



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบชั้นบาง
Design and Construction of a Thin layer Dryer

โดย

อาจารย์วีระ ศรีอริยะกุล
อาจารย์วุฒิกรณ์ จรรย์ตันติเวทย์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
รายงานการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2550

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ประจำปี 2550 ห้องปฏิบัติการเคมีและห้องปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหกรรมของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือวัดตลอดจนห้อง Lab เครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดลองการอบข้าวเปลือก และเครื่องมือที่ใช้ในการสีข้าว

ประโยชน์อันใดที่มีต่อประเทศชาติ และกลุ่มบุคคลซึ่งได้จากงานวิจัยนี้ ผู้เขียนใคร่ขอยกความดี และประโยชน์ทั้งหลายเหล่านี้ให้กับบุคคลต่างๆ ที่ได้กล่าวมา และบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องแต่ไม่ได้กล่าวถึง

อาจารย์วีระ ศรีอริยะกุล
อาจารย์วุฒิกรณ จรรย์ตันติเวช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญสัญลักษณ์และคำย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 การอบแห้งด้วยอากาศร้อน	5
2.3 หลักการอบแห้งเมล็ดพืช	7
2.4 ลักษณะทั่วไปของข้าว	7
2.5 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวขณะเก็บรักษา	9
2.6 การระบายอากาศในกองข้าว	9
2.7 การเกิดเจลาทีไนเซชัน	10
2.8 สมการสำหรับออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบชั้นบาง	11
2.9 การคำนวณหาความร้อน	15
2.10 การคำนวณกำลังงานที่ใช้จริงของระบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบชั้นบาง	16

บทที่ 3 การออกแบบและคำนวณ	17
3.1 การออกแบบห้องอบแบบชั้นบาง	19
3.2 เงื่อนไขในการออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบชั้นบาง	19
3.3 แสดงการคำนวณหาความดันที่สูงเกินไปในแต่ละอุปกรณ์	22
3.4 พลังงานที่ใช้จริงของระบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบชั้นบาง	35
3.5 การคำนวณหาความร้อน	36
บทที่ 4 วิธีการดำเนินการวิจัย	37
4.1 อุปกรณ์การทดลอง	37
4.2 วิธีการทดลอง	39
4.3 การทดสอบคุณภาพข้าว	40
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์	43
5.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกและความเร็วลมของอากาศร้อน	43
5.2 การเปลี่ยนแปลงของร้อยละต้นข้าว	44
5.3 การเปลี่ยนแปลงความขาวของข้าวสาร	45
5.4 การเปรียบเทียบร้อยละข้าวท้องไข่ (White belly)	46
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	47
6.1 สรุปผลการวิจัย	47
6.2 ข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก	51
ก. ตารางหมวดครุภัณฑ์ และตารางหมวดวัสดุ	51
ข. ข้อมูล และผลที่เกี่ยวข้องในการทดลอง	69
ค. รูปขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องแห้งข้าวเปลือกแบบชั้นบาง	78
ง. ตารางและภาพแสดงคุณสมบัติของวัสดุ	91
จ. การคำนวณหาน้ำหนักน้ำ	95

๓. เครื่องมือวัดและอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการทดลอง

97

ประวัติผู้เขียน

100

DRPU

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงของข้าวสารเก็บที่ 28 - 30 °C	10
2.2 ช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลาทีไนเซชันของธัญพืชชนิดต่าง ๆ	11
ก.1 หมวดครุภัณฑ์	52
ก.2 หมวดวัสดุ	52
ข.1 ความชื้นของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งด้วยความเร็วลม 0.1, 0.2, 0.3 m/s ที่อุณหภูมิ 100 °C ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 26% w.b.	70
ข.2 ความชื้นของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่ความเร็วลม 0.1 m/s ความสูงเบด 2 cm ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 26% w.b. ที่อุณหภูมิ 100 °C	71
ข.3 ความชื้นของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่ความเร็วลม 0.2 m/s ความสูงเบด 2 cm ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 26% w.b. ที่อุณหภูมิ 100 °C	72
ข.4 ความชื้นของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่ความเร็วลม 0.3 m/s ความสูงเบด 2 cm ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 26% w.b. ที่อุณหภูมิ 100 °C	73
ข.5 ความชื้นของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่ความเร็วลม 0.1 m/s ความสูงเบด 2 cm ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 26% w.b. ที่อุณหภูมิ 100 °C (เวลา 0 - 9 นาที)	74
ข.6 ความชื้นของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่ความเร็วลม 0.2 m/s ความสูงเบด 2 cm ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 26% w.b. ที่อุณหภูมิ 100 °C (เวลา 0 - 9 นาที)	75
ข.7 ความชื้นของข้าวเปลือกหลังการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่ความเร็วลม 0.3 m/s ความสูงเบด 2 cm ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 26% w.b. ที่อุณหภูมิ 100 °C (เวลา 0 - 9 นาที)	76
ข.8 คุณภาพหลังการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิอบแห้ง 100 °C ความสูงเบด 2 cm ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 25% w.b.	77
ข.9 คุณภาพหลังการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิอบแห้ง 100 °C ความสูงเบด 2 cm ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 25% w.b.	77
ง.1 ตารางแสดงค่าความขรุขระของท่อชนิดต่าง ๆ	92
ง.2 แสดงค่าแฟกเตอร์ความสูญเสียรองที่อุปกรณ์ต่าง ๆ (k)	93

