สารบาญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบาญ	ฉ
สารบาญตาราง	ช
สารบาญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	29
บทที่ 4 วิธีการทดลอง	43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	95
เอกสารอ้างอิง	98
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง	101
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้ง	150
ภาคผนวก ค บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	156
ประวัติผู้เขียน	161

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	กรรมวิธีในการทดลองด้วยเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อน	40
4.1	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%ต่อน้ำหนักสด) ของดอกกุหลาบสีขาว ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ และการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน	45
4.1a	อัตราการอบแห้งของดอกกุหลาบสีขาว ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้ง	45
4.2	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%ต่อน้ำหนักสด) ของดอกกุหลาบสีแสด ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ และการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน	47
4.2a	อัตราการอบแห้งของดอกกุหลาบสีแสด ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้ง	48
4.3	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%ต่อน้ำหนักสด) ของดอกกุหลาบสีชมพู ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ และการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน	50
4.3a	อัตราการอบแห้งของดอกกุหลาบสีชมพู ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆจนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้ง	51
4.4	ค่าสีของดอกกุหลาบสีขาว ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน	54
4.5	ค่าสีของดอกกุหลาบสีแสด ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน	57
4.6	ค่าสีของดอกกุหลาบสีชมพู ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน	61

สารบาญตาราง(ต่อ)

ตาราง **หน้า**

4.7 ค่า a_w ของดอกกุหลาบที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน 64

4.8 ค่าแรงต้านการดึงของกลีบดอกกุหลาบที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน 66

4.9 คะแนนผลการประเมินคุณภาพด้วยลักษณะปรากฏภายนอกของดอกกุหลาบอบแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน 68

4.10 การสิ้นเปลืองพลังงานของดอกกุหลาบที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ 69

4.11 เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%ต่อน้ำหนักสด) ของดอกกุหลาบสีขาวที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ และการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน 71

4.12 เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%ต่อน้ำหนักสด) ของดอกกุหลาบสีแสดที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ และการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน 72

4.13 เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%ต่อน้ำหนักสด) ของดอกกุหลาบสีชมพูที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ และการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน 73

4.14 อัตราการอบแห้งของดอกกุหลาบสีขาวที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน 74

4.15 ค่าสีของดอกกุหลาบสีขาวที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน 77

สารบาญตาราง(ต่อ)

ตาราง **หน้า**

4.16 ค่าสีของดอกกุหลาบสีแสด ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล นาน 7 วัน 80

4.17 ค่าสีของดอกกุหลาบสีชมพูที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล นาน 7 วัน 83

4.18 ค่า a_w ของดอกกุหลาบที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล นาน 7 วัน 85

4.19 ค่าแรงต้านการดึงกลีบของดอกกุหลาบที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน 87

4.20 การประเมินคุณภาพด้วยลักษณะปรากฏภายนอกของดอกกุหลาบอบแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7วัน 88

4.21 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งดอกไม้ด้วยระบบปั๊มความร้อนที่สร้างขึ้น 92

4.22 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการทำแห้งดอกกุหลาบด้วยซิลิกาเจล 94

4.23 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการอบแห้งดอกกุหลาบด้วยระบบปั๊มความร้อนกับการใช้ซิลิกาเจล 94

สารบาญรูป

รูป **หน้า**

2.1	การทำแห้งดอกไม้ด้วยวิธีการผึ่งแดด การอัดแห้ง และการใช้ซิลิกาเจล	6
2.2	ลักษณะของกราฟอัตราการอบแห้งวัสดุ	8
2.3	แสดงปริมาตรควบคุมของส่วนการอบแห้งและส่วนอากาศผสม	10
2.4	แผนภูมิอากาศชื้น (Psychometric chart) ที่ความดันบรรยากาศ 101.325 kPa	12
2.5	ส่วนประกอบและวัฏจักรการทำงานของปั๊มความร้อนแบบอัดไอ	16
2.6	แผนภาพทิศทางของอากาศในกระบวนการลดความชื้นของการอบแห้งแบบระบบปิด	19
2.7	เครื่องอบแห้งปั๊มความร้อนระบบปิดที่มีความชื้นออกจากอากาศ	20
3.1	ลักษณะดอกกุหลาบที่ใช้ในการทดลอง	29
3.2	เครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อน	30
3.3	เครื่องอบแห้งระบบสุญญากาศ	31
3.4	ตู้ควบคุมและแสดงสภาวะการทำงานของเครื่องอบแห้ง	31
3.5	บอร์ดวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้ง	32
3.6	เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม	32
3.7	เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าแบบคล้องสาย (Clip-on meter)	33
3.8	ตู้อบแห้งแบบลมร้อน (Hot-air oven)	33
3.9	เครื่องวัดสี (Color meter)	34
3.10	เครื่องวัด Texture	34
3.11	เครื่องวัด Water activity	35
3.12	แผนภาพของสีมาตรฐาน (Voss, 1992)	37
3.13	แผนภาพเทียบสีมาตรฐาน (Raymond, 1992)	38
3.14	ลักษณะการแขวนดอกกุหลาบภายในตู้อบระบบปั๊มความร้อน	40
3.15	ลักษณะการแขวนดอกกุหลาบภายในตู้อบระบบสุญญากาศ	41
4.1a	กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีขาวที่ BPA 25%	45

สารบาญรูป (ต่อ)

รูป **หน้า**

4.1b กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของ ดอกกุหลาบสีขาวที่ BPA 50% 46

4.1c กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีขาวที่ BPA 75% 46

4.2a กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีแสดที่ BPA 25% 48

4.2b กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีแสดที่ BPA 50% 49

4.2c กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีแสดที่ BPA 75% 49

4.3a กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีชมพูที่ BPA 25% 51

4.3b กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีชมพูที่ BPA 50% 52

4.3c กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีชมพูที่ BPA 75% 52

4.4a ค่า L* ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน 55

4.4b ค่า C* ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน 55

4.4c ค่า h^{o} ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน 55

4.5a ค่า L* ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน 58

4.5b ค่า C* ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน 58

4.5c ค่า h^{o} ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน 58

4.6a ค่า L* ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน 62

4.6b ค่า C* ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน 62

สารบาญรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
4.6c	ค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน	62
4.7	กราฟแสดงอัตราการอบแห้งดอกกุหลาบสีขาวด้วยระบบสุญญากาศ	74
4.8	กราฟแสดงอัตราการอบแห้งดอกกุหลาบสีแสดด้วยระบบสุญญากาศ	75
4.9	กราฟแสดงอัตราการอบแห้งดอกกุหลาบสีชมพูด้วยระบบสุญญากาศ	75
4.10a	ค่า L* ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ	78
4.10b	ค่า C* ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ	78
4.10c	ค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ	78
4.11a	ค่า L* ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ	81
4.11b	ค่า C* ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ	81
4.11c	ค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ	81
4.12a	ค่า L* ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ	84
4.12b	ค่า C* ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ	84
4.12c	ค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ	84
4.13	ดอกกุหลาบสีแสด สีขาว และสีชมพู ที่ผ่านการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน	89
4.14	ดอกกุหลาบสีแสด สีขาว และสีชมพู ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส	89
4.15	ดอกกุหลาบที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส	90