

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ปัญหาและเหตุผลในการศึกษา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร.....	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการทำความเข้าใจแบบระเหยและการเก็บรักษาดอกไม้.....	4
2.2 ระบบการลดอุณหภูมิและการทำความเข้าใจแบบระเหย.....	10
2.3 กล้วยไม้และเกรดมาตรฐานของดอกไม้.....	24
2.4 การเก็บรักษาดอกไม้.....	29
บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการ.....	37
3.1 ทฤษฎีพลังงาน.....	37
3.2 ประสิทธิภาพของระบบทำความเข้าใจแบบระเหย.....	42
บทที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	
4.1 การคำนวณและการออกแบบ.....	44
4.2 การก่อสร้างเครื่องทำความเข้าใจแบบระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้.....	48
4.3 การจัดเตรียมการทดลอง.....	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล.....	56
5.1 การทดสอบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย.....	56
5.2 ปริมาณน้ำที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย.....	73
5.3 ประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย.....	74
5.4 ค่าการใช้พลังงาน.....	74
5.5 การตรวจสอบคุณภาพการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้.....	76
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	112
6.1 สรุปการศึกษา.....	112
6.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....	114
เอกสารอ้างอิง.....	115
ภาคผนวก.....	118
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้น.....	119
ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดสอบปริมาณการระเหยของน้ำ.....	128
ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพอะไดบาติก.....	131
ภาคผนวก ง การใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นระบบระเหยและตู้เย็น.....	133
ประวัติผู้เขียน.....	139

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 มูลค่าการส่งออกดอกกล้วยไม้รายเดือนของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2542-2547.....	2
ก.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่ อัตราการใช้ไฟต่าง ๆ โดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 %RH และ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25 องศาเซลเซียส.....	120
ก.2 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการใช้ไฟต่าง ๆ โดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 %RH และ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.7 องศาเซลเซียส.....	121
ก.3 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการใช้ไฟต่าง ๆ โดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 %RH และอุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26.1 องศาเซลเซียส.....	122
ก.4 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการใช้ไฟต่าง ๆ โดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 43 %RH และ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26 องศาเซลเซียส.....	123
ก.5 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการใช้ไฟ 13 l/min และใช้น้ำแข็งใส่ที่ถังเก็บน้ำโดยทดสอบที่อุณหภูมิ ภายนอก 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 41 %RH และ อุณหภูมิน้ำ เริ่มต้น 25.8 องศาเซลเซียส.....	124
ก.6 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการใช้ไฟ 13 l/min และ ใช้น้ำแข็งใส่ที่ถังเก็บน้ำโดยทดสอบที่อุณหภูมิ ภายนอก 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 41%RH และ อุณหภูมิน้ำ เริ่มต้น 25.9 องศาเซลเซียส.....	125
ก.7 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการใช้ไฟ 13 l/min และ ใช้น้ำแข็งใส่ที่ถังเก็บน้ำโดยทดสอบที่อุณหภูมิ ภายนอก 31 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 42 %RH และ อุณหภูมิน้ำ เริ่มต้น 26.0 องศาเซลเซียส.....	126

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.8 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการไหล 13 l/min และ ใช้น้ำแข็งใส่ที่ถังเก็บน้ำโดยทดสอบที่อุณหภูมิ ภายนอก 31 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 39 %RH และ อุณหภูมิน้ำ เริ่มต้น 25.9 องศาเซลเซียส.....	127
ข.1 แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั้มน้ำเริ่มทำงาน.....	129
ข.2 แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั้มน้ำเริ่มทำงาน.....	129
ข.3 แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั้มน้ำเริ่มทำงาน.....	129
ข.4 แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั้มน้ำเริ่มทำงาน.....	130
ข.5 ค่าเฉลี่ยการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั้มน้ำเริ่มทำงาน.....	130
ค.1 แสดงค่าการทดสอบอุณหภูมิ กระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งทั้งขาเข้าและ ขาออก ของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย.....	132
ง.1 แสดงค่าการทดสอบพลังงานไฟฟ้าจากมอเตอร์ไฟฟ้าจากเครื่องทำความเย็น ระบบระเหย.....	134
ง.2 แสดงค่าการทดสอบพลังงานไฟฟ้าจากมอเตอร์ไฟฟ้าจากตู้เย็น.....	134
ง.3 แสดงค่าการทดสอบพลังงานไฟฟ้าโดยคิดเป็นหน่วยจากเครื่องทำความเย็น ระบบระเหย.....	135
ง.4 แสดงค่าการทดสอบพลังงานไฟฟ้าโดยคิดเป็นหน่วยจากตู้เย็น.....	135
ง.5 แสดงค่าการเปรียบเทียบการพลังงานไฟฟ้า ใน 1 เดือน.....	136