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และลดลง	6
2.2 โครงสร้างภายในเมล็ดข้าว	7
3.1 ไดอะแกรมแสดงด้านหน้าของเครื่องอบแห้งแบบชั้นบาง	18
3.2 ไดอะแกรมแสดงด้านข้างของเครื่องอบแห้งแบบชั้นบาง	19
4.1 ไดอะแกรมของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบชั้นบาง	37
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพการขัดสี	42
4.3 เครื่องทดสอบความขาวของข้าวสาร kett C-300	42
5.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งด้วย อุณหภูมิอากาศ 100 °C ความสูงเบด 2 cm ความเร็วลมของอากาศร้อน 0.1, 0.2 และ 0.3 m/s	43
5.2 การเปลี่ยนแปลงของร้อยละต้นข้าว	44
5.3 การเปลี่ยนแปลงความขาวของข้าวสาร	45
5.4 การเปรียบเทียบร้อยละข้าวท้องไข้ (White belly)	46
ค.1 การออกแบบส่วนประกอบต่างๆ บนกระดาน	79
ค.2 การนำแบบกระดานมาวางลงแผ่นแสดงเตส	79
ค.3 การติดตั้งของกล่อง Heater	80
ค.4 การติดตั้งรูปกรวยของห้องอบแห้ง	80
ค.5 การเชื่อมกรวย	81
ค.6 การเชื่อมต่อสามทาง	81
ค.7 การเจาะรูหน้าแปลน	82
ค.8 หน้าแปลนที่เจาะรูเสร็จแล้ว	82
ค.9 การนำหน้าแปลนมาเชื่อมกับท่อแสดงเตสตรง	83
ค.10 การนำหน้าแปลนมาเชื่อมกับท่อแสดงเตสโค้ง	83
ค.11 การทำวาล์ว เปิด-ปิด	84
ค.12 วาล์วเปิด-ปิดภายในท่อของห้องอบแห้ง	84
ค.13 การทำห้องอบแห้งแบบชั้นบาง	85
ค.14 การทำห้องอบแห้งแบบชั้นบาง	85
ค.15 การประกอบกล่อง Heater เข้ากับห้องอบแห้ง	86

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ค.16 การประกอบห้องอบแห้งแบบชั้นบาง	86
ค.17 การประกอบ Blower เข้ากับท่อดูดอากาศเข้า	87
ค.18 การประกอบ Blower เข้ากับกล่อง Heater	87
ค.19 การติดตั้งส่วนต่างๆ ของเครื่องอบแห้งภายในห้องปฏิบัติงานโครงการ	88
ค.20 การติดตั้งตัวเครื่องห้องอบแห้งภายในห้องปฏิบัติงานโครงการ	88
ค.21 เครื่องอบแห้งแบบชั้นบางภายในห้องปฏิบัติงานโครงการ	89
ค.22 เครื่องอบแห้งแบบชั้นบาง	89
ค.23 การประกอบชุดตู้ควบคุมไฟฟ้า	90
ค.24 ชุดตู้ควบคุมไฟฟ้าของเครื่องอบแห้ง	90
ง.1 ภาพ Moody Diagram	94
ฉ.1 Heater แบบขด	98
ฉ.2 พัดลม (blower) แบบใบพัดโค้ง	98
ฉ.3 เครื่อง kett C-300	98
ฉ.4 เครื่องชั่ง ซึ่งสามารถชั่งได้สูงสุด 600 g	98
ฉ.5 เครื่องชั่ง ซึ่งสามารถชั่งได้สูงสุด 1200 g	98
ฉ.6 เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K	98
ฉ.7 กรงดาขาย	99
ฉ.8 ตู้ควบคุม Inverter	99
ฉ.9 ตู้ควบคุม อุณหภูมิ	99
ฉ.10 ตู้แสดงอุณหภูมิที่วัดแต่ละจุด	99

