

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ลำไย	4
2.2 การทำแห้ง	9
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง	14
2.4 แบบจำลองจลนพลศาสตร์ของการอบแห้ง	15
2.5 การอบแห้งโดยเทคนิคสเปาต์เดบด	16
2.6 ซอร์ปชัน ไอโซเทอร์ม (Sorption isotherm)	20
2.7 อุณหภูมิกลาสทรานซิชันและสมบัติการเกาะติดของอาหารแห้ง	31
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	32
3.1 วัตถุประสงค์	32
3.2 สารเคมี	32
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์	32
3.4 วิธีการทดลอง	33
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	38
4.1 สมบัติของเนื้อลำไยบดก่อนอบแห้ง	38
4.2 พฤติกรรมการอบแห้งและจลนพลศาสตร์การอบแห้งเนื้อลำไยบด	39

4.3 อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้ง	44
4.3.1 ประสิทธิภาพการอบแห้งและปริมาณผลิตผล (% yield)	44
4.3.2 สมบัติทางกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส ของเนื้อลำไยอบแห้ง	45
4.4 อิทธิพลของระดับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ การเก็บรักษาต่อคุณภาพของเนื้อลำไยอบแห้ง	54
4.4.1 ลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์ม	54
4.4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา	60
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	94
5.1 สรุปผลการทดลอง	94
5.2 ข้อเสนอแนะ	95
เอกสารอ้างอิง	96
ภาคผนวก	103
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี	104
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ	109
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์	116
ภาคผนวก ง แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	121
ภาคผนวก ฉ รูปภาพ	123
ประวัติผู้เขียน	127

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของลำไยอบแห้ง	7
2.2 ความสำคัญของค่า $a_w$ ต่ออาหาร	9
2.3 ข้อดีและข้อจำกัดของสเปาเต็คเบด	18
2.4 ค่า $a_w$ ของสารละลายเกลือที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	23
2.5 ปริมาณความชื้นชั้นเดียวของอาหารบางชนิด	25
2.6 ระดับของค่า $a_w$ ที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์	27
3.2 สารละลายเกลือที่ใช้สำหรับปรับระดับความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศการเก็บรักษา	36
4.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของเนื้อลำไยคอบก่อนการอบแห้ง	38
4.2 ค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองจลนพลศาสตร์การอบแห้งของเนื้อลำไยคอบ	44
4.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและปริมาณผลผลิตของกระบวนการอบแห้ง	45
4.4 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อลำไยคอบแห้ง	53
4.5 ค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Oswin	56
4.6 ค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Henderson	56
4.7 ค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Halsey	57
4.8 ค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ Smith	57
4.9 ค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ BET	58
4.10 ค่าคงที่ของแบบจำลองซอร์ปชันไอโซเทอร์มของ GAB	58
4.11 สัมประสิทธิ์ในการทำนายแบบจำลองคณิตศาสตร์ต่างๆ	59
4.12 ค่าความสว่าง (L) ของเนื้อลำไยคอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	62
4.13 ค่า $a^*$ ของเนื้อลำไยคอบแห้ง ระหว่างการเก็บรักษา	64
4.14 ค่า $b^*$ ของเนื้อลำไยคอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	66
4.15 ผลต่างของค่าสี ( $\Delta E$ ) ของเนื้อลำไยคอบแห้ง วันที่ 0 และ 30	68
4.16 ความสามารถในการไหล (องศาของมุมลาดเอียง) ของเนื้อลำไยคอบแห้ง ระหว่างการเก็บรักษา	70

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.17 ความสามารถในการละลาย ของเนื้อลำไยคอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	72
4.18 ค่าการคืนรูปของเนื้อลำไยคอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	75
4.19 อุณหภูมิกลาสทรานซิชัน ( $T_g$ ) (องศาเซลเซียส) ของเนื้อลำไยคอบแห้ง ระหว่างการเก็บรักษา	78
4.20 ปริมาณความชื้นของเนื้อลำไยคอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	83
4.21 ค่า $a_w$ ของเนื้อลำไยคอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	85
4.22 ของแข็งทั้งหมดของเนื้อลำไยคอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา	87
4.23 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อลำไยคอบแห้ง ระหว่างการเก็บรักษา	89
2.24 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) ของเนื้อลำไยคอบแห้งในระหว่าง การเก็บรักษา	92
2.25 จำนวนยีสต์และรา (CFU/g) ของเนื้อลำไยคอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา	93

## สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 การเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากชิ้นอาหารระหว่างการทำแห้ง	11
2.2 เส้นกราฟการทำแห้ง	12
2.3 กราฟอัตราการทำแห้ง	13
2.4 แสดงลักษณะการเกิดสเปาต์เด็ค	17
2.5 adsorption isotherm ของสารประเภท hygroscopic product (A) และ non-hygroscopic product (B)	21
2.6 ซอร์ปชันไอโซเทอร์ม	21
2.7 ซอร์ปชันไอโซเทอร์มของอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลหรือเกลือสูงและ มี Capillary adsorption ต่ำ	22
2.8 ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารที่ระดับวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) ต่างๆ	26
4.1 การลดลงของความชื้นระหว่างการอบแห้งเนื้อลำไยบดโดยเทคนิคสเปาต์เด็ค ร่วมกับอนุภาคเหนียว	39
4.2 อัตราการอบแห้งเนื้อลำไยบดโดยวิธีสเปาต์เด็คร่วมกับอนุภาคเหนียว	40
4.3 อัตราการอบแห้งเนื้อลำไยบดโดยวิธีสเปาต์เด็คร่วมกับอนุภาคเหนียว ที่อุณหภูมิร้อน 70 องศาเซลเซียส	41
4.4 อัตราการอบแห้งเนื้อลำไยบดโดยวิธีสเปาต์เด็คร่วมกับอนุภาคเหนียว ที่อุณหภูมิร้อน 80 องศาเซลเซียส	41
4.5 อัตราการอบแห้งเนื้อลำไยบดโดยวิธีสเปาต์เด็คร่วมกับอนุภาคเหนียว ที่อุณหภูมิร้อน 90 องศาเซลเซียส	42
4.6 สัดส่วนความชื้นของเนื้อลำไยในระหว่างการอบแห้งโดยวิธีสเปาต์เด็ค ร่วมกับอนุภาคเหนียว	43
4.7 การเปลี่ยนแปลงของค่า L ของเนื้อลำไยระหว่างการอบแห้ง	46
4.8 การเปลี่ยนแปลงของค่า $a^*$ ของเนื้อลำไยระหว่างการอบแห้ง	47
4.9 การเปลี่ยนแปลงของค่า $b^*$ ของเนื้อลำไยระหว่างการอบแห้ง	47

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.10 การเปลี่ยนแปลงของค่า $\Delta E$ ของค่าสีของเนื้อลำไยระหว่างการอบแห้ง	48
4.11 การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการไหลของเนื้อลำไยระหว่างการอบแห้ง	49
4.12 การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการคืนรูปของเนื้อลำไยระหว่างการอบแห้ง	50
4.13 ปริมาณความชื้นของเนื้อลำไยระหว่างการอบแห้ง	51
4.14 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของเนื้อลำไยระหว่างการอบแห้ง	51
4.15 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของเนื้อลำไยระหว่างการอบแห้ง	52
4.16 ซอร์ปชันไอโซเทอร์มของเนื้อลำไยคอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ	54
ฉ-1 เนื้อลำไยคอบก่อนการอบแห้ง	124
ฉ-2 เม็ดพลาสติกเทฟลอนที่ใช้เป็นอนุภาคเฉื่อย	124
ฉ-3 เครื่องอบแห้ง Spouted bed (ดัดแปลงจากเครื่อง Fluid bed)	124
ฉ-4 ลักษณะการอบแห้งเนื้อลำไยคอบโดยใช้สเปาต์เบดร่วมกับอนุภาคเฉื่อย	125
ฉ-5 ผลลัพท์เนื้อลำไยคอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 80 นาที	125
ฉ-6 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)	126
ฉ-7 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity meter)	126
ฉ-8 เครื่องวิเคราะห์อุณหภูมิกลาสทรานซิชัน Differential Scanning Calorimeter	126