

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญรูป	ญ
สัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย	24
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	40
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	91
เอกสารอ้างอิง	95
ภาคผนวก	99
ประวัติผู้เขียน	116

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4-1 การวิเคราะห์ค่าการวัดสี่ (ค่า $L$ , $a$ และ $b$ ) ของหอมหัวใหญ่อบแห้ง ชั้นความหนา 1 cm ด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าประเภทถาด	51
4-2 การวิเคราะห์ค่าความชื้นมาตรฐานเปียก และค่า $A_w$ ของหอมหัวใหญ่ อบแห้ง ชั้นความหนา 1 cm ด้วยเครื่องอบแห้งไฟฟ้าประเภทถาด	52
4-3 ค่าความเร็วลมในแต่ละชั้นเมื่อลมขาออกมีทิศขึ้น	55
4-4 ค่าความเร็วลมในแต่ละชั้นเมื่อลมขาออกมีทิศลง	55
4-5 การวิเคราะห์ค่าการวัดสี่ (ค่า $L$ , $a$ และ $b$ ) ของหอมหัวใหญ่อบแห้ง วิธีต่างๆ ด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อนประเภทถาด	75
4-6 การวิเคราะห์ค่าความชื้นมาตรฐานเปียก และค่า $A_w$ ของหอมหัวใหญ่ อบแห้ง วิธีต่างๆ ด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อนประเภทถาด	76
4-7 การวิเคราะห์การทดสอบการคืนตัวของหอมหัวใหญ่อบแห้งวิธีต่างๆ ด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน ประเภทถาด	77
4-8 ต้นทุนการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้งต่อกิโลกรัมแห้ง ที่อบแห้งด้วยวิธี ต่างๆ จำแนกตามรายการต้นทุน	89
4-9 การวิเคราะห์ทางการเงินของการอบแห้งหอมหัวใหญ่หั่นวิธีที่ 9	90
4-10 ต้นทุนการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้งต่อกิโลกรัมแห้ง ที่อบแห้งด้วยวิธี ต่างๆ เมื่อคิดค่าใช้จ่ายการหั่นด้วยเครื่องหั่นหอมหัวใหญ่ จำแนกตาม รายการต้นทุน	90

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 ความสัมพันธ์ของค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดของอาหาร และระยะเวลาในการเก็บรักษา	12
2-2 ลักษณะของเครื่องอบแห้งประเภทถาด	19
2-3 เครื่องอบแห้งประเภทถาดที่มีตัวให้ความร้อนเพิ่ม	20
3-1 เครื่องอบแห้งไฟฟ้า ประเภทถาด	25
3-2 ไดอะแกรมเครื่องอบแห้งไฟฟ้า ประเภทถาด	26
3-3 เครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางการลมร้อน ประเภทถาด	28
3-4 ลักษณะตู้อบแห้งแบบสลับทิศทางการลมร้อน	28
3-5 ไดอะแกรมแสดงทิศทางการไหลของลมร้อนในเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางการลมร้อน	29
3-6 เครื่องวัด Aw	30
3-7 เครื่องวัดสี	30
3-8 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยเครื่อง suction และ Buchner funnel ขนาด 7.5 cm	31
4-1 กราฟอุณหภูมิอากาศขาเข้า และอุณหภูมิอากาศขาออกในการอบแห้งหอมหัวใหญ่ โดยใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้า ประเภทถาด	41
4-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นมาตรฐานเปียกของหอมหัวใหญ่ และเวลาอบแห้ง เมื่ออบด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60°C , 70°C และ 80°C โดยใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้า ประเภทถาด	42
4-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้นของหอมหัวใหญ่ และความชื้นมาตรฐานแห้ง เมื่ออบด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60°C , 70°C และ 80°C โดยใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้า ประเภทถาด	44
4-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้นของหอมหัวใหญ่ และเวลาอบแห้ง เมื่ออบด้วยลมร้อน 60°C , 70°C และ 80°C โดยใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าประเภทถาด	44