สารบัญสัญลักษณ์และคำย่อ

Hold up	คือ	ปริมาณข้าวเปลือกที่อยู่ในห้องอบ, kg
A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของแผ่นกระจายอากาศ, m ²
L	คือ	ความสูงเบคในห้องอบแห้ง, m
ρ_p	คือ	ความหนาแน่นปรากฏของเมล็ดข้าวเปลือก, kg/m ³
F	คือ	อัตราการป้อนของเมล็ดข้าวเปลือก, kg/minute
t	คือ	เวลาที่เมล็ดข้าวเปลือกอยู่ในห้องอบแห้ง, minute
L_1	คือ	ความสูงเบคนี้้ง, m
ε_1	คือ	สัดส่วนช่องว่างอากาศของเมล็ดข้าวเปลือกขณะเบคนี้้ง
Power	คือ	กำลังงาน, W
ΔP	คือ	ความดันรวมทั้งระบบ, Pa
Q	คือ	อัตราการไหลในระบบ, m ³ /s
C	คือ	ความร้อนจำเพาะของอากาศแวดล้อม, kJ/kg °C
ρ_a	คือ	ความหนาแน่นของอากาศแวดล้อม, kg/m ³
Q_a	คือ	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศแวดล้อม, m ³ /s
T_a	คือ	อุณหภูมิอากาศแวดล้อม, °C
T_{max}	คือ	อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง, °C
ΔP_a	คือ	ความดันลดที่แผ่นกระจายอากาศ, Pa
ΔP_d	คือ	ความดันลดที่แผ่นตะแกรงคัดฝุ่น, Pa
ΔP	คือ	ความดันลดในเบค, Pa
D_h	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางไฮโดรลิก, m
A	คือ	พื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม, m ²
P	คือ	ความยาวด้านทั้ง 4 ด้าน, m

สารบัญสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

ρ	คือ	ความหนาแน่นของอากาศร้อน, kg/m^3
V	คือ	ความเร็วของอากาศภายในท่อ, m/s
D	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่อากาศไหลผ่าน, m
ε	คือ	ค่าความขรุขระของผิวภายในท่อ, m
μ	คือ	ค่าความหนืดของอากาศร้อน, N.s/m^2
θ	คือ	ค่ามุมของท่อที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้น
D_{in}	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้า
D_{out}	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางทางออก
ΔP	คือ	ความดันลดลงของอากาศ, Pa
f	คือ	แฟกเตอร์ความเสียดทาน
k	คือ	แฟกเตอร์ความสูญเสียรอง
L	คือ	ความยาวท่อ, m
Q	คือ	อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านเบด, m^3/s
V	คือ	ความเร็วของอากาศที่ผ่านเบด, m/s
A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของเบดที่อากาศไหลผ่าน, m^2
ΔP	คือ	ความดันลดลงของอากาศในห้องอบแห้ง, Pa
ρ_t	คือ	ความหนาแน่นจริงของเมล็ดข้าวเปลือก, kg/m^3
ρ_a	คือ	ความหนาแน่นของอากาศล้อม, kg/m^3
g	คือ	ความเร่งอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก, m/s^2

สารบัญสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

w.b.	คือ	wet basis
d.b.	คือ	dry basis
kg	คือ	kilogram
m	คือ	meter
min	คือ	minuter
mm	คือ	millimeter
m ²	คือ	square meter
m ³	คือ	cubic meter
N	คือ	newton
kg/m ³	คือ	kilogram per cubic meter
kg/kmol	คือ	kilogram per kilomolecular
kg/h	คือ	kilogram per hour
kg/s	คือ	kilogram per second
kJ/kmol	คือ	kilojoule per kilomolecular
kJ/kg	คือ	kilojoule per kilogram
m ² /s	คือ	square meter per second
m/s	คือ	meter per second
mm/s	คือ	millimeter per second