

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ด
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	6
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ความรู้พื้นฐานของการอบแห้ง	7
2.2 สมการจลนศาสตร์การอบแห้ง	8
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง	12
2.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้ง	14
บทที่ 3 การออกแบบเครื่องอบแห้งที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ	
3.1 เงื่อนไขในการออกแบบเครื่องอบแห้ง	20
3.2 การคำนวณหาขนาดของห้องอบแห้ง	20
3.3 การคำนวณหาขนาดของขดลวดความร้อน	22
3.4 การคำนวณหาความดันสูญเสียของชิ้นส่วนต่างๆเครื่องอบแห้ง	25
3.5 การเลือกขนาดพัดลม	27
3.6 การคำนวณหากำลังงานของเครื่องอบแห้ง	28
3.7 รายละเอียดของเครื่องอบแห้งอเนกประสงค์ขนาดห้องปฏิบัติการ	29

## บทที่ 4 วิธีดำเนินงานวิจัย

4.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	31
4.2 การทดสอบหาความสม่ำเสมอของการกระจายลมในห้องอบแห้ง	31
4.3 การทดสอบหาความสม่ำเสมอของอุณหภูมิในห้องอบแห้ง	32
4.4 การทดสอบการเปรียบเทียบการทดลองที่ออกแบบกับการทดลอง	32
4.5 การทดสอบความสม่ำเสมอของความชื้นของผลิตภัณฑ์	33
4.6 การทดสอบหาของเงื่อนไขการอบแห้งที่มีต่อแรงลอยตัว	33
4.7 การทดสอบอุณหภูมิเนื้อลำไยทั้งลูก	34
4.8 การทดสอบหาความเปลี่ยนแปลงพลังงานจำเพาะที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของการอบแห้งลำไย	34
4.9 การทดสอบหาความเปลี่ยนแปลงพลังงานจำเพาะที่มีอิทธิพลต่ออัตราการไหลของการอบแห้งลำไย	34
4.10 การวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงพลังงานในการอบแห้ง	35

## บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์

5.1 ผลการทดสอบการกระจายลมภายในห้องอบแห้ง	36
5.2 ความสม่ำเสมอของอุณหภูมิในห้องอบแห้ง	36
5.3 การเปรียบเทียบการทดลองที่ออกแบบกับการทดลอง	37
5.4 ผลการวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของความชื้นของลำไยอบแห้งทั้งลูก	38
5.5 เงื่อนไขการอบแห้งที่มีผลต่อแรงลอยตัว	39
5.6 การวัดอุณหภูมิของเนื้อลำไยขณะอบแห้ง	40
5.7 การวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลการทดลองอบแห้ง	42
5.8 ผลของอุณหภูมิมรรันที่มีผลต่อความเปลี่ยนแปลงพลังงานจำเพาะ	45
5.9 อิทธิพลของอัตราการไหลที่มีผลต่อความเปลี่ยนแปลงพลังงานจำเพาะ	46

## บทที่ 6 สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิเคราะห์	47
6.2 ข้อเสนอแนะ	47

## เอกสารอ้างอิง

## ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	52
ภาคผนวก ข	ข้อมูลการทดลองอบแห้ง	55
ภาคผนวก ค	ข้อมูลการวัดอุณหภูมิและความเร็วลม	62
ภาคผนวก ง	การคำนวณความชื้นวัสดุ	69
	การวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด	70
	การวิเคราะห์ความแปรปรวน	73
ภาคผนวก จ	แบบเครื่องอบแห้ง	75
ภาคผนวก ฉ	ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้งในห้องปฏิบัติการ	95
ภาคผนวก ช	การคำนวณหาความดันสูญเสียน้ำของเครื่องอบแห้งและกราฟแสดงสมรรถนะของพัดลม	98
ภาคผนวก ซ	บทความตีพิมพ์	108
ประวัติผู้เขียน		115