รูปที่	หน้า
4-5 กราฟอุณหภูมิอากาศขาเข้า และอุณหภูมิอากาศขาออกในการอบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60°C , 70°C , 80°C และการลดอุณหภูมิ โดยใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้า ประเภทถาด	46
4-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นมาตรฐานเปียกของหอมหัวใหญ่ และเวลาอบแห้ง เมื่ออบด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60°C , 70°C , 80°C และการอบแบบลดอุณหภูมิ โดยใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้า ประเภทถาด	47
4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้นของหอมหัวใหญ่ และความชื้นมาตรฐานแห้ง เมื่ออบด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60°C, 70°C, 80°C และการอบแบบลดอุณหภูมิ โดยใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าประเภทถาด	49
4-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้นของหอมหัวใหญ่ และเวลาอบแห้ง เมื่ออบด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60°C , 70°C , 80°C และการอบแบบลดอุณหภูมิ โดยใช้เครื่องอบแห้งไฟฟ้าประเภทถาด	49
4-9 ตำแหน่งการวัดการกระจายลม และทิศทางการไหลของลมในตู้อบแห้ง	53-54
4-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาออก และเวลาอบแห้งหอมหัวใหญ่เมื่ออบที่ชั้นความหนา 1 cm(ก) 1.25cm(ข) 1.50cm(ค) ด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60°C, 70°C และ 80°C โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน	58
4-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาออก และเวลาอบแห้งหอมหัวใหญ่เมื่ออบที่ชั้นความหนา 1 cm 1.25cm และ 1.50 cm ด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60°C (ก) 70°C (ข) และ 80°C (ค) โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน	59
4-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้น และความชื้นมาตรฐานแห้งของหอมหัวใหญ่ที่ชั้นความหนา 1 cm (ก) 1.25 cm (ข) และ 1.50 cm (ค) ใช้ลมร้อน 60°C อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน สลับทิศทางลมร้อนทุก 2 ชั่วโมง	62
4-13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้น และความชื้นมาตรฐานแห้งของหอมหัวใหญ่ที่ชั้นความหนา 1 cm (ก) 1.25 cm (ข) และ 1.50 cm (ค) ใช้ลมร้อน 70°C อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน สลับทิศทางลมร้อนทุก 2 ชั่วโมง	63

รูปที่	หน้า
4-14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้น และความชื้นมาตรฐานแห้งของหอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1 cm (ก) 1.25 cm (ข) และ 1.50 cm (ค) ใช้ลมร้อน 80°C อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน สลับทิศทางลมร้อนทุก 2 ชั่วโมง	64
4-15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้น และเวลาอบแห้งของหอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1 cm (ก) 1.25 cm (ข) และ 1.50 cm (ค) ใช้ลมร้อน 60°C อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน สลับทิศทางลมร้อนทุก 2 ชั่วโมง	65
4-16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้น และเวลาอบแห้งของหอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1 cm (ก) 1.25 cm (ข) และ 1.50 cm (ค) ใช้ลมร้อน 70°C อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน สลับทิศทางลมร้อนทุก 2 ชั่วโมง	66
4-17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้น และเวลาอบแห้งของหอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1 cm (ก) 1.25 cm (ข) และ 1.50 cm (ค) ใช้ลมร้อน 80°C อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน สลับทิศทางลมร้อนทุก 2 ชั่วโมง	67
4-18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้น และความชื้นมาตรฐานแห้งของหอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1 cm (ก) 1.25 cm (ข) และ 1.50 cm (ค) อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน สลับทิศทางลมร้อนทุก 2 ชั่วโมง	69
4-19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้น และเวลาอบแห้งของหอมหัวใหญ่อบแห้ง ใช้ลมร้อนอุณหภูมิ 60°C (ก) 70°C (ข) และ 80°C (ค) อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน สลับทิศทางลมร้อนทุก 2 ชั่วโมง	71
4-20 หอมหัวใหญ่หั่นสดก่อนอบแห้ง	78
4-21 หอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1 cm หลังอบแห้งด้วยลมร้อน 60°C	79
4-22 หอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1.25 cm หลังอบแห้งด้วยลมร้อน 60°C	80
4-23 หอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1.50 cm หลังอบแห้งด้วยลมร้อน 60°C	81
4-24 หอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1 cm หลังอบแห้งด้วยลมร้อน 70°C	82

4-25	หอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1.25 cm หลังอบแห้งด้วยลมร้อน 70°C	83
4-26	หอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1.50 cm หลังอบแห้งด้วยลมร้อน 70°C	84
4-27	หอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1 cm หลังอบแห้งด้วยลมร้อน 80°C	85
4-28	หอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1.25 cm หลังอบแห้งด้วยลมร้อน 80°C	86
4-29	หอมหัวใหญ่หั่นชั้นความหนา 1.50 cm หลังอบแห้งด้วยลมร้อน 80°C	87

