สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหย เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้

STUDY OF AN EVAPORATIVE COOLING SYSTEM FOR ORCHID STORAGE

สุรพงษ์ สว่าง

SURAPONG SWANG

วพ.
ส852ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61630
วัน,เดือน,ปี 19 ก.ค. 2549

b 11600469
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2548/9

ISBN 974-15-2555-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY OF AN EVAPORATIVE COOLING SYSTEM FOR ORCHID STORAGE

SURAPONG SWANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005

ISBN 974-15-2555-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้
นักศึกษา	นายสุรพงษ์ สว่าง
รหัสนักศึกษา	45061201
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. วิภา เจียระไนวชิระ

บทคัดย่อ

การลดการสูญเสียและยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้ที่มีมูลค่าเพื่อการส่งออกกระทำโดย ลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นให้กับดอกกล้วยไม้ ด้วยระบบทำความเย็นแบบระเหย ได้ทำการศึกษาผลของความชื้นและอุณหภูมิที่มีต่อระยะเวลาการเก็บ และสภาพความสมบูรณ์ของดอกไม้ รวมถึงตัวแปรที่มีต่อประสิทธิภาพการทำความเย็น และการควบคุมความชื้นของระบบได้แก่ อัตราการไหลและอุณหภูมิของน้ำ จากการทดลองพบว่าการทำความเย็นนี้สามารถทำให้อุณหภูมิลดลงเมื่อเทียบกับภายนอก 6 องศาเซลเซียส และความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 40% RH เป็น 95% RH ที่อุณหภูมิและความชื้นดังกล่าวสามารถยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพของดอกไม้ โดยงานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาและปรับปรุงให้มีขนาดของระบบที่เหมาะสมและเคลื่อนย้ายง่าย เพื่อใช้ในการเก็บรักษาดอกไม้หลังการตัดภายในฟาร์มเหมาะสำหรับเกษตรกร ทำให้ลดการสูญเสียและประหยัดพลังงานเมื่อเปรียบเทียบกับห้องเย็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Study of an Evaporative Cooling System for Orchid Storage
Student	Mr. Surapong Swang
Student ID.	45061201
Degree	Master of Engineering
Programme	Agricultural Engineering
Year	2548
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Vipa Jayranaiwachira

ABSTRACT

Reducing of losses and increasing storage life for valuable export orchids can be achieved by using an evaporative cooling system to decrease temperature and increase moisture of flower after cutting. Effects of temperature and humidity on storage time and quality of flower were studied. In addition, some factors, such as a flow rate and temperature of water, were also investigated in this system. The experimental results show that the fabriced cooling system can reduce the ambient temperature down 6 degree in celcius comparing to the ambient temperature. Moreover, the moisture in the cabinet is increased from 40 to 95% RH. At these conditions, the storage time is longer and the quality of orchids is preserved. This system will further be developed and improved to compatible size and removable for farmer to storage flowers within a farm. This can reduce loss of energy and its cost comparing to a conventional cooling storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 สรุปผลการศึกษา..... 112

6.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม..... 114

เอกสารอ้างอิง..... 115

ภาคผนวก..... 118

ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้น..... 119

ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดสอบปริมาณการระเหยของน้ำ..... 128

ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพอะไดบาติค..... 131

ภาคผนวก ง การใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นระบบระเหยและตู้เย็น..... 133

ประวัติผู้เขียน..... 139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ก.8 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการไหล13 l/min และ ใช้น้ำแข็งใส่ที่ถังเก็บน้ำโดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 31 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 39 %RH และ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.9 องศาเซลเซียส..... 127

ข.1 แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั๊มน้ำเริ่มทำงาน..... 129

ข.2 แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั๊มน้ำเริ่มทำงาน..... 129

ข.3 แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั๊มน้ำเริ่มทำงาน..... 129

ข.4 แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั๊มน้ำเริ่มทำงาน..... 130

ข.5 ค่าเฉลี่ยการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั๊มน้ำเริ่มทำงาน..... 130

ค.1 แสดงค่าการทดสอบอุณหภูมิ กระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งทั้งขาเข้าและขาออก ของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย..... 132

ง.1 แสดงค่าการทดสอบพลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์ไฟฟ้าจากเครื่องทำความเย็นระบบระเหย..... 134

ง.2 แสดงค่าการทดสอบพลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์ไฟฟ้าจากตู้เย็น..... 134

ง.3 แสดงค่าการทดสอบพลังงานไฟฟ้าโดยคิดเป็นหน่วยจากเครื่องทำความเย็นระบบระเหย..... 135

ง.4 แสดงค่าการทดสอบพลังงานไฟฟ้าโดยคิดเป็นหน่วยจากตู้เย็น..... 135

ง.5 แสดงค่าการเปรียบเทียบการพลังงานไฟฟ้า ใน 1 เดือน..... 136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	ระบบPad System	16
2.13	ตัวอย่างของ แผงซับความชื้น	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	ผิวเปียกสำหรับทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง	20
2.18 (ต่อ)	ผิวเปียกสำหรับทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	ปั๊มแบบจุ่ม.....	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 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25 องศาเซลเซียส.....	58
5.3	การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 2 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.5 องศาเซลเซียส.....	59
5.4	ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 2 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.5 องศาเซลเซียส.....	60
5.5	การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 3 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26 องศาเซลเซียส.....	61
5.6	ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 3 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26 องศาเซลเซียส.....	62
5.7	การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 4 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26.1 องศาเซลเซียส.....	63
5.8	ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 4 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26.1 องศาเซลเซียส.....	65
5.9	การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 1 โดยใส่น้ำแข็งใส่ในถังไหลเวียนน้ำ.....	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ72

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ปัญหาและเหตุผลในการศึกษา

ปัจจุบันรัฐบาลให้ความสำคัญต่อภาคเกษตรกรรมค่อนข้างมาก เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีพื้นที่เพาะปลูกทางการเกษตรเป็นจำนวนมากประกอบกับอาชีพเกษตรกรเป็นพื้นฐานของประชาชนส่วนใหญ่ในประเทศ เท่าที่ผ่านมาและเป็นอยู่ในปัจจุบันนี้กล่าวโดยสรุปได้ว่าประเทศไทยสามารถผลิตหรือปลูกไม้ดอกได้เกือบทุกชนิดในสภาพธรรมชาติ ยกเว้นไม้ดอกเมืองหนาวบางชนิดเท่านั้น มีพื้นที่เพาะปลูกทั่วทั้งประเทศประมาณ 39,255 ไร่ [1] ด้วยเหตุนี้จึงมีการสนับสนุนให้มีการค้นคว้าวิจัยจากภาครัฐบาลและเอกชนโดยเฉพาะไม้ดอกไม้ประดับเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการสร้างอาชีพและรายได้แก่เกษตรกร รวมทั้งลดมูลค่าการนำเข้าดอกไม้และขยายการส่งออกให้มากขึ้น ซึ่งพบว่าประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้น ในบรรดาไม้ดอกที่มีการปลูกเชิงการค้านั้น กล้วยไม้เป็นไม้ดอกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งสามารถผลิตและส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศคิดเป็นประมาณร้อยละ 40 ของผลผลิตทั้งหมดและนำรายได้เข้าประเทศนับพันล้านบาทต่อปี โดยในปี พ.ศ. 2542 ปริมาณการส่งออกดอกกล้วยไม้ทั้งหมด 13,125 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,061.05 ล้านบาท และในปี 2547 ปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นเป็น 18,626 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,136.06 ล้านบาท ดังแสดงในตารางที่ 1.1 [2] ประเทศที่นำเข้าดอกกล้วยไม้ของไทยมากที่สุดคือ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และสหภาพยุโรป ตามลำดับ ส่วนปริมาณการส่งออกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนี้มีสาเหตุมาจากการบำรุงและเก็บรักษาที่ดีของเกษตรกรทำให้ได้ดอกที่มีคุณภาพดี บานทน และมีความสดอันเป็นที่ต้องการของผู้ซื้อในตลาดต่างประเทศ ส่วนที่เหลือร้อยละ 60 จำหน่ายภายในประเทศ โดยจะต้องมีการลำเลียง ขนส่ง และเก็บรักษาที่ดีเช่นเดียวกันจนกว่าจะถึงผู้จำหน่ายภายในประเทศ ปัญหาที่สำคัญที่สุดในการส่งออกดอกกล้วยไม้ได้แก่ปัญหาเรื่องการขนส่ง โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529 เป็นต้นมาได้มีการสั่งซื้อดอกกล้วยไม้สดเพิ่มขึ้น แต่ไม่สามารถส่งออกได้ก่อให้เกิดผลเสียหายประมาณร้อยละ 30 ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากการลำเลียงขนส่งไม่เพียงพอทำให้รัฐบาลมีนโยบายในการพัฒนาการผลิตไม้ตัดดอกเพื่อการส่งออกมากขึ้น จึงได้วางแผนตลอดจนวิธีการร่วมกันเพื่อความสะดวกในการรวบรวมผลผลิต อาทิ ห้องคัดและบรรจุหีบห่อ ห้องเย็นสำหรับปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว รถห้องเย็นในการขนส่งดอกไม้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 มูลค่าการส่งออกดอกกล้วยไม้รายเดือนของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2542-2547

เดือน	2542		2543		2544		2545		2546		2547	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
มค.	993	89.73	489	59.61	1,606	129.18	1,191	132.02	1,403	134.74	1,744	180.67
กพ.	908	78.15	616	64.43	1,085	116.26	1,282	137.57	1,262	139.24	1,419	151.38
มีค.	1,148	92.55	480	52.91	1,040	111.73	1,232	139.29	1,531	174.88	1,558	172.28
เมย.	743	68.65	1,261	91.33	974	111.08	965	106.12	1,294	142.22	1,411	159.25
พค.	809	67.89	869	105.3	1,060	119.8	1,145	136.54	1,223	155.12	1,218	153.71
มิย.	719	59.20	756	75.68	868	101.49	953	109.46	1,051	132.43	1,064	132.09
กค.	812	67.12	856	87.56	901	99.03	952	104.83	1,126	137.41	1,018	130.76
สค.	1,859	87.13	1,065	107.9	1,146	128.14	1,219	138.20	1,368	162.93	1,429	181.31
กย.	1,166	106.5	1,300	131.9	1,340	146.93	1,424	167.18	1,743	206.81	1,819	205.53
ตค.	1,448	133.5	1,601	160.4	1,544	162.06	1,691	179.10	2,119	236.75	2,162	241.98
พย.	1,884	109.8	1,140	128.3	1,164	124.91	1,348	143.16	1,524	159.6	1,847	206.27
ธค.	1,335	100.6	1,345	165.7	1,213	143.97	1,569	159.58	1,776	203.3	1,937	220.83
รวม	13,125	1,061	11,778	1,231	13,941	1,494.5	14,971	1,653	17,420	1,985	18,626	2,136

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของ กรมศุลกากร, 2548

หมายเหตุ - ปริมาณ : ตัน

- มูลค่า : ล้านบาท

การส่งออกดอกไม้จำเป็นต้องมีสภาพอากาศที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหลังจากการตัดภายในฟาร์ม เพื่อยืดอายุให้ดอกไม้หลังการตัดให้มีสภาพดีและมีอายุการใช้งานที่นาน มีการนิยมเก็บรักษาดอกไม้ในฤดูที่มีดอกไม้ล้นตลาดหรือเพื่อรอจนกว่ามีเทศกาลสำคัญ เมื่อเก็บไว้ระยะเวลาหนึ่งจะทำให้ผู้ปลูกได้ราคาที่สูง ซึ่งระบบที่มีการใช้กันอยู่ปัจจุบันเป็นระบบที่มีการใช้สารทำความเย็นเป็นสารทำงานในการปรับอากาศ ซึ่งระบบปรับอากาศแบบนี้จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน และมีต้นทุนการผลิตที่สูง ดังนั้นจึงมีการคิดค้นหาระบบที่เหมาะสม ดอกไม้แต่ละชนิดมีโครงสร้างที่ไม่เหมือนกันทำให้มีความต้องการอุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงแตกต่างกันออกไปในการเก็บรักษา ซึ่งดอกไม้ส่วนใหญ่จะต้องการความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงมาก ความชื้นดังกล่าวจะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำและการเหี่ยวของดอกไม้ได้

ระบบทำความเย็นในการเก็บรักษาไม้ตัดดอกนั้นมีความสำคัญอย่างมาก ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับชนิดของดอกไม้ที่จะเก็บรักษา บางชนิดมีโครงสร้างที่แข็งแรงมีความทนทานการเก็บรักษาก็ไม่ต้องใช้อุณหภูมิที่ต่ำมากนัก แต่ความชื้นดอกไม้แต่ละชนิดส่วนใหญ่ต้องการความชื้นที่สูงดังนั้นการเพิ่มความชื้นให้สูงในการเก็บรักษาจึงเป็นสิ่งสำคัญ ระบบทำความเย็นแบบระเหยมีหลักการทำงานของระบบ โดยอาศัยหลักการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศ โดยเมื่ออากาศเคลื่อนที่ผ่านน้ำ น้ำจะดึงความร้อนจากอากาศมาใช้ในการระเหยจากสถานะของเหลวไปเป็นไอทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้อากาศมีอุณหภูมิลดต่ำลงและมีความชื้นที่เพิ่มขึ้นซึ่งเหมาะกับการเก็บรักษาไม้ตัดดอกช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำและการเหี่ยวของดอกไม้ได้ อีกทั้งยังเป็นระบบประหยัดพลังงานและไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาการทำความเย็นระบบระเหยเพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นให้กับดอกไม้

1.2.2 ศึกษาการออกแบบและสร้างชุดทดสอบระบบทำความเย็นแบบระเหยที่มีขนาดเคลื่อนย้ายได้สะดวกและเหมาะแก่การขนส่งเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับดอกไม้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาการทำความเย็นระบบระเหยในการยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้ภายหลังการตัดจากฟาร์ม ดำเนินการภายใต้ขอบเขตดังต่อไปนี้

1.3.1 ดอกไม้ที่ใช้ทดสอบคือดอกกล้วยไม้

1.3.2 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ ที่อุณหภูมิในการทดสอบ 22 องศาเซลเซียส และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้ในการทดสอบ 95% ที่อัตราการไหลของน้ำ 13 ลิตร/นาที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โดยอาศัยหลักการระบบทำความเย็นแบบระเหย ทำให้ทราบปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นที่เกิดขึ้นกับการทำความเย็นระบบระเหย ระบบทำความเย็นแบบระเหยที่สร้างขึ้นคาดว่าจะสามารถยืดอายุดอกไม้ให้มีคุณภาพที่ดีหลังการเก็บเกี่ยวไปจนถึงสามารถพัฒนาใช้ประโยชน์ในการขนส่งดอกไม้ ทำให้เกษตรกรมีดอกไม้ที่สดและมีคุณภาพโดยใช้ต้นทุนในการเก็บรักษาที่ต่ำ ช่วยให้เกษตรกรมีรายได้และมีปริมาณไม้ตัดดอกส่งออกสู่ต่างประเทศมากขึ้น ตลอดจนสามารถนำระบบทำความเย็นแบบระเหยพัฒนาใช้กับงานด้านการเกษตรอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการทำความเย็นแบบระเหยและการเก็บรักษาดอกไม้

Simmons และ Lott [3] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำต่อประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย โดยทดสอบกับระบบทำความเย็นขนาด 1.3 เมตรx1.3 เมตร ที่ประกอบไปด้วยผิวเปียกและพัดลมเป็นอุปกรณ์ทดสอบ ระบบนี้ใช้ผิวเปียกขนาด 0.9 เมตรx 0.9เมตร เป็นการทดสอบเป็นการทดลองโดยเปลี่ยนค่าอุณหภูมิอากาศที่ทางเข้าระบบ 3 ครั้งคือ 32 35 และ 38 องศาเซลเซียส และเปลี่ยนอุณหภูมิของน้ำจาก 10 องศาเซลเซียสจนถึง 50 องศาเซลเซียส โดยเพิ่มทีละ 5.5 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ หลังจากผ่านระบบมีค่าเพิ่มขึ้น 2.2 องศาเซลเซียส และมากกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณน้ำที่ระเหยเพิ่มขึ้น 73 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของระบบลดลง 16.1 เปอร์เซ็นต์ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยลดลง

Kittas และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาระบบทำความเย็นแบบระเหยในโรงเรือนกรีนเฮาส์ซึ่งเป็นการถ่ายเทอากาศทางตรงของผิวเปียก และพัดลม ซึ่งอากาศจะถ่ายเทแบบราบเรียบ และจะเกี่ยวข้องกับอัตราการระบายลม และการหายใจของต้นไม้ การทดลองแสดงให้เห็นถึงอัตราการทำความเย็น ในระบบที่สามารถรักษาอุณหภูมิค่อนข้างต่ำจะสูงกว่า 8 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความยาวของโรงเรือนที่มีขนาด 60 เมตรข้อมูลจากการวัดในทดลองจะถูกนำมาใช้ในการวิจัยศึกษาซึ่งอาจแตกต่างบ้างจากค่าที่ใช้คำนวน ผลที่ได้จากการศึกษาเป็นผลมาจากความแตกต่างของอัตราการระบายลม และอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในตามแนวยาวของโรงเรือนรวมถึงอุณหภูมิและความชื้นภายนอกระบบที่จะมีผลต่อระบบทำความเย็นแบบระเหย ระบบดังกล่าวมีการทำงานที่ง่ายแต่ต้องคำนึงถึงอัตราการระบายลม และการบังแสงรวมไปถึงต้องมีการออกแบบผิวเปียกให้มีระบบที่ดี

Lucas และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาถึงอากาศร้อนและความชื้นที่ต่ำที่มีผลต่อสุกรและที่เลี้ยง และมีผลต่อสัตว์เลี้ยงต่างๆในประเทศโปรตุเกส,ทำให้มีการศึกษาและเก็บข้อมูลเป็นรายชั่วโมงต่อปี ของอุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ในเมือง Alentejo ที่ทำการศึกษาในช่วงปี 1995-1997 โดยมีค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ในด้านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีหลายผู้แต่งได้คำนวนเปรียบเทียบกับกรมอุตุนิยมวิทยา ความสำคัญและช่วงเวลาความแรงของความร้อน ที่จะมีผลให้สุกรเสียสุขภาพสูงและมีผลต่อราคาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งออกที่ลดลง ซึ่งการทำความเย็นแบบระเหยสามารถลดปัญหาดังกล่าวได้ และจะช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์สุกร ได้มีการใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ในการหาสมการทางไซโครเมตริก ทำนายช่วงเวลาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในฤดูร้อน ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้การทำความเย็นระบบระเหยซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพถึง 80 %

Onmura และคณะ [6] ได้ทำระบบทำความเย็นแบบระเหยโดยใช้หลังคาที่ทำจากผ้าลินินและได้ทำการทดลองวัดในระหว่างฤดูร้อนที่ประเทศญี่ปุ่น โดยพื้นผิวของอุณหภูมิที่หลังคาจะทำให้ฟลัคซ์ความร้อนลดลง 50 % จากการประมาณค่าการประมาณค่าระบบทำความเย็นแบบระเหยเป็นผลมาจากหลังคาแบบผ้าลินินวิเคราะห์จากความร้อนและความชื้นที่ส่งผ่านหลังคาผ้าลินินการวัดในค่าต่างๆเช่นลมในห้องทดสอบซึ่งสำเร็จโดยใช้ข้อมูลการทำนายความร้อนและความชื้นที่ส่งผ่านหลังคาผ้าลินินเข้าด้วยกัน ความถูกต้องของปริมาณความร้อนสามารถทำนายค่าได้, ความไวต่อการวิเคราะห์การส่งผ่านของค่าตัวแปรและการตรวจสอบจากต้นแบบทดลองรวมถึงการวัดค่าที่ต้องการ

Giabaklou และ Ballinger [7] ได้นำระบบ Passive Evaporative Cooling โดยใช้ระบบระบายอากาศธรรมชาติ น้ำจะไหลผ่านแนวตั้งของเส้นไนล่อนทำหน้าที่เพิ่มพื้นที่ผิว สายไนล่อนจะเรียงตัวในแนวทแยง เพื่อให้น้ำสัมผัสกับอากาศให้มากที่สุด น้ำที่ไม่ได้ระเหยจะกลับสู่ภาชนะและไหลเวียนต่อไป อากาศภายนอกจะไหลผ่านแนวของเส้นไนล่อน ทำให้อากาศที่ไหลสู่อาคารมีความชื้นเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิต่ำลง การทดลองใช้อาคารสมมุติที่มีขนาด 10 เมตร x 10 เมตร x 2.8 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) โดยมีหน้าต่างอยู่ทิศเหนือ – ใต้ หน้าต่างทางทิศเหนือมีขนาด 11.2 ตารางเมตร และทางทิศใต้มีขนาด 2.8 ตารางเมตร โดยระบบ Passive Evaporative Cooling จะติดตั้งในหน้าต่างด้านทิศเหนือ โดยอาคารที่ติดตั้งระบบนี้อยู่ที่เมือง Wagga ในรัฐ New South Wales ประเทศ Australia ซึ่งเมืองนี้จะมีอากาศกึ่งแห้งแล้ง ทำการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในห้องที่เวลา 6 12 และ 18 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอกห้องในช่วงฤดูร้อน จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 35.8 องศาเซลเซียส แต่เมื่อใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยอุณหภูมิภายในเฉลี่ยสูงสุดคือ 25.9 องศาเซลเซียส ซึ่งจะน้อยลง 9.9 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิภายนอกก่อนเข้าระบบ โดยมีความชื้นภายในอาคาร 73.2 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วอากาศเฉลี่ย 0.28 เมตร/วินาที และอุณหภูมิเฉลี่ย 24.18 องศาเซลเซียส

Sodha และคณะ [8] ได้นำระบบ Evaporative Cooling Tower มาใช้ในการปรับอากาศภายในอาคาร โดยระบบจะประกอบด้วย Cooling Tower ความสูง 6 เมตร ด้านบนติดตั้ง Evaporative Cooling Pad มีพื้นที่ 2.5 ตารางเมตร อาคารตั้งอยู่ที่ประเทศอินเดีย มีขนาด 12 เมตร x 6 เมตร x 2.7 เมตร ในด้านทิศเหนือและทิศใต้มีหน้าต่างขนาด 3.6 ตารางเมตร ด้านตะวันออกและตะวันตกมีประตู

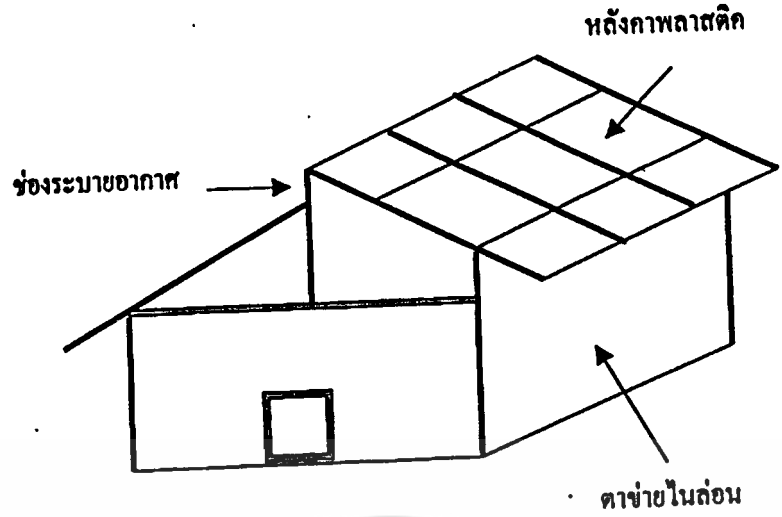
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 2.6 ตารางเมตร จากผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิภายนอกสูงสุด 41 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในห้อง 37 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ระบบปรับอากาศอุณหภูมิภายในห้องจะลดลงเหลือประมาณ 23.5 องศาเซลเซียส

Al-Jamal [9] ได้นำระบบทำความเย็นแบบระเหยชนิด Fan-Pad โดยโรงเรือนวางแนวทิศตะวันออก และตะวันตก ส่วนทางด้านตะวันออกของโรงเรือนจะมีประตูขนาด 2 ตารางเมตร และมีพัดลมติดตั้งอยู่ 2 ด้านของประตู ส่วนทางทิศตะวันตกจะติดตั้ง Cooling Pad ซึ่งจะทำเป็นโลหะซี่ๆ สำหรับวัสดุที่เป็นผิวเปียก ด้านล่างจะมีถังสำหรับรองรับน้ำที่ไหลจากด้านบน ส่วนด้านบนจะมีหัวฉีดไว้เพื่อฉีดน้ำให้กับผิวเปียก โดยมีปั๊มที่อยู่ผิวเปียกเป็นตัวคอยหมุนเวียนน้ำ จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิภายใน จะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก และจะไม่สูงกว่า 35 องศาเซลเซียส โรงเรือนดังกล่าวตั้งอยู่ทาง ตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศจอร์แดน

จุมพล ประสมทรัพย์ [10] ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการทำความเย็นในโรงเรือนไม้ดอกโดยใช้เทคนิคการทำความเย็นแบบระเหย โดยโรงเรือนจะคลุมด้วยพลาสติก Polyethylene โรงเรือนเป็นแบบโครงหลังคาตรง มีความยาว 16.5 เมตร กว้าง 6 เมตร สูง 4 เมตร และมีมุมเอียงของหลังคา 11 องศา ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งระบบทำความเย็นแบบระเหยจะใช้ เส้นไนล่อนวางตัวในแนวดิ่ง แต่ละแถวเรียงสลับกันแนวเส้นไนล่อนมีน้ำไหลผ่าน ทำหน้าที่เป็นผิวเปียก ติดตั้งอยู่ผนังด้านทิศใต้ และมีพัดลมดูดอากาศติดตั้งผนังด้านทิศเหนือ ของโรงเรือน จากการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่า การวางตัวของโรงเรือนตามแนวยาว ในทิศเหนือ-ใต้ หรือแนวตะวันออก-ตะวันตกจะไม่มีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน และเมื่อมีดอกไม้อยู่ในโรงเรือนมากจะทำให้ความชื้นภายในโรงเรือนสูงขึ้น อุณหภูมิภายในโรงเรือนลดลง ในส่วนของการทำความเย็น ทดสอบโดยใช้จำนวนแถวเส้นไนล่อน 10 20 และ 25 แถว อัตราการระบายอากาศ 3 4 5 และ 6 Air Change พบว่าจำนวนแนวของเส้นไนล่อนที่เหมาะสมคือ 20 แถว และมีอัตราการระบายอากาศที่ 5 Air Changeโดยจะให้ความชื้นสูงสุดของวัน 85 เปอร์เซ็นต์ ต่ำสุด 70 เปอร์เซ็นต์ และมีอุณหภูมิสูงสุดของวัน 29.48 องศาเซลเซียส การพรางแสงที่หลังคาลง 30 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน และเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างก่อนและหลังการใช้ระบบทำความเย็นพบว่า ระบบการทำความเย็นแบบระเหยสามารถ ลดอุณหภูมิภายโรงเรือนลงได้ถึง 4.14 องศาเซลเซียส

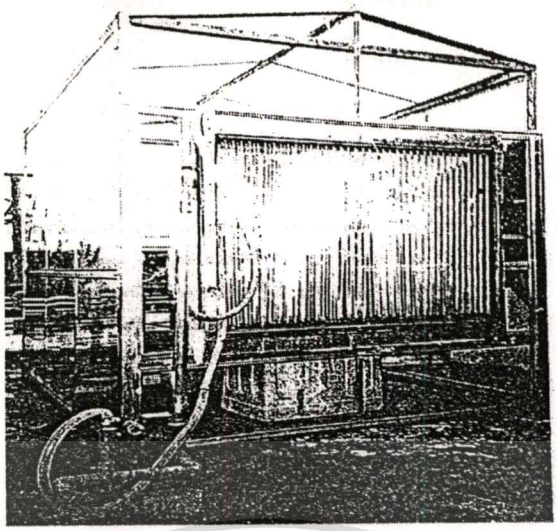
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โรงเรือนหลังคาตรง

จิรศักดิ์ ปรีชาวีรกุล [11] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิน้ำต่อสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบระเหยในโรงเรือนดอกไม้ โดยสร้างระบบทำความเย็นแบบระเหยที่มีขนาด กว้าง 1.06 เมตร หนา 0.12 เมตรสูง และกำหนดให้ผิวเปียกทำด้วยเชือกจำนวน 120 เส้น เรียงตัวแบบแนวตรง จำแนกเป็น 3 แถว แต่ละแถวมีจำนวน 40 เส้นและให้น้ำไหลวนผ่านตลอด แนวเส้นเชือกไนล่อน จากแทงค์ด้านบนสู่แทงค์ด้านล่าง ระบบทำความเย็นแบบระเหยนี้นำไปติดตั้งกับ โรงเรือนที่ทำด้วย พลาสติกใสหนา 1 มิลลิเมตร ลักษณะโรงเรือนเป็นแบบโครงหลังคาตรงมีขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 1.94 เมตร สูง 1.8 เมตร โดยติดตั้งพัดลมดูดอากาศทางด้านทิศใต้ และติดตั้งระบบทำความเย็นแบบ ระเหยทางด้านทิศเหนือของโรงเรือน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ผลจากการศึกษาการวัดอุณหภูมิและ ความชื้นภายในโรงเรือน ณ. วันและเวลาเดียวกัน กับการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่ามี ความใกล้เคียง ทำให้สามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ไปใช้ ในการทำนายอุณหภูมิ และ ความชื้นภายในโรงเรือน ในส่วนของความชื้นภายในโรงเรือนพบว่ามีค่า 87% และจากการวิเคราะห์ อุณหภูมิและความชื้นภายในภายในโรงเรือนยังพบว่า อุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่านผิวเปียกจะมีผลต่อ สมรรถนะการทำความเย็นแบบระเหย และเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิระหว่างก่อนและหลังใช้ระบบ ทำความเย็นแบบระเหย สามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ถึง 4.2 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

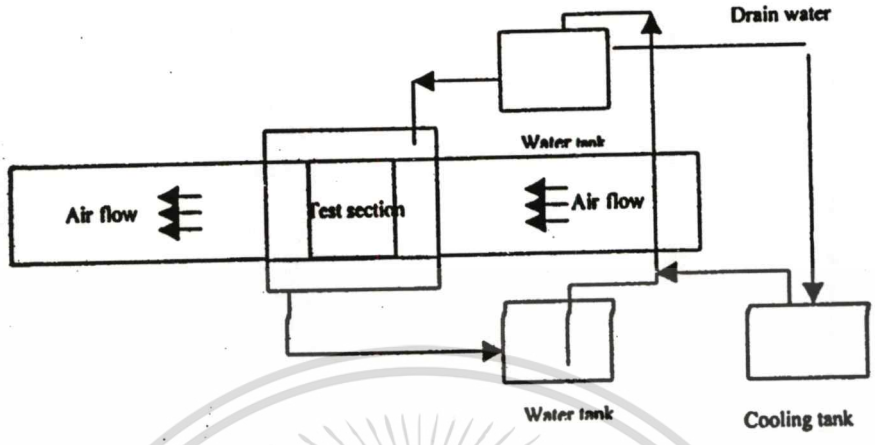


รูปที่ 2.2 โรงเรือนที่สร้าง

ฉรงค์ศักดิ์ สังขพิทักษ์ [12] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางด้านการถ่ายเทความร้อน และมวลของกระสอบป่านและใยมะพร้าว เพื่อใช้เป็นผิวเปียกระบบทำความเย็นแบบระเหยเปรียบเทียบกับ Rigid media cooler ที่เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในท้องตลาด โดยทดสอบในชุดทดสอบที่ประกอบด้วยท่อลมและส่วนที่ติดตั้งผิวเปียกที่มีหยดน้ำอยู่ด้านบน และติดตั้งถาดรับน้ำไว้ด้านล่าง เพื่อหมุนเวียนน้ำโดยจะผ่านระบบน้ำเย็นก่อนจะผ่านท่อหยดน้ำลงบนผิวเปียก ความยาวรวม 7.4 เมตร มีพัดลมหมุนตามแนวแกนควบคุมด้วยอินเวอร์เตอร์ สำหรับความเร็วลมระดับต่างๆในการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 การทดสอบแบ่งเป็น3 ส่วน ได้แก่ การทดสอบชุดทดสอบโดยพิจารณาโปร์ไฟล์ของความเร็วลมในท่อ การทดสอบเพื่อหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและมวลของวัสดุทดสอบ และการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพ อิ่มตัวของวัสดุทดสอบ จากการทดสอบพบว่า ผลการทดสอบโปร์ไฟล์ของความเร็วลมในท่อทดสอบพบว่าความเร็วลมมีค่าใกล้เคียงกัน ที่ความเร็วลมค่าต่ำประมาณ 2.9 m/s มีค่าความแตกต่างของความเร็วลม 0.3 m/s และที่พิกัดความเร็วลมในท่อค่าสูงประมาณ 6 m/s มีความแตกต่างของความเร็วลมมากขึ้นเท่ากับ 1 m/s การทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน และมวลของวัสดุทดสอบพบว่า และมวลของวัสดุทดสอบพบว่า ค่าดังกล่าวขึ้นอยู่กับความกว้างและระยะห่างของแผ่นกระสอบ และขึ้นกับการวางมุมในทิศทางการไหลของอากาศในท่อด้วย สำหรับใยมะพร้าวพบว่าค่าดังกล่าวขึ้นอยู่กับความหนาของใยมะพร้าวเช่นเดียวกับ Rigid Media cooler ผลการทดสอบเพื่อหาค่าประสิทธิภาพอิ่มตัวของกระสอบไม่ขึ้นกับความเร็วอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะใยมะพร้าวมีค่าขึ้นกับความหนาใยมะพร้าวและค่าดังกล่าวจะลดลงเมื่อความเร็วอากาศเพิ่มขึ้น สำหรับ Rigid Media cooler



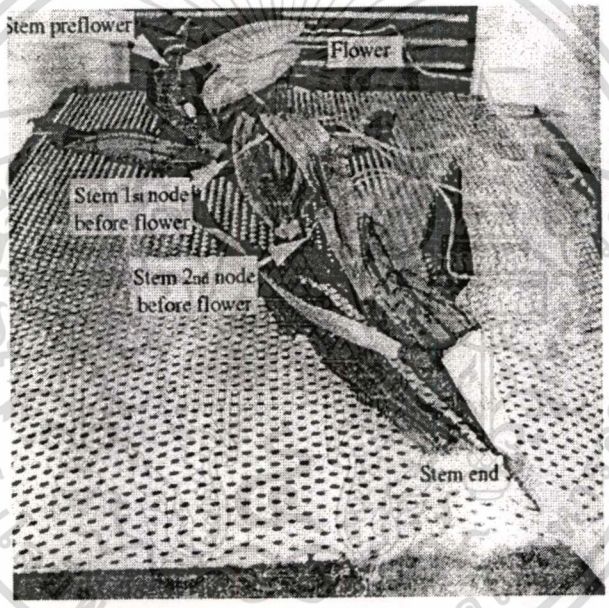
รูปที่ 2.3 Schematic diagram ของอุปกรณ์ทดสอบ

Kathleen และคณะ [13] ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพดอกไม้ ทำการทดสอบโดยเก็บดอกไม้ 5 สายพันธุ์ในถุงโพลีเอททีลีนที่อุณหภูมิ -2.5 องศาเซลเซียสถึง 20 องศาเซลเซียส ดอกไม้จะมีสภาพที่พอดูได้ประมาณ 2 สัปดาห์ โดยที่ เป็น 5 สายพันธุ์ที่มีคุณภาพสูง ดอกไม้ทั้ง 5 สายพันธุ์จะแสดงความเสื่อมสภาพใกล้เคียงกันเมื่อเก็บไว้ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และ 2.5 องศาเซลเซียส ซึ่งดอกไม้แต่ละสายพันธุ์มีช่วงอุณหภูมิแตกต่างกันในการเก็บรักษาเมื่อพิจารณาถึงสภาพเมื่อเก็บที่อุณหภูมิเดียวกันในสัปดาห์ถัดมา

Ranwala และ Miller [14] ได้ทำการศึกษาการเก็บรักษาแบบให้ความเย็น เมื่อดอกไม้โตหลังการเก็บเกี่ยว โดยทดสอบลิลี่หลังการเก็บเกี่ยว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ (Oriental ,Asiaticและ LA) ซึ่งจะเก็บในห้องมืดที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส 2 สัปดาห์ ก่อนที่จะเก็บเกี่ยวหลังการเก็บเกี่ยวนำมาเก็บในห้องที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และนำมาเปรียบเทียบกับพืชที่ย้ายมาจากห้องปกติ และมีการดูแลรักษาโดยใช้ Gibberellins และ Benzyladenine ต้องทำการใส่ก่อนให้ความเย็นสำหรับป้องกันความเย็นไม่ให้สภาพหลังการเก็บเกี่ยวของดอกลิลี่มีสภาพผิดปกติ หลังจากการให้ความเย็นต้องประเมินค่าการเก็บรักษาอาจเร่งให้ใบมีสีเหลืองหรือสีน้ำตาล ดอกตูมอาจมีการร่วงหล่น การใช้ Gibberellins และ Benzyladenine จะช่วยให้ดอกลิลี่มีสภาพดีหลังการให้ความเย็น และจะทำให้ได้กำไรการทดลองจะใช้ Gibberellins และ Benzyladenine จะต้องทำ 2 สัปดาห์ก่อนที่ดอกจะโต ก่อนที่ดอกตูมจะบาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Brosnan และ Da-Wen Sun [15] ได้ทำการศึกษาการชดเชยการสูญเสียน้ำโดยวิธี Precooled แบบสุญญากาศของดอกลิลี่ตัดดอก การให้ความเย็นแบบสุญญากาศเป็นวิธีใช้กันอยู่อย่างกว้างขวาง เพราะเป็นวิธีที่ให้ความเย็นรวดเร็ว โดยทำการศึกษาดอกลิลี่และความเย็นแบบสุญญากาศและต้องเก็บดอกลิลี่ที่อุณหภูมิ 1-2 องศาเซลเซียส และต้องคำนึงถึงสภาวะความเสียหายจากความเย็นที่จะเกิดกับดอกและใบ ในทางการค้าแล้วต้องมีการ Pre-cooling โดยจะใช้ ความเย็นอยู่ระหว่าง 7-8 องศาเซลเซียส ในการทดลองต้องใส่เทอร์โมคัปเปิลที่ลำต้นของตัวอย่างหลายตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.4 จากการทดสอบน้ำหนักที่สูญเสียจากการการทำความเย็นแบบสุญญากาศมีค่าสูญเสีย 5.4% สำหรับการสเปรย์น้ำมีค่าการสูญเสียน้ำหนักอยู่ที่ 5.26 % จะเห็นว่าการทำความเย็นแบบสุญญากาศเป็นกรรมวิธีที่สูญเสียน้ำหนักสูง แต่น้ำหนักที่สูญเสียจะสามารถลดลง โดยการสเปรย์น้ำที่ดอกไม้ก่อนที่การทำความเย็นแบบสุญญากาศ ซึ่งจะเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.4 การทดสอบแบบสุญญากาศ

2.2 ระบบการลดอุณหภูมิและการทำความเย็นแบบระเหย

ดอกไม้อาจจะได้รับการลดอุณหภูมิ โดยการวางไว้ในห้องเย็น โดยไม่ต้องบรรจุหีบห่อ หรืออาจบรรจุในห้องที่เปิดฝากล่องไว้ จนถึงอุณหภูมิลดถึงระดับที่ต้องการแล้วจึงปิดฝากล่อง การลดอุณหภูมิในฝากล่องที่ปิดสนิทจะไม่มีประสิทธิภาพ วิธีการลดอุณหภูมิดังกล่าวไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ แต่ต้อง

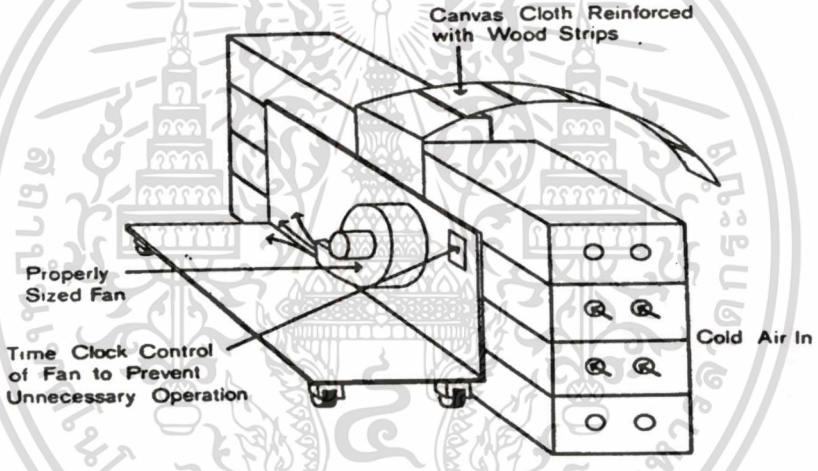
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เวลานานมากและเนื้อที่มาก ดอกไม้ที่ผ่านขั้นตอนการลดอุณหภูมิแล้วควรได้รับการบรรจุหีบห่อในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำเพื่อป้องกันไม่ให้ดอกไม้มีอุณหภูมิสูง

