

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญภาพ	(ฉ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 หลักทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 หลักการพื้นฐานของเทคโนโลยีการอบแห้ง	4
2.1.1 สมบัติของวัตถุดิบ	4
2.1.2 สมบัติของอากาศชื้น	7
2.1.3 ทฤษฎีการอบแห้ง	8
2.1.4 ผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการอบแห้ง	11
2.1.5 ประเภทของการอบแห้ง	11
2.2 การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	12
2.2.1 เครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนตามธรรมชาติ	12
2.2.2 เครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนโดยบังคับอากาศ	13
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	30
3.1 การออกแบบเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมรูปพาราโบลาที่ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตปิดด้านบน	30
3.2 การเลือกวัสดุและอุปกรณ์	34
3.2.1 วัสดุโปร่งแสงปิดด้านบน	34
3.2.2 แผ่นฉนวนด้านล่าง	36
3.3 สำรวจพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	37
3.4 การสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม	38
3.4.1 แผ่นฉนวนกันความร้อนด้านล่าง	38
3.4.2 แผงรับรังสีดวงอาทิตย์	39
3.4.3 ส่วนตากแห้งผลิตภัณฑ์	41
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล	42
4.1 การทดสอบสมรรถนะเครื่องอบแห้ง	42
4.1.1 อุปกรณ์การวัดและบันทึกข้อมูล	42
4.1.2 วิธีการทดลอง	46
4.2 ผลการทดลอง	48
4.2.1 การทดลองครั้งที่ 1	48
4.2.2 การทดลองครั้งที่ 2	55
4.3 การคำนวณค่าประสิทธิภาพเครื่องอบแห้ง	62
4.4 สรุปผลการทดลอง	63
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	64
5.1 สรุปผล และอภิปรายผล	64
5.2 ข้อเสนอแนะ	65
บรรณานุกรม	66
ภาคผนวก	70
ประวัติผู้วิจัย	72

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงแผนภูมิน้ำประเภตต่างๆ ในวัตถุขึ้น	5
รูปที่ 2.2 กราฟแสดง sorption isotherm ของผลิตผลการเกษตรทั่วไป	6
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงการแปรค่าของความร้อนแฝงของผลิตผลการเกษตร (Sodha et al., 1987)	6
รูปที่ 2.4 แสดงแผนภูมิอากาศชื้นและการเปลี่ยนแปลงสมบัติของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง (Sodha et al., 1987)	8
รูปที่ 2.5 แสดงการถ่ายเทมวลและความร้อนในการอบแห้ง	9
รูปที่ 2.6 กราฟแสดงการลดลงของความชื้นในการอบแห้งผลิตผลการเกษตรทั่วไป (Sodha et al., 1987)	9
รูปที่ 2.7 กราฟแสดงอัตราการแห้งของผลิตผลการเกษตรระหว่างการอบแห้ง (Sodha et al., 1987)	10
รูปที่ 2.8 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับแสงอาทิตย์โดยตรง (Sodha et al., 1987)	13
รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Bala, 1998)	13
รูปที่ 2.10 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงและใช้พัดลม (Sodha et al., 1987)	14
รูปที่ 2.11 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อมและใช้พัดลมดูดอากาศ	14
รูปที่ 2.12 เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นโดย Exell และ Kornnsakoo (1977)	15
รูปที่ 2.13 เครื่องอบแห้งที่พัฒนาโดย Wibulswas และคณะ (1977)	16
รูปที่ 2.14 เครื่องอบแห้งแบบตู้ที่พัฒนาโดย Wibulswas และ Thaina (1980)	16
รูปที่ 2.15 โรงบ่มใบยาสูบซึ่งใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม (Boon-Long et al., 1984)	17
รูปที่ 2.16 เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นโดย Thongprasert และคณะ (1985)	17
รูปที่ 2.17 ตู้เก็บและอบแห้งข้าวซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Soponronnarit และคณะ (1986)	18
รูปที่ 2.18 ตู้เก็บและอบแห้งข้าวที่พัฒนาขึ้นโดย Praditwong และ Janjai (1990)	19
รูปที่ 2.19 แสดงเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นโดย Rakwichian และ Sudaprasert (1990)	20
รูปที่ 2.20 แสดงโรงอบแห้งที่พัฒนาขึ้นโดย Exell (1990)	20
รูปที่ 2.21 เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นโดย ณัฐวุฒิ คุชฎี (2534)	21
รูปที่ 2.22 แสดงเครื่องอบแห้งที่ พัฒนาขึ้นสำหรับเขตแห้งแล้ง โดย Lutz et al. (1987)	22

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.23 แสดงเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นสำหรับเขตร้อนชื้น โดย Eddy et al. (1991)	22
รูปที่ 2.24 แสดงเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นโดย Janjai และ Hirunlabh (1993)	23
รูปที่ 2.25 แสดงแผงโซลาร์เซลล์และพัดลมที่ติดตั้งเข้ากับเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลม (Esper, 1994)	23
รูปที่ 2.26 แสดงส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม (Esper, 1995)	24
รูปที่ 2.27 แสดงส่วนประกอบของส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (Esper, 1995)	24
รูปที่ 2.28 แสดงส่วนประกอบของส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ (Esper, 1995)	25
รูปที่ 2.29 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ติดตั้งในโครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดา	25
รูปที่ 2.30 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้นโดย Janjai et al. (1998)	26
