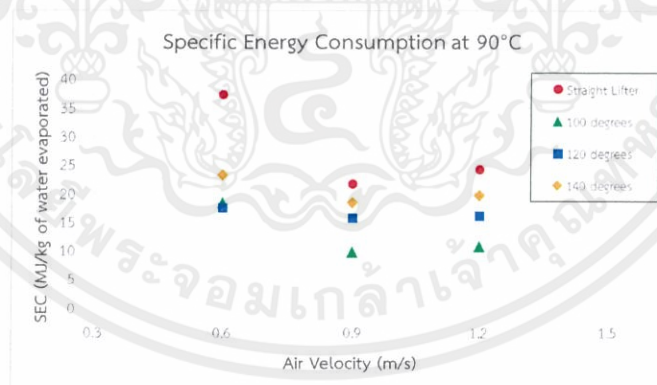
รูปที่ 5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับปริมาณแก๊สที่ใช้ไปที่ความเร็วลม 0.9 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับปริมาณแก๊สที่ใช้ไป ที่ความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที

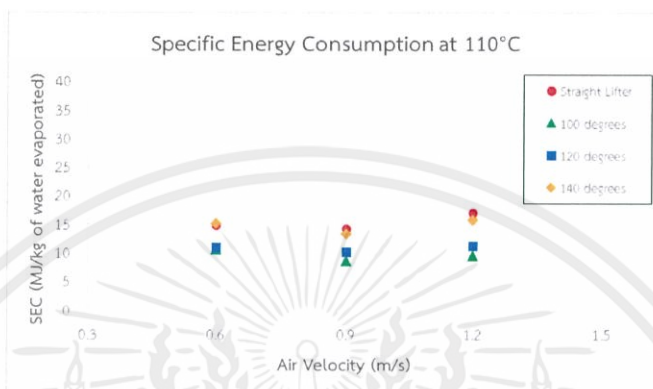
จากรูปที่ 5.8 ถึง 5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆกับปริมาณแก๊สที่ใช้ไป แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเร็วลมมากขึ้น จะทำให้ปริมาณแก๊สที่ใช้มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มความเร็วลม จะทำให้ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสูงขึ้น จึงต้องใช้ปริมาณแก๊สมากขึ้น เช่นเดียวกับการเพิ่มอุณหภูมิ โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจะทำให้ปริมาณแก๊สที่ใช้มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจะทำให้ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสูงขึ้น จึงต้องใช้ปริมาณแก๊สมากขึ้น ซึ่งปริมาณแก๊สที่ใช้มีค่าใกล้เคียงกันในทุกรูปแบบของใบกวาด จึงสามารถสรุปได้ว่า ใบกวาดรูปแบบต่างๆไม่มีผลต่อปริมาณแก๊สที่ใช้ไป

5.5 ความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในใบกวาดแบบต่างๆ



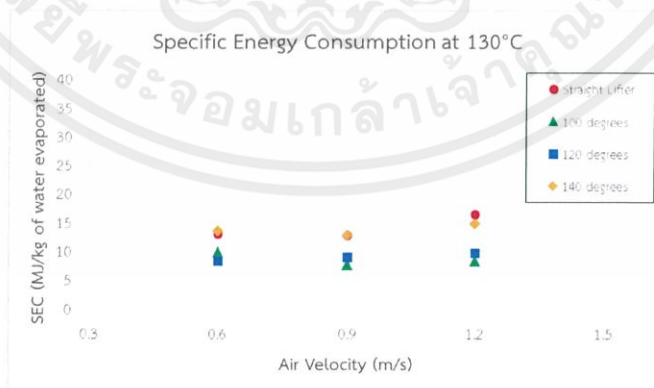
รูปที่ 5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ที่อุณหภูมิลมร้อน 90 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ที่อุณหภูมิลมร้อน 90 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.6 เป็น 0.9 เมตรต่อวินาที จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลง ประมาณ 20 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.9 เป็น 1.2 เมตรต่อวินาที จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น ประมาณ 5 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใบกวาดแบบทำมุมทั้ง 3 แบบ มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าใบกวาดแบบตรง ในทุกกรณี