การลดอุณหภูมิของดอกไม้สามารถทำได้โดยการใช้น้ำแข็ง แต่วิธีนี้มีประสิทธิภาพต่ำ เพราะต้องใช้เวลาลดอุณหภูมินานและต้องระวังไม่ให้น้ำแข็งถูกดอกไม้โดยตรงเพราะอาจทำให้เกิดความเสียหายจากความเย็นเหนือจุดเยือกแข็งได้

เครื่องลดอุณหภูมิในการเก็บดอกไม้มีมากมายหลายชนิดและมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน และมีการทำงานที่แตกต่างกันออกไป

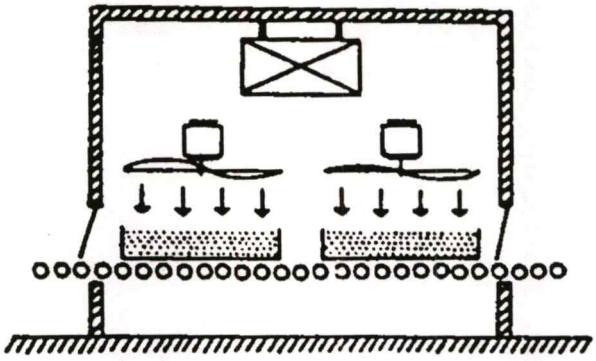
2.2.1 การใช้วิธีผ่านอากาศเย็น (Forced-air cooling) เป็นวิธีที่นิยมในการใช้ลดอุณหภูมิโดยใช้อากาศเย็นมีอุณหภูมิประมาณ 0 องศาเซลเซียส วิธีนี้จะลดอุณหภูมิลงได้อย่างรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เครื่องทำความเย็นชนิดผ่านอากาศเย็น (Forced-air cooling)

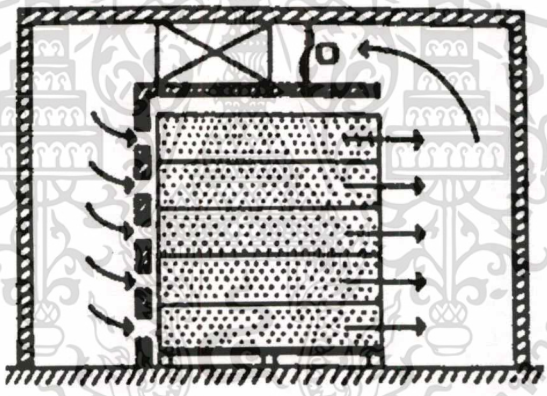
2.2.2 การใช้พัดลมผ่านลมเย็น (Cooling tunnel) เป็นการใช้พัดลมดันอากาศเย็นลงมา สู่กล่องบรรจุดอกไม้ที่ปิดฝาอยู่ เป็นระบบที่ต้องใช้พื้นที่ๆปิด โดยอาจมีระบบสายพานพา กล่องดอกไม้เข้าสู่ Cooling tunnel ระบบนี้เหมาะกับดอกไม้ที่มีปริมาณไม่มาก ถ้าใช้กับดอกไม้ที่มีปริมาณมากจะทำได้ช้าและอุณหภูมิลดลงอย่างไม่สม่ำเสมอ การลดอุณหภูมิด้วยวิธีนี้จะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากดอกไม้เย็นลงถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้วจึงปิดกล่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 เครื่องทำความเย็นชนิดพัดลมผ่านลมเย็น (Cooling tunnel)

2.2.3 การดันอากาศเย็นผ่านรูระบายอากาศของกล่อง เป็นระบบดันอากาศเข้าสู่กล่องกระดาษทางช่องระบายอากาศ อากาศที่ผ่านกล่องจะกลับเข้าสู่ระบบทำความเย็น ระบบนี้สามารถเก็บดอกไม้และลดอุณหภูมิได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 2.7

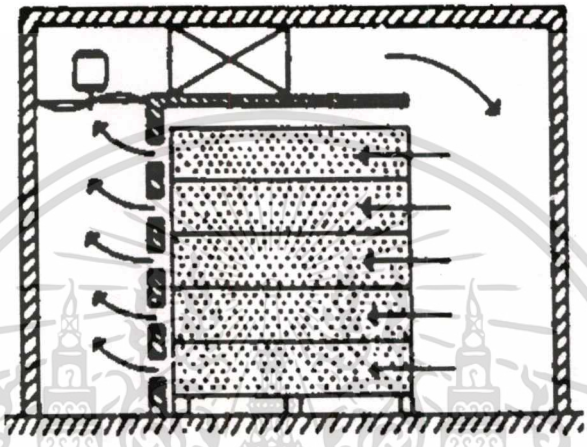


รูปที่ 2.7 เครื่องทำความเย็นชนิดดันอากาศเย็นผ่านรูระบายอากาศของกล่อง

2.2.4 การดึงอากาศเย็นผ่านรูระบายของกล่อง เป็นวิธีที่ใช้การดึงอากาศเย็นให้ผ่านช่องระบายอากาศของกล่องกระดาษ อากาศที่ผ่านดอกไม้จะถูกทำให้เย็นลง และมีความชื้นสูง แล้วจึงถูกดึงกลับสู่ห้องเย็น ซึ่งอากาศที่เย็นและชื้นจะผ่านเข้าสู่กล่องกระดาษอีก และหมุนเวียนไปเรื่อยๆสามารถเก็บดอกไม้ได้ปริมาณมากๆ อุณหภูมิของอากาศในห้องเย็นจะคงที่ เพราะอากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นถูกดึงออกจากห้องเย็นทันที นอกจากนั้นดอกไม้ที่ลดอุณหภูมิแล้วยังสามารถเก็บรักษาไว้ในห้องนี้ได้อีกด้วย อากาศที่มีความชื้นสูงจะป้องกันไม่ให้ ดอกไม้เกิดอันตรายจากการเยือกแข็ง แต่ถ้าในกรณีที่ความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

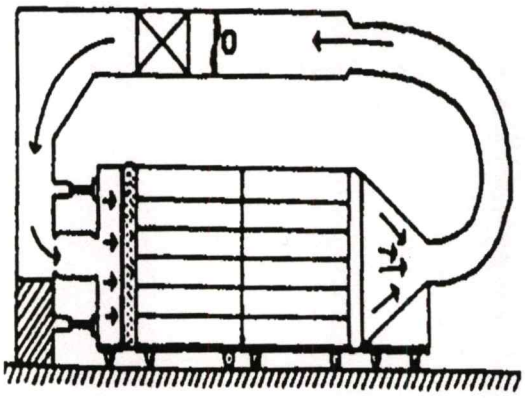
มีประสิทธิภาพสูงมาก ถ้าอากาศที่มีความชื้นต่ำถูกดันเข้ามาในห้องเย็น อุณหภูมิของอากาศอาจจะไม่คงที่ ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายกับดอกไม้ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้อากาศชื้นถ้าอุณหภูมิลดลง 2- 3 องศาเซลเซียส อาจเกิดปัญหาแก่ดอกไม้คือเกิด อันตรายจากการเกิดน้ำแข็งภายในดอก ดังนั้นควรรักษาระดับอุณหภูมิ ให้อยู่ประมาณ 6 องศาเซลเซียส เพื่อให้ระบบทำความเย็นมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงต้องติดตั้งเครื่องทำความชื้นไว้ในระบบด้วย หรือ ใช้ระบบที่มีการผสมอุณหภูมิสูงกับอุณหภูมิต่ำ เพื่อให้อากาศในห้องเย็นมีอุณหภูมิที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เครื่องทำความเย็นชนิดดึงอากาศเย็นผ่านรูระบายของกล่อง

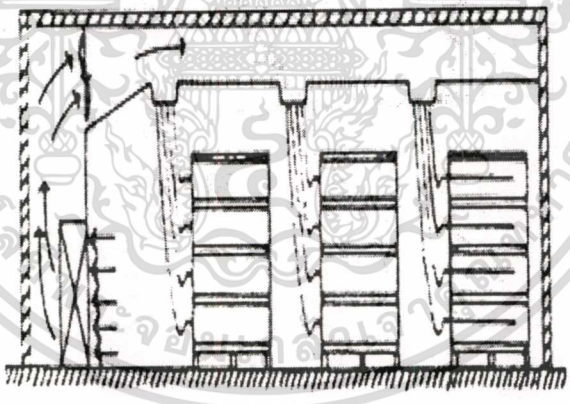
2.2.5 การดึงและดันอากาศเย็นผ่านรูระบายอากาศของกล่อง เป็นระบบการลดอุณหภูมิ ซึ่งประกอบด้วยการดึงอากาศ และผนังซึ่งทำหน้าที่ดันอากาศเย็น ให้ผ่านเข้ามายังดอกไม้ และเพื่อเป็นการประหยัดเนื้อที่ในห้องเย็นผนังที่ทำหน้าที่ดันอากาศควรจะเคลื่อนที่ได้ตามความเหมาะสม การลดอุณหภูมิใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ระบบนี้สามารถใช้ลดอุณหภูมิ ของดอกไม้ในระหว่างการขนส่งได้อีกด้วย โดยผนังที่ทำหน้าที่ดูดและดันอากาศ อาจจะติดอยู่ด้านข้างรถบรรทุกซึ่งบรรจุดอกไม้แล้ว ดังแสดงในรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 เครื่องทำความเย็นชนิดดึงและดันอากาศเย็นผ่านรูระบายอากาศของกล่อง

2.2.6 การดันอากาศเย็นผ่านท่อเข้าสู่กล่อง การทำงานคืออากาศเย็นจะถูกดันผ่านท่อพลาสติกบางๆ ที่ยืดได้จะต่อกับท่อภายในกล่อง ที่ยืดได้จะต่อกับท่อภายใน กล่องกระดาษไปยังช่องอากาศเย็นที่เพดาน ระบบนี้ประหยัดเนื้อที่ และมีข้อดีคือสามารถลดอุณหภูมิของดอกไม้ ที่อยู่ในภาชนะบรรจุที่มีชนิดและขนาดต่างกันได้ การลดอุณหภูมิโดยวิธีนี้ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง แต่มีข้อเสียคือสิ้นเปลืองแรงงานมากกว่า เพราะต้องใช้แรงงานคนในการต่อท่อแต่ละกล่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.10

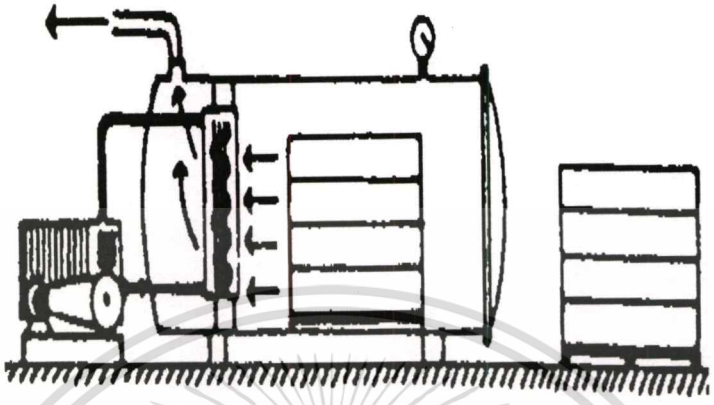


รูปที่ 2.10 เครื่องทำความเย็นชนิดดันอากาศเย็นผ่านท่อเข้าสู่กล่อง

2.2.7 ความเย็นสุญญากาศ (Vacuum cooling) เป็นระบบที่นิยมการลดอุณหภูมิผักใบ เช่น ผักกาดหอมห่อ และมีการทดลองใช้กับดอกไม้กับประเทศเนเธอร์แลนด์ ระบบทำความเย็นแบบสุญญากาศประกอบด้วย ห้องขนาดพอสมควรที่แข็งแรง และทนต่อแรงดันภายนอกได้ มีเครื่องดูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศออกเพื่อทำความดันภายในห้องลดลงเมื่อความดันลดลงน้ำจะระเหยกลายเป็นไอ ที่ความดันต่ำและจะมีอุณหภูมิต่ำน้ำจะเอาความร้อนออกจากดอกไม้ไปด้วยวิธีนี้ ใช้เวลาการลดอุณหภูมิเพียง 20 นาทีเท่านั้นดอกไม้จะมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 1-6 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 เครื่องทำความเย็นชนิดสุญญากาศ (Vacuum Cooling)

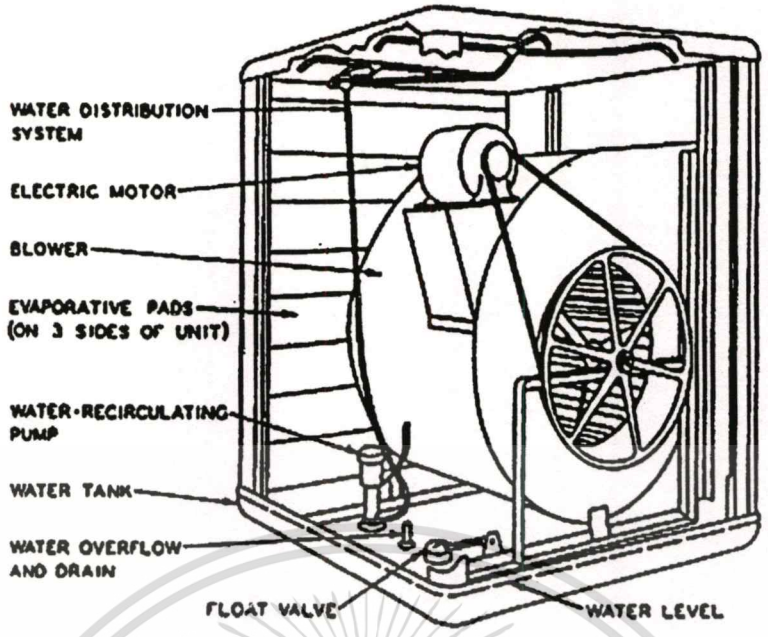
2.2.8 การทำความเย็นแบบระเหย

เป็นขบวนการปรับอากาศโดยใช้หลักการลดอุณหภูมิของอากาศโดยการระเหยของน้ำ โดยเมื่ออากาศเคลื่อนที่ผ่านน้ำ น้ำจะดึงความร้อนสัมผัสจากอากาศมาใช้ในการระเหยจากสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ทำให้อุณหภูมิต่ำลงและความชื้นเพิ่มขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่ลดลงและความชื้นที่เพิ่มขึ้นสามารถใช้ในการยืดอายุและเก็บรักษาดอกไม้ได้ การทำความเย็นแบบระเหยแบ่งเป็น

2.2.8.1 การทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง (Direct Evaporative Cooling) [16] เป็นระบบที่ให้อากาศที่ผ่านเข้าห้องสัมผัสกับน้ำโดยตรง และทำให้อากาศมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้น ระบบทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงสามารถแบ่งได้อีกหลายแบบเช่น

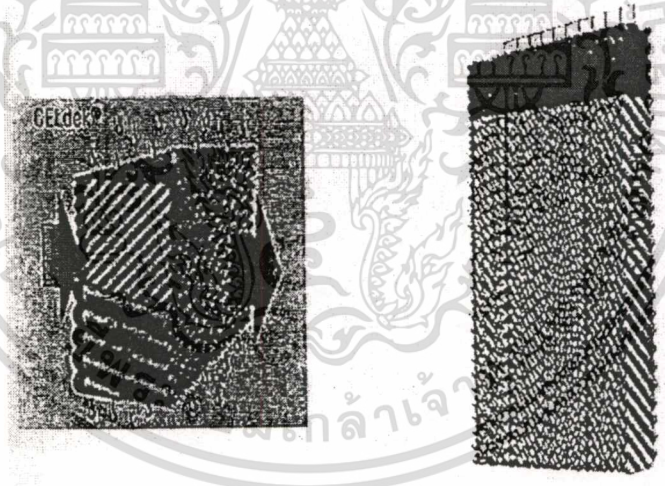
- ระบบ Drip Type Cooler เป็นระบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันโดยจะใช้ Evaporative Cooling Media หรือเรียกว่า pad (แผงซับความชื้น) เป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศเป็นวัสดุซับความชื้น ดังแสดงในรูปที่ 2.12 และ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Typical Wetted-Pad Evaporative Cooler

รูปที่ 2.12 ระบบPad System

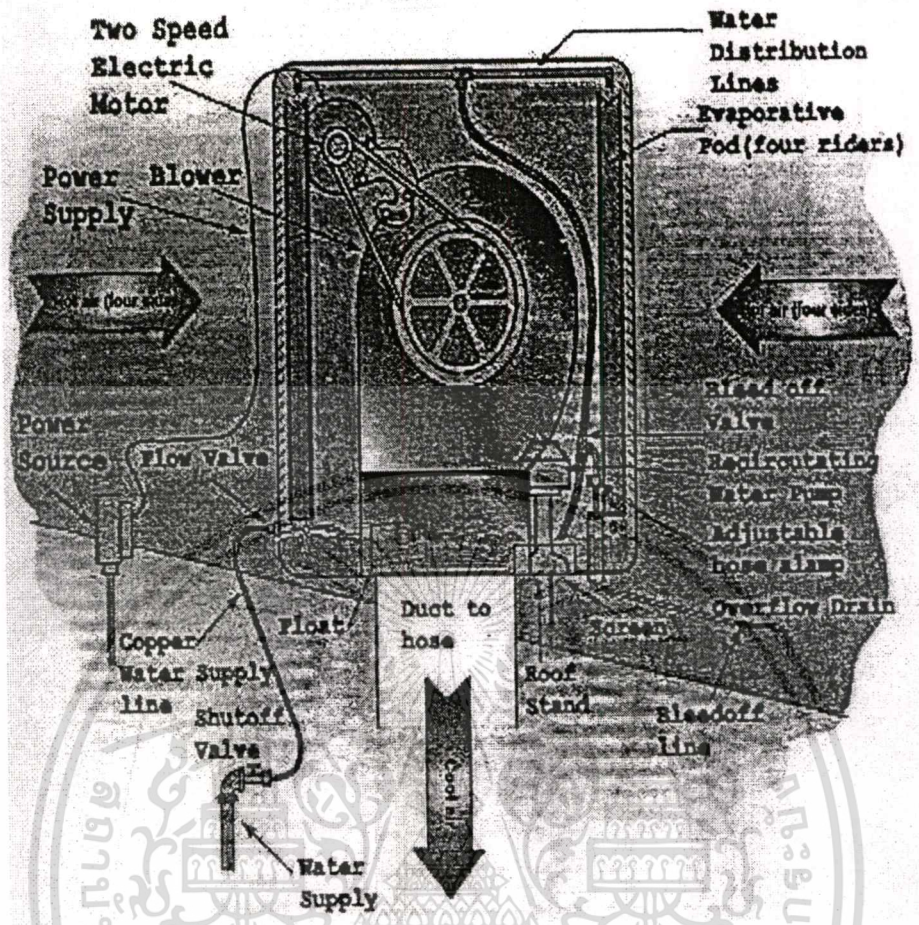


รูปที่ 2.13 ตัวอย่างของ แผงซับความชื้น

- ระบบ Slinger เป็นระบบที่ใช้ Slinger ในการจ่ายน้ำเข้าระบบ คือจะจ่ายน้ำให้เข้ากับผิวเปียก โดยจะต่อเข้ากับมอเตอร์ และมีส่วนจมอยู่ในน้ำขณะที่มอเตอร์หมุน Sliinger ก็จะสะบัดน้ำสัมผัสกับผิวเปียก ดังแสดงในรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

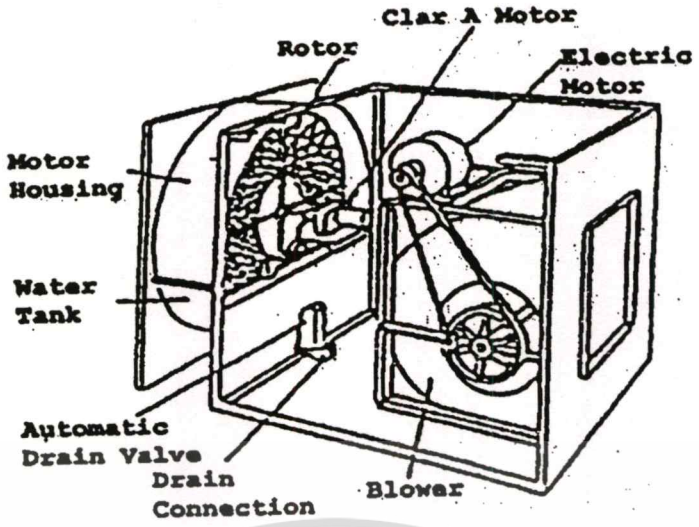


รูปที่ 2.14 ระบบ Slinger

- ระบบ Rotary Type ระบบนี้จะใช้ผิวเปียก เช่นเดียวกับ 2 ระบบแรก ต่างกันที่ระบบนี้จะติดตั้งผิวเปียกอยู่บนจานกลม ซึ่งต่ออยู่กับมอเตอร์ และด้านล่างของจานกลมจะมีอ่างน้ำ ส่วนหนึ่งของผิวเปียกจะอยู่บนอ่างน้ำ ขณะที่ระบบทำงานอากาศจะเคลื่อนที่ผ่านจานกลม ซึ่งหมุนอยู่ตลอดเวลา ทำให้น้ำสัมผัสกับอากาศได้มากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.15

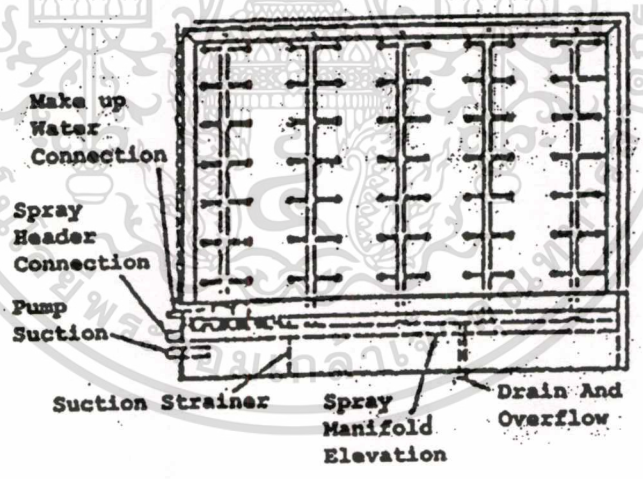
61630

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ระบบ Rotary

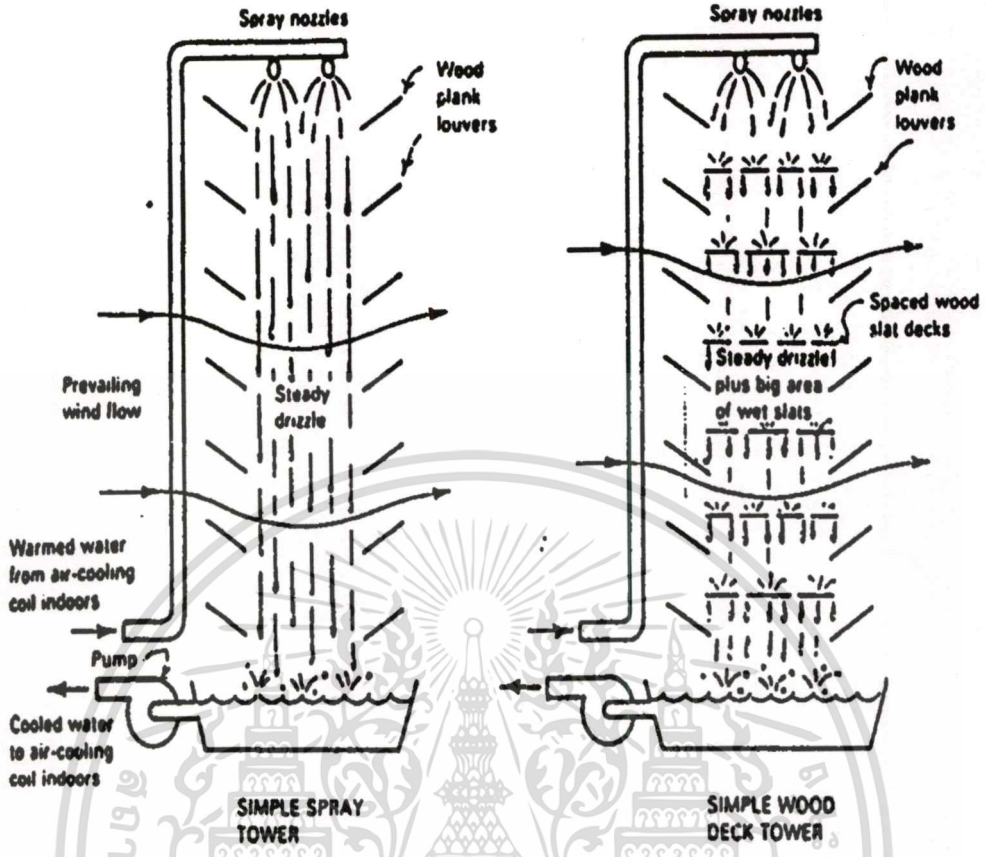
- ระบบ Misting และระบบ Fogging ทั้งสองระบบใช้การฉีดพ่นน้ำผ่านหัวฉีด เพื่อที่จะพ่นน้ำให้เป็นละอองเหมือนกันทั้งสองระบบ ต่างกันที่ความดันของน้ำระบบนี้มีข้อดีคือค่าใช้จ่ายต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ระบบ Fogging and Misting System

- ระบบม่านน้ำ ระบบนี้มีการเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศโดยตรง น้ำที่ไหลจะมีหลายสายทำให้น้ำสัมผัสกับอากาศได้มากขึ้น ข้อดีคือเสียค่าใช้จ่ายน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 ระบบม่านน้ำ

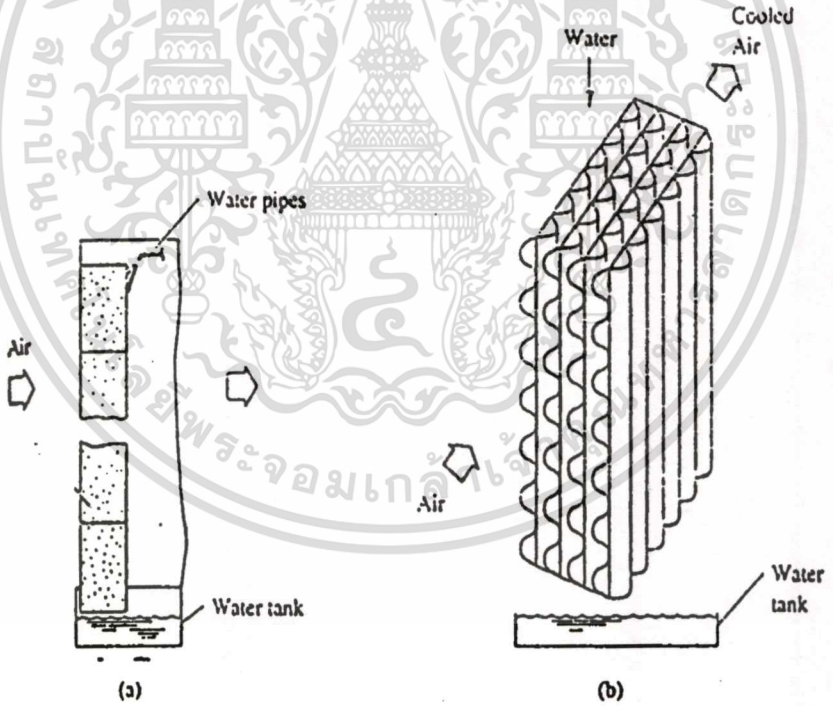
ระบบทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง พื้นที่สัมผัสจะถูกจำกัดโดยขนาดของระบบ โดยทั่วไปลักษณะการสัมผัสน้ำกับอากาศ มี 2 แบบคือ

ก. แบบไม่ใช้ตัวกลาง จะเป็นการสัมผัสกัน โดยตรงระหว่างน้ำและอากาศมีข้อดีคือ ไม่มีปัญหาในเรื่องการต้านทานการเคลื่อนที่ของอากาศซึ่งจะมีผลในความสามารถของการถ่ายเทความร้อน ซึ่งจะมีผลต่อการลดอุณหภูมิของอากาศของระบบ วิธีการโดยทั่วไปจะปั๊มน้ำจากถังเก็บขึ้นไปปล่อยให้ไหลลงมาสัมผัส กับอากาศน้ำจะระเหยตามหลักการของระบบ น้ำส่วนใหญ่ที่ไม่ระเหยจะไหลกลับยังถังเก็บ

ข. แบบใช้ตัวกลาง ทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำและอากาศ สำหรับตัวกลางที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมี 2 แบบคือ

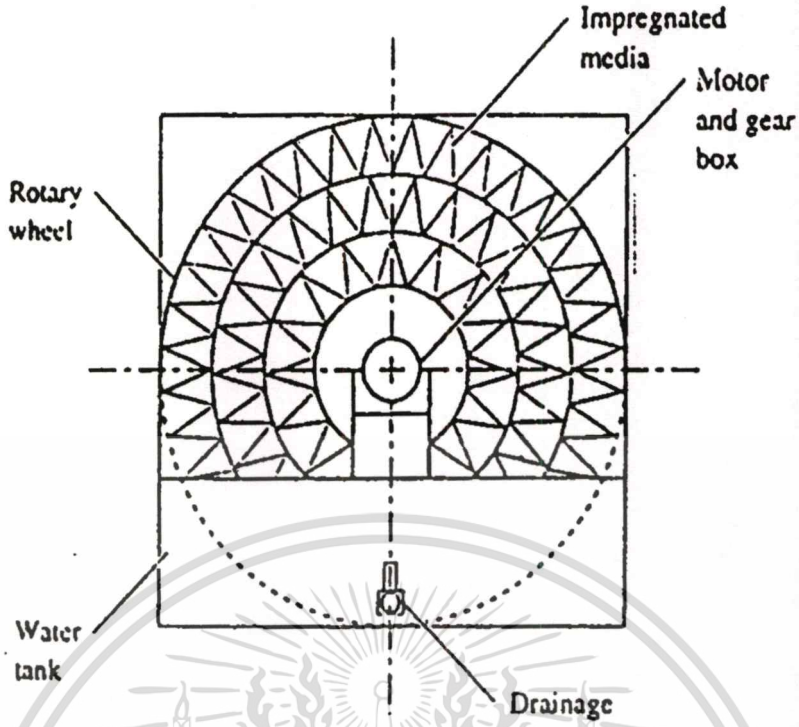
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Aspen Pad ทำจากเส้นใย Aspen Wood โดยใส่ไว้ในโครงครอบ ซึ่งทำจาก Galvanize steel หรือพลาสติก โดยมากเส้นใยจะเคลือบสารเพิ่มความเปียก
- Rigid Media Cooler ทำจากวัสดุ Cellulose หรือ พลาสติก พับเป็นลอนเชื่อมด้วยกาว ภายในมีลักษณะเป็นช่อง โดยอากาศจะเคลื่อนที่ผ่านช่องมีข้อดีคืออายุการ ใช้งานยาว ติดตั้งได้ง่าย
- Evaporative Pad เป็นชนิดของตัวทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงแบบทั่วไปมีใช้ตามตึกทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 2.18 (a)
- Rigid Media ทำจากเซลลูโลสไม่เปลี่ยน โครงสร้าง มีอายุการใช้งานเท่ากับ Aspen Pads ดังแสดงในรูปที่ 2.18 (b)
- Rotary Wheel มีโครงสร้างที่ยุ่งยากกว่าแต่ไม่มีระบบน้ำหมุนเวียน ซึ่งง่ายที่จะต่อเชื่อมกับระบบทำความเย็นอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.18 (c)
- Air Washer เป็นตัวทำความเย็นระเหยโดยตรง มีความจุมาก ขนาดใหญ่ และราคาแพง ปกติจะใช้ทำความชื้นและความเย็นแบบระเหย



รูปที่ 2.18 ผิวเปียกสำหรับทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง (a) Evaporative Pad : (b) Rigid Media

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

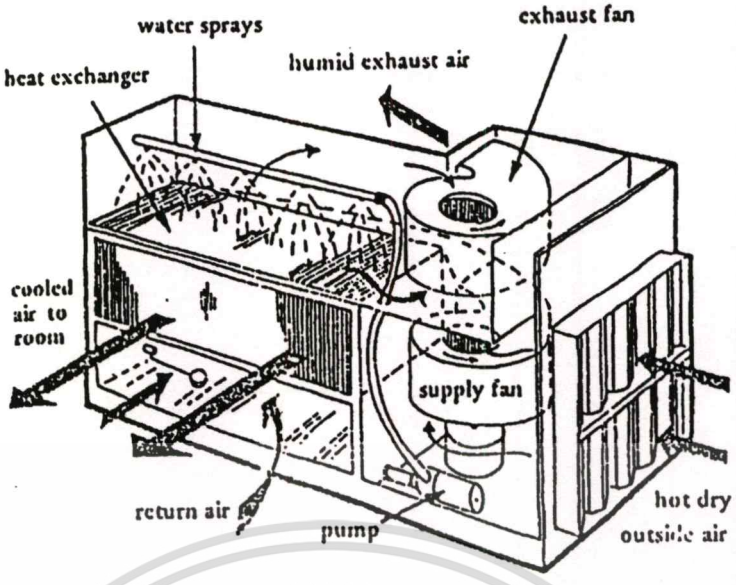


(c)

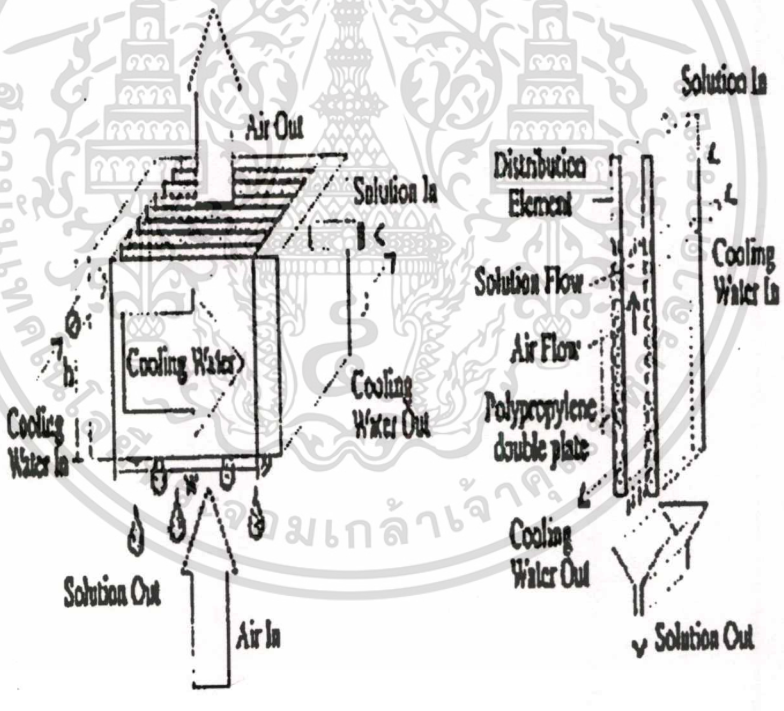
รูปที่ 2.18 (ต่อ) (c) Rotary Wheel

2.2.8.2 การทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม (Indirect Evaporative Cooling) ระบบนี้ความชื้นอากาศจะลดลงกว่าการทำความเย็นแบบระเหยทางตรง โดยการนำเอาอากาศ หลังจากที่ออกจากการทำความเย็นแบบน้ำระเหยโดยตรง มาแลกเปลี่ยนความร้อน โดยจะเป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนสัมผัสกับอากาศที่จ่ายให้กับห้องปรับอากาศ จะไม่สัมผัสโดยตรงกับน้ำ ทำให้ไม่เกิดความชื้นสูงเรียกระบบนี้ว่า Indirect Evaporative Cooling ดังแสดงในรูปที่ 2.19 และ 2.20 และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบ่งได้ 2 ลักษณะคือ Tube Type และ Plate Type ดังแสดงในรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

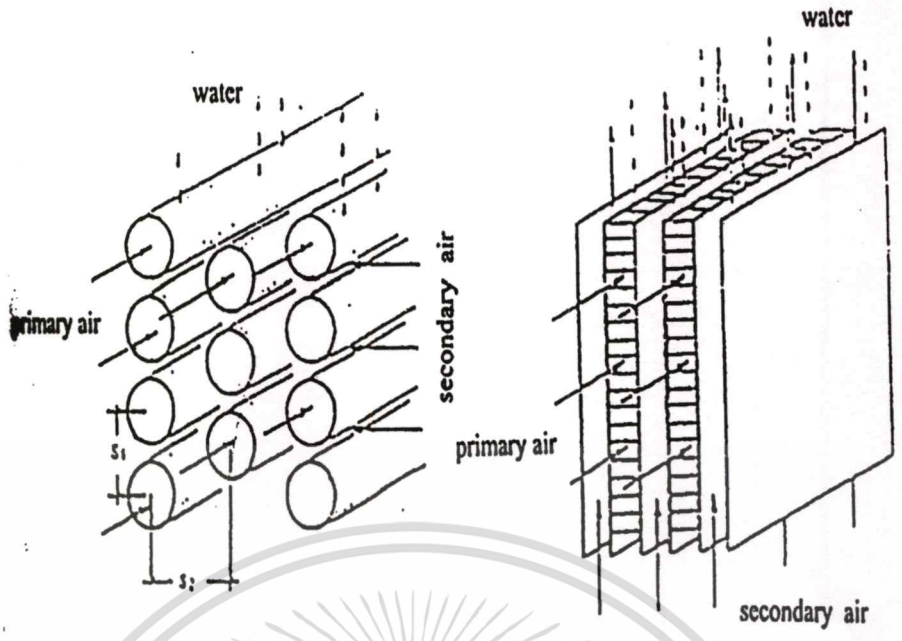


รูปที่ 2.19 การทำงานของ Indirect Evaporative Cooling



รูปที่ 2.20 ไดอะแกรมของระบบ Indirect Evaporative Cooling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



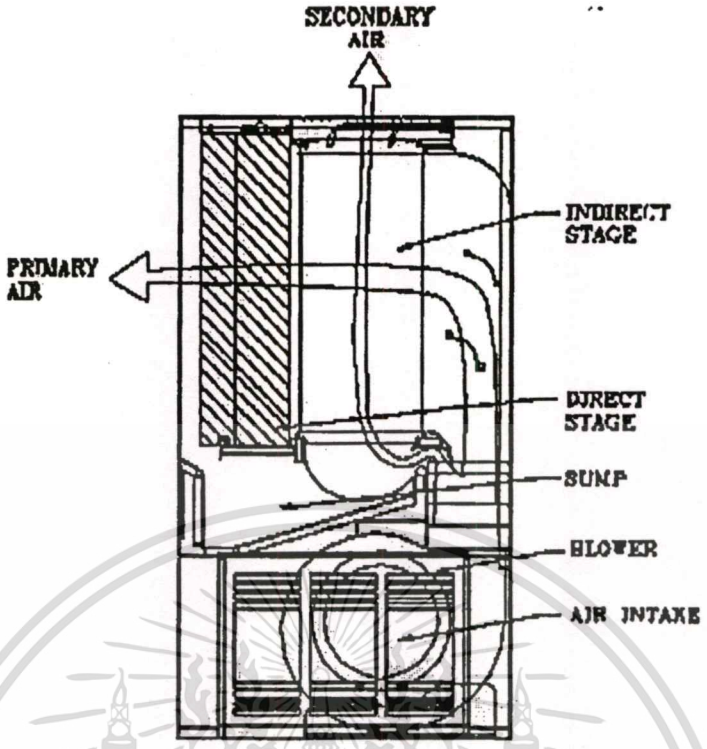
รูปที่ 2.21 ลักษณะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

2.2.8.3 การทำความเย็นแบบรวมทั้งโดยตรงและอ้อม (Indirect-Direct Evaporative Cooling) เป็นระบบที่มีการทำงานของการทำความเย็นทั้งทางตรงและทางอ้อมเรียกว่า Stage ข้อดีของ Stageเช่น ระบบมีระบบทำความเย็นแบบระเหยทางอ้อม และระบบทำความเย็นทางตรงอย่างละตัวจะเรียกว่า Double Stage คือ เป็นการเพิ่มความสามารถในการลดอุณหภูมิทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูง ดังแสดงในรูปที่ 2.22 และ 2.23 แบ่งเป็น 2 แบบคือ

Single State เป็นระบบทางตรงแบบทั่วๆไป ระบบนี้จะลดอุณหภูมิของอากาศโดยที่ความชื้นของอากาศคงที่

Multi Stage เป็นระบบที่มีระบบระเหยทางตรงและทางอ้อมมากกว่า 1 ตัว ระบบนี้จะลดอุณหภูมิของอากาศได้มากกว่าระบบแบบ Single Stage เนื่องจากอากาศที่ผ่าน Stage แรกมาแล้วจะมีอุณหภูมิลดลงแต่ความชื้นคงเดิม โดยจะนำมาลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้น โดยการทำความเย็นแบบระเหยทางตรงอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 ไดอะแกรมของระบบ Indirect-Direct Evaporative Cooling