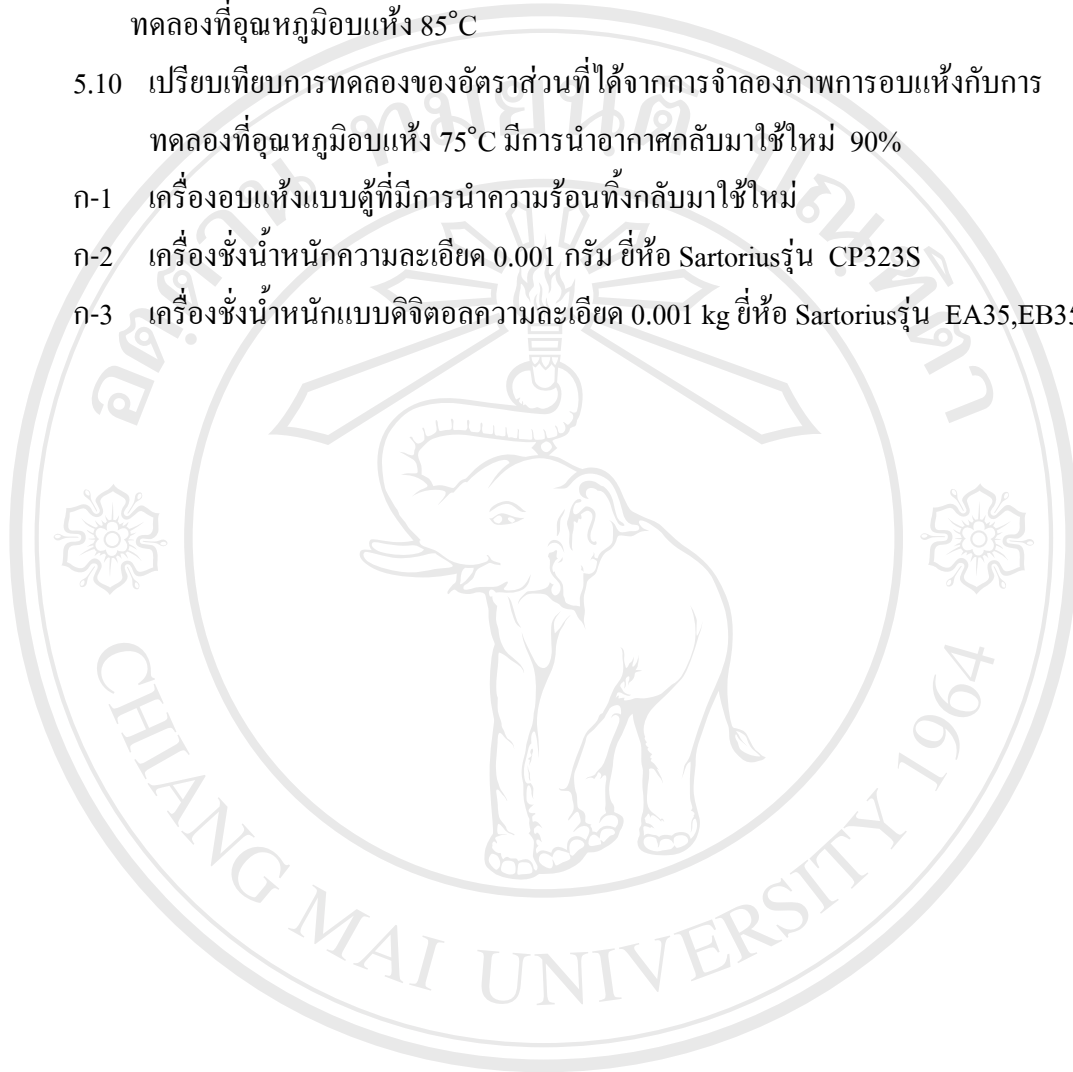
สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 สมการความสัมพันธ์ของค่าคงที่การอบแห้งกับอุณหภูมิของอากาศอบแห้งของวัสดุ	11
2.2 สมการความสัมพันธ์ของค่าคงที่ในสมการของ Page	12
5.1 อุณหภูมิในห้องอบแห้งที่ตำแหน่งต่างๆ	37
5.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบที่จุดออกแบบกับจุดการทดลอง	38
5.3 ความชื้นของลำไยหลังจากการอบแห้งที่ตำแหน่งชั้นล่างชั้นกลางและชั้นบนเมื่ออบแห้งด้วยอุณหภูมิต่างๆ	38
5.4 ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่ได้จากการทดลองและการจำลองสภาพการอบแห้งที่อุณหภูมิการอบแห้งต่างๆ	45
5.5 ค่าเปรียบเทียบพลังงานจำเพาะที่อุณหภูมิ 75 °C ที่อัตราการไหลที่ค่าต่างๆ โดยที่ Recycle ทำกับ 0 %	46
ข.1 ข้อมูลการทดลองและผลการคำนวณอัตราส่วนความชื้นของลำไยทั้งลูกอุณหภูมิ 65 °C	56
ข.2 ข้อมูลการทดลองและผลการคำนวณอัตราส่วนความชื้นของลำไยทั้งลูกอุณหภูมิ 75 °C	58
ข.3 ข้อมูลการทดลองและผลการคำนวณอัตราส่วนความชื้นของลำไยทั้งลูกอุณหภูมิ 85 °C	61
ค.1 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆในหน้าตัดของห้องอบแห้งเมื่อลมร้อนเข้าห้องอบแห้ง อุณหภูมิ 65 °C	63
ค.2 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆในหน้าตัดของห้องอบแห้งเมื่อลมร้อนเข้าห้องอบแห้ง อุณหภูมิ 75 °C	63
ค.3 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆในหน้าตัดของห้องอบแห้งเมื่อลมร้อนเข้าห้องอบแห้ง อุณหภูมิ 85 °C	64
ค.4 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆในหน้าตัดของห้องอบแห้งเมื่อลมร้อนเข้าห้องอบแห้ง อุณหภูมิ 95 °C	64
ค.5 อุณหภูมิลำไยภายในห้องอบแห้งขณะทำการอบแห้งลำไยที่ 65 °C	65
ค.6 อุณหภูมิลำไยภายในห้องอบแห้งขณะทำการอบแห้งลำไยที่ 75 °C	66
ค.7 อุณหภูมิลำไยภายในห้องอบแห้งขณะทำการอบแห้งลำไยที่ 85 °C	67
ค.8 ตารางค่าความเร็วลมในห้องอบแห้งที่ตำแหน่งต่างๆ	68