รูปที่ 5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ที่อุณหภูมิลมร้อน 110 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ที่อุณหภูมิลมร้อน 110 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.6 เป็น 0.9 เมตรต่อวินาที จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลง ประมาณ 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.9 เป็น 1.2 เมตรต่อวินาที จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น ประมาณ 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ โดยใบกวาดแบบทำมุม 100 และ 120 องศา มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าใบกวาดแบบตรงในทุกกรณี แต่ใบกวาดแบบทำมุม 140 องศา มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานใกล้เคียงกับใบกวาดแบบตรงในทุกกรณี

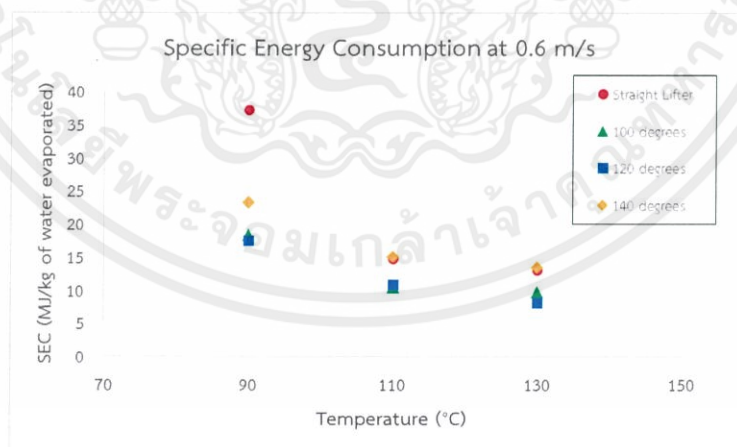


รูปที่ 5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ที่อุณหภูมิลมร้อน 130 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ที่อุณหภูมิลมร้อน 130 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.6 เป็น 0.9 เมตรต่อวินาที จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลง ประมาณ 5 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.9 เป็น 1.2 เมตรต่อวินาที จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น ประมาณ 10 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยใบกวาดแบบทำมุม 100 และ 120 องศา มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าใบกวาดแบบตรงในทุกกรณี แต่ใบกวาดแบบทำมุม 140 องศา มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานใกล้เคียงกับใบกวาดแบบตรงในทุกกรณี

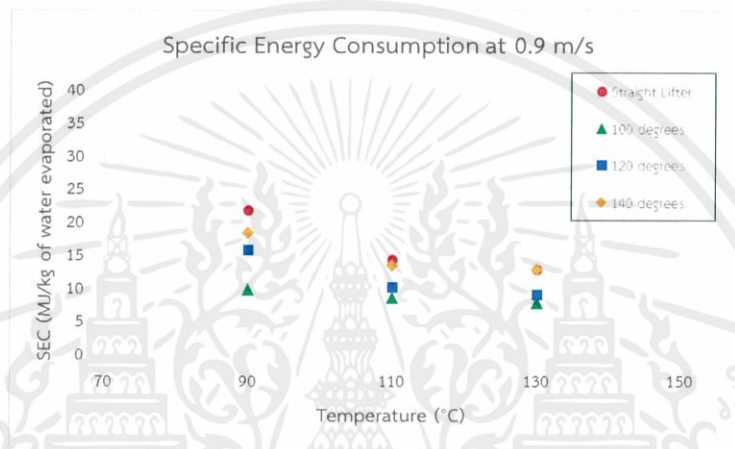
จากรูปที่ 5.14 ถึง 5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่อุณหภูมิลมร้อนต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า เมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.6 เป็น 0.9 เมตรต่อวินาที จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลง แต่เมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.9 เป็น 1.2 เมตรต่อวินาที จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.6 เป็น 0.9 เมตรต่อวินาที มีอัตราการเพิ่มขึ้นของการลดความชื้นมากกว่าการเพิ่มความเร็วลมจาก 0.9 เป็น 1.2 เมตรต่อวินาที แต่อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณแก๊สที่ใช้ไปมีค่าเท่ากันในทั้งสองช่วงความเร็วลม โดยใบกวาดแบบทำมุม 100 องศาและ 120 องศา มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าใบกวาดแบบตรง เนื่องจากสามารถลดความชื้นได้มากกว่าใบกวาดแบบตรง ซึ่งในแต่ละใบกวาดใช้ปริมาณแก๊สที่เท่ากันภายใต้ปัจจัยเดียวกัน แต่ใบกวาดแบบทำมุม 140 องศา มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานใกล้เคียงกับใบกวาดแบบตรง เนื่องจากความสามารถในการลดความชื้นของใบกวาดแบบทำมุม 140 องศา มีค่าใกล้เคียงกับใบกวาดแบบตรง