รูปที่ 2.31 แสดงลักษณะโครงสร้างข้างของเครื่องอบแห้ง (ธาดา แก้วประเสริฐ, 2003)	27
รูปที่ 2.32 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ออกแบบขึ้น (ธาดา แก้วประเสริฐ, 2003)	27
รูปที่ 2.33 แสดงภาพถ่ายเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนต เป็นฉนวนโปร่งแสง	28
รูปที่ 2.34 แสดงภาพถ่ายเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ใช้แผ่นกระจกใสเป็นฉนวน โปร่งแสง พัฒนาขึ้นโดย Janjai et al. (2006)	28
รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้ง (ก) ส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ และ (ข) ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์	31
รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ออกแบบขึ้นใหม่	32
รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างและลักษณะของแผ่นโพลีคาร์บอเนตที่ใช้ในงานวิจัยนี้	35
รูปที่ 3.4 แสดงสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่นต่างๆ ของแผ่นโพลีคาร์บอเนตที่นำมาใช้งานในงานวิจัยนี้	35
รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของชุดเชื่อมต่ออะลูมิเนียม สำหรับเชื่อมรอยต่อระหว่าง แผ่นโพลีคาร์บอเนต	36
รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของแผ่นฉนวนด้านล่าง	37
รูปที่ 3.7 แสดงพื้นที่บริเวณคาคฟ้า อาคาร 14 ซึ่งเหมาะสมในการติดตั้งเครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.8 ผังแสดงที่ตั้งของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	38
รูปที่ 3.9 แสดงภาพการสร้างฉนวนกันความร้อน	38
รูปที่ 3.10 แสดงภาพการต่อโครงด้านข้างของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์	39
รูปที่ 3.11 แสดงภาพการติดตั้งแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ชั้นที่ 2	39
รูปที่ 3.12 แสดงภาพพัฒนาคูอากาศ	40
รูปที่ 3.13 แสดงภาพแผงโซลาร์เซลล์	40
รูปที่ 3.14 แสดงภาพการปิดด้านบนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต	40
รูปที่ 3.15 แสดงภาพการสร้างส่วนตากแห้งผลิตภัณฑ์	41
รูปที่ 3.16 แสดงภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมรูปพาราโบลา ที่เสร็จสมบูรณ์	41
รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งของจุดที่ทำการวัดข้อมูลในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบอุโมงค์ลมรูปพาราโบลา	42
รูปที่ 4.2 แสดงภาพถ่ายเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ยี่ห้อ Electronik รุ่น EE23	43
รูปที่ 4.3 แสดงภาพถ่ายเครื่องวัดความเร็วลมแบบ hot wire ยี่ห้อ Airflow รุ่น TA5	44
รูปที่ 4.4 แสดงภาพถ่ายไพราโนมิเตอร์ ยี่ห้อ KIPP&ZONEN รุ่น CM11	44
รูปที่ 4.5 แสดงภาพถ่ายเครื่องบันทึกข้อมูล ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น DC100	45
รูปที่ 4.6 แสดงภาพถ่ายคู่มือไฟฟ้า ยี่ห้อ Fisher Scientific รุ่น ISOTEMP	45
รูปที่ 4.7 แสดงภาพถ่ายเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล	46
รูปที่ 4.8 แสดงกล้วยน้ำว้าสุกที่ใช้ในการอบแห้ง	47
รูปที่ 4.9 แสดงภาพถ่ายกล้วยที่อบอยู่ในส่วนอบแห้งของเครื่องอบแห้ง	47
รูปที่ 4.10 แสดงภาพถ่ายกล้วยตากแห้งในเครื่องอบแห้งที่ตากเสร็จแล้ว	47
รูปที่ 4.11 แสดงการแปรค่าของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ จากการทดลอง ระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552	49
รูปที่ 4.12 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) อุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นบน ของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (T_2) และอุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นล่างของ แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (T_3) จากการทดลองระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.13 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) อุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นบนของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 1 (T_4) และอุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นล่างของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 1 (T_5) จากการทดลองระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552	50
รูปที่ 4.14 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) อุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นบนของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 2 (T_6) และอุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นล่างของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 2 (T_7) จากการทดลองระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552	50
รูปที่ 4.15 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) อุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นบนของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 3 (T_8) และอุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นล่างของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 3 (T_9) จากการทดลองระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552	51