2.3 กล้วยไม้และเกรดมาตรฐานของดอกไม้

กล้วยไม้เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและมีมากถึง 25,000 ชนิด [17] การเลือกปลูกดอกกล้วยไม้ก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงฤดูกาลปลูก รวมถึงปริมาณการให้ปุ๋ย [18] โดยฤดูหนาวอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ต้นกล้วยไม้จะเจริญเติบโตน้อยกว่าปกติ ความชื้นจะต่ำมาก ต้นจะพักตัวและทิ้งใบไม่ออกดอก ในฤดูหนาวควรลดปริมาณปุ๋ยลง ส่วนในฤดูร้อนเป็นช่วงที่ต้นมีการเจริญเติบโต อากาศอบอุ่นหลังผ่านช่วงที่อากาศหนาวเย็น ความชื้นในอากาศสูงขึ้นเหมาะกับช่วงการเจริญเติบโต ควรให้ปุ๋ยในอัตราที่สูงกว่าปกติ ส่วนในฤดูฝนต้นกล้วยไม้จะมีการเจริญเติบโตดีมาก และได้รับไนโตรเจนจากน้ำฝนในรูปของไนเตรทปริมาณมากถ้าได้รับปุ๋ยมากจะทำให้ต้นอ่อนแอเน่าง่าย

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ ได้แก่

- แสงสว่างเป็นแหล่งพลังงานที่กล้วยไม้เก็บสะสมไว้ในรูปของแป้งน้ำตาล และสารประกอบอื่นๆ เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากนี้แสงสว่างยังมีอิทธิพลต่อการออกดอกของกล้วยไม้ ความสูงของดอกกล้วยไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุณหภูมิ ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการเร็วช้า ของกระบวนการต่างๆในกล้วยไม้ เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการหายใจ กระบวนการเคลื่อนย้ายสารต่างๆ กระบวนการออกดอก ถ้าหากว่ากระบวนการสูงกว่าอุณหภูมิต่างๆ จะเกิดเร็วขึ้น ถ้าอุณหภูมิต่ำกระบวนการต่างๆก็จะช้าลง แต่มีขีดจำกัดคือ ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปหรือต่ำเกินไป กระบวนการต่างๆจะหยุด

- ความชื้น กล้วยไม้จะนำความชื้นจากอากาศรอบๆไปใช้ ความชื้นของเครื่องปลูก ความชื้นตามฤดูกาล เนื่องจากน้ำเป็นตัวสะสมอาหารให้แก่กล้วยไม้ และมีหน้าที่เลี้ยงส่วนต่างๆ ของกล้วยไม้ให้สดชื่นและคงรูปร่างอยู่ได้

- อากาศ หมายถึงอากาศตามธรรมชาติ กล้วยไม้ มีคาร์บอนไดออกไซด์ที่กล้วยไม้ใช้สร้างกลูโคสและออกซิเจนที่กล้วยไม้ใช้หายใจ นอกจากนี้อากาศยังเป็นสื่อนำความอบอุ่น และความชื้นเพื่อถ่ายเทให้กล้วยไม้ นอกจากนี้อากาศยังเป็นสื่อนำความอบอุ่น และความชื้นเพื่อถ่ายเทให้กล้วยไม้ สำหรับส่วนผสมของอากาศตามธรรมชาติไม่มีความสำคัญมากนัก เพราะเราไม่สามารถควบคุมได้ แต่การหมุนเวียนถ่ายเทอากาศภายในเรือนกล้วยไม้ จะทำให้กล้วยไม้ได้รับอากาศบริสุทธิ์อยู่เสมอ และยังช่วยให้น้ำในกล้วยไม้ระเหยออกทางรูตามผิวใบ การหายใจของกล้วยไม้ การระเหยของน้ำออกทางใบจะช่วยให้กล้วยไม้ดูดน้ำดูดอาหารขึ้นทางรากได้มากขึ้น

- อาหารหมายถึงธาตุต่างๆ ที่จำเป็นต่อกล้วยไม้ที่จะนำไปใช้ ในการดำรงชีวิตและสร้างการเจริญเติบโต

- ศัตรู ได้แก่ โรคแมลงและวัชพืชต่างๆที่ทำให้กล้วยไม้เสียหายได้

2.3.1 เกรดและมาตรฐานของดอกไม้

ความหมายของเกรดและมาตรฐานคือการจัดระบบมาตรฐานหรือการจัดสื่อกลางทำให้สามารถแบ่งเป็นเกรดหรือชั้นต่าง ๆ หรือการจัดภาษากลาง (สากล) ซึ่งทำให้ผู้ปลูก คนกลาง และคนขายปลีกได้ทราบความหมายไปในทางเดียวกันเมื่อได้พูดถึงดอกไม้เกรดหนึ่งเกรดใดก็ตาม [19] ดอกไม้แต่ละเกรดมีภาษาที่บ่งชัดถึงความแตกต่าง เกรดและมาตรฐานของดอกไม้ที่ตั้งขึ้นเป็นการส่งเสริมการขายดอกไม้ เมื่อเกรดและมาตรฐานของดอกไม้เป็นที่ยอมรับในวงการอุตสาหกรรมดอกไม้ จะทำให้เกิดประโยชน์มากกับผู้ปลูก คนกลาง และคนขายปลีก ดอกไม้ที่มีคุณภาพไม่ดีหรือต่ำกว่ามาตรฐานที่ได้ตั้งไว้ จะถูกกำจัดออกไปจากตลาด เกรดและมาตรฐานของดอกไม้คุ้มครองผลประโยชน์ของผู้ใช้ดอกไม้ เพราะทำให้ผู้ใช้ดอกไม้ได้ดอกไม้ตามมาตรฐานที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1 เกรดและมาตรฐานของดอกไม้ในประเทศไทย

การคัดเกรดและมาตรฐานของดอกไม้ในประเทศไทยอยู่ในวงแคบ เพราะทำและรู้จักกันในหมู่ของผู้ปลูกและคนกลางที่จำกัด และมักพิจารณาแค่ 2-3 อย่างเท่านั้น เช่นความยาวของก้านดอกและขนาดของดอก ดอกไม้ที่มีการคัดเกรดส่วนมากคือกล้วยไม้สกุลหวาย เพราะเป็นดอกกล้วยไม้ที่ส่งออกมากกว่าดอกกล้วยไม้สกุลอื่น ๆ การแบ่งเกรดของดอกกล้วยไม้แน่นอน อาจจะแบ่งเกรดของดอกกล้วยไม้ออกเป็น 2 เกรด 3 เกรด หรือ 4 เกรด โดยกำหนดรายละเอียดของเกรดด้วยจำนวนดอกย่อย (floret) ภายในช่อดอก (inflorescence) ความยาวของช่อดอก ดังนั้นแม้ว่าดอกกล้วยไม้จะอยู่ในเกรดเดียวกันการเรียกชื่อเกรดของดอกกล้วยไม้อาจจะแตกต่างกัน

การแบ่งเกรดดอกกล้วยไม้ออกเป็น 2 เกรด

1. ขนาดช่อยาว ช่อดอกมีดอกบานไม่น้อยกว่า 6 ดอก และมีดอกตูมไม่น้อยกว่า 1 ดอก
2. ขนาดช่อสั้น ช่อดอกมีดอกบาน 4-5 ดอก และมีดอกตูมไม่น้อยกว่า 1 ดอก

การแบ่งเกรดดอกกล้วยไม้ออกเป็น 3 เกรด

1. ขนาดช่อยาว ช่อดอกมีดอกตูมและดอกบนรวมกันมากกว่า 12 ดอก โดยมีดอกบาน 7 ดอกหรือดอกบาน 15 ดอกก็ได้ แต่ต้องมีดอกตูมไม่น้อยกว่า 2 ดอก
2. ขนาดช่อกลาง ช่อดอกมีดอกตูมและดอกบานรวมกัน 9-11 ดอก โดยมีดอกบานไม่น้อยกว่า 6 ดอก และดอกตูมไม่น้อยกว่า 3 ดอก
3. ขนาดช่อสั้น ช่อดอกมีดอกตูมและดอกบานรวมกัน 6-9 ดอก

การแบ่งเกรดดอกกล้วยไม้ออกเป็น 4 เกรด

1. ขนาดช่อยาวพิเศษ ช่อดอกมีความยาวตั้งแต่ปลายโคนก้านถึงปลายยอด 50-65 เซนติเมตร
2. ขนาดช่อยาว ช่อดอกมีความยาวตั้งแต่ปลายโคนก้านถึงปลายยอด 40-45 เซนติเมตร
3. ขนาดช่อสั้น ช่อดอกมีความยาวตั้งแต่ปลายโคนก้านถึงปลายยอด 40-45 เซนติเมตร
4. ขนาดช่อสั้นสุด ช่อดอกมีความยาวตั้งแต่ปลายโคนก้านถึงปลายยอด 30-40 เซนติเมตร

ดอกไม้ที่ไม่ได้มาตรฐานของดอกไม้ส่งออก จะคัดไว้ขายภายในในประเทศ ดอกกล้วยไม้ประเภทนี้เรียกว่าไม้ตลาด อาจมีสาเหตุเนื่องจาก ก้านช่อสั้น ดอกร่วง ดอกเหี่ยว ก้านช่อดอกหัก

2.3.1.2 เกรดและมาตรฐานของดอกไม้ในต่างประเทศ

ในประเทศสหรัฐอเมริกามีสมาคมปลูกต้นไม้ (The Society of American Florists, SAF) ได้กำหนดกฎเกณฑ์อย่างกว้าง ๆ สำหรับดอกไม้ทั่วไปดังต่อไปนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ดอกไม้ทั่วไปควรมี 4 เกรดหรือมีมาตรฐาน 4 ระดับ เป็นการเพียงพอ
2. น้ำหนักของดอกไม้มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับคุณภาพของดอกไม้ และไปด้วยกับกับความยาวของก้านดอกและเส้นผ่านศูนย์กลางของดอก
3. ใช้แถบสีแทนเกรดต่าง ๆ คือสีน้ำเงินเป็นเกรดลำดับที่ 1 (สูงสุด) สีแดงเป็นเกรดลำดับที่ 2 สีเขียวเป็นเกรดลำดับที่ 3 สีเหลืองเป็นเกรดลำดับที่ 4 และสีขาวเป็นเกรดต่ำสุด แต่ละเกรดยอมให้ดอกไมมีตำหนิหรือสิ่งไม่ดีเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย

ประเทศในยุโรปที่เป็นสมาชิกของประชาคมเศรษฐกิจร่วมยุโรป (Europeean Economic Communit,EEC) หรือที่เรียกว่า ตลาดร่วม (Common Market) ได้กำหนดเกรดของดอกไม้ทั่ว ๆ ไปที่จะส่งเข้าไปจำหน่ายในประเทศที่เป็นสมาชิกของตลาดร่วม ตลาดดอกไม้ในยุโรปเป็นตลาดดอกไม้ที่สำคัญของดอกไม้ไทย EEC ได้มีการกำหนดเกรดของดอกไม้ที่จะเข้าไปขายในตลาดประเทศของกลุ่มสมาชิกตลาดร่วมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 คือประเทศใดก็ตามที่จะส่งดอกไม้ไปขายในตลาดร่วมของกลุ่มประเทศยุโรป จะต้องปฏิบัติตามข้อบังคับของ EEC (EEC grading regulations) แม้ว่าข้อบังคับนี้จะไม่มีผลใช้บังคับกับดอกไม้ที่จะขายในประเทศผู้ผลิตเองที่ไม่ได้เป็นสมาชิกของตลาดร่วม แต่การที่ได้ทราบข้อบังคับจะเป็นผลดีต่อผู้ปลูกดอกไม้ที่จะได้คัดเลือกและควบคุมคุณภาพของดอกไม้ให้เป็นที่ยอมรับ ถ้าต้องการจะส่งดอกไม้ไปขายในกลุ่มประเทศ ที่เป็นสมาชิกของตลาดร่วม

EEC ได้แบ่งเกรดของดอกไม้ออกเป็น 3 เกรด คือ

1. Extra Class ดอกไม้ต้องมีคุณสมบัติอย่างของ Class I และไม่อนุญาตให้มีสิ่งที่ไม่ดีเลย

2. Class I ดอกไม้ต้องมีคุณภาพดี ตรงตามชนิดและสายพันธุ์ ทุกส่วนของดอกไม้ต้องอยู่ในสภาพเดิม สด ปราศจากรอยขีดข่วนและช้ำ ไม่มีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ ลำต้นหรือก้านดอกต้องแข็งแรงและมั่นคง อนุญาตให้ดอกไม้มีสิ่งที่ไม่ดีได้ 5 เปอร์เซ็นต์

3. Class II คลอบคลุมดอกไม้ทั้งหมดที่ไม่สามารถอยู่ใน Class I ได้ แต่ดอกไม้ต้องอยู่ในสภาพที่สด อาจจะเสียรูปทรงเล็กน้อยที่ไม่ขัดขวางต่อการใช้งานของดอกไม้และอนุญาตให้ดอกไม้มีสิ่งที่ไม่ดีได้ 10 เปอร์เซ็นต์

2.3.2 การประเมินคุณภาพ

วิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปสำหรับการประเมินคุณภาพของดอกไม้ คืออายุการใช้งาน (Vase life) สำหรับหน่วยที่แสดงคือจำนวนวัน สภาพแวดล้อมขณะที่ประเมินอายุการใช้งานของดอกไม้มีอิทธิพลอย่างมาก ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วของการเคลื่อนที่ของอากาศ และความเข้มข้นของเอทิลีนในบรรยากาศ เป็นต้น สภาพแวดล้อมเหล่านี้จะต้องควบคุมขณะที่มีการประเมินอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานและต้องรายงานให้ทราบด้วย สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการประเมินอายุการใช้งานของดอกไม้คือที่อุณหภูมิ 20-23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90 เปอร์เซ็นต์ มีแสงสว่างตลอดทั้งวัน (12 ชั่วโมง) หรือมีแสงจากหลอดไฟฟ้าเรืองแสง (cool-unit flurescent lamp) ซึ่งมีความเข้มข้นของแสงประมาณ 1,000-2,000 ลักซ์ และต้องมีอากาศเคลื่อนที่หมุนเวียนอย่างช้า ๆ ตลอดเวลาและควรติดตั้งเครื่องกำจัดเอทิลีน (ethylene scrubber filter) ส่วนประกอบของน้ำยาที่ใช้ยืดอายุการใช้งานของดอกไม้และคุณภาพของน้ำที่ใช้มีผลอย่างมากต่ออายุการใช้งานของดอกไม้ น้ำที่ใช้อาจเป็นน้ำประปา น้ำบาดาลหรือน้ำกลั่นก็ได้ แต่ที่มีการแนะนำให้ใช้เป็นมาตรฐานควรใช้น้ำดีไอออไนซ์ (deionized water) บางครั้งอาจจะมีการใส่สารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (germicide) ลงในน้ำหรืออาจใช้น้ำยายืดอายุการใช้งานของดอกไม้แทนน้ำ

เวลาที่แท้จริงของการประเมินอายุการใช้งานของดอกไม้ คือระยะเวลาที่เริ่มต้นประเมินและเวลาที่สิ้นสุดอายุการใช้งาน อาจเริ่มตั้งแต่ถูกตัดจากต้นแต่ส่วนมากเริ่มตอนแช่ดอกไม้ลงในน้ำหรือน้ำยายืดอายุ ข้อผิดพลาดที่มักเกิดขึ้นคือเวลาที่เริ่มแช่ดอกไม้ขณะที่ดอกยังตูมหรือบานแล้วในน้ำยาเพียงระยะเวลาสั้น ๆ หรือที่เรียกการทำพัลซิ่ง เพื่อทำให้ดอกตูมบานและเพื่อยืดอายุการใช้งานของดอกไม้แต่ไม่ได้คิดรวมเป็นเวลาทั้งหมดสำหรับอายุการใช้งาน เวลาที่สิ้นสุดอายุการใช้งานของดอกไม้จะเริ่มตั้งแต่การเหี่ยวและการเกิดเปลี่ยนสีของกลีบดอก ซึ่งอาจจะจางลงหรือเข้มขึ้น จนกระทั่งเกิดการตายของดอกไม้ทั้งหมด แต่บางครั้งอาจจะมีการพิจารณาอายุการใช้งานของดอกไม้โดยเริ่มนับตั้งแต่ปักแจกันของผู้ใช้ดอกไม้ โดยไม่รวมเวลาที่ทำพัลซิ่งและการขนส่ง

นอกจากนี้ ยังมีลักษณะอื่น ๆ ของดอกไม้ที่นอกเหนือไปจากอายุการใช้งานดอกไม้ซึ่งมีความสำคัญในการประเมินอายุการใช้งานของดอกไม้หรือคุณภาพของดอกไม้ คือ

1. ขนาดและรูปร่างของดอกไม้ในวันสุดท้าย
2. การพัฒนาของดอกย่อยภายในช่อดอก
3. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของดอกไม้
4. การดูดน้ำของดอกไม้
5. ความเต่ง (turgidity) และความสดของดอกไม้
6. การเปลี่ยนสีของกลีบดอก
7. ความแข็งแรงของลำต้นหรือก้านดอก

การเกิดสีเหลืองหรือน้ำตาลของก้านดอกที่แช่อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเก็บรักษาดอกไม้

การเก็บรักษาดอกไม้มีวัตถุประสงค์ เพื่อรักษาดอกไม้ให้มีอายุการใช้งานได้นานที่สุด นิยมเก็บรักษาดอกไม้ในฤดูที่มีดอกไม้ล้นตลาด หรือมีมากเกินความต้องการ การเก็บรักษาดอกไม้ไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง อาจทำให้ผู้ปลูกได้ราคาสูงขึ้น [20] การเก็บรักษาที่ดีต้องพยายามรักษาความสดของดอกไม้ไว้ ให้เหมือนเมื่อเริ่มตัดจากต้น และทำให้ดอกมีอายุการใช้งานนานที่สุด ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระยะการบานของดอกไม้ที่ตัด ปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในก้านดอก และสภาพ หรือวิธีการเก็บรักษาที่ใช้

ดอกไม้แต่ละชนิดหรือแต่ละพันธุ์ จะมีอายุการเก็บรักษาไม่เท่ากัน ปัจจัย 2 ประการที่สำคัญ ต่ออายุการเก็บรักษาดอกไม้คือ ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก ปัจจัยภายในได้แก่ ลักษณะทางพันธุกรรมของดอกไม้ อัตราการหายใจ อัตราการคายน้ำและความทนทานต่อเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ส่วนปัจจัยภายนอกได้แก่ สภาพแวดล้อมระหว่างการเก็บรักษาเช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แสง ส่วนประกอบของก๊าซในบรรยากาศ และการหมุนเวียนของอากาศในห้องเก็บรักษา การปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อดอกไม้แต่ละชนิด จะช่วยให้ดอกไม้คงคุณภาพที่ดีไว้จนถึงมือผู้บริโภค

การเก็บรักษาดอกไม้และไม้ประดับอื่นๆ สามารถช่วยควบคุมปริมาณผลิตผลที่ออกสู่ตลาดได้ ยิ่งไปกว่านั้นการเก็บรักษาจะช่วยรวบรวมผลิตผลที่ออกสู่ตลาดได้ ยิ่งไปกว่านั้นการเก็บรักษาจะช่วยรวบรวมผลิตผลให้มีมากพอเพียงต่อการขนส่งเพียงครั้งเดียว ซึ่งจะช่วยทำให้ขั้นตอนต่างๆง่ายขึ้น และยังช่วยลดความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการจัดการ หลังการเก็บเกี่ยวด้วยคุณภาพของดอกไม้สำหรับเก็บรักษา

ดอกไม้และไม้ประดับที่จะเก็บรักษาต้องมีคุณภาพดี ไม่ควรมีรอยแผล หักหรือถูกทำลายโดยโรคแมลง ทั้งนี้เพราะการเกิดแผลต่างๆ จะเร่งกระบวนการสูญเสียน้ำ การสังเคราะห์เอทธิลีนและการแพร่ระบาดของโรคระหว่างการเก็บรักษาให้เกิดเร็วขึ้น

ดอกไม้ที่จะเก็บรักษาต้องมีอายุที่เหมาะสม ในขณะเก็บเกี่ยว ถ้าดอกไม้นั้นมีอายุมากเกินไป หรืออ่อนเกินไป จะทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง อาจมีลักษณะไม่สมบูรณ์เมื่อออกจำหน่าย การเก็บรักษาดอกไม้ตูมจะเกิดความสูญเสียน้อยกว่า ดอกไม้ที่บานแล้ว ทั้งนี้เพราะดอกไม้ที่ตูมอยู่กลีบดอกจะไม่อ่อนแอ ต่อเอทธิลีนและไม่ชอกช้ำง่ายเหมือนดอกที่บานแล้ว ทำให้อาหารสะสมคงมีใช้อยู่ได้นานกว่า จึงมีอายุการเก็บรักษานานกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การเก็บรักษาโดยใช้ความเย็น

การเก็บรักษาโดยวิธีนี้เป็นการเก็บรักษาดอกไม้ที่อุณหภูมิต่ำซึ่งอุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลออัตราการหายใจ ชะลอเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในเซลล์ของดอกไม้ให้ช้าลง และลดการทำลาย ของจุลินทรีย์ต่างๆด้วย ทำให้สามารถเก็บดอกไม้ได้นานขึ้น การเก็บรักษาดอกไม้ที่อุณหภูมิต่ำสามารถทำได้ 2 วิธีคือ การเก็บรักษาแบบแห้งและการเก็บรักษาแบบเปียก

ในการเก็บรักษาดอกไม้และไม้ประดับเป็นระยะเวลานาน ควรจะเก็บดอกไม้ในสภาพแห้งปราศจากน้ำ โดยบรรจุหีบห่อในกล่องหรือถุงพลาสติก เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ ในการเก็บรักษาเป็นเวลาสั้นๆประมาณ 1 – 4 สัปดาห์ ดอกไม้อาจจะเก็บรักษาแบบเปียก คือแช่อยู่ในน้ำหรือสารเคมีบางชนิด

2.4.1.1 การเก็บรักษาแบบแห้ง

เป็นการเก็บรักษาดอกไม้ไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิต่ำ โดยไม่แช่โคนก้านดอกไม้ไว้ในน้ำหรือสารเคมี สามารถเก็บดอกไม้ได้นานถึง 4 ถึง 6 สัปดาห์

ข้อดีของการเก็บรักษาแบบแห้งคือ ทำให้ดอกไม้บางชนิดสามารถเก็บรักษาได้นาน และประหยัดเนื้อที่ในการเก็บรักษา ดอกไม้ที่ต้องก่ารเก็บแห้งควรตัดในตอนเช้าตรู่ ขณะที่ดอกมีความสดที่สุด หลังจากตัดมาแล้วไม่ต้องแช่น้ำ นำมาคัดขนาด บรรจุใส่ถุงพลาสติก หรือบรรจุกล่อง อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาวิธีนี้ต้องใช้แรงงานมาก และเสียค่าใช้จ่ายมาก เนื่องจากต้องบรรจุหีบห่อก่อนการเก็บรักษา อย่างไรก็ดี มีดอกไม้บางชนิดไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับ สภาพการเก็บรักษาแบบแห้งได้ เช่นเยอบีร่า จะมีคุณภาพภายหลังเก็บเกี่ยวดีเมื่อเก็บรักษาแบบแช่น้ำหรือแบบเปียก

เพื่อให้ดอกไม้มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด ดอกไม้ที่จะนำมาเก็บรักษาเป็นเวลานาน ควรได้รับการลดอุณหภูมิเฉียบพลันจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการก่อนที่จะนำไปเก็บรักษาในห้องเย็น วิธีการลดอุณหภูมิเฉียบพลันจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการก่อนที่จะนำไปเก็บรักษาในห้องเย็น วิธีการลดอุณหภูมิเฉียบพลันที่เหมาะสำหรับดอกไม้คือ วิธีผ่านอากาศเย็น แต่อาจจะใช้ห้องเย็นธรรมดา โดยนำดอกไม้ไปเก็บไว้ในห้องเย็น ในสภาพที่กล่องภาชนะยังเปิดอยู่ แต่ต้องระวังเรื่องการสูญเสียน้ำของดอกไม้ด้วย

ดอกไม้และไม้ประดับจะอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของราสีเทา ดังนั้นหากต้องการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานควรจะฉีดพ่น หรือแช่ด้วยสารเคมีฆ่าเชื้อราก่อน นำไปเก็บรักษา ซึ่งดอกไม้ที่ได้รับการฉีดพ่น หรือแช่ด้วยสารเคมีฆ่าเชื้อราก่อนนำไปเก็บรักษา ซึ่งดอกไม้ที่ได้รับการฉีดพ่นหรือแช่ในสารเคมี ต้องผึ่งให้แห้งเสียก่อน จึงจะนำไปเก็บรักษาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการบรรจุหีบห่อที่ปิดสนิท เมื่อเก็บรักษาไปได้ที่ระยะหนึ่ง จะเกิดสภาพดัดแปลงบรรยากาศขึ้นเอง โดยปริมาณออกซิเจนจะลดลง เนื่องจากการหายใจของดอกไม้ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะสูงขึ้น สภาพบรรยากาศดังกล่าว จะสามารถเก็บดอกไม้ได้นานขึ้น และมีคุณภาพดีกว่าดอกไม้ปกติ

ในการบรรจุดอกไม้ลงในซอง หรือถุงพลาสติก หรือกล่องกระดาษควรห่อดอกไม้ ด้วยกระดาษอ่อนๆ เพื่อดูดซับหยดน้ำ ซึ่งอาจจะเกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศ กระดาษหนังสือพิมพ์อาจถูกนำมาใช้แทนได้ ถ้าของหมึกพิมพ์ไม่ทำให้สีของดอกไม้เปลี่ยนไป

2.4.1.2 การเก็บรักษาแบบเปียก

การเก็บรักษาแบบเปียก คือการเก็บรักษา โดยการแช่น้ำหรือสารเคมีในถัง วิธีการเก็บรักษาวิธีนี้นิยมกระทำกันมากกว่าวิธีการเก็บรักษาแบบแห้ง ดอกไม้ที่จะเก็บรักษาโดยวิธีนี้ไม่ต้องบรรจุหีบห่อ และดอกไม้ไม่เหี่ยวระหว่างการเก็บรักษา แต่ข้อเสียของการเก็บแบบเปียกคือ เปลืองพื้นที่ในห้องเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาแบบเปียก เป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าการเก็บรักษาแบบแห้งเล็กน้อย จึงทำให้อัตราการใช้อาหารที่สะสมอยู่ในดอกเกิดได้เร็วขึ้น การบานของดอกและการเสื่อมสภาพเกิดขึ้นเร็วกว่าการเก็บรักษาแบบแห้งด้วยเหตุนี้ดอกไม้ที่เก็บรักษาแบบเปียก จึงมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าการเก็บรักษาแบบแห้ง

ดอกไม้ที่เก็บรักษาแบบเปียกโดยการแช่น้ำ หรือสารเคมี มักจะอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของราสีเทา จึงต้องป้องกันโดยใช้สารเคมีฆ่าเชื้อรา และควรจะปลิดเอาใบล่างๆ ของก้านดอกออกไปเพื่อป้องกัน การเน่าของใบขณะแช่ในน้ำหรือเปียกชื้น ดอกไม้ที่จะนำมาเก็บรักษาแบบเปียกนั้น เมื่อตัดออกจากต้นควรแช่น้ำ หรือสารเคมีทันที ถ้าดอกไม้อยู่ในสภาพที่ไม่ได้แช่น้ำ ถ้าดอกไม้อยู่ในสภาพที่ไม่ได้แช่น้ำก่อนนำมาเก็บรักษา ควรตัดก้านดอกทิ้งประมาณ 2-3 เซนติเมตร ก่อนที่จะแช่ลงในน้ำหรือใช้ในสารเคมีในการเก็บรักษาต่อไป จะทำให้ก้านดอกดูดน้ำได้ดีขึ้น และการใช้น้ำอุ่นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะช่วยให้การดูดน้ำของดอกไม้ ระหว่างการเก็บรักษาดีขึ้น

การใช้สารเคมีแช่ดอกไม้ระหว่างการเก็บรักษาแบบเปียก จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของดอกไม้ออกไปให้นานขึ้น และยังช่วยปรับปรุงคุณภาพ และอายุการใช้งานดีขึ้นด้วย ส่วนประกอบของสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาแบบเปียก จะแตกต่างกันไปตามชนิดของดอกไม้ สารเคมีที่ใช้จะประกอบด้วยสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในถังน้ำและน้ำตาล เพื่อใช้เป็นอาหารของดอกไม้ สารระงับการทำงานของก๊าซเอทธิลีน และสารควบคุมการเจริญเติบโต สารเคมีนี้อาจเป็นสารเคมีที่ใช้ปักแจกันได้ ในกรณีที่ดอกไม้แช่อยู่ในสารเคมีตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาแบบเปียกนี้ จะต้องดูแลเอาใจน้ำ ที่ใช้แช่ดอกไม้ไม่ให้เกิดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปก้านและใบของดอกไม้ มักจะปนเปื้อนด้วยแบคทีเรีย เชื้อราและยีสต์ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดในดินและน้ำ เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้ ในน้ำและท่อน้ำของท่อ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการอุดตันของก้านดอก ทำให้ดูดน้ำไม่ได้ เป็นการเร่งกระบวนการเหี่ยวของดอก สารเคมีหลายชนิดและแสงอัลตราไวโอเลต สามารถใช้ควบคุมขยายพันธุ์ ของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำได้

สารเคมีชนิดหนึ่งซึ่งมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำมากคือ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ ซึ่งจะปล่อยคลอรีนออกมา โดยทั่วไปจะใช้สารนี้ในอัตราความเข้มข้น 0.005 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สารชนิดนี้ใช้ได้ผลดีมากในการเก็บรักษาเยอบีร่า แบบเปียก อย่างไรก็ตาม การใช้คลอรีนอาจจะเป็นสาเหตุของการเกิดจุดสีน้ำตาลบนก้านดอกและสารชนิดนี้จะสลายตัวไปในเวลา 2-3 ชั่วโมงเท่านั้น ถ้าใช้สารประกอบ ที่ให้คลอรีนจึงต้องเปลี่ยนน้ำที่ใช้ แช่ดอกไม้ทุกสัปดาห์

สารเคมีอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งใช้รักษาความสะอาดของน้ำให้ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์คือ อะลูมินัมซัลเฟต ในอัตราความเข้มข้น 0.8-1.0 กรัมต่อลิตร เนื่องจากสารเคมีชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าโซเดียมไฮโปคลอไรต์ จึงต้องเปลี่ยนน้ำที่แช่ดอกไม้ทุกๆ 3-4 วัน

การพัฒนาวิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำที่ใช้แช่ดอกไม้วิธีใหม่ ที่ได้พัฒนาเมื่อไม่นานมานี้ โดยการใช้แสงอัลตราไวโอเลต แต่วิธีนี้ต้องมีการติดตั้งเครื่องมือเป็นพิเศษ และสามารถใช้กับภาชนะบรรจุที่ใส่น้ำเป็นปริมาณมาก เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยหลอดอัลตราไวโอเลต เครื่องสูบน้ำ เครื่องกรอง เครื่องดังกล่าวสามารถ ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำได้ ปริมาณ 2 ลูกบาศก์เมตรภายในเวลา 1 ชั่วโมง

อัตราการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำที่ใช้แช่ดอกไม้ จะผันแปรขึ้นอยู่กับจำนวนดอกไม้ที่แช่ ชนิดของดอกไม้ และอุณหภูมิ เชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มปริมาณในถังน้ำที่ อยู่ในห้องเย็น ได้ช้ากว่า ในถังน้ำที่อยู่ในอุณหภูมิสูง จำนวนแบคทีเรียในน้ำ ซึ่งแช่ดอกเยอบีร่าจะมีมากกว่าในน้ำ ซึ่งแช่ดอกกุหลาบและดอกเบญจมาศ

2.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา

2.4.2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิต่ำ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการเก็บรักษาดอกไม้ และไม้ประดับอื่นๆ การลดอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่างการเก็บรักษาจะช่วยชะลอกระบวนการเสื่อมสภาพของดอกและใบ และจะช่วยยืดอายุของการเก็บรักษาให้นานออกไป หลังจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัดดอกไม้แล้วควรนำเข้าเก็บรักษาในห้องเย็น ให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ การนำดอกไม้หรือไม้ประดับเข้าห้องเย็นช้าไป จะช่วยเร่งกระบวนการเสื่อมสภาพให้เกิดเร็วขึ้น

ห้องเย็นที่ใช้เก็บรักษาดอกไม้และไม้ประดับ ควรจะอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา อย่างไรก็ดี ต้องคำนึงเสมอว่าดอกไม้ภายหลังการตัด จะต้องมีอุณหภูมิสูงเท่ากับในแปลงปลูกขณะที่ตัดดอกไม้ และหลังจากที่นำดอกไม้และไม้ประดับเข้าเก็บรักษาในห้องเย็นแล้ว อุณหภูมิของผลิตผลดังกล่าวจะต้องลดลงอย่างรวดเร็ว การที่พืชหายใจจะก่อให้เกิดความร้อนปริมาณมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดอุณหภูมิของดอกไม้ก่อนนำเข้าเก็บรักษาในห้องเย็น เพื่อลดอัตราการทำงานของห้องเย็น และเพื่อลดอุณหภูมิของดอกไม้ให้ถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม อย่างรวดเร็ว วิธีการลดอุณหภูมิเฉียบพลันจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้ได้เป็นอย่างดี และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในห้องเย็นให้เต็มที่ด้วย

เพื่อให้การเก็บรักษาดอกไม้และไม้ประดับเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อุณหภูมิในห้องเย็นที่เก็บรักษาควรจะคงที่ มีการผันแปรน้อยที่สุด โดยเฉพาะเมื่อมีการเก็บรักษาแบบแห้ง ซึ่งอายุในการเก็บ รักษาดอกไม้มีความต่างกันทั้งแบบเปียกและแบบแห้ง

การเก็บรักษาดอกไม้แบบแห้งนั้น จะห่อดอกไม้ด้วยกระดาษ หรือแผ่นอะลูมิเนียมบางๆ หรือใส่ไว้ในกล่องโดยตรงเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ในกรณีเช่นนี้หากอุณหภูมิไม่คงที่ จะก่อให้เกิดปัญหาการเกิดหยดน้ำบนดอกไม้หรือกระดาษที่ห่อ ซึ่งจะให้เชื้อราโดยเฉพาะเชื้อราสีเทาเข้าทำลายได้ง่าย

การที่อุณหภูมิในห้องเย็นไม่คงที่ ยังก่อให้เกิดปัญหา คือ ทำให้ความชื้นในอากาศเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำบนดอกไม้ หรือเมื่อความชื้นในอากาศต่ำเกินไป ดอกไม้จะสูญเสียน้ำ

ความผันแปรของอุณหภูมิในห้องเย็น สามารถทำให้ลดลงหรือน้อยที่สุด ได้โดยใช้เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพ ห้องเย็นมีฉนวนกันความร้อนอย่างดี และเรียงภาชนะที่บรรจุในห้องเย็นอย่างถูกวิธี เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศ และห้องเย็นควรติดตั้ง เทอร์โมมิเตอร์ซึ่งมีประสิทธิภาพไว้ตามจุดต่างๆภายในห้อง

ควรเก็บรักษาดอกไม้แต่ละชนิดไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิเหมาะสมต่อดอกไม้ชนิดนั้นๆ ตลอดจนต้องเหมาะสมกับระยะการตูมบานของดอก และวิธีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่เหมาะสมจะแตกต่างไปตามชนิดของดอกไม้ ดอกไม้มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาประมาณ 7-15 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิต่ำจะก่อให้เกิด อาการเสียหายจากอุณหภูมิต่ำเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเยือกแข็ง ซึ่งอาจจะทำให้สีของกลีบดอกเปลี่ยนไป หรือเกิดสีน้ำตาลขึ้นที่กลีบดอกและใบ และยังทำให้ดอกบานช้าหลังเก็บรักษาอีกด้วย

ดอกไม้ส่วนใหญ่ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตอบอุ่น สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานานที่สุด ที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็งเล็กน้อย แต่ทั้งนี้ระบบการควบคุมอุณหภูมิจะต้องมีประสิทธิภาพดี ไม่มีการผันแปรของอุณหภูมิ เพราะถ้ามีอุณหภูมิผันแปรมากเกินไป อาจจะทำให้อุณหภูมิลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็งได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายกับดอกไม้เช่นกัน

ดอกไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น ส่วนมากจะเก็บรักษาได้ดีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ดังนั้นในกรณีที่มีห้องเย็นเพียงห้องเดียว การตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส จะปลอดภัยต่อดอกไม้ส่วนใหญ่ ยกเว้นกลุ่มที่อ่อนแอต่ออาการเสียหายที่เกิดจากอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง ความรุนแรงของอาการดังกล่าว ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยร่วมกันคือ อุณหภูมิระยะเวลาที่ได้รับอุณหภูมิต่ำ และระยะการตูมบานของดอกไม้

อุณหภูมิเหมาะสมต่อการเก็บรักษาดอกไม้ อาจจะผันแปรไปตามระยะการตูมบาน ของดอกไม้และวิธีการเก็บรักษา ดอกคาร์เนชั่นซึ่งตัดในระยะที่ดอกตูมมาก จะเก็บรักษาได้ดีที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แต่กรณีของดอกที่บานเต็มที่แล้ว อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสจะก่อให้เกิด อาการเสียหายที่เกิดจาก อุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง ทำให้กลีบดอกมีสีผิดปกติ ดอกคาร์เนชั่นที่บานแล้วควรเก็บรักษาโดย การแช่น้ำหรือสารเคมีที่อุณหภูมิ 3-4 องศาเซลเซียส จะเก็บรักษาได้นาน 3-4 สัปดาห์

2.4.2.2 ความชื้นในอากาศ

ดอกไม้และไม้ประดับเป็นผลิตผลซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูงดังนั้นถ้าเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จะสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วโดยกระบวนการคายน้ำผ่านทางปากใบ อัตราการคายน้ำของดอกไม้ ถูกควบคุมโดยอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และการเคลื่อนที่ของอากาศ อุณหภูมิสูงจะเร่งกระบวนการคายน้ำให้มากขึ้น อัตราการคายน้ำเป็นสัดส่วนผกผันกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ นั่นคือความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะ ส่งผลให้อัตราการคายน้ำสูง การที่บรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงจึงสามารถลดการคายน้ำลงได้ ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาดอกไม้ และไม้ประดับคือ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมาก และกลีบดอกเหี่ยวในดอกไม้หลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรักษาระดับความชื้นในห้องเย็น ให้สูงนั้น มีความจำเป็นมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับดอกไม้ที่เก็บในสภาพแห้ง ซึ่งไม่ได้ห่อด้วยกระดาษอะลูมิเนียม และดอกไม้ที่เก็บรักษาในสภาพเปียกโดยการแช่น้ำในถัง

ความชื้นของอากาศภายในห้องเย็นควรได้รับการตรวจสอบอย่างน้อยวันละครั้ง โดยการใช้เครื่องมือชื่อ ไซโครมิเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง อุณหภูมิที่อ่านได้จะสามารถบอกความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้ โดยอ่านจากตารางหรือแผนภาพไซโครเมตริก

2.4.2.3 แสง

แสงเป็นผลกระทบที่ไม่สำคัญนักต่อการเก็บรักษาดอกไม้และไม้ประดับอื่นๆ ดอกไม้จำนวนมากและไม้ประดับ สามารถเก็บรักษาในสภาพที่ไม่มีแสงได้นาน 5-14 วัน โดยยังมีคุณภาพดี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ของพืชนั้นๆ ดอกไม้บางชนิด เช่น คาร์เนชั่น สามารถเก็บรักษาในสภาพที่ไม่มีแสงได้นานมาก อาจจะยาวนาน 2-3 เดือน โดยยังมีคุณภาพดี แต่ดอกไม้บางชนิดเช่น ลิลี่ เบญจมาศ การเก็บรักษาในสภาพไร้แสงนานๆ จะส่งผลให้ใบมีสีเหลือง ซึ่งสามารถป้องกันได้โดยบรรจุหีบห่อในภาชนะบรรจุที่ใสเพื่อให้แสงผ่านเข้าไปได้

2.4.2.4 เอทธิลีน

ดอกไม้จะสังเคราะห์ก๊าซเอทธิลีนได้น้อย และมีกิจกรรมต่ำเมื่อเก็บรักษาไว้ที่ อุณหภูมิต่ำ ในทางตรงข้าม การเก็บรักษาดอกไม้เป็นเวลานาน จะเพิ่มความอ่อนแอต่อเอทธิลีน ให้แก่ดอกไม้ ในห้องเย็นขนาดใหญ่ ซึ่งเก็บดอกไม้เป็นจำนวนมาก ปริมาณของก๊าซเอทธิลีนสามารถจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับก่อให้เกิดความเสียหายกับดอกไม้ได้