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 การอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และลดลงที่มาก : Brooker <i>et al.</i> (1981)	7
2.2 ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งเอนกประสงค์ในห้องปฏิบัติการ	14
3.1 แผนผังการจำลองสภาพของการอบแห้ง	24
3.2 ความชื้นของลำไยที่เวลาที่เวลาใดๆจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้ง 75 °C ความเร็วลมก่อนเข้าห้องอบแห้ง 0.7 m/s และสัดส่วนนำอากาศมาใช้ใหม่ที่ 90%	25
3.3 รายละเอียดของเครื่องอบแห้งเอนกประสงค์ในห้องปฏิบัติการ	30
3.4 เครื่องอบแห้งลมร้อนสำหรับห้องปฏิบัติการ	30
4.1 ตำแหน่งการทดสอบความเร็วลมที่พื้นที่หน้าตัดห้องอบแห้ง	32
4.2 ตำแหน่งการทดสอบวัดอุณหภูมิที่พื้นที่หน้าตัดห้องอบแห้ง	32
4.3 ตำแหน่งการวัดความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ที่พื้นที่หน้าตัดห้องอบแห้ง	33
4.4 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิเนื้อลำไย	34
5.1 ความเร็วลมในห้องอบแห้งที่ตำแหน่งต่างๆ	36
5.2 ค่าแรงลอยตัวของลำไยในระหว่างการอบแห้งที่ ความเร็วลม 0.7 m/s ความหนา 20 cm และอุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 °C	39
5.3 ค่าแรงลอยตัวเมื่ออบแห้งลำไยที่มีความหนา 5, 10, 15 และ 20 cm. ความเร็วลม 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 m/s และที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม	40
5.4 อุณหภูมิภายในเนื้อลำไยขณะอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C	41
5.5 อุณหภูมิภายในเนื้อลำไยขณะอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 °C	41
5.6 อุณหภูมิภายในเนื้อลำไยขณะอบแห้งที่อุณหภูมิ 85 °C	42
5.7 เปรียบเทียบการทดลองของอัตราส่วนที่ได้จากการจำลองภาพการอบแห้งกับการทดลองที่อุณหภูมิอบแห้ง 65 °C	43
5.8 เปรียบเทียบการทดลองของอัตราส่วนที่ได้จากการจำลองภาพการอบแห้งกับการ	43