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โรงเรือนหลังคาตรง.....	7
2.2 โรงเรือนที่สร้าง.....	8
2.3 schematic diagram ของอุปกรณ์ทดสอบ.....	9
2.4 การทดสอบแบบสุญญากาศ.....	10
2.5 เครื่องทำความเย็นชนิดผ่านอากาศเย็น.....	11
2.6 เครื่องทำความเย็นชนิดพัดลมผ่านลมเย็น.....	12
2.7 เครื่องทำความเย็นชนิดดันอากาศเย็นผ่านรูระบายอากาศของกล่อง.....	12
2.8 เครื่องทำความเย็นชนิดดึงอากาศเย็นผ่านรูระบายของกล่อง.....	13
2.9 เครื่องทำความเย็นชนิดดึงและดันอากาศเย็นผ่านรูระบายอากาศของกล่อง.....	14
2.10 เครื่องทำความเย็นชนิดดันอากาศเย็นผ่านท่อเข้าสู่กล่อง.....	14
2.11 เครื่องทำความเย็นชนิดสุญญากาศ.....	15
2.12 ระบบ Pad System.....	16
2.13 ตัวอย่างของ แผงจับความชื้น.....	16
2.14 ระบบ Slinger.....	17
2.15 ระบบ Rotary.....	18
2.16 ระบบ Fogging and Misting System.....	18
2.17 ระบบม่านน้ำ.....	19
2.18 ผิวน้ำสำหรับทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง.....	20
2.18 (ต่อ) ผิวน้ำสำหรับทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง.....	21
2.19 การทำงานของ Indirect Evaporative Cooling.....	22
2.20 ไดอะแกรมของระบบ Indirect Evaporative Cooling	22
2.21 ลักษณะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน.....	23
2.22 ไดอะแกรมของระบบ Indirect-Direct Evaporative Cooling.....	24
3.1 ลักษณะของระบบ Direct Evaporative Cooling บนแผนภูมิ Psychrometric.....	45
4.1 ลักษณะของระบบ Direct Evaporative Cooling บนแผนภูมิ Psychrometricจากการออกแบบ	46
4.2 รายละเอียดโครงเครื่องทำความเย็นแบบระเหย.....	47

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 ภาพ 3 มิติส่วนประกอบของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย.....	48
4.4 แผงซับน้ำ.....	49
4.5 โครงเหล็ก.....	49
4.6 พัดลมดูดอากาศ.....	50
4.7 ถังในการไหลเวียนน้ำ.....	50
4.8 ปุ่มแบบจุ่ม.....	51
4.9 เครื่องทำความเย็นแบบระเหยเมื่อก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์.....	51
4.10 ตำแหน่งที่ทำการวัดค่า อุณหภูมิและความชื้น ในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย.....	53
4.11 การติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง.....	55
5.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 1 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25 องศาเซลเซียส.....	56
5.2 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 1 อุณหภูมิน้ำ เริ่มต้น 25 องศาเซลเซียส.....	58
5.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 2 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.5 องศาเซลเซียส.....	59
5.4 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 2 อุณหภูมิน้ำ เริ่มต้น 25.5 องศาเซลเซียส.....	60
5.5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 3 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26 องศาเซลเซียส.....	61
5.6 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 3 อุณหภูมิน้ำ เริ่มต้น 26 องศาเซลเซียส.....	62
5.7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 4 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26.1 องศาเซลเซียส.....	63
5.8 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 4 อุณหภูมิน้ำ เริ่มต้น 26.1 องศาเซลเซียส.....	65
5.9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 1 โดยใส่น้ำแข็งใสในถังไหลเวียนน้ำ.....	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.10 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 1 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ.....	67
5.11 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 2 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ.....	68
5.12 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 2 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ.....	69
5.13 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 3 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ.....	70
5.14 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 3 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ.....	71
5.15 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 4 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ.....	72
5.16 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 4 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ.....	73
5.17 การระเหยของน้ำของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย.....	74
5.18 การเปรียบเทียบหน่วยการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยและตู้เย็น.....	75
5.19 การเปรียบเทียบหน่วยการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยและตู้เย็น.....	75
5.20 การเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยและตู้เย็นใน 1 เดือน.....	76
5.21 วันก่อนเข้าถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 1 ชั้นที่ 1 แบบแห้ง.....	78
5.22 วันที่ 2 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 1 ชั้นที่ 1 แบบแห้ง.....	79
5.23 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 1 ชั้นที่ 1 แบบแห้ง.....	80
5.24 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 1 ชั้นที่ 1 แบบแห้ง.....	81
5.25 วันก่อนเข้าถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 2 ชั้นที่ 1 แบบเปียก.....	82
5.26 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 2 ชั้นที่ 1 แบบเปียก.....	83
5.27 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 2 ชั้นที่ 1 แบบเปียก.....	84
5.28 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 2 ชั้นที่ 1 แบบเปียก.....	85
5.29 วันก่อนเข้า ถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 3 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง.....	86

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.30 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 3 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง.....	87
5.31 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 3 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง.....	88
5.32 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 3 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง.....	89
5.33 วันก่อนเข้าถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 4 ชั้นที่ 2 แบบเปียก.....	90
5.34 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 4 ชั้นที่ 2 แบบเปียก.....	91
5.35 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 4 ชั้นที่ 2 แบบเปียก.....	92
5.36 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 4 ชั้นที่ 2 แบบเปียก.....	93
5.37 วันก่อนเข้า ถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 5 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง.....	94
5.38 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 5 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง.....	95
5.39 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 5 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง.....	96
5.40 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 5 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง.....	97
5.41 วันก่อนเข้าถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 6 ชั้นที่ 3 แบบเปียก.....	98
5.42 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 6 ชั้นที่ 3 แบบเปียก.....	99
5.43 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 6 ชั้นที่ 3 แบบเปียก.....	100
5.44 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 6 ชั้นที่ 3 แบบเปียก.....	101
5.45 วันก่อนเข้า ถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 7 ในตู้เย็น แบบแห้ง.....	102
5.46 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 7 ในตู้เย็น แบบแห้ง.....	103
5.47 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 7 ในตู้เย็น แบบแห้ง.....	104
5.48 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 7 ในตู้เย็น แบบแห้ง.....	105
5.49 วันก่อนเข้า ถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 8 ในตู้เย็น แบบเปียก.....	106
5.50 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 8 ในตู้เย็น แบบเปียก.....	107
5.51 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 8 ในตู้เย็น แบบเปียก.....	108
5.52 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 8 ในตู้เย็น แบบเปียก.....	109