ผู้เก็บรักษาสามารถลดปริมาณของก๊าซเอทธิลีนในห้องเก็บรักษาลงได้ โดยให้มีการหมุนเวียนของอากาศในห้องเย็น และอากาศที่ผ่านเข้าไปต้องเป็นอากาศที่ปราศจากก๊าซเอทธิลีน เช่น สารด่างทับทิม ซึ่งดูดซับอยู่บนสารเฉื่อย เช่น ซิลิกาเจล ด่างทับทิมที่ใช้อาจแขวนในห้องเย็น หรือบรรจุในภาชนะที่บรรจุดอกไม้ แต่ประสิทธิภาพจะไม่สูงเท่ากับการวางไว้ในบริเวณ ที่มีการหมุนเวียนของอากาศเข้าสู่ห้องเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.5 การหมุนเวียนของอากาศ

การหมุนเวียนของอากาศที่เหมาะสมในห้องเย็น จะช่วยให้อุณหภูมิคงที่กระจายทั่วการหมุนเวียนของอากาศ สามารถควบคุม โดยการใช้พัดลม เพื่อตรวจสอบการหมุนเวียนของอากาศให้ถูกต้องควรมีการวัดอุณหภูมิทั้งขาเข้าและขาออกของระบบทำความเย็น และอุณหภูมิในห้องเย็นไม่ควรแตกต่างกันมาก เพื่อให้การหมุนเวียนอากาศดี การเรียงภาชนะบรรจุต้องทำอย่างถูกต้อง คือต้องมีระยะห่างจากเพดานห้องและฝาผนัง ตลอดจนระยะห่างระหว่างแถวของภาชนะบรรจุ ที่เหมาะสมคือ 5-10 เซนติเมตร ควรวางกล่องแนวขวาทิศทางเดียวกับการพัดของลม ไม่ควรวางตามขวาง ระยะห่างของภาชนะระยะห่างของภาชนะบรรจุจากฝาผนังควรประมาณ 10-20 เซนติเมตร ส่วนระยะภาชนะบรรจุถึงเพดานประมาณ 50 เซนติเมตร ที่ภาชนะบรรจุควรอยู่สูงจากพื้นประมาณ 5-10 เซนติเมตร ภาชนะบรรจุควรอยู่ห่างจากช่องลมเย็น ซึ่งออกมาจากช่องลมเย็นประมาณ 2 เมตร เพื่อป้องกันอุณหภูมิที่ต่ำเกินไป และยังทำให้อุณหภูมิหมุนเวียนของอากาศดี บริเวณที่ลมเย็นออกจากระบบทำความเย็นควรอยู่สูง จากภาชนะบรรจุที่เหมาะสมด้วย

การเก็บรักษาดอกไม้ในกล่องกระดาษหรือถุงพลาสติก ควรมีรูระบายของอากาศที่เหมาะสมไม่เล็กและไม่ใหญ่จนเกินไป การเก็บรักษาแบบเปียกก็ควรให้ภาชนะที่มีช่องว่างด้านล่างและบน เพื่อให้อากาศผ่านทั้งด้านล่างและบนและถ่ายเทดี และพัดลมที่ใช้ควรเป็นแบบดูดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีและหลักการ

ระบบทำความเย็นแบบระเหยเป็นกระบวนการทาง อะไดบาติค (Adiabatic Saturation Process) เป็นกระบวนการไหลแบบคงที่ (Steady Flow) ซึ่งเป็นกระบวนการไม่มีความร้อน และงานเข้ามาเกี่ยวข้อง พลังงานจลน์และพลังงานศักย์จะไม่นำมาคิดในกระบวนการนี้

3.1 ทฤษฎีพลังงาน

สมการส่วนผสมของไอน้ำระหว่างอากาศกับนำสามารถแยกได้เป็น [21]

3.1.1 กฎอนุรักษ์มวล

โดยพิจารณาถึงสมดุลมวล (อัตราการไหลมวลอากาศแห้งคงที่)

$$\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a \qquad (3.1)$$

โดยที่ $\dot{m}_{a1}$ = อัตราการไหลมวลอากาศแห้งทางเข้า,กิโลกรัม

$\dot{m}_{a2}$ = อัตราการไหลมวลอากาศแห้งทางออก,กิโลกรัม

$\dot{m}_a$ = อัตราการไหลมวลอากาศแห้ง,กิโลกรัม

อัตราการไหลของไอน้ำในอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นโดยมีอัตราเท่ากับอัตราการระเหย $\dot{m}_e$

$$\dot{m}_{v2} - \dot{m}_{v1} = \dot{m}_e \qquad (3.2)$$

โดยที่ $\dot{m}_{v1}$ = อัตราการไหลของไอน้ำในอากาศทางเข้า,กิโลกรัม

$\dot{m}_{v2}$ = อัตราการไหลของไอน้ำในอากาศทางออก,กิโลกรัม

$\dot{m}_e$ = อัตราการระเหยของไอน้ำในอากาศ,กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หารสมการที่ (3.2) ด้วย $\dot{m}_a$ จะได้

$$\frac{\dot{m}_{v2}}{\dot{m}_a} - \frac{\dot{m}_{v1}}{\dot{m}_a} = \frac{\dot{m}_e}{\dot{m}_a} \qquad (3.3)$$

จาก $$\omega = \frac{\dot{m}_v}{\dot{m}_a} \qquad (3.4)$$

จัดรูปแบบสมการที่ (3.3)ใหม่จะได้ $$\omega_2 - \omega_1 = \frac{\dot{m}_e}{\dot{m}_a} \qquad (3.5)$$

โดยที่ ω_1 = สัดส่วนความชื้นอากาศที่ทางเข้า

ω_2 = สัดส่วนความชื้นอากาศที่ทางออก

ดังนั้น $$\dot{m}_e = \dot{m}_a \ (\omega_2 - \omega_1) \qquad (3.6)$$

3.1.2 กฎการอนุรักษ์พลังงาน

โดยพิจารณาถึงสมดุลพลังงาน จากกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์

$$Q - W = \Delta H + \Delta E_k + \Delta W_p \qquad (3.7)$$

Q = อัตราส่วนการถ่ายเทความร้อน

W = งาน,กิโลจูล

ΔH = ผลต่างของเอนทาลปี,กิโลจูล

ΔE_k = ผลต่างของพลังงานศักย์,กิโลจูล

ΔW_p = เป็นผลต่างของพลังงานจลน์,กิโลจูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ (ΔE_k) พลังงานจลน์ (ΔW_p) และงาน (W) เกิดขึ้น ดังนั้น $\Delta E_k \Delta W_p$ และ W มีค่าเท่ากับ ศูนย์จะได้

$$Q = \Delta H \tag{3.8}$$

$$\sum \dot{m}_i h_i = \sum \dot{m}_e h_e + q \tag{3.9}$$

$$\dot{m}_{a1} h_1 + \dot{m}_e h_w = \dot{m}_{a2} h_2 + q \tag{3.10}$$

แทนค่า m_e จากสมการที่ (3.6) ในสมการที่ (3.10)

$$\dot{m}_{a1} h_1 + (\omega_2 - \omega_1) h_w = \dot{m}_{a2} h_2 + q \tag{3.11}$$

หาร m_a ตลอดสมการจะได้

$$h_1 + (\omega_2 - \omega_1) h_w = h_2 + \frac{q_2}{\dot{m}_a} \tag{3.12}$$

จาก $h = h_a + \omega h_g$ และจัดรูปสมการที่ (3.12) จะได้

$$(h_{a1} + \omega_1 h_{g1}) + (\omega_2 - \omega_1) h_w = (h_{a2} + \omega_2 h_{g2}) + \frac{q}{\dot{m}_a} \tag{3.13}$$

หรือในกรณีพิจารณาเป็น Ideal Gas สามารถเขียนได้เป็น

$$\frac{q}{\dot{m}_a} = Cp_a (T_{db,1} - T_{db,2}) + \omega_1 (h_{g,1} - h_{g,wb}) - \omega_2 (h_{g,2} - h_{g,wb}) \tag{3.14}$$

เมื่อ $T_{db,1}$ = อุณหภูมิของอากาศแห้งทางเข้า, องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$T_{db,2}$ = อุณหภูมิของอากาศแห้งทางออก, องศาเซลเซียส

$h_{g,1}$ = เอนธัลปีของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิทางเข้า

$h_{g,2}$ = เอนธัลปีของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิทางออก

$h_{g,wb}$ = เอนธัลปีของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศขาเข้า,กิโลกรัมน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง

ω_1 = สัดส่วนความชื้นอากาศที่ทางเข้า

ω_2 = สัดส่วนความชื้นอากาศที่ทางออก

$\dot{m}_a$ = อัตราการไหลของอากาศแห้ง ,กิโลกรัม

$\dot{m}_{v2}$ = อัตราการไหลของไอน้ำที่ทางออก,กิโลกรัม

$\dot{m}_{v1}$ = อัตราการไหลของไอน้ำที่ทางเข้า ,กิโลกรัม

$\dot{m}_e$ = อัตราการไหลของการระเหยของน้ำ,กิโลกรัม

โดยอัตราการไหลของอากาศแห้ง ($\dot{m}_a$) มีค่าเท่ากับ

$$\dot{m}_a = \rho V A \tag{3.15}$$

โดย ρ = ความหนาแน่นของอากาศที่ทางเข้า,กิโลกรัม/กิโลเมตร^3

V = ความเร็วอากาศ,เมตร/วินาที

A = พื้นที่หน้าตัดทางอากาศเข้า,ตารางเมตร

ความเร็วอากาศ [22] มีค่าเท่ากับ

$$V = \sqrt{2g\Delta H\left(\frac{\rho_w}{\rho_a}-1\right)} \tag{3.16}$$

โดย V = ความเร็วอากาศ,เมตร/วินาที

g = แรงโน้มถ่วงของโลก,เมตร/วินาที^{2}

ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ,กิโลกรัม/เมตร^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ,กิโลกรัม/เมตร^3

ΔH = ค่า Average pressure head $(m - H_2O)$

ความชื้นในอากาศ (W) จะสามารถหาจากแผนภูมิความชื้น (Psychometric Chart) หรือคำนวณได้จากสมการ [23] ต่อไปนี้

-

ความชื้นในอากาศ (W)

$$W = \frac{(2501 - 2.381T_{wb})W_s - (T_{db} - T_{wb})}{2501 + 1.805T_{db} - 4.186T_{wb}} \quad (3.17)$$

โดย W = ความชื้นในอากาศ ,กิโลกรัม/กิโลกรัมอากาศ

W_s = ความชื้นอิ่มตัวในอากาศ ,กิโลกรัม/กิโลกรัมอากาศ

โดยความชื้นอิ่มตัวในอากาศ (W_s) สามารถหาได้จาก

$$W_s = 0.62198\frac{p_{ws}}{p - p_{ws}} \quad (3.18)$$

โดย P_{ws} = ความดันไออิ่มตัว (P_a)

P = ความดันบรรยากาศ (P_a)

สามารถหาความดันไอน้ำอิ่มตัว (P_{ws}) ได้จาก

$$\ln(P_{ws}) = \frac{C_1}{T} + C_2 + C_3 \times T + C_4 \times T^2 + C_5 \times T^3 + C_6 \times \ln(T) \quad (3.19)$$

โดย T = อุณหภูมิสัมบูรณ์,เคลวิน

ค่าคงที่ $C_1 = -5800.2206$

$C_2 = 1.3914993$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

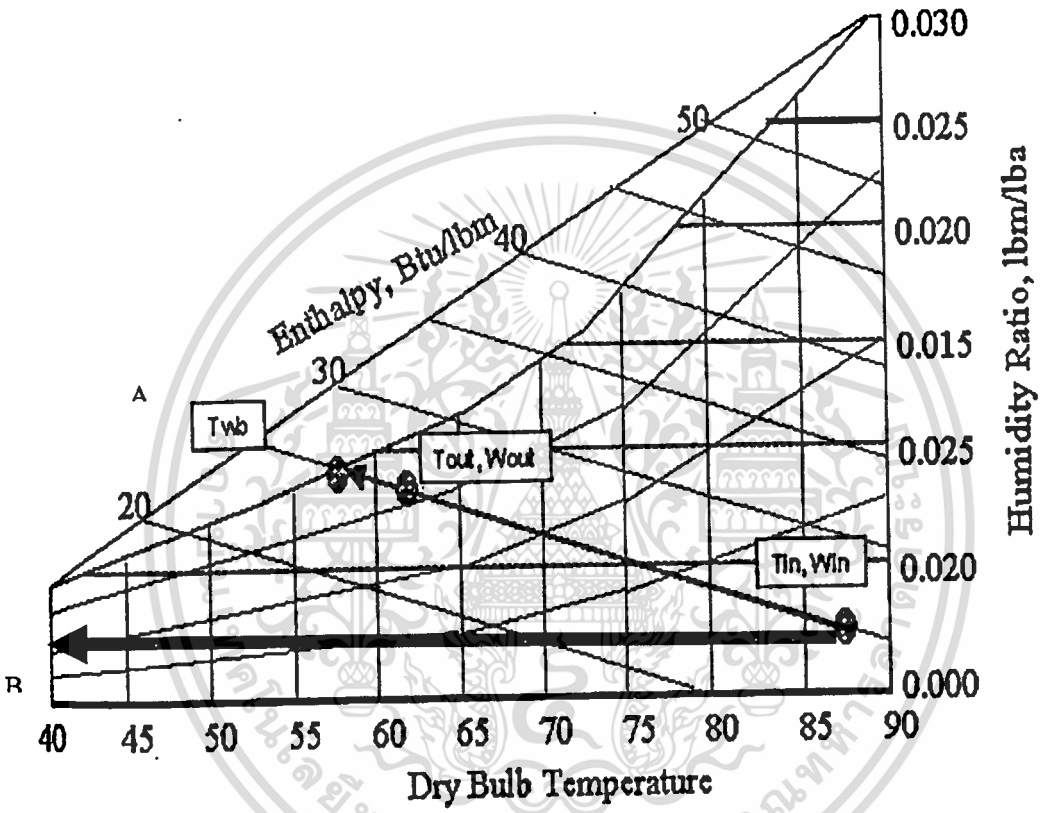
$C_3 = -0.048640239$

$C_4 = 0.41764768 \times 10^{-4}$

$C_5 = -0.14452093 \times 10^{-7}$

$C_6 = 6.549673$

ลักษณะของระบบ Direct Evaporative Cooling บนแผนภูมิ Psychrometric [24]



รูปที่ 3.1 ลักษณะของระบบ Direct Evaporative Cooling บนแผนภูมิ Psychrometric

กระบวนการ Psychrometric ของการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง (เส้น A) เป็นกระบวนการที่ทำให้อากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำโดยความร้อนคงที่ แต่จะเห็นว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้งจะลดลง กระบวนการนี้จะมีความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้น น้ำที่ปล่อยมาที่แผงซับน้ำ จะระเหยทำให้อากาศอิ่มตัวส่วน (เส้น B) เป็นกระบวนการให้ความเย็นสัมผัส จะเป็นกระบวนการที่ค่าความชื้นคงที่เมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้งจะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของ แผงซับน้ำ [25]

$$A_{pad} = \frac{V}{1.27} \tag{3.20}$$

โดย V = ปริมาตรอากาศ,เมตร^3/วินาที

1.27 = ค่าคงที่ปริมาตรอากาศ,เมตร^3/เมตร^2.วินาที

3.2 ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย

การวัดประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหยเป็นประสิทธิภาพอิ่มตัว (Saturating Efficiency) เป็นการหาอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกที่สามาถวัดได้จากระบบทำความเย็นแบบระเหยสามารถเขียนในรูปสมการดังนี้

$$\varepsilon = \frac{T_{db,1} - T_{db,2}}{T_{db,1} - T_{wb,1}} \tag{3.21}$$

เมื่อ ε = ประสิทธิภาพของการทำความเย็นแบบระเหย

$T_{db,1}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศทางเข้า(องศาเซลเซียส)

$T_{db,2}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศทางออก(องศาเซลเซียส)

T_{wb1} = อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศทางเข้า(องศาเซลเซียส)

T_{wb2} = อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศออก(องศาเซลเซียส)

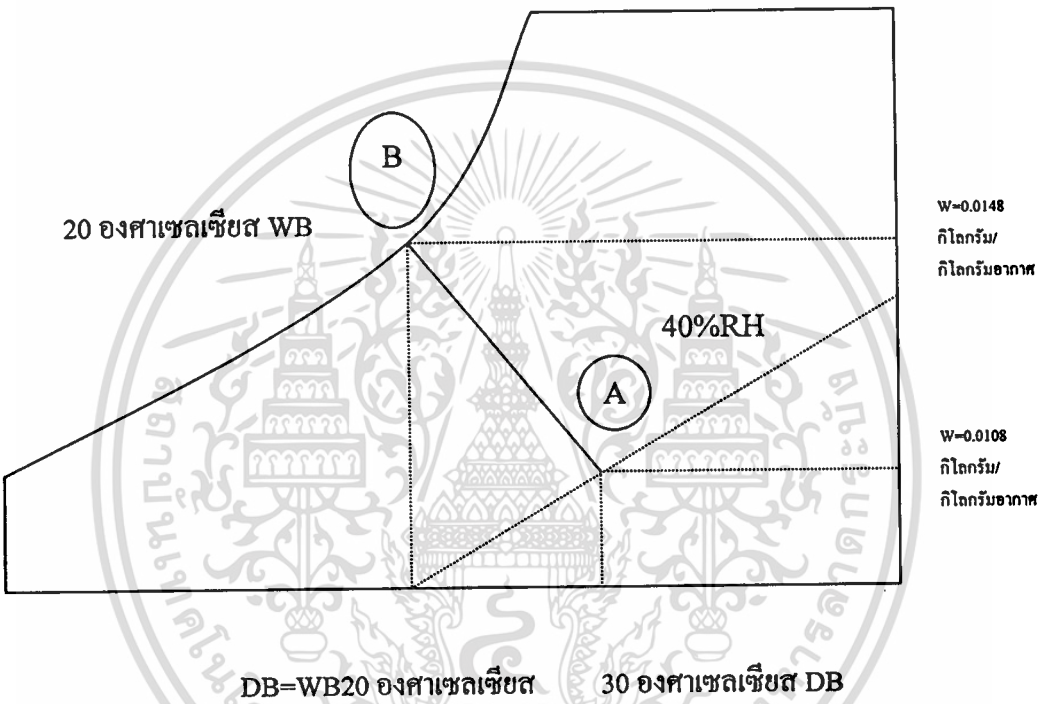
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.1 การคำนวณและการออกแบบ

4.1.1 การคำนวณ

4.1.1.1 ปริมาณน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว



รูปที่ 4.1 ลักษณะของระบบ Direct Evaporative Cooling บนแผนภูมิPsychrometricจากการออกแบบ

จากแผนภูมิไซโครเมตริค

ที่สภาวะ A อุณหภูมิ DB 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 % จะได้

อุณหภูมิ WB=DB = 20 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนความชื้น W_a = 0.0108 กิโลกรัม/กิโลกรัมอากาศ

ที่สภาวะ B เป็นจุดอิ่มตัวคงที่

อุณหภูมิ DB = 20 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนความชื้น W_b = 0.0148 กิโลกรัม/กิโลกรัมอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว $= W_b - W_a$

$= 0.0148 - 0.0108$

$= 0.0040$ กิโลกรัม/กิโลกรัมอากาศ

4.1.1.2 พื้นที่ แผงซับน้ำ

$$A_{pad} = \frac{V}{1.27}$$

โดย

V = ปริมาตรอากาศ,ลูกบาศก์เมตร/วินาทีโดยพัดลมดูดอากาศ 0.2499 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

1.27 = ค่าคงที่ปริมาตรอากาศ, ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วินาที

พื้นที่ แผงซับน้ำ

$$\text{พื้นที่แผงซับน้ำ} = \frac{0.2499}{1.27} = 0.196 \text{ ตารางเมตร}$$

4.1.1.3 ประสิทธิภาพของการทำความเย็นแบบระเหย

$$\varepsilon = \frac{T_{db,1} - T_{db,2}}{T_{db,1} - T_{wb,1}}$$

เมื่อ ε = ประสิทธิภาพของการทำความเย็นแบบระเหย

$T_{db,1}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศทางเข้า,องศาเซลเซียส

$T_{db,2}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศทางออก,องศาเซลเซียส

T_{wb1} = อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศทางเข้า,องศาเซลเซียส

T_{wb2} = อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศออก,องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของการทำความเย็นแบบระเหย

$$\varepsilon = \left(\frac{30-25.5}{30-25}\right)\times 100 = 90\%$$

4.1.2 การออกแบบ

การออกแบบเครื่องทำความเย็นแบบระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งได้นำหลักการทำความเย็นแบบระเหย มาศึกษา โดยออกแบบให้สะดวก ต่อการเคลื่อนย้ายมีส่วนประกอบต่างๆต่อไปนี้

4.1.2.1 แผงซับน้ำ ทำจากเยื่อเซลลูโลส มีขนาด 0.54 ตารางเมตร หนา 15 เซนติเมตร ครอบด้วยกรอบพลาสติก ภายในวางท่อทางด้านบนเจาะรู ห่างกันรูละ 5 เซนติเมตร เพื่อปล่อยน้ำยึดแผงซับน้ำ กับโครงเหล็กด้วยซิลิโคนอีกด้านหนึ่งยึดติดสังกะสียาว 45 เซนติเมตรเพื่อการถ่ายเทความร้อนทางตรง

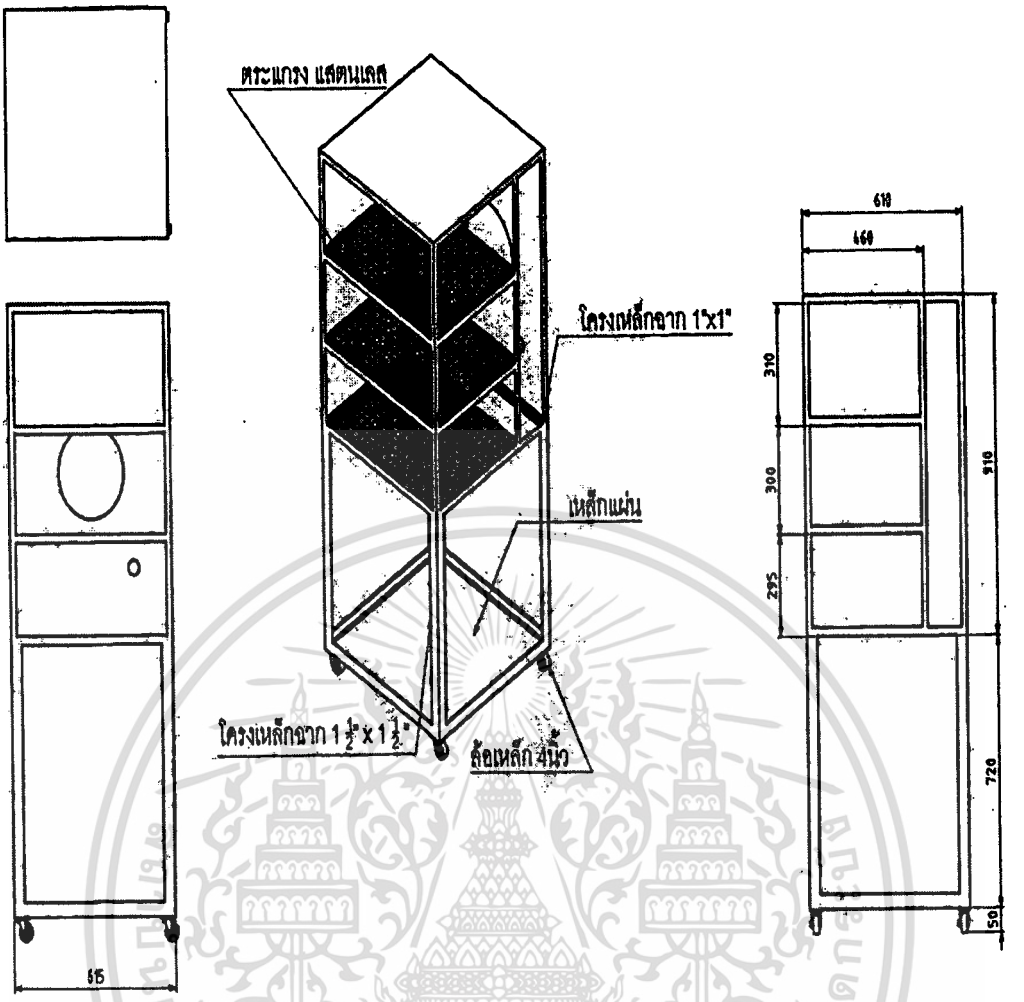
4.1.2.2 โครงเหล็ก ทำจากเหล็กฉาก ภายในแบ่งเป็น 3 ชั้น มีขนาด กว้าง 61 เซนติเมตร ยาว 64 เซนติเมตร สูง 168 เซนติเมตร บุปิดด้วยสังกะสียึดพัดลมดูดอากาศและแผง wet pad cooling และมีบานพับประตูเปิด 1 ด้าน และที่ฐานมีล้อเหล็ก

4.1.2.3 พัดลมดูดอากาศยึดที่ผนังด้านตรงข้ามแผงซับน้ำ ขนาด 50 เฮริตซ์ 32 วัตต์ 1135 รอบต่อนาที ปริมาณการดูดอากาศ 529.5 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที มีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร มีแผงสวิตซ์ควบคุมเปิดปิด

4.1.2.4 ถังในการไหลเวียนน้ำทำจากพลาสติกมีความจุ 22 แกลลอน มีความสูง 60 เซนติเมตรทำการเจาะรูน้ำเข้าและและน้ำออกในการไหลเวียนของน้ำ

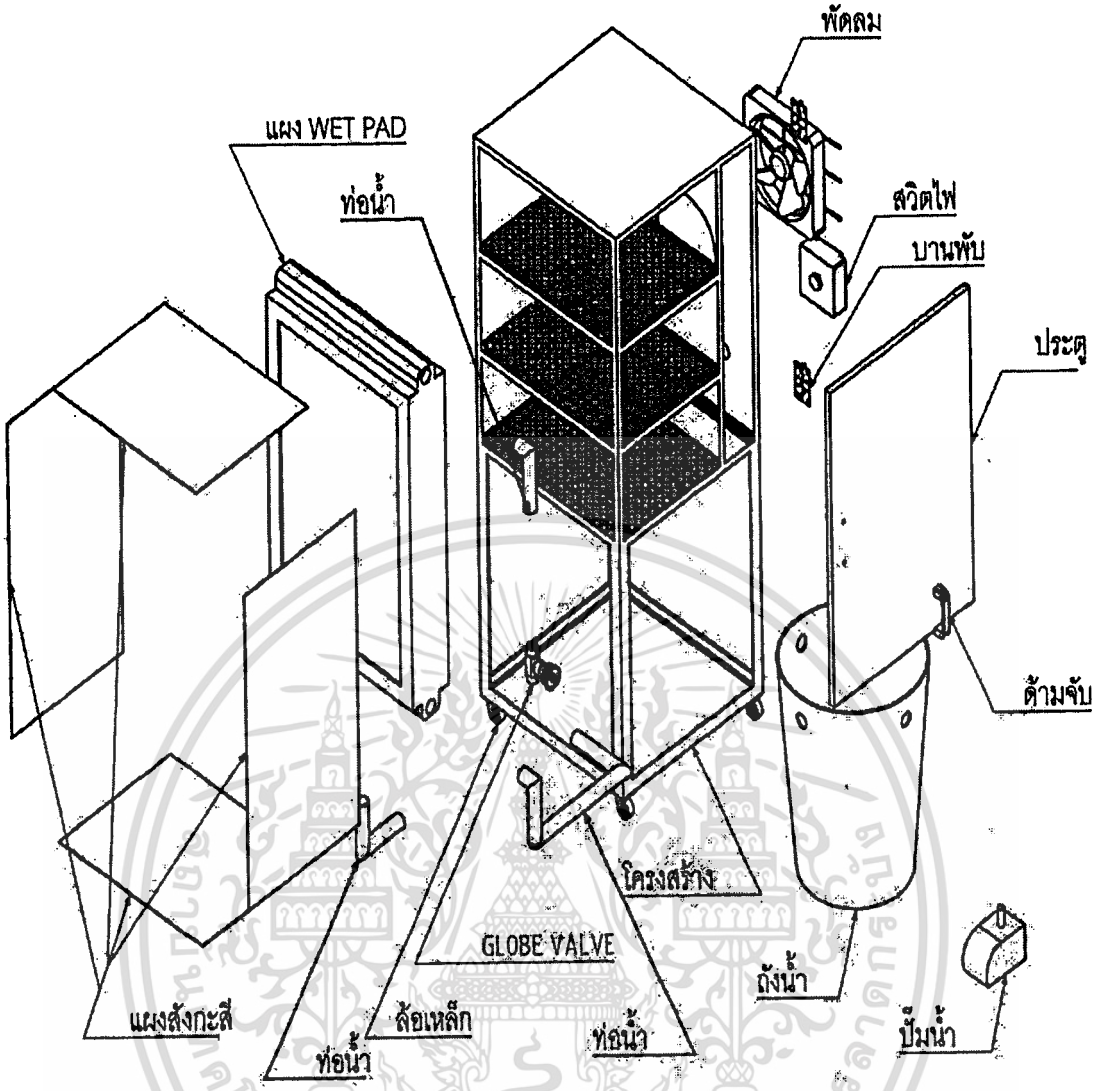
4.1.2.5 ปั๊มแบบจุ่มน้ำมีขนาด 80 วัตต์ Head 2.5 เมตร อัตราการไหล 47 ลิตร/นาที ทำการติดตั้งในถังเพื่อใช้ไหลเวียนน้ำและต่อเข้ากับสายยางและ globe valve สามารถปรับอัตราการไหลของน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 รายละเอียดโครงเครื่องทำความเย็นแบบระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

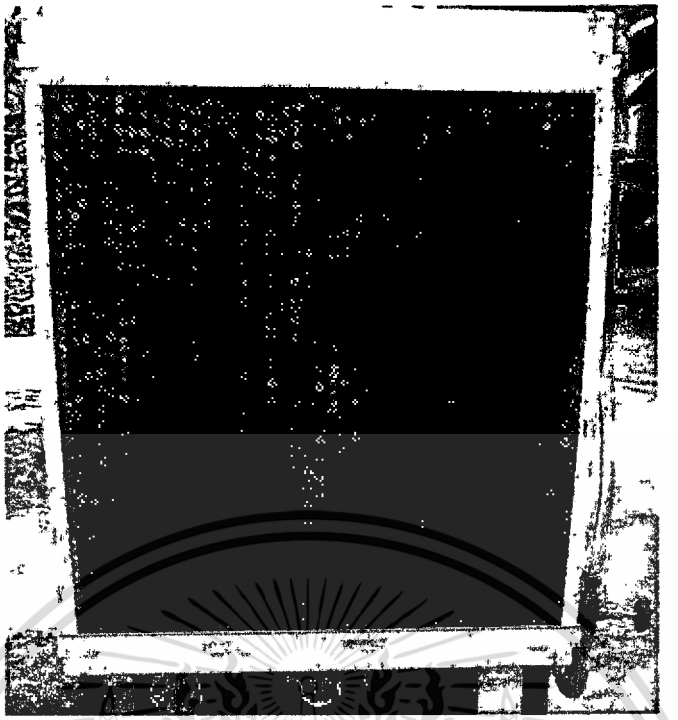


รูปที่ 4.3 ภาพ 3 มิติส่วนประกอบของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

4.2 การก่อสร้างเครื่องทำความเย็นแบบระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้

เมื่อออกแบบ เครื่องทำความเย็นแบบระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้ เรียบร้อยแล้วจึงดำเนินการก่อสร้างซึ่งได้ผลออกมาตามรูปที่ 4.9

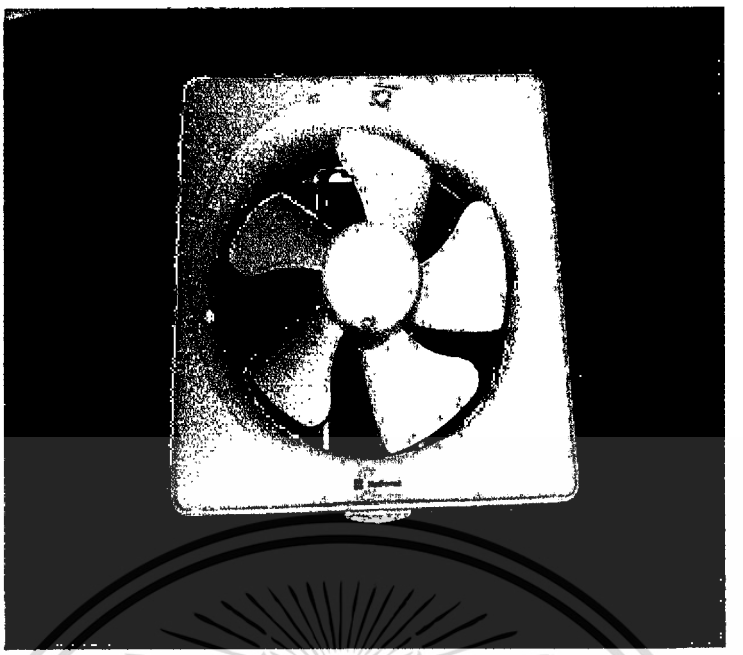
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แผงซับน้ำ

รูปที่ 4.5 โครงเหล็ก

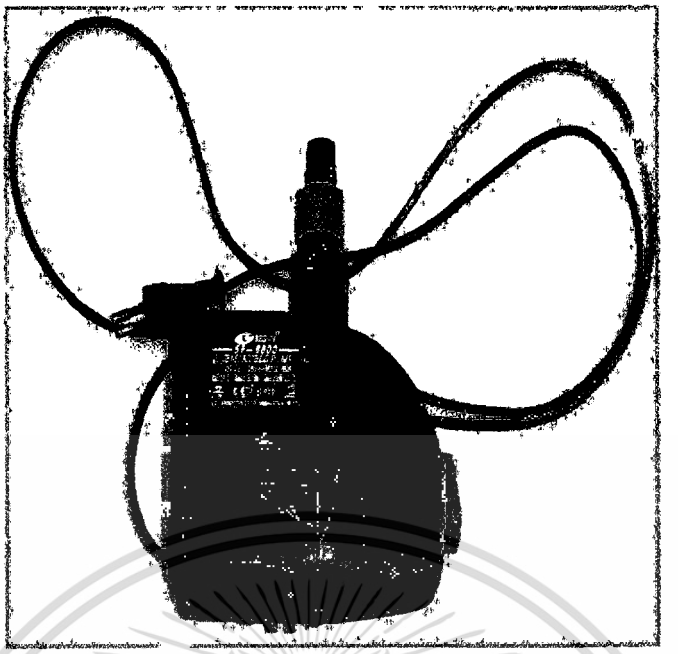
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



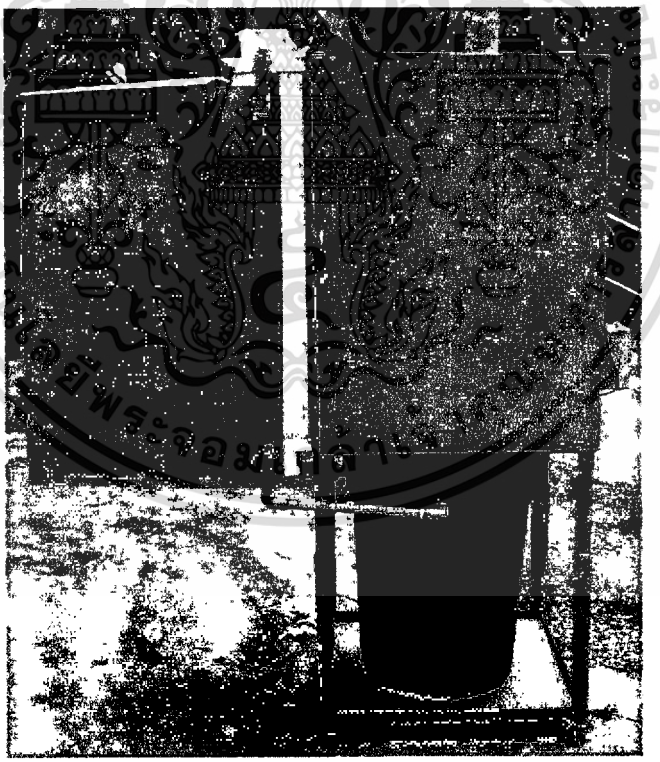
รูปที่ 4.6 พัดลมดูดอากาศ

รูปที่ 4.7 ถังในการไหลเวียนน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ปั๊มแบบจุ่ม



รูปที่ 4.9 เครื่องทำความเย็นแบบระเหยเมื่อก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การจัดเตรียมการทดลอง

4.3.1 อุปกรณ์การทดลอง

- เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) FLUKE HYDRA, 2620 A INPUT MODULE เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกค่าอุณหภูมิที่จุดต่างๆ โดยต้องต่อกับสาย Thermocouple

- สาย Thermocouple Type K เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิโดยต่อเข้ากับเครื่อง บันทึกข้อมูล

- เครื่องวัดความเร็วลม Kanomax Anemometer Model - 6631 เป็นอุปกรณ์วัดความเร็วลมที่พัดลมดูดอากาศในการทดสอบ

- เครื่องวัดความชื้น (Thermo-Hygrometer Electrotronic) DIGICON TH-03 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆที่ทำการทดสอบ

- โกลบวาล์ว (Globe Valve) ใช้ในการวัดอัตราการไหลของน้ำ

- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 1 ลิตรใช้ในการวัดอัตราการไหลของน้ำ

- นาฬิกาจับเวลา (Watch) ใช้ในการวัดอัตราการไหลของน้ำ

- ตู้เย็น (Refrigerator) ขนาด 200 วัตต์ 220 โวลท์ 50 เฮริตซ์

- กล้อง Sumsung Digimax 201

4.3.2 การทดลอง แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่1 เป็นการทดสอบของเครื่องทำความเย็นแบบระเหย โดยการทดสอบการกระจายอุณหภูมิและอุณหภูมิน้ำภายในถังหมุนเวียนน้ำที่ใช้ทดสอบรวมถึงความชื้นที่เกิดขึ้น ที่อุณหภูมิน้ำปกติ โดยทำการทดสอบ ที่สภาพอากาศภายนอกเครื่องทำความเย็นระบบระเหยต่างกัน 4 ครั้ง ดังนี้

1. ทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นของอากาศภายนอกระบบทำความเย็นแบบระเหยก่อนทำการเปิดเครื่อง

2. กำหนดความเร็วลมของพัดลมดูดอากาศ ค่าใดค่าหนึ่ง เพื่อใช้วัดค่าการกระจายอุณหภูมิ

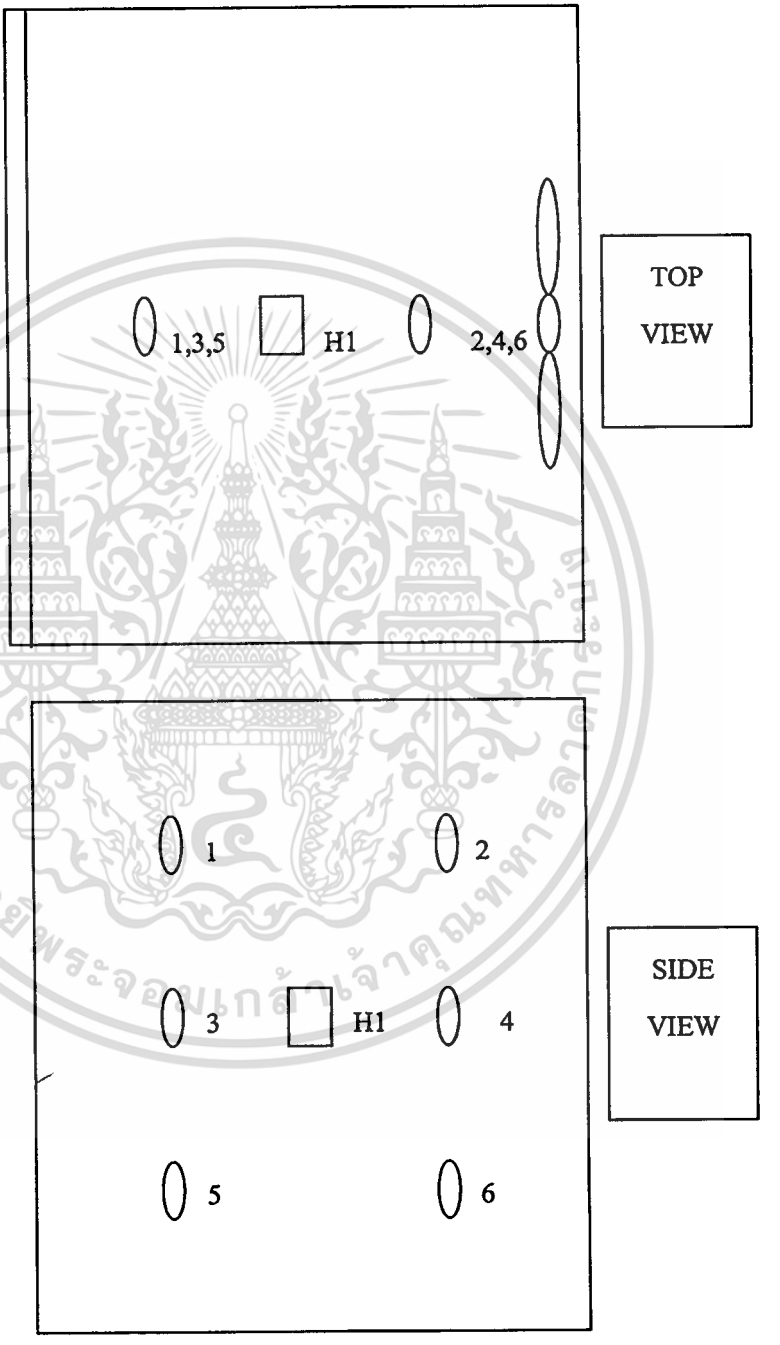
3. วัดอุณหภูมิในเครื่องทำความเย็นแบบระเหยโดยใช้ Thermocouple Type K (T1, T2, T3, T4, T5และ T6) ต่อเข้ากับ Data logger และใช้ Thermo-Hygrometer Electrotronic (H1) ดังแสดงในรูปที่ 4.11 วัดความชื้นตั้งแต่อัตราการไหลที่ 0 ลิตร/นาที เพิ่มครั้งละ 1 ลิตร/นาที จนถึง 20 ลิตร/นาที