ทดลองที่อุณหภูมิอบแห้ง 75°C	
5.9	เปรียบเทียบการทดลองของอัตราส่วนที่ได้จากการจำลองภาพการอบแห้งกับการทดลองที่อุณหภูมิอบแห้ง 85°C 44
ทดลองที่อุณหภูมิอบแห้ง 85°C	
5.10	เปรียบเทียบการทดลองของอัตราส่วนที่ได้จากการจำลองภาพการอบแห้งกับการทดลองที่อุณหภูมิอบแห้ง 75°C มีการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ 90% 44
ก-1	เครื่องอบแห้งแบบตู้ที่มีการนำความร้อนที่กลับมาใช้ใหม่ 53
ก-2	เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 0.001 กรัม ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP323S 53
ก-3	เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลความละเอียด 0.001 kg ยี่ห้อ Sartorius รุ่น EA35,EB35 54



อักษรย่อและสัญลักษณ์

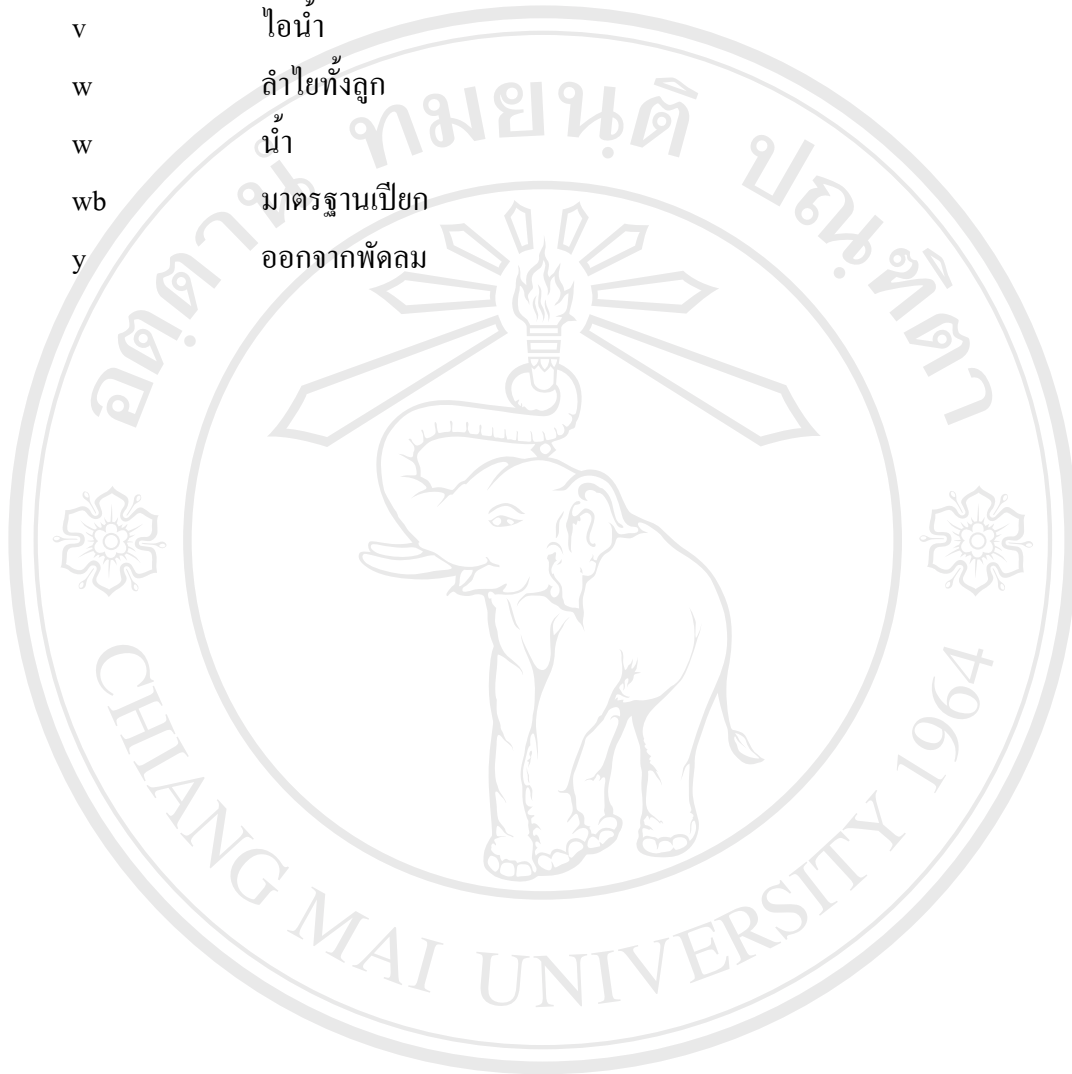
A	พื้นที่, $m^2$
C	ความจุความร้อนจำเพาะ, $kJ/kg\ ^\circ C$
D	สัมประสิทธิ์การแพร่ปรากฏ, $m^2/h$
$E_{fan}$	ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ให้มอเตอร์ของพัดลม, $kJ/h$
F	แรงลอยตัว, N
$h'$	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน, $kJ/m^2\ ^\circ C h$
$h_{fg}$	ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ, $kJ/kg$
k	ค่าคงที่การอบแห้ง, $h^{-1}$
$k$	ค่าคงที่ของการนำความร้อน, $W/(m.K)$
L	ความหนาของชั้นลำไย, m
M	ความชื้น, เศษส่วนมาตรฐานแห้ง
MR	อัตราส่วนความชื้น
m	มวล, kg
$\dot{m}$	อัตราการไหลเชิงมวล, $kg_{dry\ air}/h$
P	ความดัน มีค่าเท่ากับ 101.325 kPa
$P_v$	ความดันไอน้ำ, kPa
$P_{vs}$	ความดันไออิ่มตัว, kPa
$\Delta P$	ความดันลดของระบบอบแห้ง, Pa
$P_m$	ขนาดมอเตอร์, W
$Q_a$	ขนาดขดลวดความร้อน, kW
$Q_h$	ความสิ้นเปลืองพลังงานความร้อน, $kJ/h$
R	ค่าคงที่สากลของก๊าซ 8.314, $kJ/kg.mol.K$
RC	อัตราส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่, เศษส่วน
RH	ความชื้นสัมพัทธ์, เศษส่วน
r	รัศมี, m
$r_i$	รัศมีภายใน, m
$r_o$	รัศมีภายนอก, m