5.6 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิลมร้อนกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในใบกวาดแบบต่างๆ



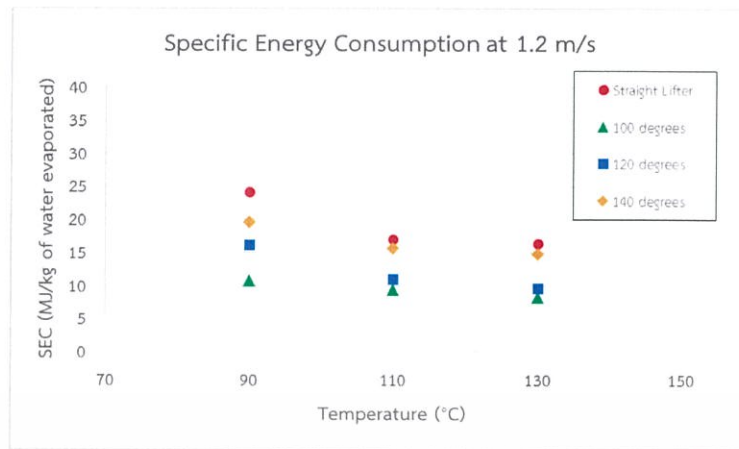
รูปที่ 5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ที่ความเร็วลม 0.6 เมตรต่อวินาที

จากรูปที่ 5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ที่ความเร็วลม 0.6 เมตรต่อวินาที แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อน จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลง ซึ่งเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจาก 90 เป็น 110 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลงประมาณ 35 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจาก 110 เป็น 130 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลงประมาณ 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ โดยใบกวาดแบบทำมุม 100 และ 120 องศา มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าใบกวาดแบบตรงในทุกกรณี ส่วนใบกวาดแบบทำมุม 140 องศา มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าใบกวาดแบบตรงที่อุณหภูมิลมร้อน 90 องศาเซลเซียส แต่มีค่าใกล้เคียงกับใบกวาดแบบตรงที่อุณหภูมิลมร้อน 110 และ 130 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ที่ความเร็วลม 0.9 เมตรต่อวินาที

จากรูปที่ 5.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ที่ความเร็วลม 0.9 เมตรต่อวินาที แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อน จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลง ซึ่งเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจาก 90 เป็น 110 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลงประมาณ 25 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจาก 110 เป็น 130 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลงประมาณ 5 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใบกวาดแบบทำมุม 100 และ 120 องศา มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าใบกวาดแบบตรงในทุกกรณี ส่วนใบกวาดแบบทำมุม 140 องศา มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าใบกวาดแบบตรงที่อุณหภูมิลมร้อน 90 องศาเซลเซียส แต่มีค่ามากกว่าใบกวาดแบบตรงที่อุณหภูมิลมร้อน 110 และ 130 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ที่ความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที

จากรูปที่ 5.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ที่ความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อน จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลง ซึ่งเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจาก 90 เป็น 110 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลงประมาณ 10 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจาก 110 เป็น 130 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลงประมาณ 5 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ โดยใบกวาดแบบทำมุมทั้ง 3 แบบมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าใบกวาดแบบตรงในทุกกรณี

จากรูปที่ 5.17 ถึง 5.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่ความเร็วลมต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อน จะทำให้อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลง เนื่องจากอัตราการเพิ่มขึ้นของการลดความชื้นมีค่ามากกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณแก๊สที่ใช้ไป โดยเมื่ออุณหภูมิลมร้อนมีค่าต่ำจะสามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานได้มากกว่าที่อุณหภูมิลมร้อนสูง โดยใบกวาดแบบทำมุม 100 องศาและ 120 องศา มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าใบกวาดแบบตรง เนื่องจากทั้งสองใบกวาดสามารถลดความชื้นได้ดีกว่าใบกวาดแบบตรง แต่มีค่าปริมาณแก๊สที่ใช้ไปใกล้เคียงกัน ส่วนใบกวาดแบบทำมุม 140 องศา มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานใกล้เคียงกับใบกวาดแบบตรง เนื่องจากมีความสามารถในการลดความชื้นและค่าปริมาณแก๊สที่ใช้ไปใกล้เคียงกับใบกวาดแบบตรง

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการลดความชื้นของกากมะพร้าวโดยเครื่องอบชีวมวลแบบหมุน ปัจจัยที่ศึกษามีทั้งหมด 3 ปัจจัยได้แก่รูปแบบของใบกวาดคือ ใบกวาดแบบทำมุมที่ 100, 120 และ 140 องศา, ความเร็วลมที่ 0.6, 0.9 และ 1.2 เมตรต่อวินาที และ อุณหภูมิของลมร้อนที่ 90, 110 และ 130 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเมื่อใช้ใบกวาดแบบตรงภายใต้ปัจจัยเดียวกัน

ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือการหาระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุ โดยการเดินเครื่องแบบไม่ใช้ลมร้อน ภายใต้ปัจจัยต่างๆข้างต้น พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วลมจะทำให้ระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้ใบกวาดแบบทำมุมที่ 100 องศาจะมีระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุมากที่สุด โดยใบกวาดแบบทำมุมที่ 120 องศา, 140 องศา และใบกวาดแบบตรง มีระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุน้อยลงตามลำดับ

ส่วนที่สองคือการหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน โดยการเดินเครื่องแบบใช้ลมร้อน ภายใต้ปัจจัยต่างๆข้างต้น และนำความชื้นที่ได้มาหาปริมาณน้ำที่ระเหยไป หลังจากนั้นนำมาหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานโดยการนำปริมาณน้ำที่ระเหยไปมาเทียบกับงานจากแก๊สที่ใช้ไป พบว่า ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.6 เป็น 0.9 เมตรต่อวินาที และกลับมาเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วลมจาก 0.9 เป็น 1.2 เมตรต่อวินาที และ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนจะทำให้ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลง ซึ่งเมื่ออุณหภูมิลมร้อนมีค่าต่ำจะสามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานได้มากกว่าที่อุณหภูมิลมร้อนสูง โดยค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่น้อยที่สุดที่ได้คือ 7.715 MJ ต่อ กิโลกรัมของน้ำที่ระเหยไป เมื่อใช้ใบกวาดแบบทำมุมที่ 100 องศา, ความเร็วลมที่ 0.9 เมตรต่อวินาที และ อุณหภูมิลมร้อนที่ 130 องศาเซลเซียส ซึ่งน้อยกว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของใบกวาดแบบตรงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ภายใต้ปัจจัยเดียวกัน