4. นำ Thermocouple Type K วัดอุณหภูมิน้ำในถังที่มีการไหลเวียนน้ำ ทำการอ่านค่า ตั้งแต่อัตราการไหลที่ 0 ลิตร/นาที เพิ่มครั้งละ 1 ลิตร/นาทีจนถึง 20 ลิตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการปรับอัตราการไหลตั้งแต่ 0 ลิตร/นาทีเพิ่มครั้งละ 1 ลิตร/นาที จนถึง 20 ลิตร/นาที โดยค่อยปรับ Globe Valve ปล่อยน้ำลง Beaker และจับเวลาจนได้อัตราการไหลที่ต้องการ แล้วจึงปล่อยน้ำเข้าระบบทำความเย็นแบบระเหย

6. บันทึกผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 ตำแหน่งที่ทำการวัดค่า อุณหภูมิและความชื้น ในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

ตอนที่2 เป็นการทดสอบเครื่องทำความเย็นแบบระเหย โดยการทดสอบการกระจายอุณหภูมิและความชื้น วัดอุณหภูมิน้ำภายในถังน้ำ ที่เกิดขึ้น โดยบันทึกผลทุกๆ 3 นาที จนถึง 60 นาที ที่สภาพอากาศภายนอกเครื่องทำความเย็นระบบระเหยต่างกัน 4 วันที่มีการเปลี่ยนสภาพอากาศ ดังนี้

1. ทำการวัดอุณหภูมิความชื้นของอากาศภายนอกระบบทำความเย็นแบบระเหยก่อนทำการเปิดเครื่อง

2. กำหนดความเร็วลมของพัดลมดูดอากาศที่ 4.5 m/s เพื่อใช้ในการวัดค่าการกระจายอุณหภูมิ

3. วัดอุณหภูมิในเครื่องทำความเย็นแบบระเหยโดยใช้ Thermocouple Type K (T1, T2, T3, T4, T5และ T6) ต่อเข้ากับ Data logger และใช้ Thermo-Hygrometer Electrotronic (H1) ทำการวัดความชื้นที่อัตราการไหล 0 ลิตร/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.11

4. กำหนดค่าอัตราการไหลของน้ำที่ 13 ลิตร/นาที เนื่องจากเป็นสภาวะที่เหมาะสมจากการวัดอุณหภูมิและความชื้นจากการปรับอัตราการไหล ตั้งแต่ 0-20 ลิตร/นาที ที่น้ำปกติ

5. ทำการลดอุณหภูมิน้ำโดยใส่น้ำแข็ง 0.3 กิโลกรัมลงในถังเครื่องทำความเย็นแบบระเหย

6. วัดอุณหภูมิในเครื่องทำความเย็นแบบระเหยโดยใช้ Thermocouple Type K ต่อเข้ากับ Data loggerและใช้ Thermo-Hygrometer Electrotronic ทำการวัดความชื้น

7. นำ Thermocouple Type K วัดอุณหภูมิน้ำในถังที่มีการไหลเวียนน้ำ ทำการอ่านค่า ที่อัตราการไหล 13 ลิตร/นาที

8. บันทึกผล ทุก 3 นาทีจนถึง 60 นาที

ตอนที่3 หาประสิทธิภาพอะไดบาติกของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

1. ทำการวัดอุณหภูมิความชื้นของอากาศภายนอกระบบทำความเย็นแบบระเหยก่อนทำการเปิดเครื่อง

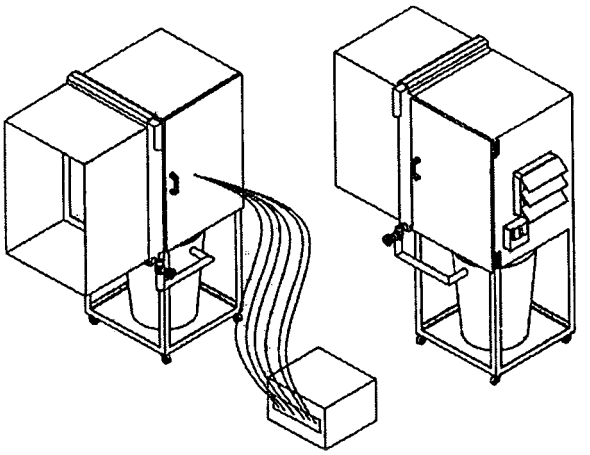
2. กำหนดความเร็วลมของพัดลมดูดอากาศ ที่ 4.5 m/s ใช้ในการวัดค่าการกระจายอุณหภูมิ

3. ทำการปรับอัตราการไหลของน้ำที่ 13 ลิตร/นาที เพื่อให้น้ำทั่วแผงซับน้ำและลดอุณหภูมิรวดเร็ว

4. เมื่ออุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่นำ Thermometer กระเปาะแห้งวัดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหยและวัดอุณหภูมิที่บริเวณหลังพัดลมดูดอากาศทางลมที่ดูดอากาศออกภายนอก หลังจากนั้นนำ Thermometer กระเปาะเปียกวัดอากาศก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นแบบระเหย

5. นำข้อมูลที่ได้คำนวณหาประสิทธิภาพในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นแบบระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 การติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง

ตอนที่4 การทดลองเพื่อตรวจสอบการยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้ โดยเลือกดอกกล้วยไม้เป็นดอกตัวอย่าง ในการทดสอบเก็บรักษา การทดสอบมี 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 การตรวจสอบดอกกล้วยไม้ในระบบทำความเย็นแบบระเหย ซึ่งมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

- กำหนดความเร็วลมของพัดลมดูดอากาศ ที่ 4.5 m/s เพื่อใช้ในการวัดค่าการกระจายอุณหภูมิ
- ตั้งแต่อัตราการไหลที่ 13 ลิตร/นาทีและใช้ดอกกล้วยไม้ที่หลังการตัดมาทดสอบจำนวน 18 ดอก หลังจากนั้น ทำการแบ่งดอกกล้วยไม้เป็น 2 พวก คือแบบเปียกและแบบแห้ง แบบเปียกคือจะใส่น้ำในถุงพลาสติกแล้วรัดยางไว้ที่โคนช่อจำนวน 9 ช่อ แบบแห้งจะไม่แช่น้ำจำนวน 9 ช่อ และทำเครื่องหมายแต่ละช่อ โดยแต่ละช่อจะทำเครื่องหมายดอกตัวอย่างโดยเลือกดอกกลางช่อ
- แบ่งช่อดอกกล้วยไม้แบบเปียกในชั้นที่ 1 ถึง 3 ชั้นละ 3 ช่อ แบ่งช่อดอกกล้วยไม้แบบแห้ง ชั้นที่ 1 ถึง 3 ชั้นละ 3 ช่อ
- ทำการบันทึกภาพในแต่ละวันจำนวน 10 วัน

ส่วนที่ 2 การตรวจสอบดอกกล้วยไม้ในระบบทำความเย็นทั่วไป ซึ่งมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

- ใช้ดอกกล้วยไม้ที่หลังการตัดมาทดสอบจำนวน 6 ดอก และทำการแบ่งดอกกล้วยไม้เป็น 2 พวก คือแบบเปียกและแบบแห้ง แบบเปียกคือจะใส่น้ำในถุงพลาสติกแล้วรัดยางไว้ที่โคนช่อจำนวน 3 ช่อ แบบแห้งจะไม่แช่น้ำจำนวน 3 ช่อ ทำเครื่องหมายแต่ละช่อโดยแต่ละช่อจะทำเครื่องหมายดอกตัวอย่างโดยเลือกดอกกลางช่อ แบ่งช่อดอกกล้วยไม้แบบเปียก 3 ช่อ แบ่งช่อดอกกล้วยไม้แบบแห้ง 3 ช่อ ในระบบทำความเย็นทั่วไป และทำการบันทึกภาพในแต่ละวันจำนวน 10 วัน

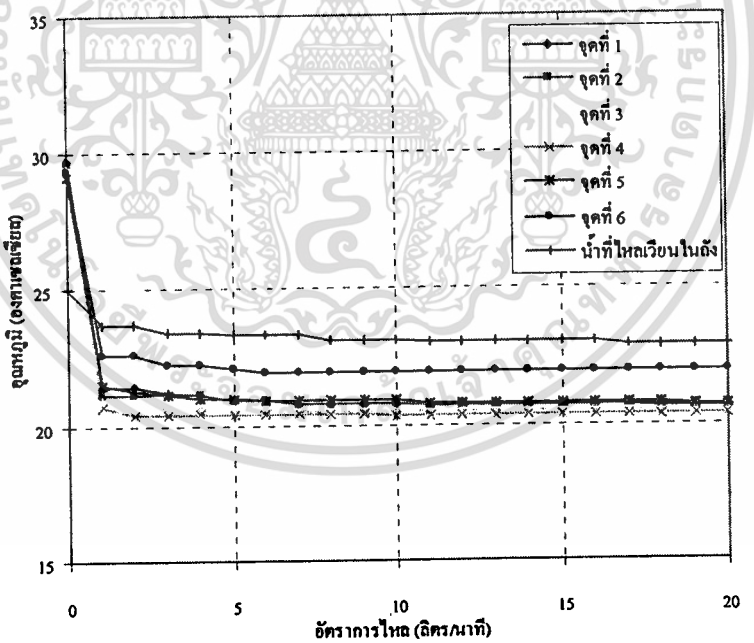
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 การทดสอบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

ผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นที่เกิดขึ้นในห้องเย็นระบบระเหย ดังแสดงในรูปที่ 5.1 จากสภาพอุณหภูมิภายนอก 29 องศาเซลเซียส ความชื้นภายนอก 40 %RH อุณหภูมิน้ำในถังเริ่มต้น 25 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อยังไม่มีการปรับอัตราการไหลของน้ำ และทำการวัดการกระจายอุณหภูมิ พบว่า อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก คือประมาณ 29-30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำที่อยู่ในถังเก็บก่อนปรับอัตราการไหลมีค่า 25 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการปรับอัตราการไหลที่ 1 ลิตร/นาที พบว่าอุณหภูมิภายในระบบระเหยทั้ง 6 จุดมีการลดลง และเมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่มีค่า 20 องศาเซลเซียส ถึง 23 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะเริ่มมีการถ่ายเทมวลของไอน้ำภายในห้องเย็นระบบระเหยแต่อาจจะไม่เต็มแผงซับน้ำ และจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย มีค่าเกาะกลุ่มคือมีค่าเฉลี่ยภายในที่ใกล้เคียงกัน และอุณหภูมิน้ำในถังเก็บก็ลดลงเช่นกัน จะเห็นว่าอุณหภูมิน้ำจะลดลงเหลือเพียง 23 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 1 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อปรับอัตราการไหลต่อไปจะพบว่าอุณหภูมิภายในระบบระเหยค่อยๆลดลง เนื่องจากเมื่อปรับอัตราการไหลให้สูงมากมีการเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่าง มวลของน้ำกับพื้นที่ผิว แผงซับน้ำ ที่มากขึ้น จนถึงเมื่ออัตราการไหลที่ 8 ลิตร/นาที พบว่าการกระจายของอุณหภูมิภายในระบบระเหยทั้ง 6 จุด และอุณหภูมิน้ำในถังที่ไหลเวียนมีค่าค่อนข้างคงที่ และมีความสม่ำเสมอโดยอุณหภูมิจะลดลงเหลือ 21 องศาเซลเซียส ถึง 22 องศาเซลเซียส จนถึงอัตราการไหลที่ 20 ลิตร/นาที ซึ่งจากข้อมูลเครื่องทำความเย็นระบบระเหยสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในห้องเย็นเมื่อเทียบกับอากาศภายนอกเฉลี่ย 8 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเวียนในถังจะสูงกว่า อุณหภูมิภายในระบบระเหยประมาณ 2 องศาเซลเซียส

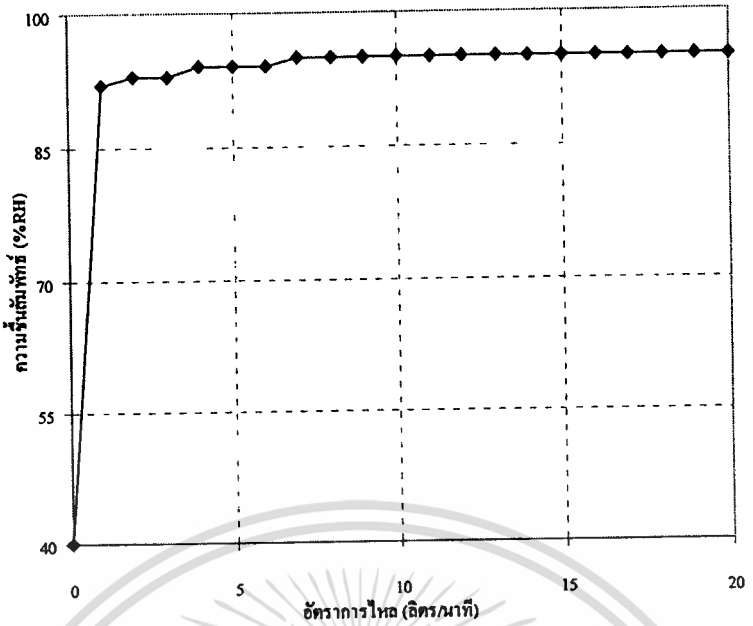
เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าอุณหภูมิน้ำ มีผลต่ออุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย เพราะจะช่วยให้เกิดความเย็นในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย ที่ลดลงตามอุณหภูมิน้ำที่เริ่มต้นมีการไหลเวียนน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิทั้ง 6 จุด เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่จุด พบว่าจุดที่ 4 จะเป็นจุดที่อุณหภูมิลดลงต่ำสุด ซึ่งเป็นจุดที่อยู่ใกล้พัดลมดูดอากาศ จึงเกิดการถ่ายเทมวลของไอน้ำได้ดี และจุดที่ 6 พบว่าจะเป็นจุดที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่นประมาณ 1 องศาเซลเซียส เพราะเป็นจุดที่อยู่ห่างจากพัดลมดูดอากาศและห่างจากแผงซับน้ำ

ผลจากความชื้นสัมพัทธ์ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 ภายในระบบระเหยเมื่อยังไม่ปรับอัตราการไหลของน้ำพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบระเหย มีความใกล้เคียงกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก คือ 40% RH ซึ่งเป็นความชื้นที่มีค่าน้อยมากไม่เพียงพอกับการเก็บรักษาดอกไม้ แต่เมื่อปรับอัตราการไหลเป็น 1 ลิตร/นาที พบว่าความชื้นคงที่ที่ 92% RH ซึ่งเป็นความชื้นสัมพัทธ์ที่สูง เมื่อปรับอัตราการไหลของน้ำจนถึง 8 ลิตร/นาที จนเมื่อความชื้นมีค่าคงที่ พบว่าความชื้นมีค่าสูงถึง 95% RH จนถึงอัตราการไหลของน้ำที่ 20 ลิตร/นาที ซึ่งจะเห็นว่าการปรับอัตราการไหลของน้ำมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย และแสดงให้เห็นว่าแผงซับน้ำสามารถดูดซับความชื้นได้ดี

จะเห็นว่าที่อัตราการไหลของน้ำที่ 8 ลิตร/นาทีจะเป็นช่วงที่การกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย ค่อนข้างลดลงและอยู่ในสภาวะคงที่จนถึง อัตราการไหลที่ 20 ลิตร/นาที และอุณหภูมิของน้ำภายในถังที่หมุนเวียนจะลดลงต่ำสุดและค่อนข้างคงที่เช่นกัน

ในการเก็บรักษาดอกไม้จึงสามารถปรับอัตราการไหล 8 ลิตร/นาที หรือ มากกว่านั้นเพราะจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยสูงและจะคงที่หรืออาจสูงขึ้นอีกเล็กน้อย และอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยลดลงและคงที่อย่างรวดเร็ว และจะมีผลให้อุณหภูมิน้ำในถังที่ไหลเวียนลดลงและคงที่ตามไปด้วย

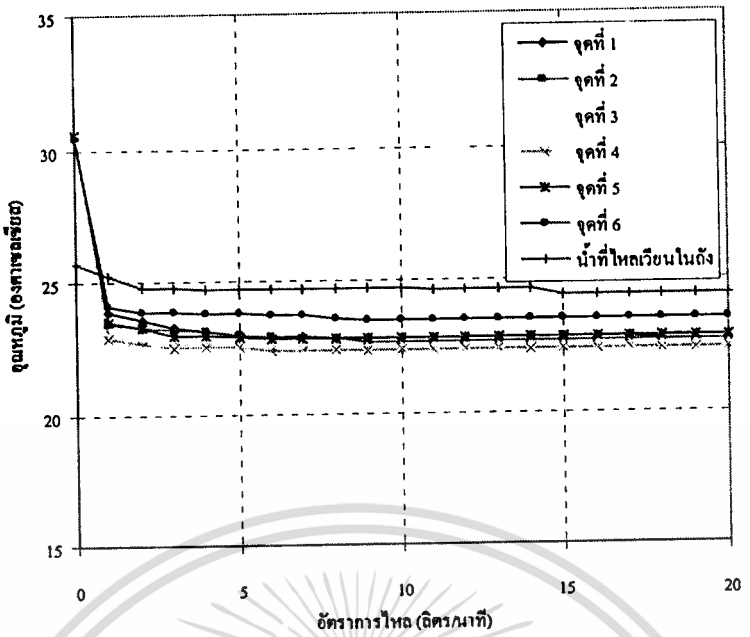
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 1 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25 องศาเซลเซียส

หลังจากนั้นได้การทดสอบครั้งที่ 2 ซึ่งมีสภาพอากาศที่แตกต่างจากครั้งแรกเล็กน้อยคือ อากาศภายนอกมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นภายนอก 40% RH อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.7 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 5.3 พบว่าเมื่อยังไม่ปรับอัตราการไหลของน้ำ เมื่อทำการวัดการกระจายอุณหภูมิพบว่า มีอุณหภูมิเช่นเดียวกับอากาศภายนอกคือประมาณ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำที่ไหลเวียนในถังก่อนการปรับอัตราการไหลของน้ำมีค่า 25.7 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการปรับอัตราการไหลที่ 1 ลิตร/นาที พบว่าอุณหภูมิในระบบระเหยทั้ง 6 จุด มีการลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่ออุณหภูมิคงที่มีอุณหภูมิอยู่ที่ 22 องศาเซลเซียส ถึง 23 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะเริ่มมีการถ่ายเทมวลของไอน้ำภายในห้องเย็นระบบระเหยแต่อาจจะไม่เต็มแผงซับน้ำ และจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย มีค่าเกาะกลุ่มคือมีค่าเฉลี่ยภายในที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิน้ำในถังเก็บ ที่เกิดขึ้นพบว่าอุณหภูมิน้ำจะลดลง จะเห็นว่าอุณหภูมิน้ำจะลดลงเหลือเพียง 24.4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 2 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.5 องศาเซลเซียส

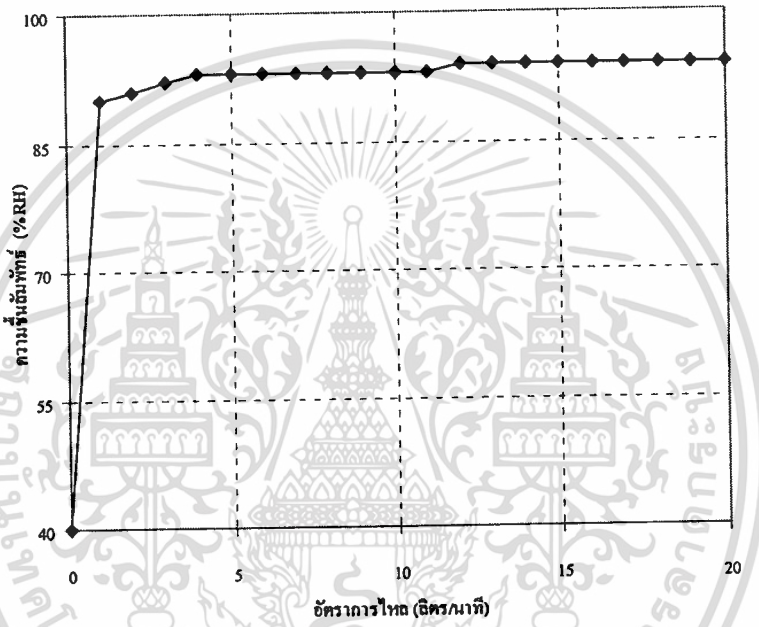
เมื่อปรับอัตราการไหลต่อไปจะพบว่าอุณหภูมิภายในระบบระเหยค่อยๆลดลง เนื่องจากเมื่อปรับอัตราการไหลให้สูงมากมีการเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่าง มวลของน้ำกับพื้นที่ผิวแผงซับน้ำ ที่มากขึ้น จนถึงเมื่ออัตราการไหลที่ 9 ลิตร/นาที พบว่าการกระจายของอุณหภูมิภายในระบบระเหยทั้ง 6 จุด และอุณหภูมิน้ำในถังที่ไหลเวียนมีค่าค่อนข้างคงที่ และมีความสม่ำเสมอโดยอุณหภูมิจะลดลงเหลือ 22 องศาเซลเซียส ถึง 23 องศาเซลเซียส จนถึงอัตราการไหลที่ 20 ลิตร/นาที ซึ่งจากข้อมูลเครื่องทำความเย็นระบบระเหยสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในห้องเย็นเมื่อเทียบกับอากาศภายนอกเฉลี่ย 8 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเวียนในถังจะสูงกว่า อุณหภูมิภายในระบบระเหยประมาณ 2 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าอุณหภูมิน้ำมีผลต่อ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย เพราะจะช่วยให้เกิดความเย็นในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย ที่ลดลงตามอุณหภูมิน้ำที่เริ่มต้นมีการไหลเวียนน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิทั้ง 6 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่จุด พบว่าจุดที่ 4 จะเป็นจุดที่อุณหภูมิลดลงต่ำสุด ซึ่งเป็นจุดที่อยู่ใกล้พัดลมดูดอากาศ จึงเกิดการถ่ายเทมวลของไอน้ำได้ดี และจุดที่ 6 พบว่าจะเป็นจุดที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่นประมาณ 1 องศาเซลเซียส เพราะเป็นจุดที่อยู่ห่างจากพัดลมดูดอากาศและห่างจากแผงซับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าเมื่อสภาพอากาศภายนอกมีความใกล้เคียงกันมีผลให้อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระบบระเหยมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

ผลจากความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบระเหย ดังแสดงในรูปที่ 5.4 พบว่าเมื่อยังไม่ปรับอัตราการไหลของน้ำ พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบระเหยมีความใกล้เคียงกับ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกคือ 40% RH แต่เมื่อปรับอัตราการไหลเป็น 1 ลิตร/นาที พบว่าความชื้นคงที่ที่ 90 %RH ซึ่งเป็นความชื้นสัมพัทธ์ที่สูง เมื่อปรับอัตราการไหลของน้ำจนถึง 12 ลิตร/นาที จนเมื่อความชื้นมีค่าคงที่ พบวาความชื้นมีค่าสูงถึง 94% RH จนถึงอัตราการไหลของน้ำที่ 20 ลิตร/นาที

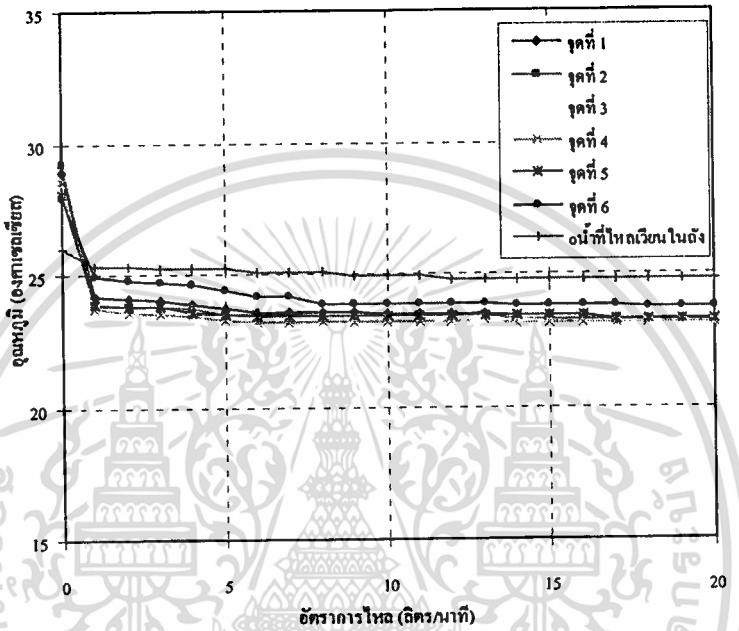


รูปที่ 5.4 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 2 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.5 องศาเซลเซียส

จากนั้นทำการทดสอบครั้งที่ 3 ซึ่งมีสภาพอากาศที่แตกต่างกันกับครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 5.5 คือสภาพอากาศภายนอกมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นภายนอก 40 %RH อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26 องศาเซลเซียส โดยทำการปรับอัตราการไหลของน้ำ พบว่าการกระจายอุณหภูมิในระบบระเหยมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกเช่นเดียวกับการทดสอบในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 คือจะมีค่าประมาณ 28 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำในถังก่อนทำการปรับอัตราการไหลมีค่า 26 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการปรับอัตราการไหลที่ 1 ลิตร/นาที พบว่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบระเหยทั้ง 6 จุด มีการลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่ออุณหภูมิคงที่มีอุณหภูมิอยู่ที่ 23 องศาเซลเซียส ถึง 24 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะเริ่มมีการถ่ายเทมวลของไอน้ำภายในห้องเย็นระบบระเหยแต่อาจจะไม่เต็มแผงซับน้ำ และจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย มีค่าเกาะกลุ่มคือมีค่าเฉลี่ยภายในที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิน้ำในถังเก็บ ที่เกิดขึ้นพบว่าอุณหภูมิน้ำก็ลดลงเช่นกัน จะเห็นว่าอุณหภูมิน้ำจะลดลงเหลือเพียง 23 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 3 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26 องศาเซลเซียส

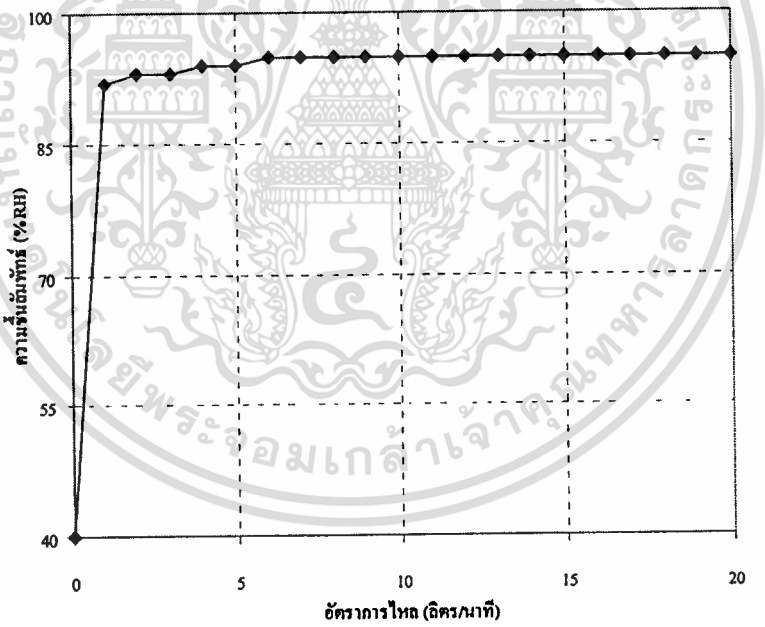
เมื่อปรับอัตราการไหลต่อไปจะพบว่าอุณหภูมิภายในระบบระเหยค่อยๆลดลง เนื่องจากเมื่อปรับอัตราการไหลให้สูงมากมีการเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่าง มวลของน้ำกับพื้นที่ผิวแผงซับน้ำ ที่มากขึ้นจนถึงเมื่ออัตราการไหลที่ 9 ลิตร/นาที พบว่าการกระจายของอุณหภูมิภายในระบบระเหยทั้ง 6 จุด และอุณหภูมิน้ำในถังที่ไหลเวียนมีค่าค่อนข้างคงที่ และมีความสม่ำเสมอโดยอุณหภูมิจะลดลงเหลือ 22 องศาเซลเซียส ถึง 23 องศาเซลเซียส จนถึงอัตราการไหลที่ 20 ลิตร/นาที ซึ่งจากข้อมูลเครื่องทำความเย็นระบบระเหยสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในห้องเย็นเมื่อเทียบกับอากาศภายนอกเฉลี่ย 7 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเวียนในถังจะน้อยกว่า อุณหภูมิภายในระบบระเหยประมาณ 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าอุณหภูมิน้ำมีผลต่ออุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย เพราะจะช่วยให้เกิดความเย็นในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย ที่ลดลงตามอุณหภูมิน้ำที่เริ่มต้นมีการไหลเวียนน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิทั้ง 6 จุด เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่จุด พบว่าจุดที่ 4 จะเป็นจุดที่อุณหภูมิลดลงต่ำสุด ซึ่งเป็นจุดที่อยู่ใกล้พัดลมดูดอากาศ จึงเกิดการถ่ายเทมวลของไอน้ำได้ดี และจุดที่ 6 พบว่าจะเป็นจุดที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่นประมาณ 1 องศาเซลเซียส เพราะเป็นจุดที่อยู่ห่างจากพัดลมดูดอากาศและห่างจากแผงซับน้ำ

จะเห็นว่าเมื่อสภาพอากาศภายนอกมีความใกล้เคียงกันมีผลให้อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระบบระเหยมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

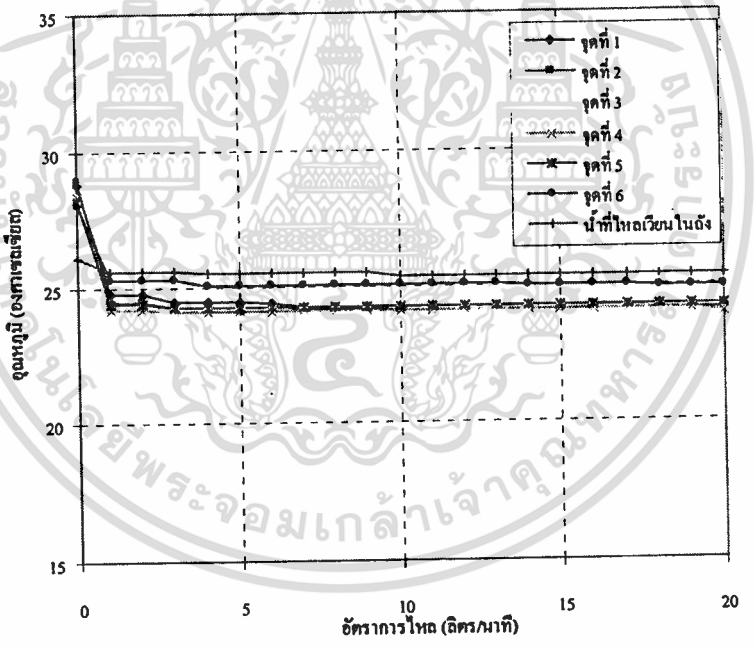
ผลจากความชื้นสัมพัทธ์ ดังแสดงในรูปที่ 5.6 ภายในระบบระเหยเมื่อยังไม่ปรับอัตราการไหลของน้ำพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบระเหยมีความใกล้เคียงกับ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกคือ 40% RH แต่เมื่อปรับอัตราการไหลเป็น 1 ลิตร/นาที พบว่าความชื้นคงที่ที่ 92 %RH ซึ่งเป็นความชื้นสัมพัทธ์ที่สูง เมื่อปรับอัตราการไหลของน้ำจนถึง 6 ลิตร/นาที จนเมื่อความชื้นมีค่าคงที่ พบวาความชื้นมีค่าสูงถึง 95% RH จนถึงอัตราการไหลของน้ำที่ 20 ลิตร/นาที



รูปที่ 5.6 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 3 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการทดสอบครั้งที่ 4 ซึ่งมีสภาพแตกต่างกับการทดสอบในครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 5.7 คือสภาพอากาศภายนอกมีอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ความชื้นภายนอก 43 %RH อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26.1 องศาเซลเซียส โดยทำการปรับอัตราการไหลของน้ำ พบว่าการกระจายอุณหภูมิในระบบระเหยมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกเช่นเดียวกับการทดสอบในครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 คือจะมีค่าประมาณ 28 องศาเซลเซียส ถึง 29 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำในถังก่อนทำการปรับอัตราการไหลมีค่า 26.1 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการปรับอัตราการไหลที่ 1 ลิตร/นาที พบว่าอุณหภูมิในระบบระเหยทั้ง 6 จุด มีการลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่ออุณหภูมิคงที่มีอุณหภูมิอยู่ที่ ประมาณ 24 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะเริ่มมีการถ่ายเทมวลของไอน้ำภายในห้องเย็นระบบระเหยแต่อาจจะไม่เต็มแผงซับน้ำ และจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย มีค่าเกาะกลุ่มคือมีค่าเฉลี่ยภายในที่ใกล้เคียงกันและเมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิน้ำในถังเก็บ ที่เกิดขึ้นพบว่าอุณหภูมิน้ำก็ลดลงเช่นกัน จะเห็นว่าอุณหภูมิน้ำจะลดลงเหลือเพียง 25.4 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5.7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 4 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26.1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

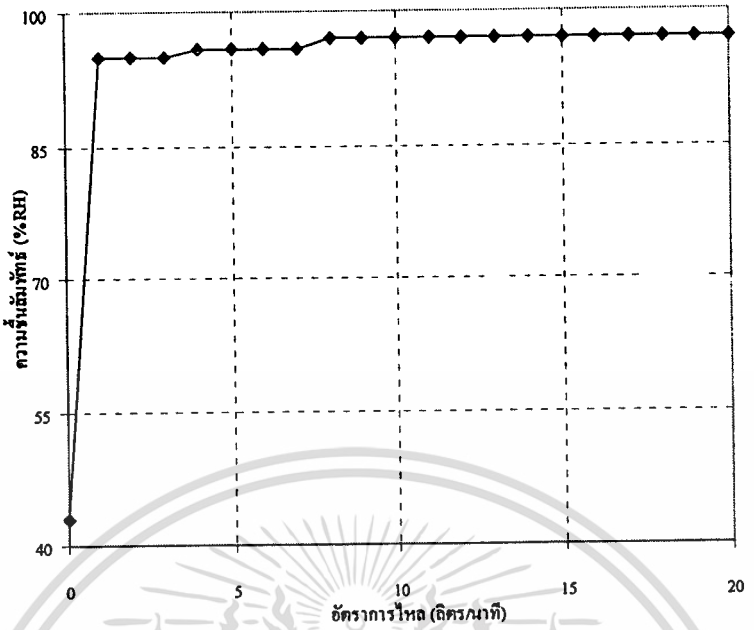
เมื่อปรับอัตราการไหลต่อไปจะพบว่าอุณหภูมิภายในระบบระเหยค่อยๆลดลง เนื่องจากเมื่อปรับอัตราการไหลให้สูงมากมีการเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่าง มวลของน้ำกับพื้นที่ผิวแผงซับน้ำ ที่มากขึ้นจนถึงเมื่ออัตราการไหลที่ 10 ลิตร/นาที พบว่าการกระจายของอุณหภูมิภายในระบบระเหยทั้ง 6 จุด และอุณหภูมิน้ำในถังที่ไหลเวียนมีค่าค่อนข้างคงที่ และมีความสม่ำเสมอโดยอุณหภูมิจะลดลงเหลือประมาณ 24 องศาเซลเซียส จนถึงอัตราการไหลที่ 20 ลิตร/นาที ซึ่งจากข้อมูลเครื่องทำความเย็นระบบระเหยสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในห้องเย็นเมื่อเทียบกับอากาศภายนอกเฉลี่ย 5 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิของน้ำที่ไหลเวียนในถังจะสูงกว่า อุณหภูมิภายในระบบระเหยประมาณ 1 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าอุณหภูมิน้ำมีผลต่ออุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย เพราะจะช่วยให้เกิดความเย็นในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย ที่ลดลงตามอุณหภูมิน้ำที่เริ่มต้นมีการไหลเวียนน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิทั้ง 6 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่จุด พบว่าจุดที่ 4 จะเป็นจุดที่อุณหภูมิลดลงต่ำสุด ซึ่งเป็นจุดที่อยู่ใกล้พัดลมดูดอากาศ จึงเกิดการถ่ายเทมวลของไอน้ำได้ดี และจุดที่ 6 พบว่าจะเป็นจุดที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่นประมาณ 1 องศาเซลเซียส เพราะเป็นจุดที่อยู่ห่างจากพัดลมดูดอากาศและห่างจากแผงซับน้ำ จะเห็นว่าเมื่อทดสอบครบทั้ง 4 ครั้งสภาพอากาศภายนอกใกล้เคียงกับมีผลให้อุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในระบบระเหยมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

ผลจากความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบระเหย เมื่อยังไม่ปรับอัตราการไหลของน้ำพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบระเหยมีความใกล้เคียงกับ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกคือ 43% RH แต่เมื่อปรับอัตราการไหลเป็น 1 ลิตร/นาที พบว่าความชื้นคงที่ที่ 92 %RH ซึ่งเป็นความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเมื่อปรับอัตราการไหลของน้ำจนถึง 8 ลิตร/นาที จนเมื่อความชื้นมีค่าคงที่ พบวาความชื้นมีค่าสูงถึง 97% RH จนถึงอัตราการไหลของน้ำที่ 20 ลิตร/นาที ดังแสดงในรูปที่ 5.8

จากการทดสอบหาความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยทั้ง 4 ครั้ง ซึ่งเป็นการทดสอบเมื่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่อากาศภายนอกใกล้เคียงกันทั้ง 4 ครั้ง จะเห็นว่าการปรับอัตราการไหลของน้ำที่ 1 ลิตร/นาที พบว่าความชื้นสูงถึง 90 ถึง 94% RH ซึ่งเป็นความชื้นที่สูงแต่น้ำยังกระจายไม่เต็มแผงซับน้ำ ซึ่งหากปรับอัตราการไหลของน้ำเป็น 10 ลิตร/นาที ถึง 13 ลิตร/นาทีแผงซับน้ำ จะดูดซับน้ำได้อย่างรวดเร็วและทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย เมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่สูงกว่าเมื่อปรับอัตราการไหล 1 ลิตร/นาที เล็กน้อยคือจะสูงถึง 95 ถึง 97 %RH ซึ่งเป็นความชื้นที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาไม้ตัดดอกได้ โดยอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยเมื่อปรับอัตราการไหลที่ 10 ถึง 13 ลิตร/นาที ก็จะลดลงต่ำและค่อนข้างคงที่จนถึงการปรับอัตราการไหลที่ 20 ลิตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