รูปที่ 4.16 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) อุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นบนของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 4 (T_{10}) และอุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นล่างของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 4 (T_{11}) จากการทดลองระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552	51
รูปที่ 4.17 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศที่ไหลตามยาวของเครื่องอบแห้งบริเวณชั้นบน (T_2 , T_4 , T_6 , T_8 , T_{10}) จากการทดลองระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552	52
รูปที่ 4.18 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศที่ไหลตามยาวของเครื่องอบแห้งบริเวณชั้นล่าง (T_3 , T_5 , T_7 , T_9 , T_{11}) จากการทดลองระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552	52
รูปที่ 4.19 แสดงการแปรค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ จากการทดลองระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552	53
รูปที่ 4.20 แสดงการแปรค่าความต่างศักย์ที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ จากการทดลองระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.21 แสดงการแปรค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม (Rh_1) ที่ไหลตามยาวของเครื่องอบแห้งบริเวณชั้นบน (Rh_2) และอากาศที่ไหล ตามยาวของเครื่องอบแห้งบริเวณชั้นล่าง (Rh_3) จากการทดลอง ระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552	54
รูปที่ 4.22 แสดงการแปรค่าความชื้นกับเวลาของกล้วยในเครื่องอบแห้ง และที่ตากแดดภายนอก จากการทดลองระหว่างวันที่ 7-10 เมษายน พ.ศ.2552	54
รูปที่ 4.23 แสดงการแปรค่าของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ จากการทดลอง ระหว่างวันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552	56
รูปที่ 4.24 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) อุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นบน ของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (T_2) และอุณหภูมิอากาศบริเวณชั้นล่างของ แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (T_3) จากการทดลองระหว่างวันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552	56
รูปที่ 4.25 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) อุณหภูมิอากาศ บริเวณชั้นบนของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 1 (T_4) และอุณหภูมิอากาศ บริเวณชั้นล่างของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 1 (T_5) จากการทดลอง ระหว่างวันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552	57
รูปที่ 4.26 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) อุณหภูมิอากาศ บริเวณชั้นบนของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 2 (T_6) และอุณหภูมิอากาศ บริเวณชั้นล่างของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 2 (T_7) จากการทดลอง ระหว่างวันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552	57
รูปที่ 4.27 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) อุณหภูมิอากาศ บริเวณชั้นบนของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 3 (T_8) และอุณหภูมิอากาศ บริเวณชั้นล่างของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 3 (T_9) จากการทดลอง ระหว่างวันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552	58
รูปที่ 4.28 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_A) อุณหภูมิอากาศ บริเวณชั้นบนของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 4 (T_{10}) และอุณหภูมิอากาศ บริเวณชั้นล่างของส่วนอบผลิตภัณฑ์ส่วนที่ 4 (T_{11}) จากการทดลอง ระหว่างวันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.29 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศที่ไหลตามยาวของเครื่องอบแห้ง บริเวณชั้นบน ($T_2, T_4, T_6, T_8, T_{10}$) จากการทดลองระหว่าง วันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552	59
รูปที่ 4.30 แสดงการแปรค่าของอุณหภูมิอากาศที่ไหลตามยาวของเครื่องอบแห้ง บริเวณชั้นล่าง ($T_3, T_5, T_7, T_9, T_{11}$) จากการทดลองระหว่าง วันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552	59
รูปที่ 4.31 แสดงการแปรค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ จากการทดลอง ระหว่างวันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552	60
รูปที่ 4.32 แสดงการแปรค่าความต่างศักย์ที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ จากการทดลอง ระหว่างวันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552	60
รูปที่ 4.33 แสดงการแปรค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม (Rh_1) ที่ไหลตามยาวของเครื่องอบแห้งบริเวณชั้นบน (Rh_2) และอากาศที่ไหล ตามยาวของเครื่องอบแห้งบริเวณชั้นล่าง (Rh_3) จากการทดลอง ระหว่างวันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552	61
รูปที่ 4.34 แสดงการแปรค่าความชื้นกับเวลาของกล้วยในเครื่องอบแห้ง และที่ตากแดดภายนอก จากการทดลองระหว่างวันที่ 20-23 เมษายน พ.ศ.2552	61