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ส่วนประกอบทางไฟฟ้าไม่มีการต่อสายดิน ทำให้อาจเกิดไฟรั่วได้ ควรติดตั้งสายดินเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน
2. การป้อนวัสดุอาจมีความไม่ต่อเนื่องเนื่องจากเป็นการป้อนด้วยมือ และทำให้เสียกำลังคนไป ในส่วนของการป้อนวัสดุ ควรพัฒนารูปแบบการป้อน เพื่อให้การป้อนเป็นไปอย่างต่อเนื่องและมีค่าคงที่
3. การหาความชื้นของวัสดุสามารถทำได้ยาก เนื่องจากไม่มีเครื่องมือเพียงพอ และไม่สามารถควบคุมค่าความชื้นเริ่มต้นของวัสดุทดลองได้ จึงทำให้ผลการทดลองอาจมีความคลาดเคลื่อน

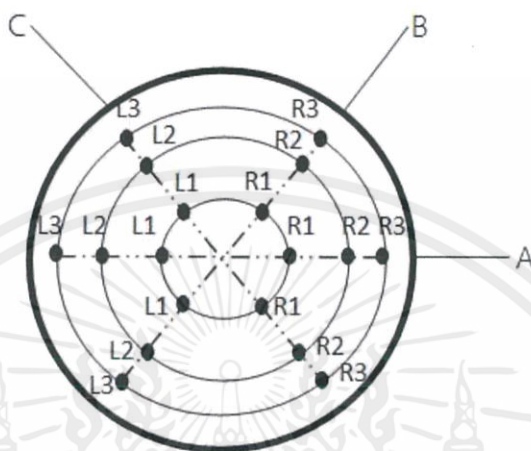




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ค่าการวัดค่าความเร็วลมที่ใช้ในการทดลอง ณ จุดต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 111 โดยในแต่ละจุดจะต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ ก-1 ภาพแสดงการวัดค่าความเร็วลมตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 111

ตารางที่ ก-1 ตารางแสดงการวัดลมที่ความเร็วลม 0.6 เมตรต่อวินาที

0.6 m/s	A	B	C
L3	0.58	0.58	0.59
L2	0.57	0.57	0.58
L1	0.60	0.59	0.61
R1	0.63	0.62	0.60
R2	0.62	0.61	0.57
R3	0.64	0.63	0.58
ค่าเฉลี่ย	0.5983		

ตารางที่ ก-2 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละจุดที่ความเร็วลม 0.6 เมตรต่อวินาที

0.6 m/s	A	B	C
L3	-3.06	-3.06	-1.39
L2	-4.74	-4.74	-3.06
L1	0.28	-1.39	1.95
R1	5.29	3.62	0.28
R2	3.62	1.95	-4.74
R3	6.96	5.29	-3.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-3 ตารางแสดงการวัดลมที่ความเร็วลม 0.9 เมตรต่อวินาที

0.9 m/s	A	B	C
L3	0.89	0.89	0.90
L2	0.87	0.87	0.88
L1	0.89	0.90	0.91
R1	0.92	0.93	0.90
R2	0.91	0.92	0.87
R3	0.93	0.94	0.89
ค่าเฉลี่ย	0.9006		

ตารางที่ ก-4 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละจุดที่ความเร็วลม 0.9 เมตรต่อวินาที

0.9 m/s	A	B	C
L3	-1.17	-1.17	-0.06
L2	-3.39	-3.39	-2.28
L1	-1.17	-0.06	1.05
R1	2.16	3.27	-0.06
R2	1.05	2.16	-3.39
R3	3.27	4.38	-1.17

ตารางที่ ก-5 ตารางแสดงการวัดลมที่ความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที

1.2 m/s	A	B	C
L3	1.21	1.24	1.24
L2	1.15	1.14	1.19
L1	1.18	1.18	1.22
R1	1.21	1.28	1.17
R2	1.22	1.25	1.13
R3	1.25	1.29	1.22
ค่าเฉลี่ย	1.2094		

ตารางที่ ก-6 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละจุดที่ความเร็วลม 1.2 เมตรต่อวินาที