SAF	อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ, $\text{kg dry air / h} - \text{kg}_{\text{dry solid}}$
SEC	ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ, $\text{MJ/kg}_{\text{water}}$
T	อุณหภูมิ, $^{\circ}\text{C}$
t	เวลา, h
V	ปริมาตร, $\text{m}^3$
v	ความเร็วลม, $\text{m/s}$
W	อัตราส่วนความชื้นของอากาศ, $\text{kg}_{\text{water}} / \text{kg}_{\text{dry air}}$
W	มวล, kg
$W_s$	งานเพลลา, kJ
$\mu_a$	ความหนืดสัมบูรณ์, $\text{kg/m.s}$
$\eta_f$	ประสิทธิภาพของพัดลม, ทศนิยม
$\eta_m$	ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า, ทศนิยม
$\rho$	ความหนาแน่น, $\text{kg/m}^3$
$\epsilon$	สัดส่วนช่องว่างอากาศ, เศษส่วน

สัญลักษณ์กำกับล่าง

a	อากาศแห้ง
abs	อุณหภูมิสัมบูรณ์
amb	อากาศแวดล้อม
ave	เฉลี่ย
b	อากาศที่ออกจากพัดลม
db	มาตรฐานแห้ง
eq	สถานะสมดุล
f	อากาศที่ออกจากชั้นอบแห้งชั้น
fn	อากาศที่ออกจากชั้นอบแห้งชั้นๆ
i	เข้าห้องอบ
in	เริ่มต้น
mix	ผสม
o	รัศมีภายนอก
pn	ชั้นอบแห้งชั้นๆ

p เมล็ดพืชแห้ง  
rc อัตราส่วนอากาศที่นำกลับมาใช้ใหม่  
v ไอน้ำ  
w ลำไยทั้งลูก  
w น้ำ  
wb มาตรฐานเปียก  
y ออกจากพัสดม



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright © by Chiang Mai University  
 All rights reserved