## สัญลักษณ์และคำย่อ

ERH	=	ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Relative Humidity)
Mw	=	ความชื้นมาตรฐานเปียก, %
Md	=	ความชื้นมาตรฐานแห้ง, %
Aw	=	Water activity, ทศนิยม
T	=	Temperature, °C
Twb	=	Temperature (wet bulb), °C
Tdb	=	Temperature (dry bulb), °C
W	=	อัตราส่วนความชื้น, kg/kg-dry air
RH	=	ความชื้นสัมพัทธ์, %
D	=	Depth, cm
R	=	Drying rate, kg/m <sup>2</sup> .hr
A	=	ต้นทุนค่าใช้จ่ายเครื่องอบแห้งต่อกิโลกรัมแห้ง (บาท/กิโลกรัมแห้ง)
V	=	ราคาเครื่องอบแห้ง, บาท
S	=	มูลค่าซาก, บาท
Y	=	อายุการใช้งาน, ปี
M	=	ระยะเวลาการอบแห้งหอมหัวใหญ่, เดือน
W <sub>D</sub>	=	น้ำหนักหอมหัวใหญ่แห้งที่ผลิตได้ใน 1 ปี, กิโลกรัม
P <sub>d</sub>	=	ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน, บาท/กิโลกรัมแห้ง
i	=	อัตราดอกเบี้ย, %
I	=	ต้นทุนค่าใช้จ่ายเครื่องอบแห้ง, บาท/กิโลกรัมแห้ง
P <sub>m</sub>	=	ค่าวัสดุคิบ, บาทต่อกิโลกรัมแห้ง
W <sub>m</sub>	=	น้ำหนักสดวัสดุคิบที่ใช้อบแห้งแต่ละครั้งของแต่ละวิธี, กิโลกรัม
P	=	ราคาวัสดุคิบต่อหน่วย, บาท/กิโลกรัมสด
W <sub>d</sub>	=	น้ำหนักแห้งหอมหัวใหญ่ที่ผลิตได้แต่ละครั้งของแต่ละวิธี, กิโลกรัม
P <sub>g</sub>	=	ค่าแก๊ส, บาทต่อกิโลกรัมแห้ง
W <sub>g</sub>	=	น้ำหนักแก๊สที่ใช้อบแต่ละครั้งของแต่ละวิธี, กิโลกรัม
G	=	ราคาแก๊สต่อน้ำหนักแก๊ส 1 กิโลกรัม, บาท
P <sub>c</sub>	=	ค่าไฟฟ้า, บาทต่อกิโลกรัมแห้ง
W <sub>c</sub>	=	หน่วยไฟฟ้าที่ใช้อบแต่ละครั้งของแต่ละวิธี, หน่วย

## สัญลักษณ์และคำย่อ

$E$	=	ราคาไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้า, บาท
$P_C$	=	ค่าหั่นหอมหัวใหญ่, บาทต่อกิโลกรัมแห้ง
$T_c$	=	เวลาที่ใช้ในการหั่นหอมหัวใหญ่, ชั่วโมงทำงาน
$L$	=	ค่าจ้างแรงงาน, บาทต่อชั่วโมงทำงาน
$P_L$	=	ค่าแรงงานในการอบแห้ง, บาทต่อกิโลกรัมแห้ง
$T_d$	=	เวลาที่ใช้ในการทำงานอบแห้งทั้งหมดจริง, ชั่วโมงทำงาน
$P_o$	=	ค่าเสียโอกาสเงินทุน, บาทต่อกิโลกรัมแห้ง
$t$	=	จำนวนวันโดยเฉลี่ยที่มีการเก็บผลผลิตเพื่อนำออกขาย, วัน
$O$	=	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ, บาทต่อกิโลกรัมแห้ง
$C$	=	ต้นทุนการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้งรวม, บาทต่อกิโลกรัมแห้ง
$\pi$	=	กำไรสุทธิ, บาทต่อกิโลกรัมแห้ง
$B$	=	รายรับจากการผลิตหอมหัวใหญ่อบแห้ง 1 กิโลกรัม, บาทต่อกิโลกรัมแห้ง
$B_c$	=	รายรับเหนือต้นทุนที่ไม่รวมค่าหั่น, บาทต่อกิโลกรัมแห้ง