1.2 m/s	A	B	C
L3	0.05	2.53	2.53
L2	-4.92	-5.74	-1.61
L1	-2.43	-2.43	0.87
R1	0.05	5.83	-3.26
R2	0.87	3.35	-6.57
R3	3.35	6.66	0.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข-1 ค่าระยะเวลาคงอยู่ของวัสดุภายใต้ปัจจัยแบบต่างๆ

Lifter	Air velocity	Density	Mass of product	Volume	% Volume	Residence Time
	m/s	g/L	g	L	%	min
1	0.6	206	3525	17.112	11.171	7.050
1	0.9	201	3544	17.632	11.511	7.088
1	1.2	204	4056	19.882	12.980	8.112
2	0.6	205	5242	25.571	16.694	10.484
2	0.9	202	5335	26.411	17.242	10.670
2	1.2	203	5832	28.729	18.755	11.664
3	0.6	208	5087	24.457	15.966	10.174
3	0.9	201	5163	25.687	16.769	10.326
3	1.2	204	5582	27.363	17.863	11.164
4	0.6	207	4409	21.300	13.905	8.818
4	0.9	200	4591	22.955	14.986	9.182
4	1.2	202	4957	24.540	16.020	9.914

*โดยในการอบแห้งที่ดีต้องมีปริมาตรของวัสดุต่อปริมาตรถังเตาอบอยู่ในช่วง 10 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถังเตาอบที่ใช้มีปริมาตร 153.177 ลิตร

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค-1 ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานภายใต้ปัจจัยแบบต่างๆ

Lifter	Air Velocity	Temperature	$M_{wb,in}$	$M_{wb,out}$	Gas used	Water loss	SEC
	m/s	°C	%	%	MJ	kg	MJ/kg
1	0.6	90	46	44.318	6.279	0.168	37.320
1	0.6	110	50	44.471	8.187	0.553	14.807
1	0.6	130	50	41.737	10.799	0.826	13.069
1	0.9	90	50	45.720	9.293	0.428	21.712
1	0.9	110	54	45.793	11.653	0.821	14.199
1	0.9	130	52	40.788	14.316	1.121	12.769
1	1.2	90	46	41.476	10.950	0.452	24.205
1	1.2	110	50	41.757	14.014	0.824	17.000
1	1.2	130	54	43.085	17.982	1.092	16.474
2	0.6	90	48	44.565	6.329	0.344	18.424
2	0.6	110	48	39.485	8.991	0.852	10.559
2	0.6	130	48	36.553	11.201	1.145	9.786
2	0.9	90	52	42.684	9.041	0.932	9.705
2	0.9	110	56	41.705	12.156	1.429	8.504
2	0.9	130	54	34.727	14.868	1.927	7.715
2	1.2	90	46	35.610	11.201	1.039	10.781
2	1.2	110	48	32.375	14.818	1.562	9.484
2	1.2	130	50	29.513	17.028	2.049	8.311

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานภายใต้ปัจจัยแบบต่างๆ (ต่อ)

Lifter	Air Velocity	Temperature	$M_{wb,in}$	$M_{wb,out}$	Gas used	Water loss	SEC
	m/s	°C	%	%	MJ	kg	MJ/kg
3	0.6	90	52	48.192	6.681	0.381	17.544
3	0.6	110	48	40.144	8.539	0.786	10.869
3	0.6	130	54	40.970	10.749	1.303	8.250
3	0.9	90	50	44.248	9.041	0.575	15.719
3	0.9	110	52	40.215	11.905	1.178	10.102
3	0.9	130	54	37.508	14.667	1.649	8.894
3	1.2	90	52	45.399	10.649	0.660	16.133
3	1.2	110	48	35.463	13.914	1.254	11.098
3	1.2	130	52	34.063	17.480	1.794	9.745
4	0.6	90	48	45.194	6.530	0.281	23.268
4	0.6	110	48	42.243	8.690	0.576	15.095
4	0.6	130	52	44.062	10.699	0.794	13.477
4	0.9	90	48	43.067	9.041	0.493	18.328
4	0.9	110	50	41.050	11.905	0.895	13.301
4	0.9	130	52	40.267	14.969	1.173	12.757
4	1.2	90	52	46.110	11.553	0.589	19.614
4	1.2	110	48	38.944	14.265	0.906	15.752
4	1.2	130	48	36.435	17.179	1.156	14.854

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sefa Tarhan (2010). Product quality and energy consumption when drying peppermint by rotary drum dryer, Industrial Crops and Products, June 2010
- [2] S. Kaleemullah (2005). Drying Kinetics of Red Chillies in a Rotary Dryer, SV Agricultural College India, July 2005
- [3] ธนรัช มุขพันธ์ (2013). การอบแห้งมันเส้นด้วยเครื่องอบแห้งหมุนแบบกะ, การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6
- [4] A.S. Bongo Njeng, S. Vitu, M. Clause, J.-L. Dirion, M. Debacq (2015). Effect of lifter shape and operating parameters on the flow of materials in a pilot rotary kiln, Powder Technology, vol. 269, January 2015, p. 566-576.
- [5] Dennis R. Van Puyvelde (2009). Modelling the hold up of lifters in rotary dryers, Chemical Engineering Research and Design, vol. 87, December 2009, p. 226-232.
- [6] Hookyung, Sangmin (2013). Lifter design for enhanced heat transfer in a rotary kiln reactor, Journal of Mechanical Science and Technology, vol. 27 (10), May 2013, p. 3191-3197
- [7] Fan Geng (2011). Experimental study on the space time of flexible filamentous particles in a rotary dryer, China University of Mining and Technology, August 2011
- [8] นายกมล จิระชนะพรพงศ์, นายวิทวัส วัฒนธัญญกรรม, นายวิรัช วงศ์ภัทรวรกุล 2557. การศึกษาใบกวาดในเตาอบแบบหมุน. ปรินิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [9] นายไกรศรี อู๋จันควัน, นายพล สุรนันทน์, นายภาณุพงศ์ วงษ์พานิช 2558. การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อ RESIDENCE TIME ของเนื้อมะพร้าวในเตาอบแบบหมุน. ปรินิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [10] Janusz Adamiec (2006). Handbook of Industrial Drying 4th, Taylor & Francis Group
- [11] Ienergyguru, การอบแห้ง, แหล่งที่มา <http://ienergyguru.com/2015/09/drying/>, เข้าดูเมื่อวันที่ 21/02/2560
- [12] ศิริชัย ต่อสกุล (2555). การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวเป็นพลังงานทดแทน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- [13] Hugh & Freedman (1949). University Physics with Modern Physics, ISBN 974-883-125-8, Pearson Education Indochina Ltd.
- [14] Northern Industrial Supply Company (NISCO), Products – Fans and Blowers, New York Blowers. www.nisco.net/nyb.html
- [15] พรชัย จงจิตร์ไพศาล. สกรูขนถ่ายวัสดุ, แหล่งที่มา <http://www.scribd.com/doc/25008250/สกรูขนถ่ายวัสดุ-doc>, เข้าดูเมื่อวันที่ 16/11/2557.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [16] ASHRAE Standards Project Committee (1988). **Practices for Measurement, Testing, Adjusting, and Balancing of Building Heating, Ventilation, Air-Conditioning, and Refrigeration Systems**, October 1987, p. 61.
- [17] Cheng Fluid Systems, Inc. **LAD® Large Angle Diffuser**, แหล่งที่มา http://www.chengfluid.com/flow_conditioner/lad%C2%AE_flow_conditioner, เข้าดูเมื่อวันที่ 11/10/2559
- [18] Pascal Jay, Albert Magnin and Jean Michel Piau. **Numerical Simulation of Viscoplastic Fluid Flows through an Axisymmetric Contraction**, Journal of Fluids Engineering, September 2002.
- [19] The Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy. **Heating Value**, แหล่งที่มา http://www.eppo.go.th/Energy_Dict/H.htm, เข้าดูเมื่อวันที่ 15/03/2560