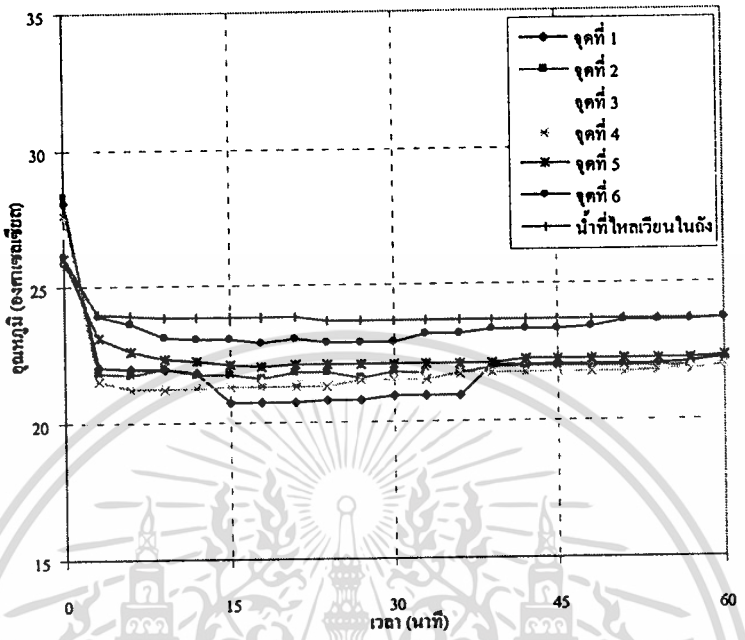
รูปที่ 5.8 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 4 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26.1 องศาเซลเซียส

จากนั้นได้ทำการทดสอบโดยใช้น้ำเย็นในการทำให้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่เร็วขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5.9 โดยครั้งแรกทดสอบที่สภาพอากาศภายนอกอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ความชื้นอากาศภายนอก 41% RH อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.8 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหล 13 ลิตร/นาที พบว่าเมื่อยังไม่ใส่น้ำแข็งอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย ใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกคือประมาณ 27 องศาเซลเซียส ถึง 28 องศาเซลเซียส ต่อมาใส่น้ำแข็งแล้วจับเวลาพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปเพียง 3 นาที อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยลดลงอย่างรวดเร็ว เหลือเพียงประมาณ 22 องศาเซลเซียส ซึ่งต่างจากอุณหภูมิภายนอกถึง 7 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที อุณหภูมิในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยค่อนข้างคงที่ และอุณหภูมิน้ำก็ค่อนข้างคงที่ตามไปด้วย แต่จะลดลงต่ำสุดในนาทีที่ 24 และอุณหภูมิจะค่อนข้างคงที่ เมื่ออุณหภูมิคงที่จะมีอุณหภูมิประมาณ 22 ถึง 23 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิจุดต่างๆในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยพบว่า จุดที่ 4 อุณหภูมิลดลงต่ำสุด ซึ่งเป็นจุดอยู่ใกล้พัดลมดูดอากาศ จึงเกิดการถ่ายเทมวลไอน้ำได้ดี และจุดที่ 6 พบว่าจะเป็นจุดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่นประมาณ 1 องศาเซลเซียส เพราะเป็นจุดที่อยู่ห่างจากพัดลมดูดอากาศและห่างจากแผงซับน้ำ

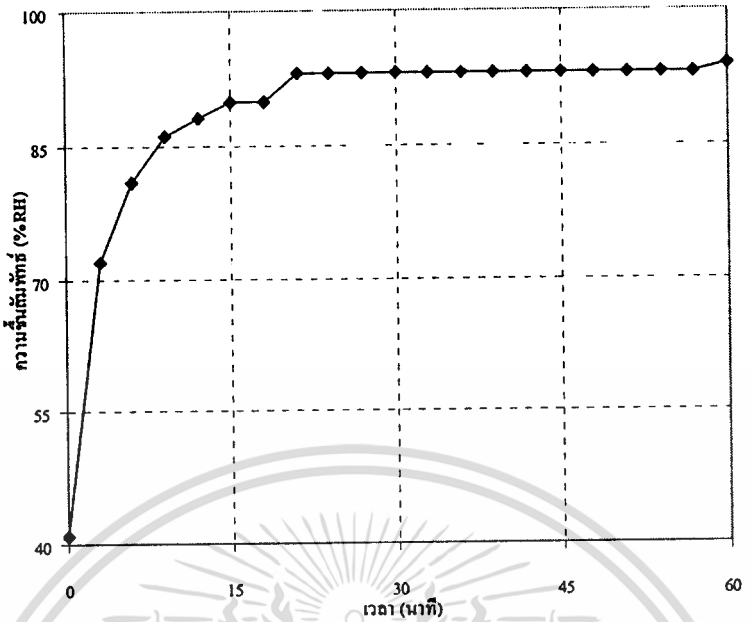


รูปที่ 5.9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 1 โดยใส่น้ำแข็งใส่ในถังไหลเวียนน้ำ

จากการทดสอบหาความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยดังแสดงในรูปที่ 5.10 พบว่า เมื่อยังไม่ใส่น้ำแข็ง ความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 41% RH ใกล้เคียงกับความชื้นของสภาพอากาศภายนอก แต่เมื่อใส่น้ำแข็งใช้เวลาประมาณ 21 นาที ความชื้นสัมพัทธ์ก็ขึ้นสูงและคงที่ที่ 93 %RH และเพิ่มเป็น 94% RH ในนาทีที่ 60

จะเห็นว่าการใส่น้ำแข็งก็ทำให้ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยสูง เช่นเดียวกับไม่ใส่น้ำแข็ง โดยจะใช้เวลาเพียงประมาณ 21 นาที ความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยจะสูงถึงประมาณ 93% RH และจะค่อนข้างคงที่ ซึ่งถึงแม้น้ำแข็งจะละลาย ความชื้นก็ไม่ลดลงโดยจากผลการทดสอบถึงนาทีที่ 60 ซึ่งการใช้น้ำแข็งเร่งให้ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่เร็วขึ้น สามารถใช้ในการเก็บรักษาดอกไม้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



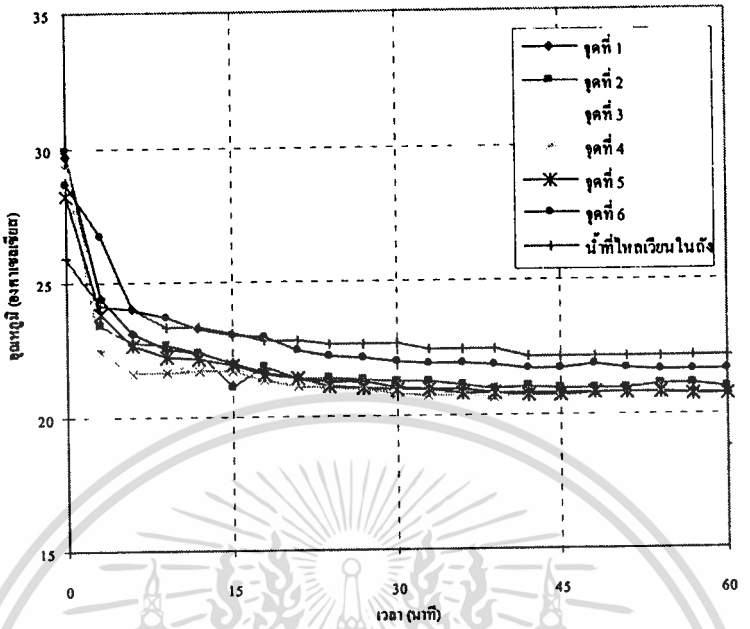
รูปที่ 5.10 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 1 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ

จากนั้นได้ทำการทดสอบครั้งที่ 2 โดยทำการทดสอบโดยใช้น้ำแข็งโดยการทำให้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่เร็วขึ้นเช่นเดียวกับครั้งที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 5.11 โดยสภาพอุณหภูมิอากาศภายนอก 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายนอก 41% RH อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.9 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหล 13 ลิตร/นาที พบว่าเมื่อยังไม่ใส่น้ำแข็ง อุณหภูมิภายในระบบระเหย ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกคือประมาณ 28 องศาเซลเซียส ถึง 29 องศาเซลเซียส ต่อมาใส่น้ำแข็ง แล้วเริ่มจับเวลาพบว่า เมื่อเวลาผ่านไปเพียง 3 นาที อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย ลดลงอย่างรวดเร็วเหลือเพียง 23 องศาเซลเซียส ถึง 26 องศาเซลเซียส ซึ่งแตกต่างจากอุณหภูมิภายนอก 3 ถึง 4 องศาเซลเซียส และในนาทีที่ 15 พบว่าอุณหภูมิลดต่ำลง และค่อนข้างคงที่จนเวลาครบ 60 นาที พบว่าอุณหภูมิในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยจะคงที่ที่ประมาณ 20 องศาเซลเซียส ถึง 21 องศาเซลเซียส และเมื่อทำการวัดอุณหภูมิน้ำพบว่า ที่เวลา 3 นาทีอุณหภูมิน้ำ ค่อยๆลดลงเหลือ 24.1 องศาเซลเซียส และลดลงเหลือ 22.1 องศาเซลเซียส แล้วจึงคงที่

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิจุดต่างๆในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยพบว่า จุดที่ 4 อุณหภูมิลดลงต่ำสุด ซึ่งเป็นจุดอยู่ใกล้พัดลมดูดอากาศ จึงเกิดการถ่ายเทมวลไอน้ำได้ดี และจุดที่ 6 พบว่าจะเป็นจุดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่นประมาณ 1 องศาเซลเซียส เพราะเป็นจุดที่อยู่ห่างจากพัดลมดูดอากาศและห่างจากแผงซับน้ำ

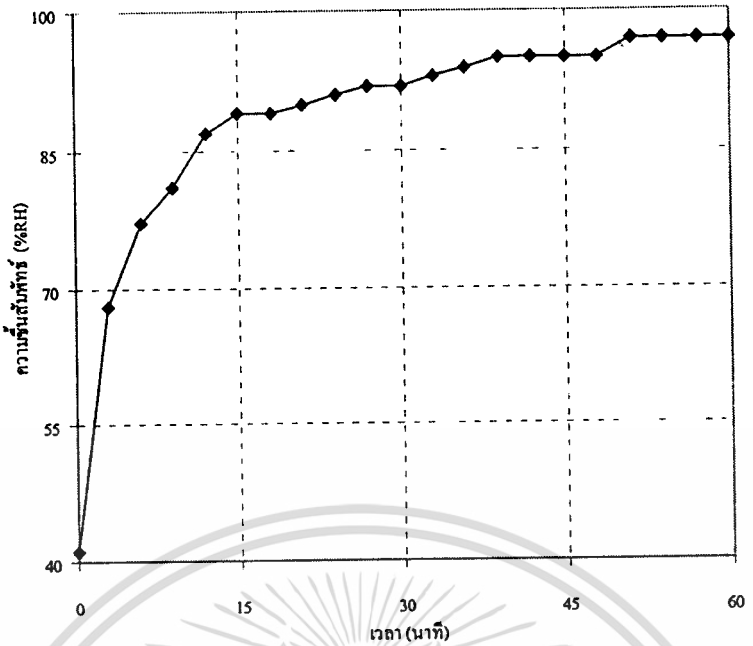


รูปที่ 5.11 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 2 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ

จากการทดสอบความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบระเหย ดังแสดงในรูปที่ 5.12 พบว่า เมื่อยังไม่ใส่น้ำแข็งความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 41% RH เมื่อเวลาผ่านไป 21 นาที ความชื้นค่อนข้างคงที่ และสูงถึง 91% RH และในนาทีที่ 51 ความชื้นสูงถึง 97% RH จนถึงนาทีที่ 60

จากการทดสอบผลของความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในการทดสอบครั้งที่ 2 มีค่าสูงเช่นเดียวกับการทดสอบหาความชื้นในครั้งที่ 1 โดยความชื้นสัมพัทธ์จะค่อยๆเพิ่มขึ้นและมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สามารถใช้ในการเก็บรักษาดอกไม้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

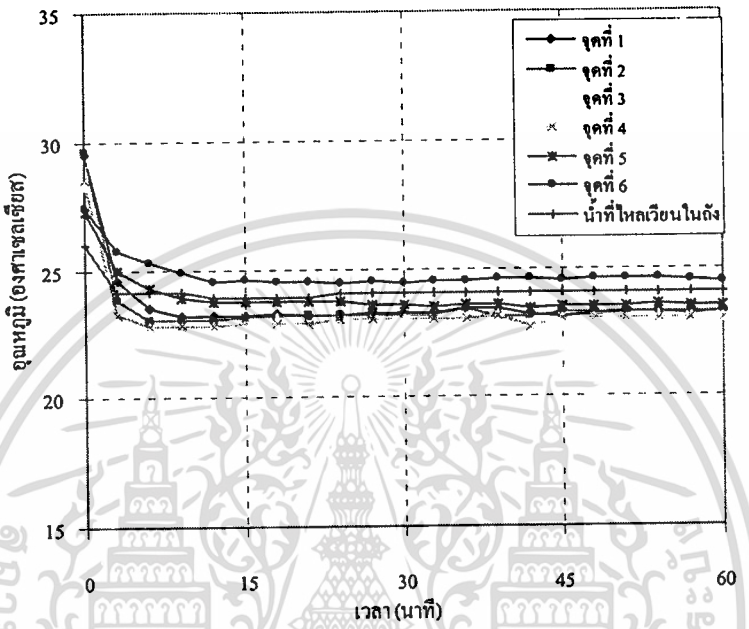


รูปที่ 5.12 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 2 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ

จากนั้นทำการทดสอบ ครั้งที่ 3 โดยการทำให้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่เร็วขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5.13 โดยทดสอบที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 31 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก 42% RH อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหล 13 ลิตร/นาที พบว่าเมื่อยังไม่ใส่น้ำแข็ง อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหยมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกคือ 28 องศาเซลเซียส ถึง 29 องศาเซลเซียส ต่อมาใส่น้ำแข็งและเริ่มจับเวลาพบว่า เมื่อเวลาผ่านไปเพียง 3 นาที อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 23 องศาเซลเซียส ถึง 25 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิลดลงเรื่อยๆ จนในนาทีที่ 18 มีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อยและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยมีอุณหภูมิที่ประมาณ 23 องศาเซลเซียส ถึง 24 องศาเซลเซียส ซึ่งแตกต่างจากอุณหภูมิภายนอก 7 องศาเซลเซียส ถึง 8 องศาเซลเซียส ผลของอุณหภูมิน้ำพบว่า ที่เวลา 3 นาที อุณหภูมิน้ำค่อยๆลดลงเหลือ 24.1 องศาเซลเซียส จนนาทีที่ 24 อุณหภูมิค่อยๆสูงขึ้นเล็กน้อยเป็น 24 องศาเซลเซียส และคงที่จนถึงนาทีที่ 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิจุดต่างๆในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยพบว่า จุดที่ 4 อุณหภูมิลดลงต่ำสุด ซึ่งเป็นจุดอยู่ใกล้พัดลมดูดอากาศ จึงเกิดการถ่ายเทมวลไอน้ำได้ดี และจุดที่ 6 พบว่าจะเป็นจุดที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่นประมาณ 1 องศาเซลเซียส เพราะเป็นจุดที่อยู่ห่างจากพัดลมดูดอากาศและห่างจากแผงซับน้ำ

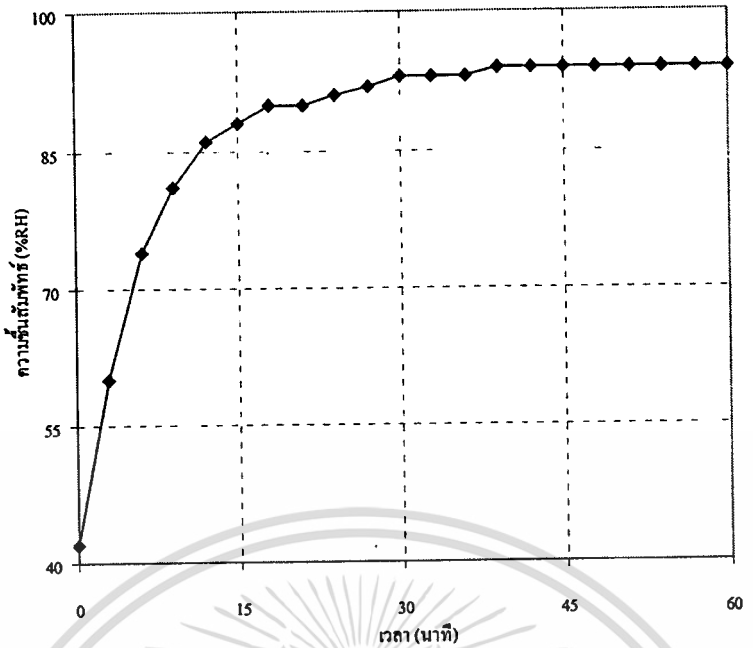


รูปที่ 5.13 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 3 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ

ผลของความชื้นที่เกิดขึ้นในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย ดังแสดงในรูป 5.14 พบว่า เมื่อยังไม่ใส่น้ำแข็งความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 42% RH เมื่อเวลาผ่านไป 18 นาที ความชื้นค่อนข้างคงที่และสูงถึง 90% RH และเมื่อเวลาผ่านไป 39 นาที ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าคงที่และสูงขึ้น และคงที่ที่ 94 % RH

จากการทดสอบผลของความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในการทดสอบครั้งที่ 3 มีค่าสูงเช่นเดียวกับการทดสอบหาความชื้นในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 โดยความชื้นสัมพัทธ์จะค่อยๆเพิ่มขึ้นและมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สามารถใช้ในการเก็บรักษาดอกไม้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

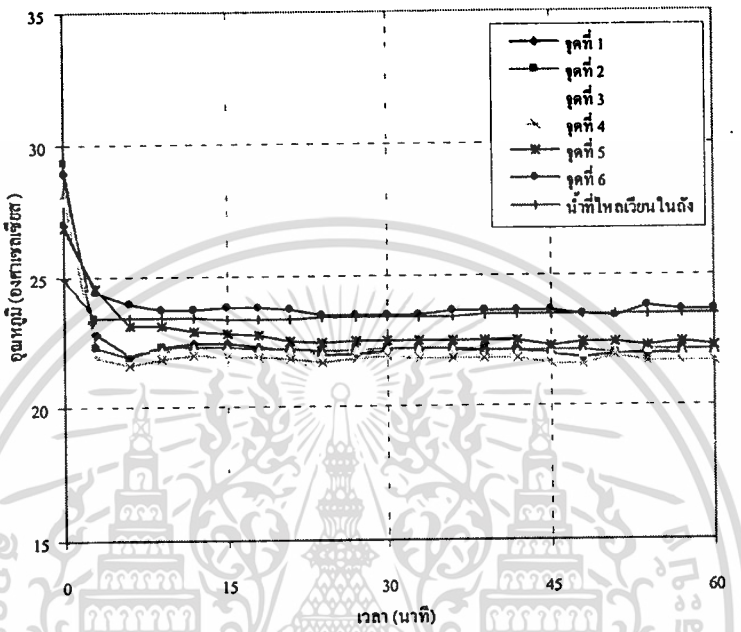


รูปที่ 5.14 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 3 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ

ผลจากการทดสอบครั้งที่ 4 ทำการทดสอบเช่นเดียวกับ ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 โดยใช้น้ำแข็งทดสอบอุณหภูมิให้เข้าสู่สภาวะคงที่ เร็วขึ้นโดยทดสอบที่ สภาพอุณหภูมิอากาศภายนอก 31 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกคือ 39% RH อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.9 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหล 13 l/min ดังแสดงในรูปที่ 5.15 พบว่าเมื่อยังไม่ใส่น้ำแข็งพบว่าอุณหภูมิภายในระบบระเหยใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกคือ ประมาณ 28 องศาเซลเซียส ถึง 29 องศาเซลเซียส ต่อมาใส่น้ำแข็งและเริ่มจับเวลา พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปเพียง 3 นาที อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 22 องศาเซลเซียส ถึง 23 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิลดลงเรื่อยๆ เฉลี่ยประมาณ 22 องศาเซลเซียส และจะคงที่จนนาทีที่ 60 ซึ่งอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย ลดลงจากอากาศภายนอกประมาณ 8 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบอุณหภูมิน้ำที่ไหลเวียนในถัง พบว่าที่เวลา 3 นาที อุณหภูมิน้ำค่อยๆลดลงเหลือ 23.4 องศาเซลเซียส และลดลงเรื่อยๆ จนนาทีที่ 39 มีค่าอุณหภูมิน้ำ 23.5 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยประมาณ 1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิจุดต่างๆในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยพบว่า จุดที่ 4 อุณหภูมิลดลงต่ำสุด ซึ่งเป็นจุดอยู่ใกล้พัดลมดูดอากาศ จึงเกิดการถ่ายเทมวลไอน้ำได้ดี และจุดที่ 6 พบว่าจะเป็นจุดที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่นประมาณ 1 องศาเซลเซียส เพราะเป็นจุดที่อยู่ห่างจากพัดลมดูดอากาศและห่างจากแผงซับน้ำ

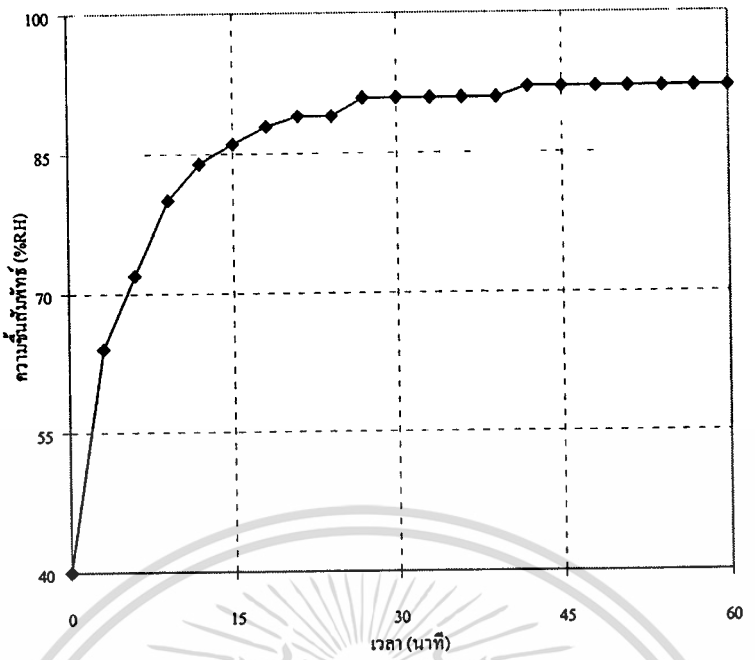


รูปที่ 5.15 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 4 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ

จากการทดสอบผลของความชื้นที่เกิดขึ้นในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย ดังแสดงในรูปที่ 5.16 พบว่า เมื่อยังไม่ใส่น้ำแข็งความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 40% RH เมื่อเวลาผ่านไป 27 นาที ความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นเป็น 91% RH และเพิ่มขึ้นจนคงที่ที่ 92% RH ในนาทีที่ 42

จะเห็นว่าจากการใส่น้ำแข็งจะทำให้อุณหภูมิเครื่องทำความเย็นแบบระเหยเข้าสู่สภาวะคงที่เร็วขึ้นทั้ง 4 ครั้งโดยใช้เวลาเพียง 3 นาที ซึ่งจะมีผลเมื่อต้องการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเพื่อประโยชน์ในการขนส่งดอกไม้และจะเห็นว่าการใส่น้ำแข็ง ก็ทำให้ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยมีค่าสูงเช่นเดียวกับไม่ใส่น้ำแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



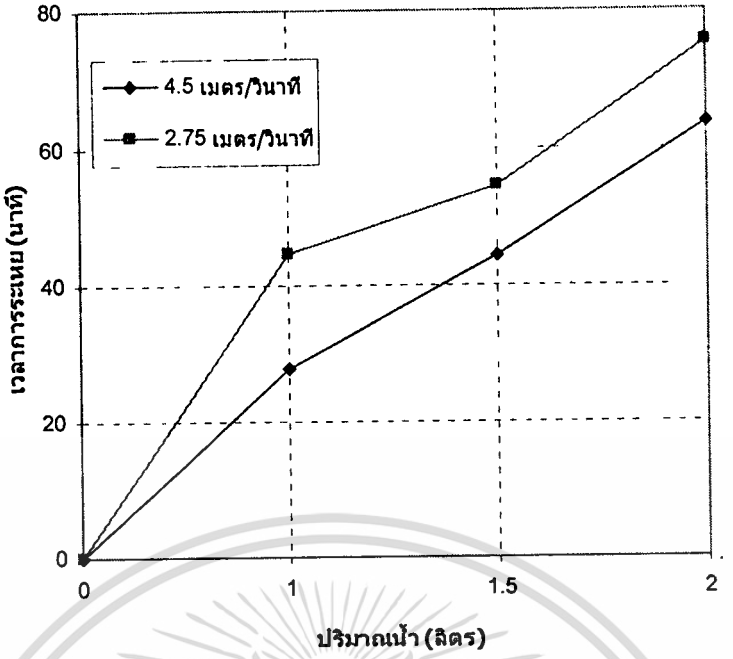
รูปที่ 5.16 ความชื้นภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ทดสอบวันที่ 4 โดยใส่น้ำแข็งในถังไหลเวียนน้ำ

5.2 ปริมาณน้ำที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

ผลการทดสอบพบว่าความเร็วลมมีผลต่อการระเหยของน้ำ ตามรูปที่ 5.17 พบว่าที่ความเร็วลม 2.7 เมตร/วินาที ใช้เวลาในการระเหยน้ำ 2 ลิตรด้วยเวลา 74.75 นาที แต่ที่ความเร็วลม 4.5 เมตร/วินาที ใช้เวลา 62.71 นาที จะเห็นว่าเมื่อปรับความเร็วลมมากขึ้นจะทำให้น้ำในถังเก็บน้ำระเหยมากขึ้น เพราะความเร็วของอากาศที่ดึงออกที่พัดลมดูดอากาศมีมีผลต่อการระเหยของน้ำได้เร็วขึ้น

จากการทดสอบพบว่าปริมาณน้ำที่ระเหยต้องใช้ระยะเวลานานพอสมควรน้ำจึงหมด ในการปรับความเร็วลมที่เกิดขึ้นมีความเหมาะสมกับพื้นที่ดูดซับน้ำของซับน้ำ ซึ่งจะเห็นว่ามีการกระจายอุณหภูมิที่ทั่วถึงและอุณหภูมิจะเกาะกลุ่มภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย และค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยมีค่าที่สูง ซึ่งหากปรับความเร็วลมสูงมากเกินไปก็อาจทำให้น้ำระเหยมากเกินควร โดยปริมาณน้ำที่ใช้ในการไหลเวียนในถังเก็บสามารถใช้ น้ำฝน ได้หรือน้ำที่ไม่มีสารปนเปื้อน เพื่อเป็นการใช้แหล่งทรัพยากรที่มีอยู่ตามธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.17 การระเหยของน้ำของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

5.3 ประสิทธิภาพอะไดบาติกเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

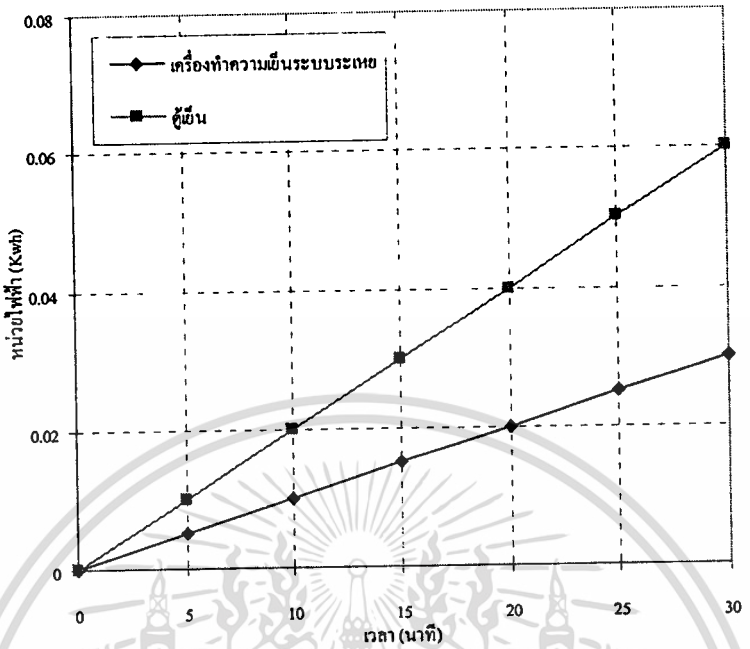
ผลการทดสอบประสิทธิภาพอะไดบาติก ของเครื่องทำความเย็นระบบระเหยพบว่า เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ประสิทธิภาพอะไดบาติกมีค่าถึง 90 % ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก ซึ่งมีผลมาจากปริมาณการไหลของอากาศ พื้นที่ผิวของแผงซับน้ำ ความหนาของแผงซับน้ำ และความสามารถในการผ่านเส้นใยของแผงซับน้ำ ซึ่งรักษาการหยดของน้ำได้ดี

5.4 ค่าการใช้พลังงาน

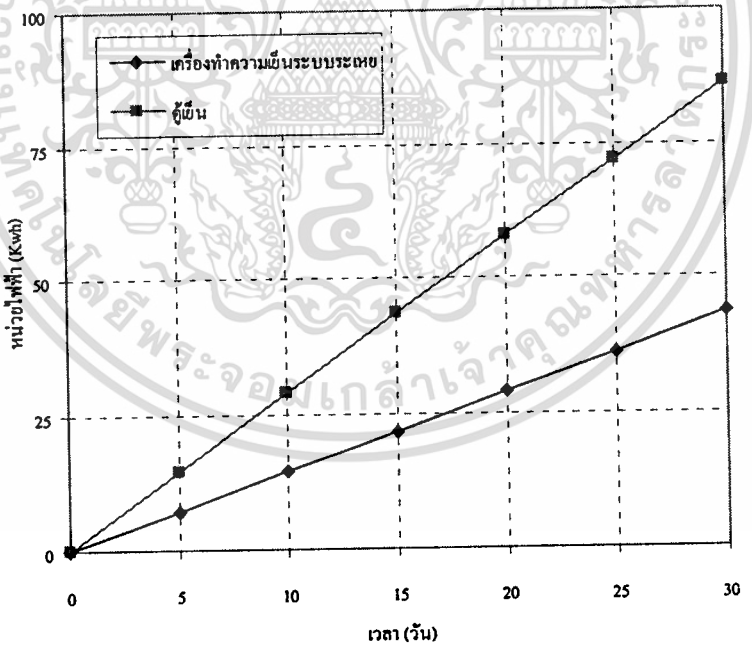
ในการใช้พลังงานจะทำโดยบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นระบบระเหยเปรียบเทียบกับตู้เย็น ซึ่งจะมีข้อมูลหน่วยไฟฟ้าที่แตกต่างกัน จากข้อมูลในการบันทึกพบว่า หน่วยการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย มีค่าต่ำกว่าหน่วยการใช้ไฟฟ้าของตู้เย็น แสดงในรูป 5.18 จะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที เครื่องทำความเย็นระบบระเหยใช้ไฟฟ้าเพียง 0.03 หน่วย ส่วนตู้เย็นใช้ไฟฟ้า 0.06 หน่วย เมื่อพิจารณาหน่วยไฟฟ้าหากคิดเป็นเวลา 1 เดือนพบว่าหน่วยไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นระบบระเหยมีค่า 43.2 หน่วย และหน่วยไฟฟ้าของตู้เย็นมีค่า 86.4 หน่วย ดังแสดงในรูป 5.19 และเมื่อพิจารณาค่าไฟฟ้าที่ใช้ในเวลา 1 เดือน โดยมีการคิดค่า Ft และค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้ว พบว่าเครื่องทำความเย็นระบบระเหยใช้ไฟฟ้าคิดเป็นเงิน 122 บาท ตู้เย็นคิดเป็นเงิน 193 บาท ซึ่งจะเห็นว่าเครื่องทำความเย็นระบบระเหยประหยัดเงินกว่าถึง 71 บาท ต่อ 1 เดือน ตามรูปที่ 5.20

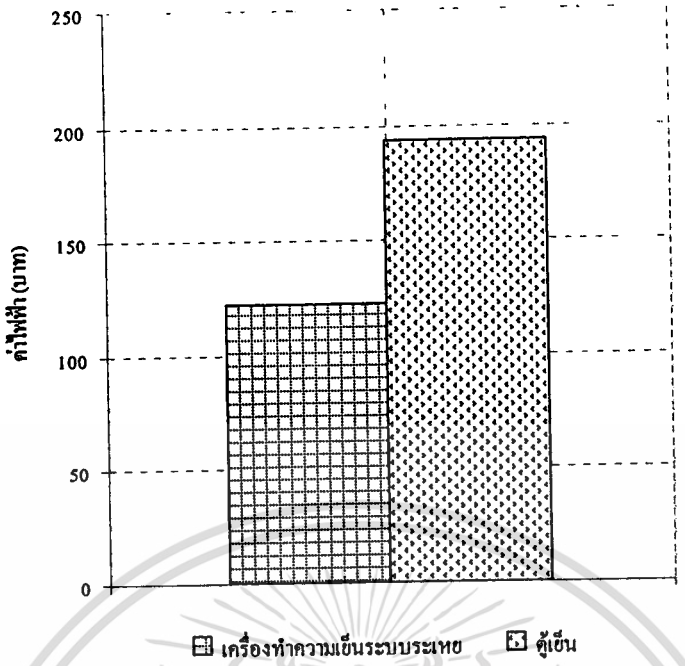


รูปที่ 5.18 การเปรียบเทียบหน่วยการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยและตู้เย็น



รูปที่ 5.19 การเปรียบเทียบหน่วยการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยและตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.20 การเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยและตู้เย็นใน 1 เดือน

5.5 การตรวจสอบคุณภาพการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้

ผลการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้จากการเก็บรักษาในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย โดยปรับอัตราการไหลของน้ำที่ 13 ลิตร/นาที โดยสังเกตทั้งช่อดอกและดอกตัวอย่างพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 10 วัน ดอกกล้วยไม้ที่ไม่ได้แช่น้ำหรือเก็บรักษาแบบแห้งโดยพิจารณาจากการเก็บรักษาทั้ง 3 ชั้น ดอกตัวอย่างมีสภาพดี ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ชั้นแต่บางช่ออาจจะมีดอกหลุดร่วงบ้างเล็กน้อย โดยกลีบดอกยังมีความแข็งและสีสด ก้านเขียว ซึ่งเป็นผลมาจากการกระจายของอุณหภูมิในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยที่ใกล้เคียงกัน คือประมาณ 21 องศาเซลเซียส ถึง 25 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาดอกกล้วยไม้แบบโคนแช่น้ำหรือดอกกล้วยไม้แบบเปียกพบว่าในบริเวณชั้นที่ 1 และ 2 ดอกกล้วยไม้มีสภาพดีกว่าชั้นที่ 3 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาแบบแห้งแล้วพบว่าแบบแห้งมีสภาพดีกว่า เนื่องจากการแช่น้ำที่โคนดอกกล้วยไม้อาจทำให้เกิดความชื้นที่สูงมากเกินไป

ผลของการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้ในตู้เย็น ที่อุณหภูมิในตู้เย็น 10 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50% RH จากผลการทดสอบพบว่าดอกกล้วยไม้ที่เก็บรักษาแบบเปียกมีสภาพดีกว่าแบบแห้ง เนื่องจากในตู้เย็นมีความชื้นที่ต่ำ การแช่น้ำมีให้ช่อดอกได้รับความชื้นที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบดอกกล้วยไม้ที่เก็บในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยแล้ว มีสภาพดีกว่าดอกกล้วยไม้ที่เก็บรักษาในตู้เย็น โดยดอกกล้วยไม้ที่เก็บรักษาในตู้เย็นจะเริ่มนิ่มอย่างชัดเจนในวันที่ 4 และกลีบดอกจะเริ่มพับและนิ่มลงเรื่อยๆ แต่สียังคงสภาพเดิมอยู่ แสดงในรูปที่ 5.21 ถึง 5.52

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด

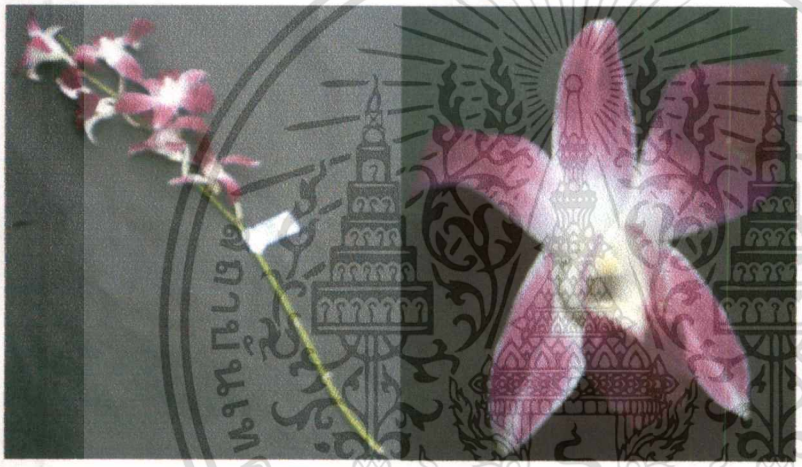
ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด

ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด

รูปที่ 5.21 วันก่อนเข้าถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 1 ชั้นที่ 1 แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาวกลีบแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด



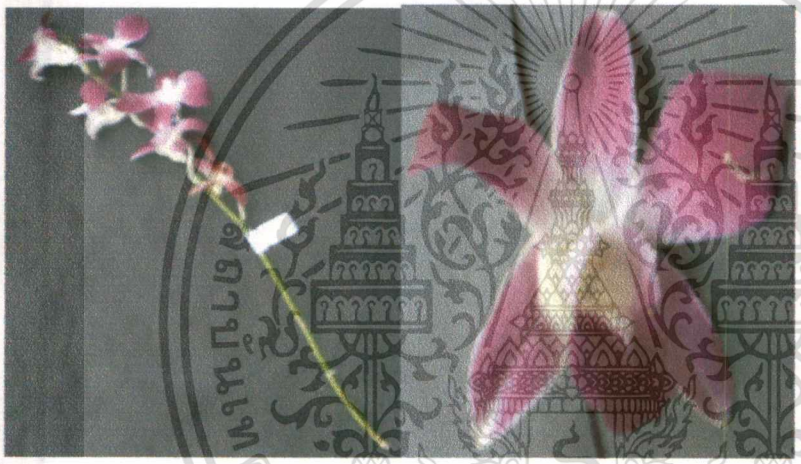
ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด ก้านสีเขียวดอก ตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด

ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด

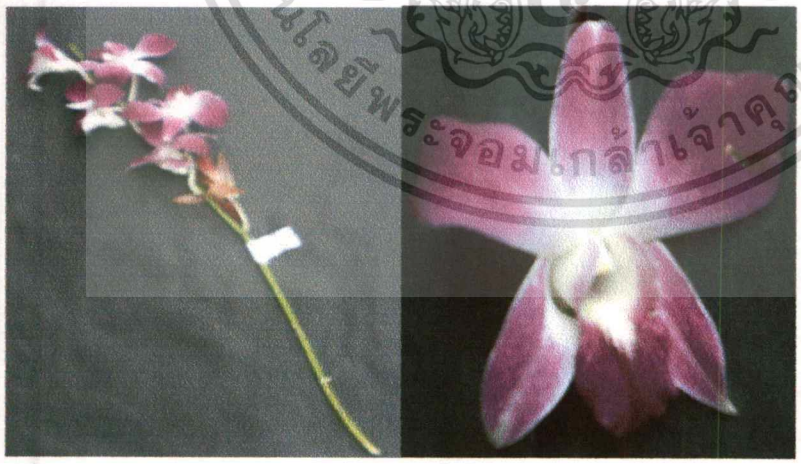
รูปที่ 5.22 วันที่ 2 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 1 ชั้นที่ 1 แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว สีซีด 1 ดอก ส่วนใหญ่ กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาว ก้านสีเขียวดอกตัวอย่างสีม่วงเข้มปนขาวกลีบแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด



ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว สีซีด 1 ดอก ส่วนใหญ่ กลีบดอกแข็งฐานรองดอกขาว ก้านสีเขียวดอกตัวอย่างสีม่วงเข้มปนขาวกลีบแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด



ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว สีซีด 1 ดอก ส่วนใหญ่ กลีบดอกแข็งฐานรองดอกขาว ก้านสีเขียวดอกตัวอย่างสีม่วงเข้มปนขาวกลีบแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด

รูปที่ 5.23 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 1 ชั้นที่ 1 แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

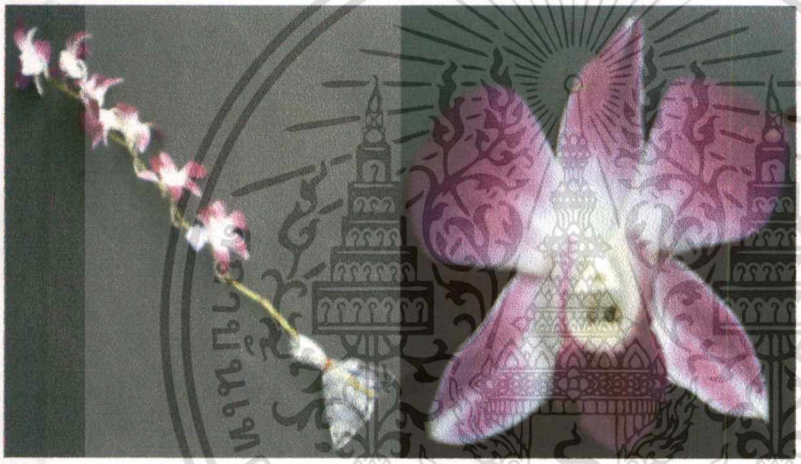
ช่อดอกมี 5 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด

ช่อดอกมี 5 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด

รูปที่ 5.24 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 1 ชั้นที่ 1 แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 7 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด



ช่อดอกมี 7 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด

ช่อดอกมี 7 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด

รูปที่ 5.25 วันก่อนเข้าถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 2 ชั้นที่ 1 แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 7 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด

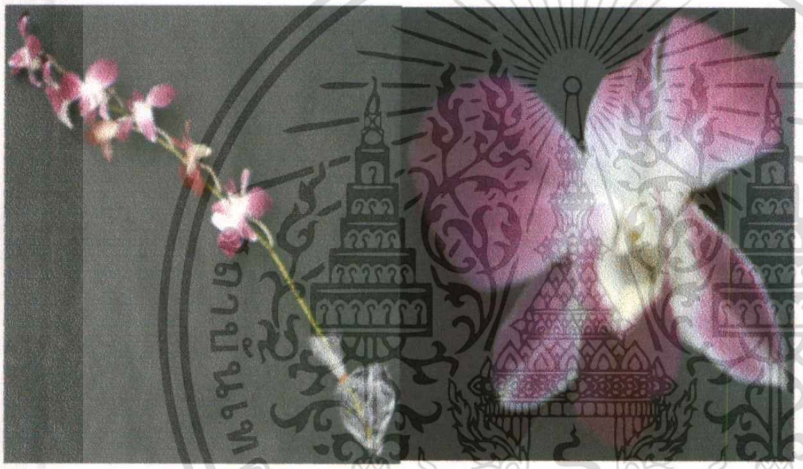
ช่อดอกมี 7 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด

ช่อดอกมี 7 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว มีสีชีด 1 ดอก ดอกส่วนใหญ่กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาว ก้านเขียวดอก ตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาวกลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

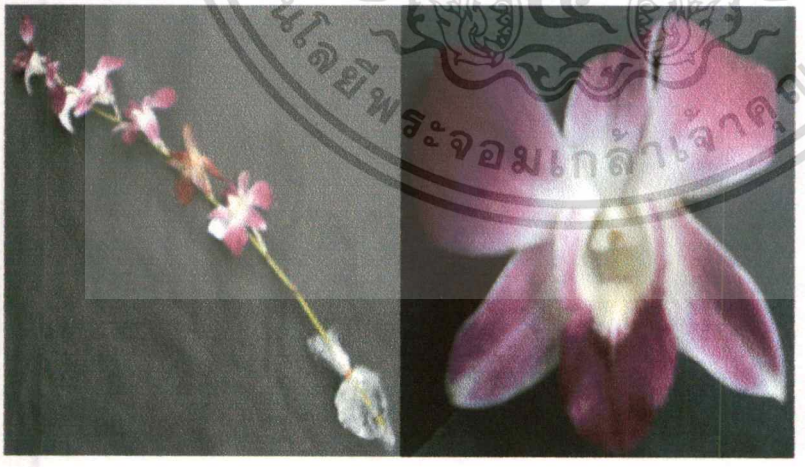
รูปที่ 5.26 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 2 ชั้นที่ 1 แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 7 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว มีสีซีด 2 ดอก ดอกส่วนใหญ่กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาว ก้านเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาวกลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด



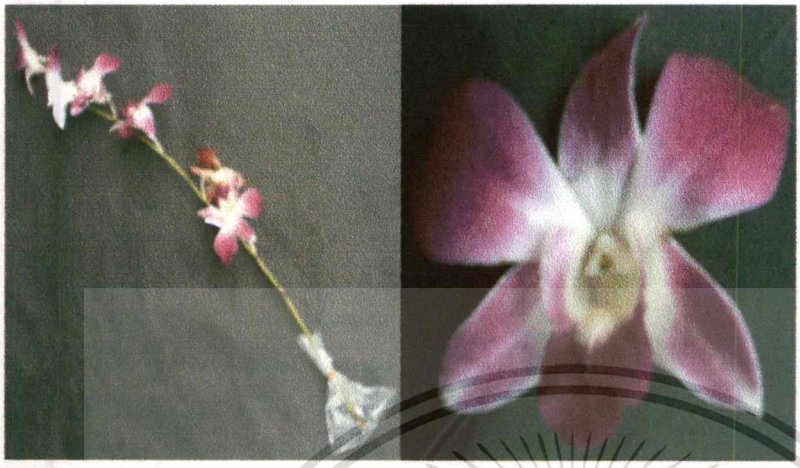
ช่อดอกมี 7 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว มีสีซีด 2 ดอก ดอกส่วนใหญ่กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาว ก้านเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาวกลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด



ช่อดอกมี 6 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว มีสีซีด 1 ดอก ดอกส่วนใหญ่กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาว ก้านเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาวกลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

รูปที่ 5.27 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 2 ชั้นที่ 1 แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



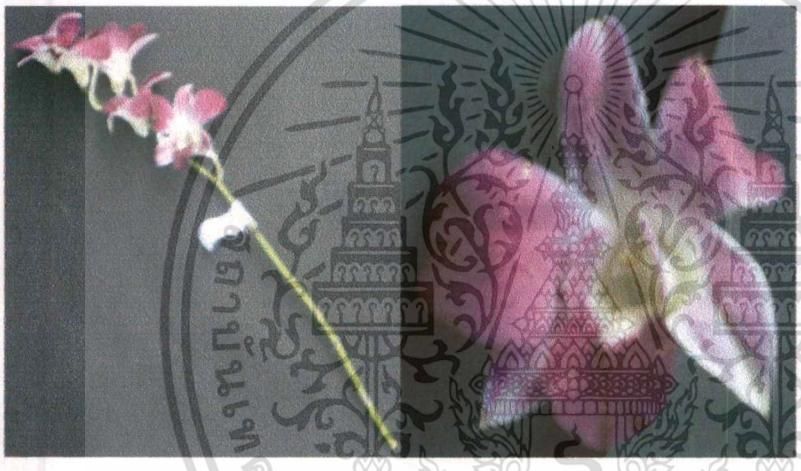
ช่อดอกมี 6 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว มีสีซีด 1 ดอก ดอกส่วนใหญ่กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาว ก้านเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาวกลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

ช่อดอกมี 5 ดอกบาน มีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาว ก้านเขียวเหลือง ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

รูปที่ 5.28 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 2 ชั้นที่ 1 แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกมีสีขาวสด

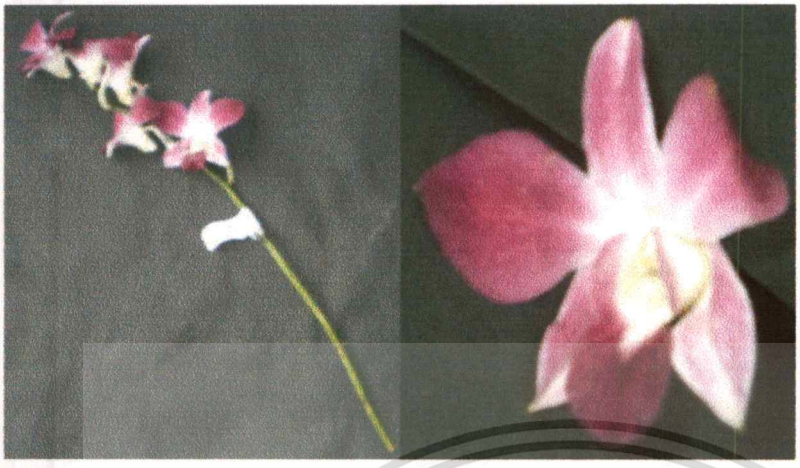


ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็งฐานรองดอกขาวสด

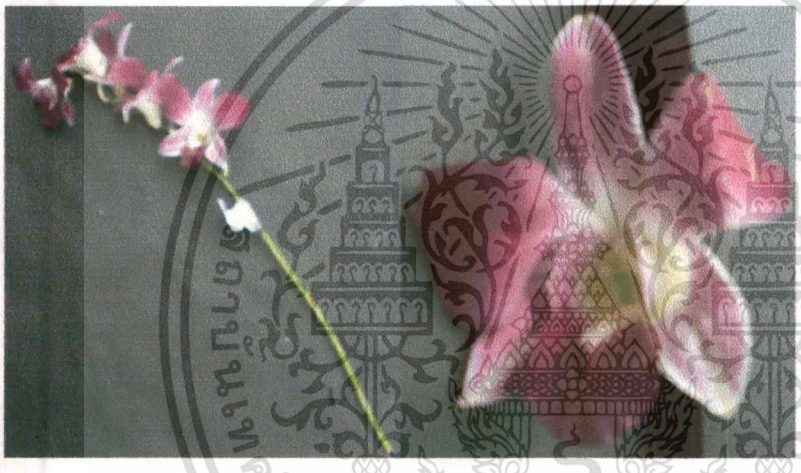
ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

รูปที่ 5.29 วันก่อนเข้า ถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 3 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง

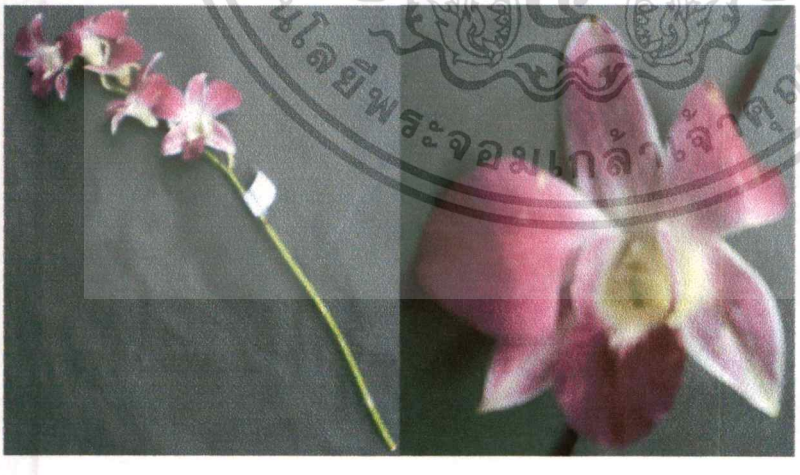
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด



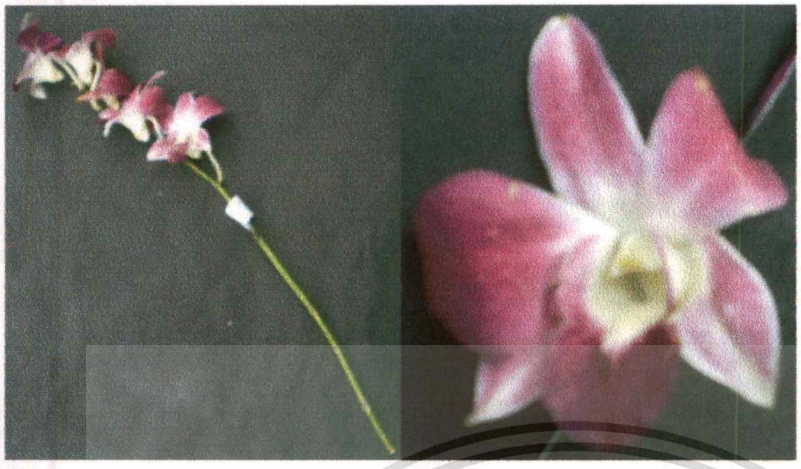
ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด



ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

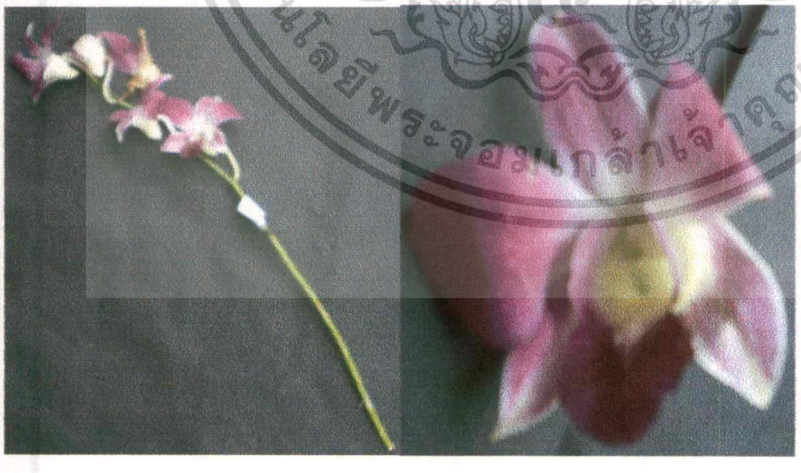
รูปที่ 5.30 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 3 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

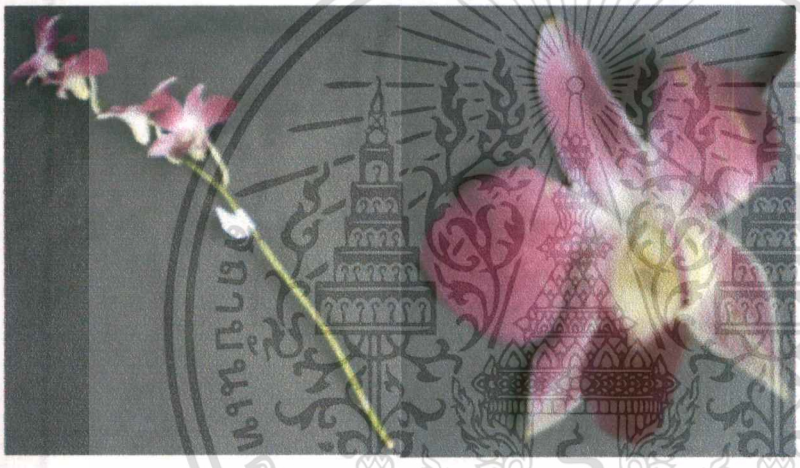


ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสดมีดอกสีซีดแห้ง 1 ดอก ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

รูปที่ 5.31 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 3 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 4 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

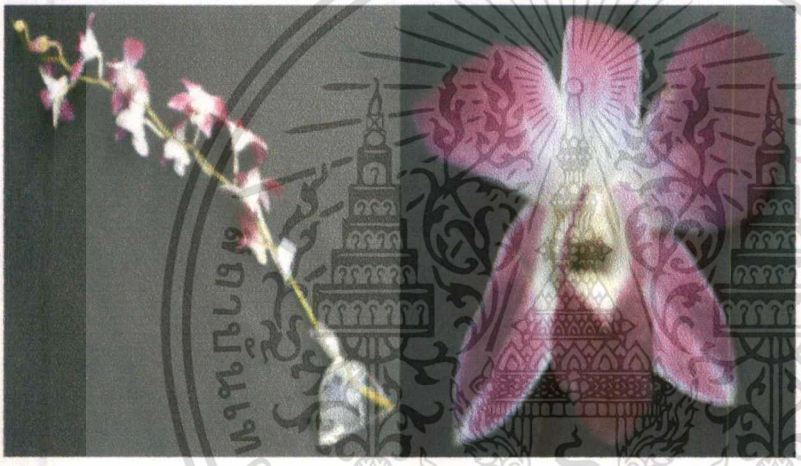


ช่อดอกมี 4 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

รูปที่ 5.32 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 3 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 9 ดอกบาน 2 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

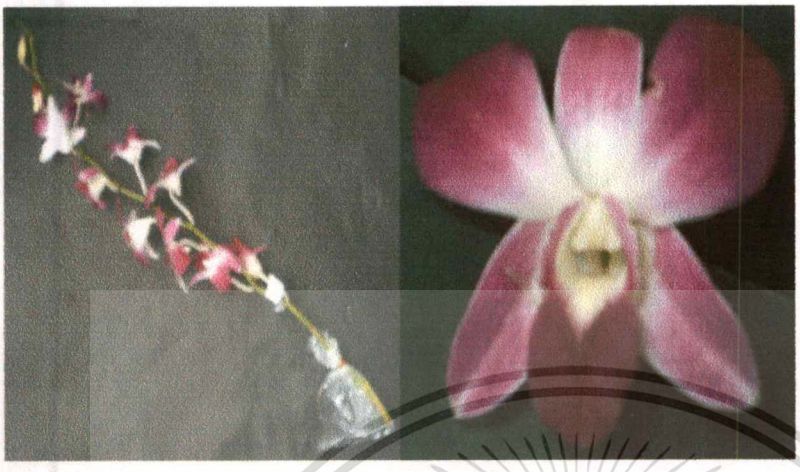


ช่อดอกมี 9 ดอกบาน 2 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

ช่อดอกมี 9 ดอกบาน 2 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

รูปที่ 5.33 วันก่อนเข้าถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 4 ชั้นที่ 2 แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่อดอกมี 9 ดอกบาน 2 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

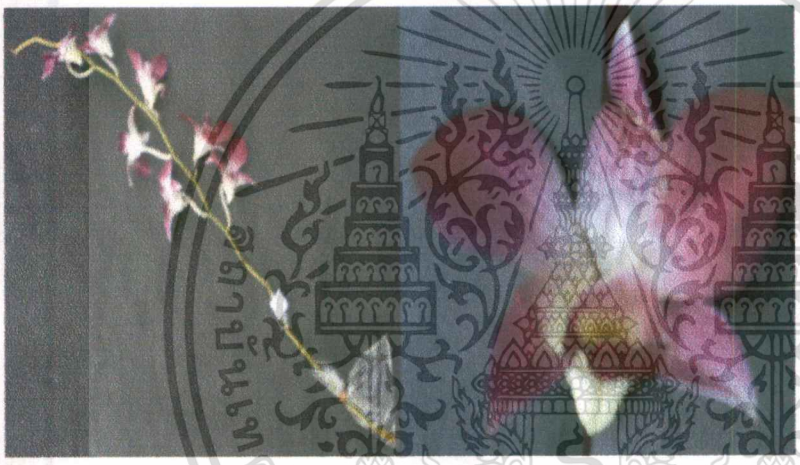
ช่อดอกมี 9 ดอกบาน 1 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาวกลีบแข็งฐานรองดอกขาวสดมีดอกสีซีด 1 ดอกก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่าสีม่วงเข้มปนขาวกลีบแข็ง ฐานรองดอกขาว

ช่อดอกมี 8 ดอกบาน 1 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

รูปที่ 5.34 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 4 ชั้นที่ 2 แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 7 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

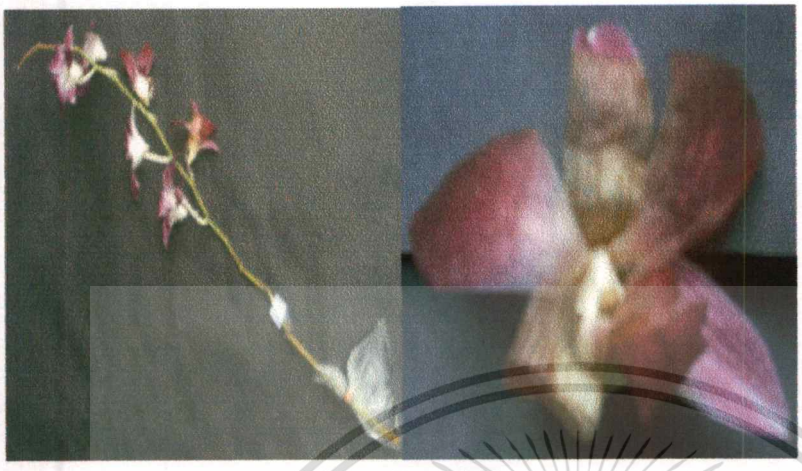


ช่อดอกมี 7 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านมีสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

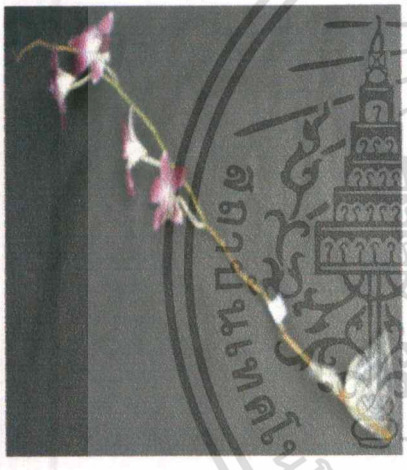
ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาว ก้านมีสีเขียว ดอกสีซีดลง 1 ดอก ดอกตัวอย่าง สีม่วงซีดลงนิ่มลงเล็กน้อย ฐานรองดอกขาวสด

รูปที่ 5.35 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 4 ชั้นที่ 2 แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกส่วนใหญ่แข็ง ฐานรองดอกขาว ดอกสีซีด 2 ดอก ก้านสีเขียวเหลืองดตัวอย่างมีสีม่วงซีดลงกลีบนิ่ม ฐานรองดอกมีสีขาวเหลือง



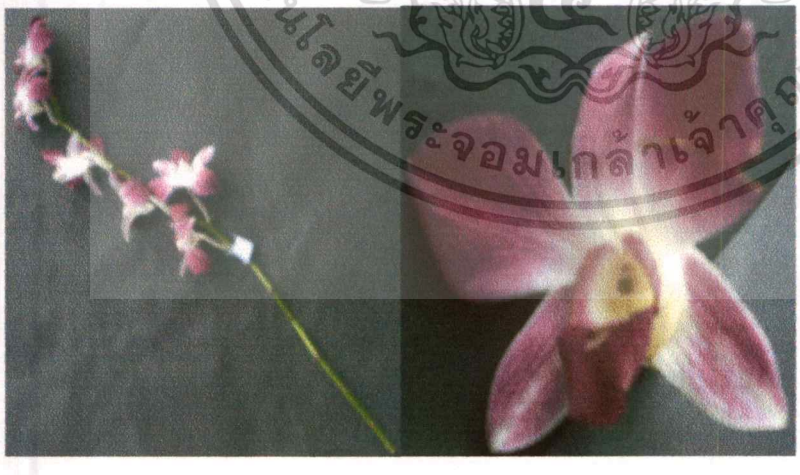
ช่อดอกมี 4 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาว ก้านสีเขียวเหลือง ดอกตัวอย่างร่วงหล่น

รูปที่ 5.36 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 4 ชั้นที่ 2 แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

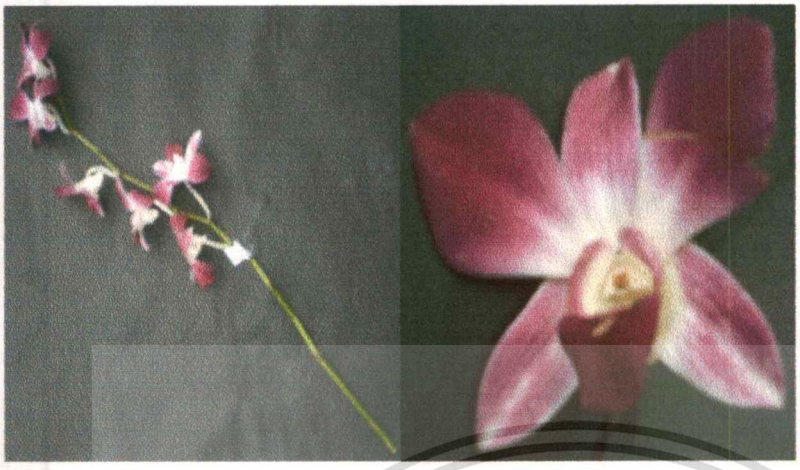
ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด



ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

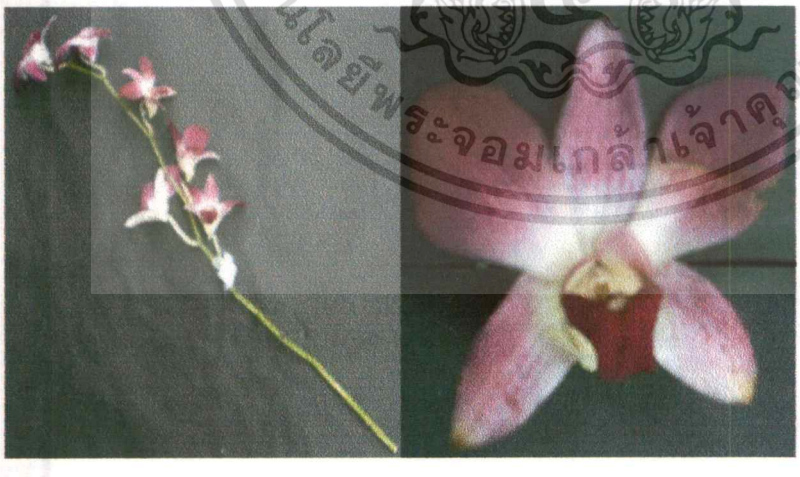
รูปที่ 5.37 วันก่อนเข้า ถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 5 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

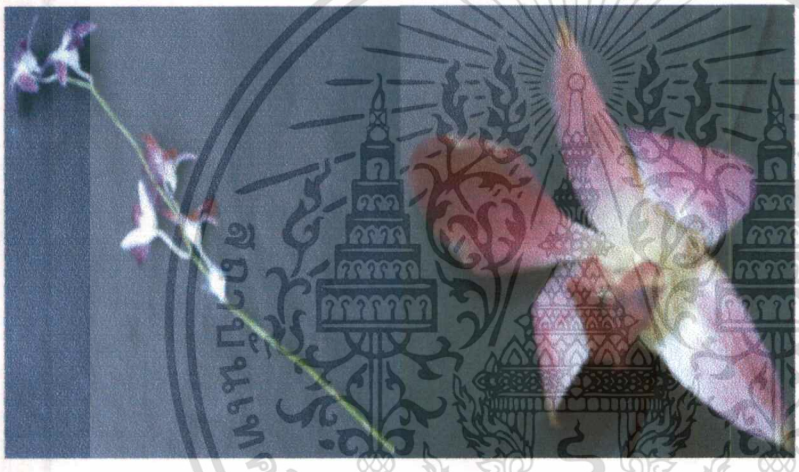


ช่อดอกมี 6 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

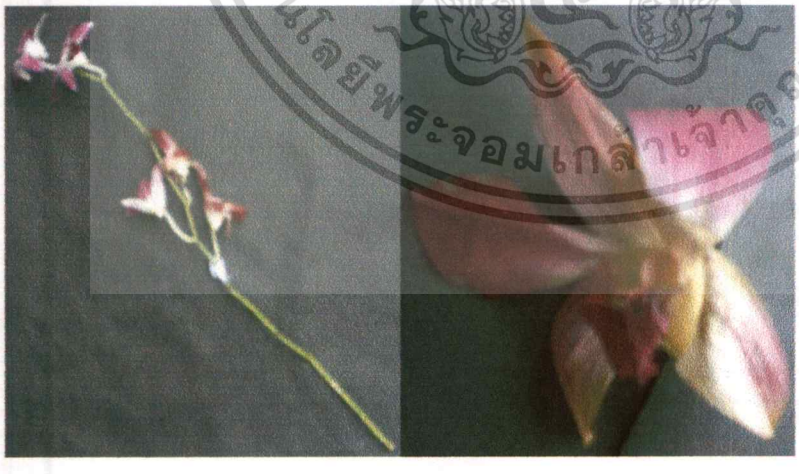
รูปที่ 5.38 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 5 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบอ่อนลงและซีดลง 1 ดอก ฐานรองดอกขาวก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีชมพูอ่อนปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาว กลีบเอ่อนลง



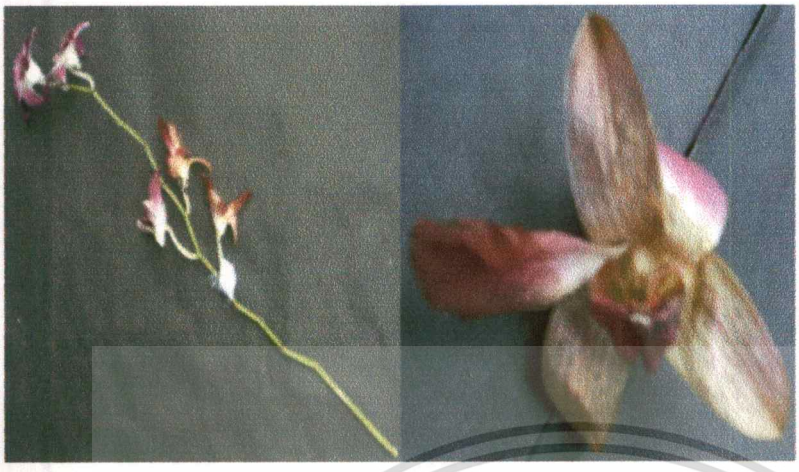
ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบอ่อนลงและซีดลง 1 ดอก ฐานรองดอกขาวก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีชมพูอ่อนปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาว กลีบอ่อนลง



ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว มีดอกสีซีด 2 ดอก ฐานรองดอกขาวสด ดอกตัวอย่างมีสีชมพูอ่อนปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาว กลีบอ่อนลง

รูปที่ 5.39 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 5 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



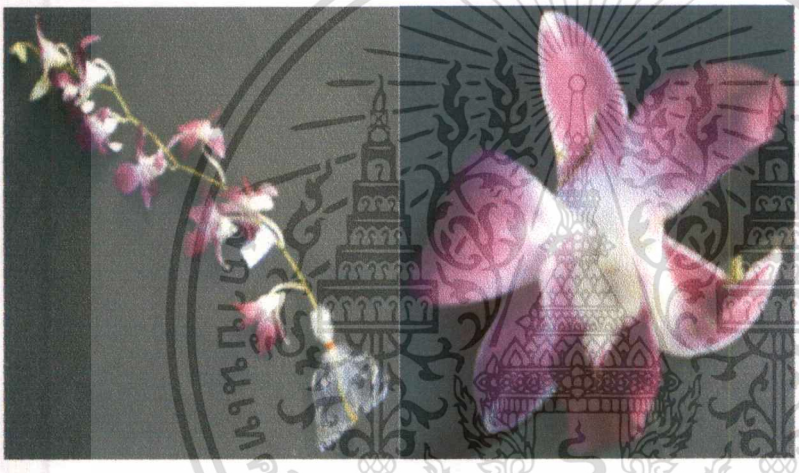
ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว มีดอกสีซีด 2 ดอก ฐานรองดอกขาวสด ดอกตัวอย่างมีสีชมพูอ่อนปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาว สีซีดอ่อนลงมาก

ช่อดอกมี 4 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว มีดอกสีซีด 1 ดอก ฐานรองดอกขาวสด ดอกตัวอย่างร่วงหล่น

รูปที่ 5.40 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 5 ชั้นที่ 2 แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 9 ดอกบาน 2 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกสีขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด



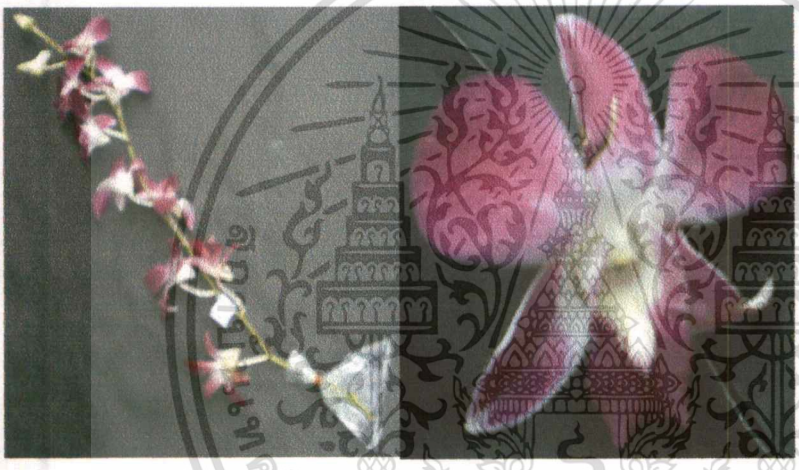
ช่อดอกมี 9 ดอกบาน 2 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกสีขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

ดอกตัวอย่างมี 9 ดอกบาน 2 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด

รูปที่ 5.41 วันก่อนเข้าถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 6 ชั้นที่ 3 แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกตัวอย่างมี 9 ดอก บาน 2 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด



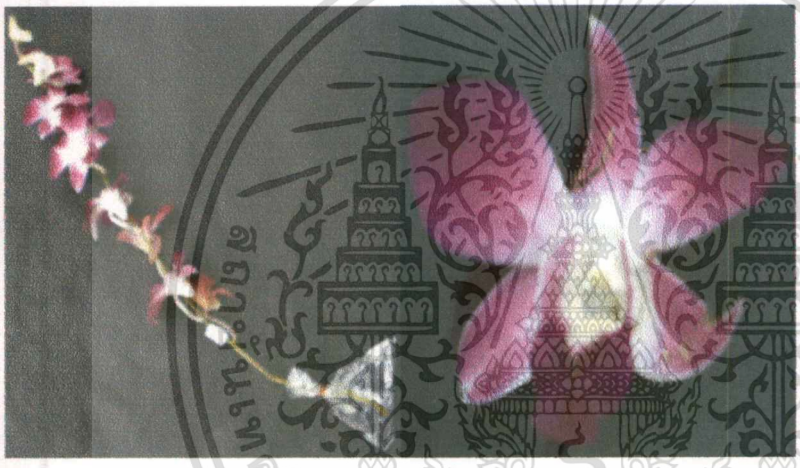
ดอกตัวอย่างมี 9 ดอก บาน 2 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

ดอกตัวอย่างมี 9 ดอก บาน 2 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

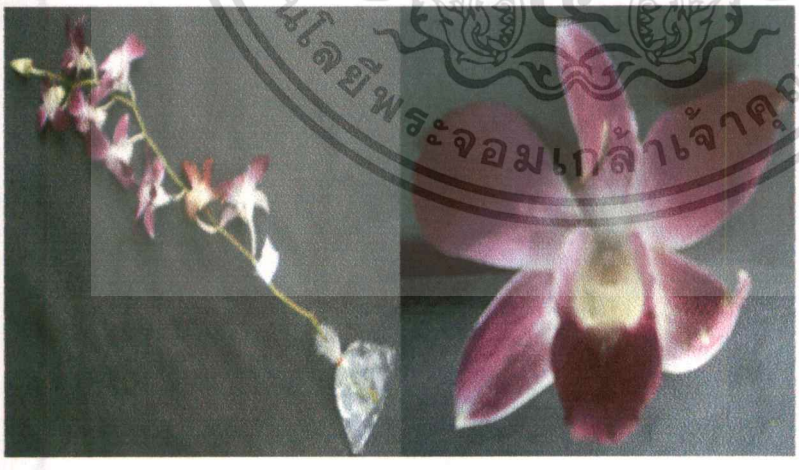
รูปที่ 5.42 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 6 ชั้นที่ 3 แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกตัวอย่างมี 9 บาน 2 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด



ดอกตัวอย่างมี 9 ดอก บาน 1 ดอกตูม ดอกสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาว ดอกซีด1 ดอก ก้านมีสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

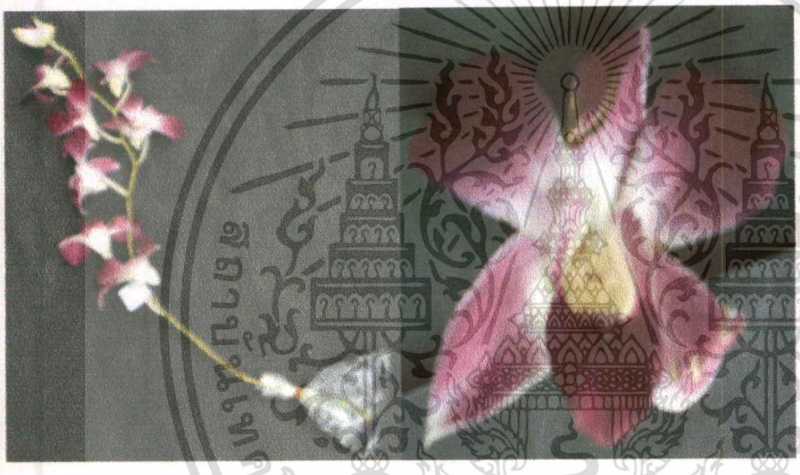


ดอกตัวอย่างมี 9 ดอก บาน 1 ดอกตูม ดอกสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาว มีดอกซีด1 ดอก ก้านมีสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

รูปที่ 5.43 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 6 ชั้นที่ 3 แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

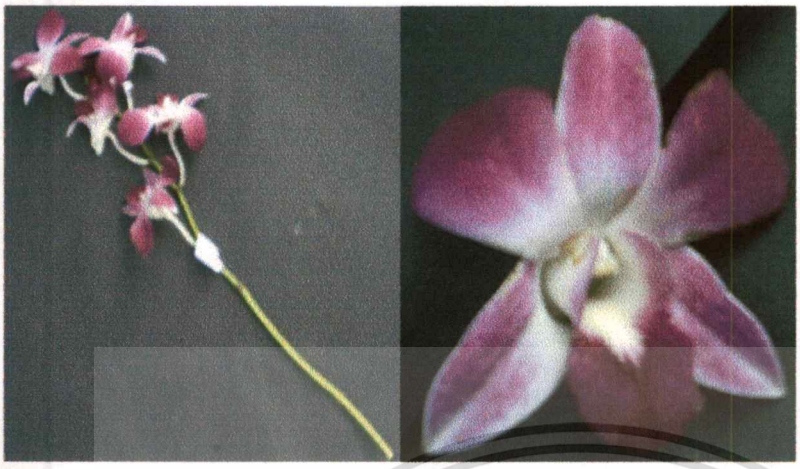
ช่อดอกมี 8 ดอกบาน 1 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด มีดอกซีด 1 ดอก ก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด



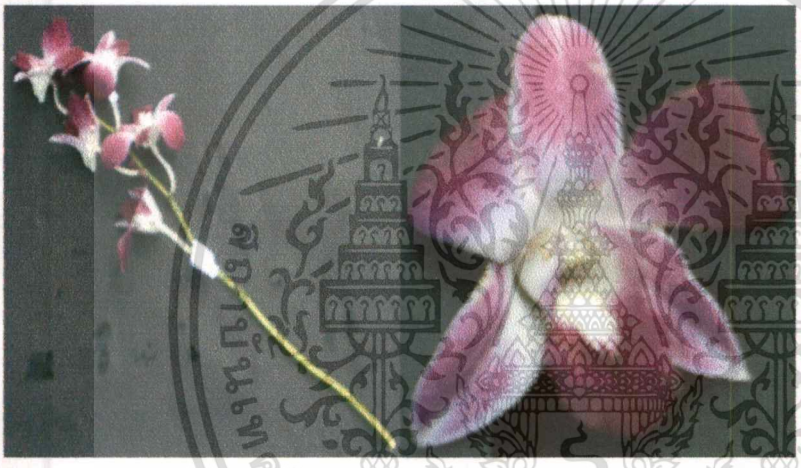
ช่อดอกมี 8 ดอกบาน 1 ดอกตูม ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว ฐานรองดอกมีสีขาวสด มีดอกซีด 1 ดอก ก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

รูปที่ 5.44 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 6 ชั้นที่ 3 แบบเปียก

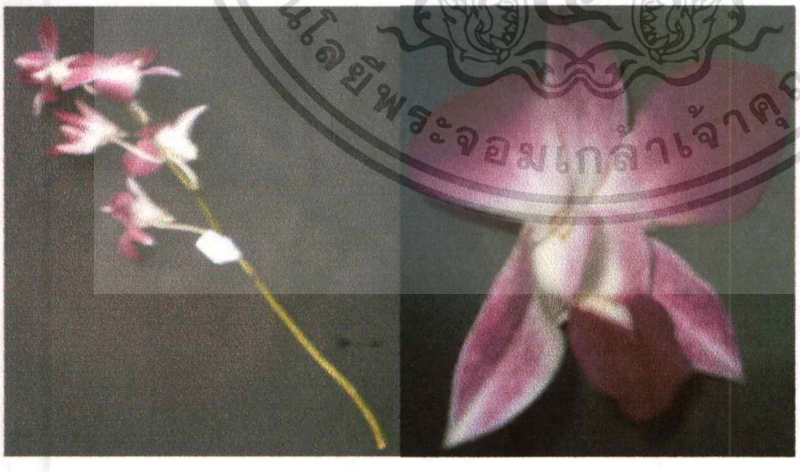
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาว ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด



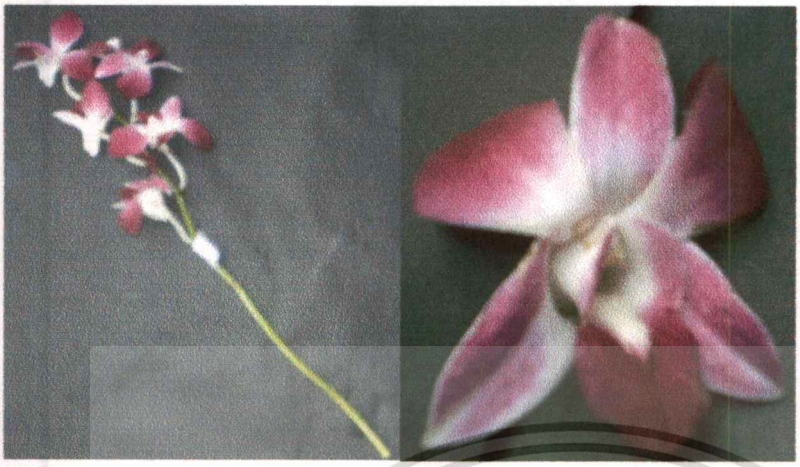
ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด



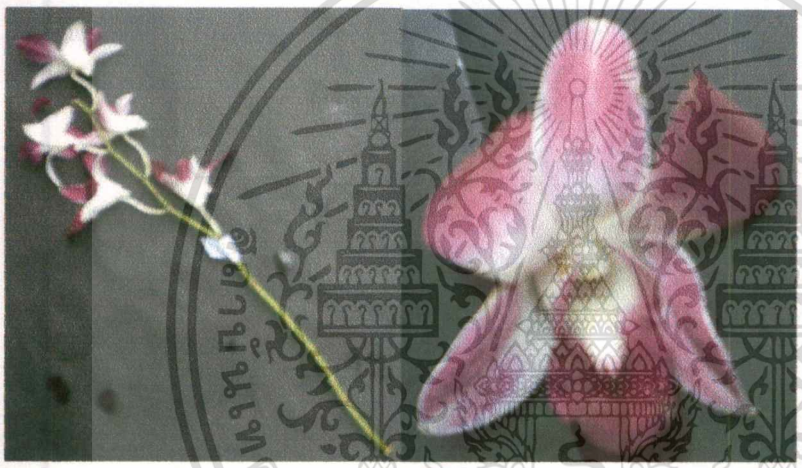
ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

รูปที่ 5.45 วันก่อนเข้า ถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 7 ในตู้เย็น แบบแห้ง

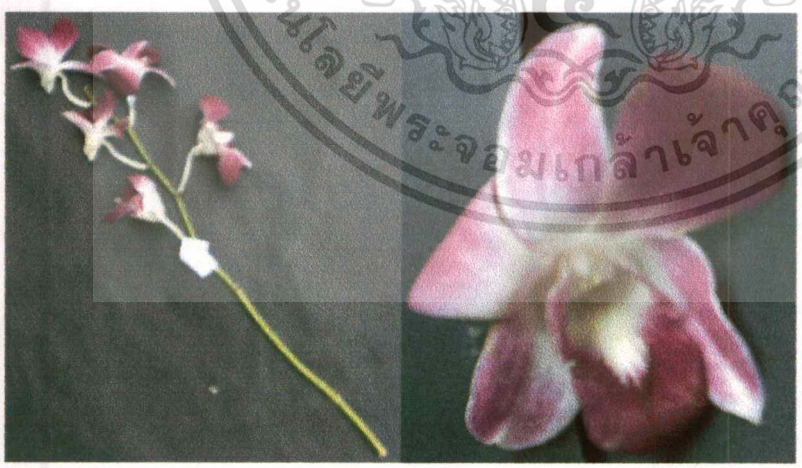
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบอ่อนลงเล็กน้อย ฐานรองดอกขาว ก้านมีสีเขียว ดอกตัวอย่างสีม่วงเข้มปนขาว กลีบอ่อนลงเล็กน้อย ฐานรองดอกสีขาว



ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลง ฐานรองดอกสีขาว ก้านมีสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลง ฐานรองดอกสีขาว

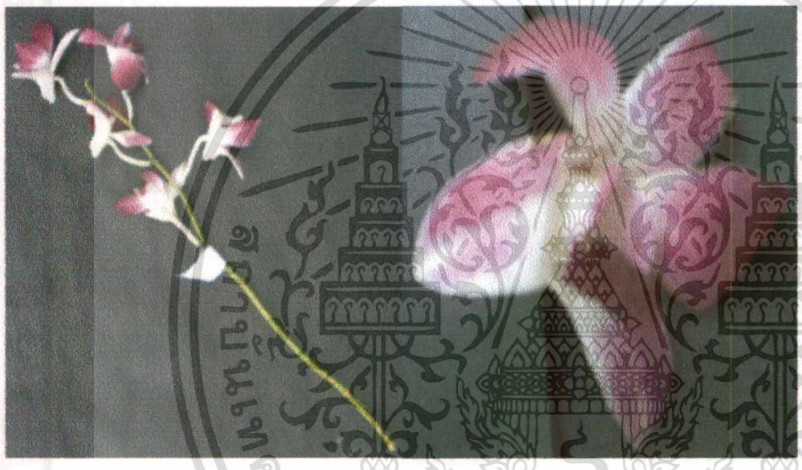


ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลง ฐานรองดอกสีขาว ก้านมีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลง ฐานรองดอกสีขาว

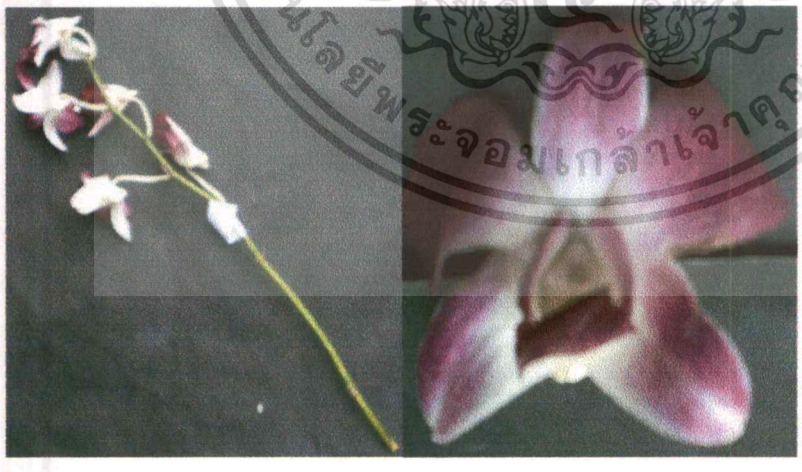
รูปที่ 5.46 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 7 ในตู้เย็น แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลงมาก ฐานรองดอกสีขาว ก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลง ฐานรองดอกสีขาว



ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลง ฐานรองดอกสีขาว ก้านมีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลง ฐานรองดอกสีขาว



ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลงมาก ฐานรองดอกสีขาว ก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลง ฐานรองดอกสีขาว

รูปที่ 5.47 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 7 ในตู้เย็น แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

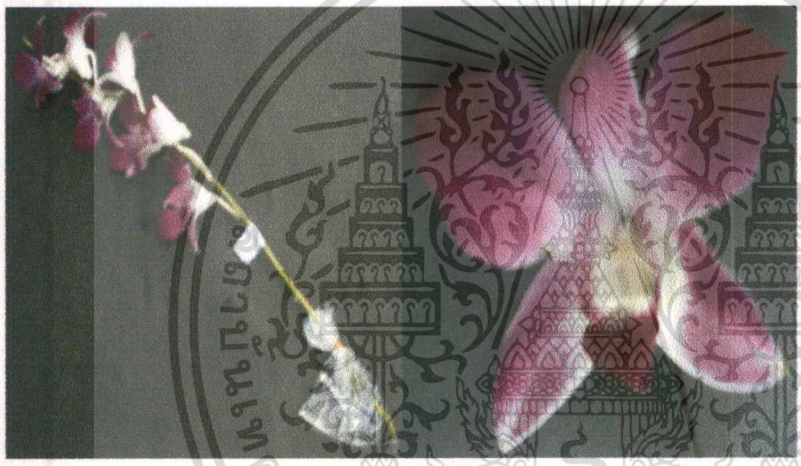
ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกซีดและอ่อนลงมาก ฐานรองดอกสีขาวก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาวสีซีดลง กลีบอ่อน ฐานรองดอกขาว

ช่อดอกมี 5 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกซีดและอ่อนลงมาก ฐานรองดอกสีขาวก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว สีซีดลง กลีบอ่อน ฐานรองดอกขาว

รูปที่ 5.48 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 7 ในตู้เย็น แบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 7 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด



ช่อดอกมี 7 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด ก้านเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

ช่อดอกมี 7 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกสีขาวสด ก้านสีเขียวสด ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกแข็ง ฐานรองดอกขาวสด

รูปที่ 5.49 วันก่อนเข้า ถึงวันที่ 2 ตัวอย่างที่ 8 ในตู้เย็น แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 7 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลงเล็กน้อย ฐานรองดอกขาว ก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบอ่อนลง ฐานรองดอกขาว

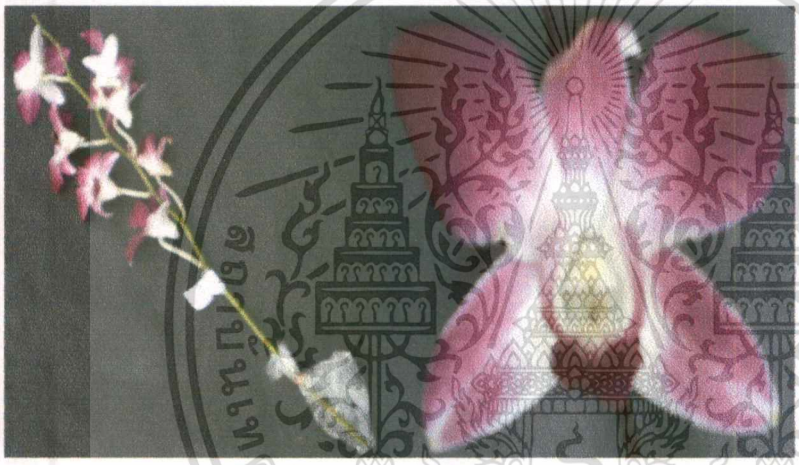
ช่อดอกมี 7 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลงเล็กน้อย ฐานรองดอกขาว ก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบอ่อนลง ฐานรองดอกขาว

ช่อดอกมี 7 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลงเล็กน้อย ฐานรองดอกขาว ก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบอ่อนลง ฐานรองดอกขาว

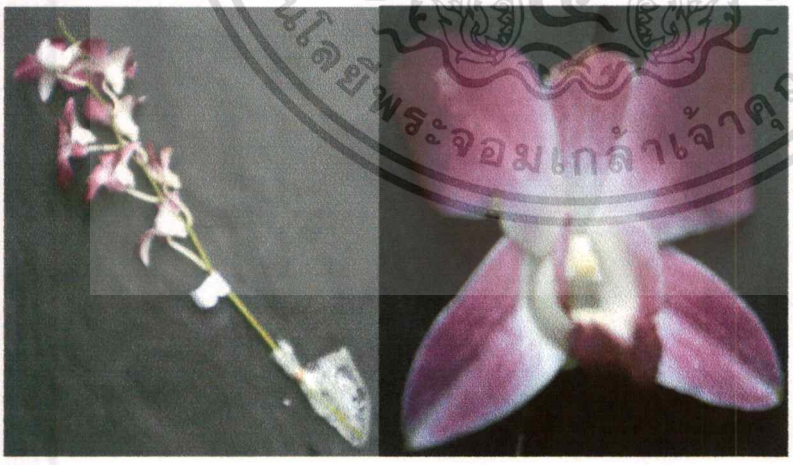
รูปที่ 5.50 วันที่ 3 ถึงวันที่ 5 ตัวอย่างที่ 8 ในตู้เย็น แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่อดอกมี 7 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลงมาก ฐานรองดอกขาว ก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบอ่อนลงมาก ฐานรองดอกขาว



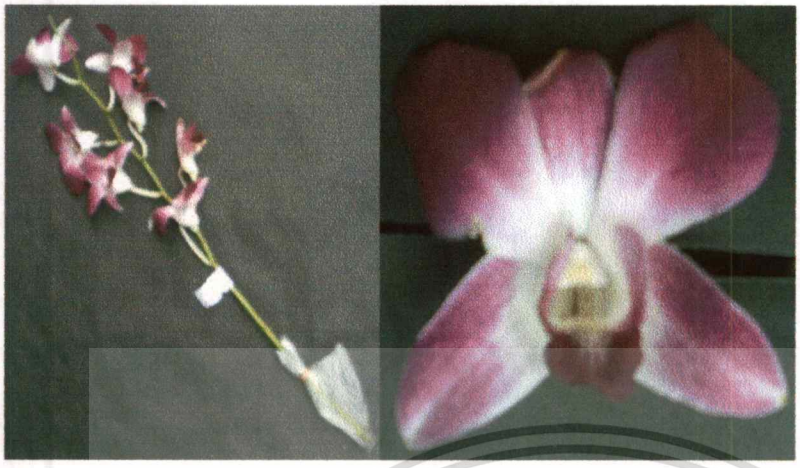
ช่อดอกมี 7 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลงมาก ฐานรองดอกขาว ก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบอ่อนลงมาก ฐานรองดอกขาว



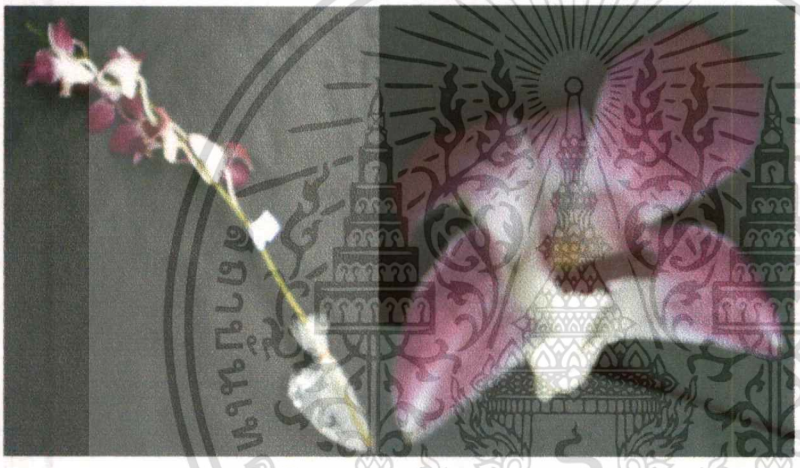
ช่อดอกมี 7 ดอกบาน ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนลงมาก ฐานรองดอกขาว ก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบอ่อนลงมาก ฐานรองดอกขาว

รูปที่ 5.51 วันที่ 6 ถึงวันที่ 8 ตัวอย่างที่ 8 ในตู้เย็น แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่อดอกมี 7 ดอก ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนมากดอกซีด1 ดอก ฐานรองดอกขาวก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างสีม่วงเข้มปนขาว กลีบอ่อนมาก ฐานรองดอกขาว



ช่อดอกมี 7 ดอก ดอกมีสีม่วงเข้มปนขาว กลีบดอกอ่อนมาก ดอกซีด1 ดอก ฐานรองดอกขาวก้านสีเขียว ดอกตัวอย่างสีม่วงเข้มปนขาวกลีบอ่อนมาก ฐานรองดอกขาว

รูปที่ 5.52 วันที่ 9 ถึงวันที่ 10 ตัวอย่างที่ 8 ในตู้เย็น แบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การหาระยะเวลาคืนทุน

เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในแง่ระยะเวลาการคืนทุน (Payback period) เป็นวิธีการที่จะทำให้ทราบว่า เงินลงทุนในการสร้างเครื่องทำความเย็นระบบระเหย ต้องใช้เวลานานเท่าไรจึงจะได้คืนกลับมา ซึ่งเป็นการช่วยในการตัดสินใจที่จะลงทุนสร้างเครื่องทำความเย็นแบบระเหยนี้ โดยคิดจากผลผลิตช่อดอกกล้วยไม้ที่เกษตรกร จะนำมาเก็บรักษาที่พอเหมาะกับขนาดเครื่องทำความเย็นระบบระเหย โดยสามารถหาระยะเวลาคืนทุนได้จาก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

เงินลงทุนสร้างเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

แผงซับน้ำ	1000 บาท
พัดลมดูดอากาศ	1000 บาท
เหล็กฉาก	800 บาท
ปั๊มน้ำ	700 บาท
บล็อกพลาสติก	400 บาท
ตะแกรง	400 บาท
สังกะสี	400 บาท
ภาชนะใส่น้ำ	200 บาท
Globe valve	200 บาท
เหล็ก แผ่น	200 บาท
วงจร	120 บาท
เบรกเกอร์	80 บาท
ล้อเหล็ก	80 บาท
สายยาง	50 บาท
ท่อ PVC	30 บาท
รวมเป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้งหมด	**5,660 บาท**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี

พื้นที่เพาะปลูก	1	ไร่
ผลผลิตดอกกล้วยไม้ต่อวันประมาณ	170	ช่อ
ราคาช่อละประมาณ	2	บาท
รายได้ต่อไร่	124,100	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา

ค่าไฟฟ้าในการเก็บรักษา	122	บาท/เดือน
ค่าไฟฟ้า 1 ปี	1,464	บาท

รวมผลตอบแทนเฉลี่ยสุทธิต่อปี **122,636 บาท**

เครื่องทำความเย็นระบบระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้ที่สร้างขึ้นนี้

จะมีระยะเวลาคืนทุน **0.046 ปี**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาระบบทำความเย็นแบบระเหย เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้โดยเมื่อพิจารณาทั้งปัจจัย ด้านเทคนิคต่างๆ และความคุ้มค่าในการลงทุน ระยะเวลาศึกษาพบว่า มีความเป็นไปได้ ที่จะนำเครื่องทำความเย็นระบบระเหยมาใช้งานจริง สำหรับผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

6.1.1 ค่าอุณหภูมิความชื้นที่เกิดขึ้น ในระบบทำความเย็นระบบระเหย เมื่อทำการทดสอบโดยทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง พบว่า ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าใกล้เคียงกันคือ อุณหภูมิจะมีค่าประมาณ 21 องศาเซลเซียส ถึง 22 องศาเซลเซียส ซึ่งลดจากสภาพอากาศภายนอก ประมาณ 7 องศาเซลเซียส ถึง 8 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์มีค่าประมาณ 95 %RH ซึ่งเพิ่มจากสภาพอากาศภายนอกประมาณ 50 %RH ซึ่งความชื้นที่สูงถึง 95 %RH เหมาะกับการ เก็บรักษาดอกไม้ และอัตราการไหลของน้ำในช่วงที่เหมาะสมคือ 10 ลิตร/นาที ถึง 13 ลิตร/นาที เนื่องจากเป็นช่วงที่ความชื้นเกิดขึ้นได้สูง และอุณหภูมิลดต่ำลงมาก เมื่อพิจารณาการกระจายอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยทั้ง 3 ชั้นพบว่า อุณหภูมิจุดที่ 4 จะลดลงต่ำกว่าจุดอื่นเนื่องจาก มีการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าจุดอื่นเนื่องจากอยู่ติดพัดลม ส่วนจุดที่ 6 มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่นประมาณ 1 องศาเซลเซียส เนื่องจากอยู่บริเวณชั้นที่ 3 ส่วนอุณหภูมิจุดอื่นมีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอและใกล้เคียงกัน เครื่องทำความเย็นระบบระเหยเมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่ อุณหภูมิน้ำจะสูงกว่าเครื่องทำความเย็นระบบระเหยประมาณ 1 องศาเซลเซียส ถึง 2 องศาเซลเซียส

6.1.2 ผลจากการใช้น้ำแข็งทดสอบ เพื่อให้อุณหภูมิเครื่องทำความเย็นแบบระเหยเข้าสู่สภาวะคงที่เร็วขึ้น จากการทดสอบเพียง 4 ครั้งโดยใช้อัตราการไหลของน้ำที่ 13 ลิตร/นาที พบว่าใช้เวลาเพียง 3 นาที อุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็วเหลือประมาณ 21 องศาเซลเซียส และค่อนข้างคงที่ และเมื่อน้ำแข็งละลาย อุณหภูมิก็จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพียง 0.1 องศาเซลเซียส และค่อนข้างคงที่ จนถึงนาทีที่ 60 ส่วนอุณหภูมิน้ำมีค่าสูงกว่าเครื่องทำความเย็นระบบระเหย 1 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาการกระจายอุณหภูมิ พบว่าการใช้น้ำเย็นมีค่าการกระจายอุณหภูมิที่เหมือนกับการใช้น้ำที่อุณหภูมิปกติคือประมาณ 25 องศาเซลเซียส คืออุณหภูมิต่ำสุดคือจุดที่ 4 มีค่าประมาณ 21 องศาเซลเซียส ถึง 22 องศาเซลเซลเซียส และจุดที่ 6 มี อุณหภูมิสูงกว่าจุดอื่นประมาณ 1 องศาเซลเซียส และในนาทีที่ 3 อุณหภูมิน้ำจะลดลงอย่างรวดเร็ว และหลังจากนั้นจึงคงที่จนถึงนาทีที่ 60 ส่วนความชื้นสัมพัทธ์มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยประมาณ 95 %RH ซึ่งมีค่าสูงเช่นเดียวกับการใช้น้ำทดสอบที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และจากผลการทดสอบจะเห็นว่าน้ำแข็งสามารถช่วยให้เครื่องทำความเย็นระบบระเหย มีอุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่เร็วขึ้นได้

6.1.3 ประสิทธิภาพอะไดบาติกของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย จากการทดสอบประสิทธิภาพอะไดบาติกของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย พบว่ามีค่าสูงถึง 90 % ซึ่งเป็นเพราะอัตราการไหลของอากาศที่ดี พื้นที่ผิวของแผงซับน้ำ มีขนาดที่เหมาะสมกับการดูดอากาศของพัดลม รวมถึงความหนาของแผงซับน้ำ และเส้นใยของแผงซับน้ำ มีการรักษาหยดน้ำที่ดี และมีการปรับอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสมคือ 10 ลิตร/นาที ถึง 13 ลิตร/นาที

6.1.4 การใช้พลังงานไฟฟ้า ค่าการใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย เมื่อเปรียบเทียบกับตู้เย็นโดยได้ทำการวัดหน่วยไฟฟ้า ของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย เวลาครึ่งชั่วโมง 4 ครั้ง พบว่า เครื่องทำความเย็นระบบระเหยใช้ไฟฟ้า 0.03 หน่วย ตู้เย็นใช้ไฟฟ้า 0.06 หน่วย ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าไฟฟ้า 1 เดือน พบว่าระบบทำความเย็นแบบระเหยใช้ไฟฟ้า 43.2 หน่วย และตู้เย็นใช้ไฟฟ้า 86.4 หน่วย ซึ่งเมื่อคิดเป็นเงินเครื่องทำความเย็นระบบระเหย เป็นเวลา 1 เดือนรวมค่า Ft และภาษีมูลค่าเพิ่ม พบว่าค่าไฟฟ้าเครื่องทำความเย็นระบบระเหย 122 บาท และตู้เย็น 194 บาท ซึ่งจะเห็นว่าเครื่องทำความเย็นระบบระเหยประหยัดกว่าถึง 71 บาทต่อเดือน

6.1.5 คุณภาพของดอกกล้วยไม้เมื่อทำการทดสอบในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย พบว่าดอกกล้วยไม้สามารถเก็บรักษาในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยได้มีสภาพดี โดยการเก็บรักษาแบบแห้งจะเป็นที่นิยมเก็บรักษาเพื่อจำหน่ายทั่วไปภายในประเทศ เพราะประหยัดเนื้อที่และจำหน่ายสะดวก ส่วนการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้แบบเปียกก็สามารถเก็บได้ในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย แต่ไม่ดีเท่าแบบแห้งเพราะอาจได้รับความชื้นสูงมากเกินไป และทำให้ดอกกล้วยไม้มีสีซีดเร็วและร่วงง่ายได้ เมื่อเปรียบเทียบการเก็บรักษาในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยในแต่ละชั้น สามารถเก็บรักษาดอกกล้วยไม้ในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยได้ทั่วทุกชั้น เพราะดอกกล้วยไม้มีสภาพหลังการเก็บรักษาที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบสภาพดอกกล้วยไม้ที่เก็บรักษาในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิภายใน 10 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50 %RH พบว่าสภาพการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้ทั้งแบบเปียกและแบบแห้งในวันที่ 4 มีกลีบดอกนิ่มลงอย่างชัดเจน ซึ่งมีผลมาจากความชื้น ในตู้เย็นมีค่าต่ำเกินไป และจากการทดสอบสภาพดอกกล้วยไม้แบบแห้ง ที่เก็บรักษาในเครื่องทำความเย็นระบบระเหยมีสภาพดีที่สุด เพราะถึงแม้ว่าอุณหภูมิจะลดลงได้เหลือ 20 องศาเซลเซียส แต่ความชื้นสูงถึง 95 %RH ก็สามารถยืดอายุการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.6 เมื่อพิจารณาเวลาคุ้มทุนของเครื่องทำความเย็นระบบระเหยพบว่า ถ้านำไปใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาดอกกล้วยไม้จะสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 0.04 ปี

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบเครื่องทำความเย็นระบบระเหยที่สร้างขึ้น พบว่ามีส่วนที่ควรปรับปรุงแก้ไขดังนี้

6.2.1 ในการทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย พบว่าหากมีการเปิดเครื่องทำความเย็นระบบระเหยขณะทำงาน อาจทำให้การหมุนของพัดลมดูดอากาศทำให้เป็นอันตรายได้ และอาจทำให้ดอกไม้เกิดความเสียหายได้ เพราะฉะนั้นจึงควรใช้ตะแกรงมาบังรัศมีของพัดลมดูดอากาศภายในเครื่องเพื่อทำให้ปริมาณลมที่ดูดออกมีค่าเท่าเดิม

6.2.2 ในการเลือกวัสดุในการสร้างเครื่องทำความเย็นระบบระเหยหากมีการหาวัสดุทดแทนที่มีน้ำหนักเบาและควรเป็นวัสดุที่กันสนิมทนต่อความชื้น ก็จะทำให้การเคลื่อนย้ายเครื่องสะดวกยิ่งขึ้น

6.2.3 ล้อเลื่อนที่ใช้เล็กเกินไป ทำให้เคลื่อนที่ไม่ค่อยสะดวก ควรหาล้อที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและทำการหล่อลื่นเพื่อเคลื่อนย้ายสะดวก และควรหยอดน้ำมันที่ล้อเพราะหากเกิดสนิมทำให้เคลื่อนย้ายไม่สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สมเพียร เกษมทรัพย์, เทคโนโลยีการผลิต และ ธุรกิจไม้ตัดดอก, ภาควิชาพืชสวน, คณะ เกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2532.

[2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, "สถิติการเกษตร",[Online], Available : http://www.oae.go.th.

[3] Simmon J.D. and Lott B.D., "Evaporative Cooling Performance Resulting From Changes in Water Temperature", Applied Engineering in Agriculture, Vol.12, No.4, 1996, pp.497-500.

[4] Kittas C., Bartzanas T. and Jaffrin A., "Temperature Gradients in a Partially Shaded Large Greenhouse equipped with Evaporative Cooling Pads", Biosystems Engineering, Vol.85, No.1, 2003, pp.87-94.

[5] Lucas E.M., Randall J.M. and Meneses J.F., "Potential for Evaporative Cooling during Heat Stress Periods in Pig Production in Portugal (Alentejo)", Journal of Agricultural Engineering Research, Vol.76, 2000, pp.363-371.

[6] Onmura S., Matsumoto. and Hokoi S. "Study on evaporative cooling effect of roof lawn gardens", Energy and Buildings, Vol.33, 2001, No.7, 2001, pp.653-666.

[7] Giabaklou Z. and Ballinger J.A., "A Passive Evaporative Cooling System by Natural Ventilation", Building and Environment, Vol.31, No.6, 1996, pp.503-507.

[8] Sodha M.S., Sawhney R.L., Kaur J. and Singh S.P., "Thermal Performance of a Room Coupled to an Evaporative Cooling Tower", Proceedings of the Biennial Congress of the Internationnal Solar Energy Society, Vol.3, 1991, pp.3095-3100.

[9] Al – Jamal K., "Greenhouse Cooling in Hot countries", Energy, Vol.19, No.11, 1994, pp.1187-1192.

[10] จุมพล ประสมทรัพย์, "การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำความเย็นในโรงเรือนไม้ดอกโดยใช้เทคนิคการทำความเย็นแบบระเหย", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2541.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] จิรศักดิ์ ปรีชาวีรกุล, "ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำต่อสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบระเหย", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543.

[12] ณรงค์ศักดิ์ สังขพิทักษ์, "การศึกษาวัสดุทำความเย็นแบบระเหยจากวัสดุต่างๆเพื่อประยุกต์ใช้ในงานเกษตรกรรม", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีอุณหภาพ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.

[13] Kathleen M., Kelley., Arthur C., Cameron., John A., Biernbaum. and Kenneth L. Poff., "Effect of storage temperature on the quality of edible flower", Postharvest Biology and Technology, Vol.27, No3, 2003, pp.341-344.

[14] Anil P., Ranwala. and William B. Miller., "Effects of cold storage on postharvest leaf and flower quality of potted Oriental-, Asiatic- and LA-hybrid lily cultivars", Scientia Horticulturae, Vol.105, No3, 2005, pp.383-392.

[15] Tadhg Brosnan. and Da-Wen Sun., "Compensation for Vacuum-Precooled Cut Lily Flowers." Journal of Agricultural Engineering Research, Vol.79, 2001, pp.299-305.

[16] Shan k.Wang., **Handbook of Air Conditioning and Refrigeration**, McGraw Hill.Inc,1993.

[17] ไพบูลย์ ไพธีพ่ายฤทธิ์, **ตำรากล้วยไม้สำหรับผู้เริ่มเล่น**, ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2521.

[18] มาลินี อนุพันธ์สกุล, **กล้วยไม้**,กรุงเทพฯ, โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, 2542.

[19] สายชล เกตุษา, **เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้**, ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2531.

[20] นิธิยา รัตนาปนนท์ และ คนัย บุญยเกียรติ, **การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้**, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2537.

[21] จินตนา อุบลวัฒน์, "การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผักตบชวาเป็นผิวเปียกในระบบการทำความเย็นแบบระเหย" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีพลังงาน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.

[22] Victor S.L. and Benjamin W.E., **Fluid Mechanics**, First SI Metric Edition, McGraw Hill Book Co., Inc, 1983.

[23] Holman J.P., **Heat Transfer**, 7th edition, Singapore, McGrawhill, 1990.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[24] อัครเดช สินธุภัค, **การทำความเย็น**, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2544.

[25] John R. Watt., Richard L., Koral., Loren W., Crow. and Alfred Greenberg, **Evaporative Air Conditioning Handbook**, New York, Chapman and Hall, 1986.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ข้อมูลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการไหลต่างๆ โดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 %RH และ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลน้ำ (ลิตร/นาที)	อุณหภูมิน้ำที่ไหลเวียนในถังเก็บ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย 6จุด(องศาเซลเซียส)					
			1	2	3	4	5	6
0	25	40	29.7	29.6	29.4	29.4	29.1	29.3
1.44	23.7	92	21.4	21.1	20.9	20.7	21.5	22.6
2.27	23.7	93	21.4	21.1	20.8	20.4	21.3	22.6
3.38	23.4	93	21.2	21.1	20.6	20.4	21.1	22.2
4.48	23.4	94	21.1	21.1	20.6	20.4	21.0	22.2
5.26	23.3	94	20.9	20.9	20.6	20.4	21.0	22.1
6.41	23.3	94	20.9	20.9	20.5	20.4	20.9	21.9
7.97	23.3	95	20.8	20.8	20.5	20.4	20.9	21.9
8.10	23.1	95	20.8	20.8	20.5	20.4	20.9	21.9
9.34	23.1	95	20.8	20.8	20.5	20.4	20.9	21.9
10.50	23.1	95	20.8	20.8	20.5	20.3	20.9	21.9
11.29	23	95	20.7	20.7	20.5	20.3	20.8	21.9
12.90	23	95	20.7	20.7	20.5	20.3	20.8	21.9
13.63	23	95	20.7	20.7	20.5	20.3	20.8	21.9
14.70	23	95	20.7	20.7	20.5	20.3	20.8	21.9
15.54	23	95	20.7	20.7	20.5	20.3	20.8	21.9
16.04	23	95	20.7	20.7	20.5	20.3	20.8	21.9
17.19	22.9	95	20.7	20.7	20.5	20.3	20.8	21.9
18.10	22.9	95	20.6	20.7	20.5	20.3	20.8	21.9
19.12	22.9	95	20.6	20.7	20.5	20.3	20.7	21.9
20.47	22.9	95	20.6	20.7	20.5	20.3	20.7	21.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการไหลต่างๆ โดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 %RH และ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.7 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลน้ำ (ลิตร/นาที)	อุณหภูมิน้ำที่ไหลเวียนในถังเก็บ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย 6 จุด(องศาเซลเซียส)					
			1	2	3	4	5	6
0	25.7	40	30.5	30.5	30.5	30.5	30.6	30.4
1.58	25.2	90	23.9	23.4	23	22.9	23.5	24.1
2.41	24.8	91	23.6	23.3	22.9	22.7	23.3	23.9
3.36	24.8	92	23.3	23.2	22.7	22.5	23.0	23.9
4.51	24.7	93	23.1	23.1	22.7	22.5	23.0	23.8
5.79	24.7	93	23.0	23.0	22.7	22.5	22.9	23.8
6.69	24.7	93	22.9	22.9	22.6	22.4	22.8	23.7
7.53	24.7	93	22.9	22.8	22.6	22.4	22.8	23.7
8.39	24.7	93	22.8	22.8	22.5	22.4	22.8	23.6
9.20	24.7	93	22.8	22.7	22.5	22.4	22.8	23.5
10.34	24.7	93	22.8	22.7	22.5	22.4	22.8	23.5
11.45	24.6	93	22.8	22.7	22.5	22.4	22.8	23.5
12.93	24.6	94	22.8	22.7	22.5	22.4	22.8	23.5
13.15	24.6	94	22.8	22.7	22.5	22.4	22.8	23.5
14.70	24.6	94	22.8	22.7	22.5	22.4	22.8	23.5
15.07	24.4	94	22.8	22.7	22.5	22.4	22.8	23.5
16.21	24.4	94	22.8	22.7	22.5	22.4	22.8	23.5
17.19	24.4	94	22.8	22.7	22.5	22.4	22.8	23.5
18.51	24.4	94	22.7	22.7	22.5	22.4	22.8	23.5
19.23	24.4	94	22.7	22.7	22.5	22.4	22.8	23.5
20.0	24.4	94	22.7	22.7	22.5	22.4	22.8	23.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการไหลต่างๆ โดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 %RH และอุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26.1 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลน้ำ (ลิตร/นาที)	อุณหภูมิน้ำที่ไหลเวียนในถังเก็บ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย 6 จุด(องศาเซลเซียส)					
			1	2	3	4	5	6
0	26.1	40	28.9	29.2	28.5	28.5	28.1	27.9
1.69	25.3	92	24.2	23.9	23.7	23.7	23.9	24.9
2.18	25.3	93	24.1	23.8	23.6	23.6	23.8	24.8
3.71	25.2	93	24.0	23.8	23.6	23.5	23.8	24.7
4.57	25.2	94	23.9	23.7	23.5	23.4	23.6	24.6
5.57	25.2	94	23.7	23.5	23.4	23.3	23.5	24.4
6.45	24.1	95	23.6	23.5	23.4	23.2	23.4	24.2
7.48	25.1	95	23.6	23.5	23.4	23.2	23.4	24.2
8.15	25.1	95	23.6	23.4	23.3	23.2	23.4	23.9
9.37	24.9	95	23.6	23.4	23.3	23.2	23.4	23.9
10.50	24.9	95	23.5	23.4	23.3	23.2	23.4	23.9
11.45	24.9	95	23.5	23.4	23.3	23.2	23.4	23.9
12.37	24.8	95	23.5	23.4	23.3	23.2	23.4	23.9
13.18	24.8	95	23.5	23.4	23.3	23.2	23.4	23.9
14.25	24.8	95	23.4	23.3	23.3	23.1	23.4	23.8
15.66	24.8	95	23.4	23.3	23.2	23.1	23.4	23.8
16.31	24.8	95	23.4	23.3	23.2	23.1	23.4	23.8
17.49	24.8	95	23.3	23.3	23.2	23.1	23.3	23.8
18.18	24.8	95	23.3	23.2	23.2	23.1	23.3	23.7
19.18	24.8	95	23.3	23.2	23.2	23.1	23.3	23.7
20.31	24.8	95	23.3	23.2	23.2	23.1	23.3	23.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.4 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการไหลต่างๆ โดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 43 %RH และ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลน้ำ (ลิตร/นาที)	อุณหภูมิน้ำที่ไหลเวียนในถังเก็บ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย 6 จุด(องศาเซลเซียส)					
			1	2	3	4	5	6
0	26	43	28.8	29.0	28.4	28.4	28.2	28.1
1.76	25.6	95	24.8	24.5	24.3	24.2	24.4	25.3
2.13	25.6	95	24.8	24.5	24.3	24.2	24.4	25.3
3.25	25.6	95	24.5	24.3	24.3	24.1	24.3	25.3
4.34	25.5	96	24.5	24.3	24.3	24.1	24.3	25.1
5.47	25.5	96	24.5	24.3	24.3	24.1	24.3	25.1
6.17	25.5	96	24.4	24.3	24.3	24.1	24.3	25.1
7.39	25.5	96	24.3	24.2	24.3	24.1	24.3	25.1
8.32	25.5	97	24.3	24.2	24.3	24.1	24.3	25.1
9.28	25.5	97	24.3	24.2	24.3	24.1	24.3	25.1
10.36	25.4	97	24.2	24.1	24.2	24.1	24.3	25.1
11.13	25.4	97	24.2	24.1	24.2	24.1	24.3	25.1
12.38	25.4	97	24.2	24.1	24.2	24.1	24.3	25.1
13.10	25.4	97	24.2	24.1	24.2	24.1	24.3	25.1
14.25	25.4	97	24.2	24.1	24.2	24.1	24.3	25.0
15.54	25.4	97	24.2	24.1	24.2	24.1	24.3	25.0
16.10	25.4	97	24.2	24.1	24.2	24.1	24.3	25.0
17.49	25.4	97	24.2	24.1	24.2	24.1	24.3	25.0
18.18	25.4	97	24.2	24.1	24.2	24.1	24.3	24.9
19.26	25.4	97	24.2	24.1	24.2	24.1	24.3	24.9
20.13	25.4	97	24.2	24.1	24.2	24	24.3	24.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการไหล 13 l/min และใช้น้ำแข็งใส่ที่ถังเก็บน้ำโดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 41 %RH และ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.8 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	อุณหภูมิน้ำไหลเวียนในถังเก็บ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย 6 จุด(องศาเซลเซียส)					
			1	2	3	4	5	6
0	25.8	41	28.1	28.3	27.0	27.6	26.0	26.1
3	24	72	22	21.8	21.6	21.5	23.1	23.9
6	23.9	81	21.9	21.7	21.5	21.2	22.6	23.6
9	23.8	86	21.9	21.9	21.5	21.2	22.3	23.1
12	23.8	88	21.8	21.7	21.5	21.2	22.2	23.0
15	23.8	90	20.7	21.7	21.5	21.3	22.1	23.0
18	23.8	90	20.7	21.6	21.5	21.3	22	22.9
21	23.8	93	20.7	21.8	21.5	21.3	22.1	23.0
24	23.7	93	20.8	21.8	21.4	21.3	22.1	22.9
27	23.7	93	20.8	21.6	21.5	21.5	22.1	22.9
30	23.7	93	20.9	21.8	21.6	21.5	22.1	22.9
33	23.7	93	20.9	21.7	21.7	21.5	22.1	23.2
36	23.7	93	20.9	21.7	21.7	21.7	22.1	23.2
39	23.7	93	22.0	21.9	21.7	21.7	22.1	23.3
42	23.7	93	22.0	21.9	21.7	21.7	22.2	23.3
45	23.7	93	22.0	21.9	21.7	21.7	22.2	23.3
48	23.7	93	22.0	21.9	21.7	21.7	22.2	23.4
51	23.7	93	22.0	21.9	21.7	21.7	22.2	23.6
54	23.7	93	22.0	21.9	21.7	21.8	22.2	23.6
57	23.7	93	22.1	21.9	21.9	21.8	22.2	23.6
60	23.7	94	22.2	22.0	22.0	21.9	22.3	23.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.6 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการไหล 13 l/minและ ใช้น้ำแข็งใส่ที่ถังเก็บน้ำโดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 41%RH และ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.9 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	อุณหภูมิน้ำไหลเวียนในถังเก็บ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย 6 จุด(องศาเซลเซียส)					
			1	2	3	4	5	6
0	25.9	41	29.7	29.9	29.1	29.2	28.2	28.6
3	24.1	68	24.4	23.4	23.9	22.3	23.8	26.7
6	24	77	23.1	22.7	22.0	21.6	22.6	24.0
9	23.7	81	22.5	22.6	21.9	21.6	22.2	23.7
12	23.3	87	22.3	22.3	21.7	21.7	22.1	23.2
15	23.1	89	22.0	21.1	21.8	21.7	21.9	23.0
18	22.8	89	21.6	21.8	21.4	21.3	21.5	22.9
21	22.8	90	21.4	21.4	21.2	21.1	21.4	22.4
24	22.6	91	21.2	21.4	21.0	21.0	21.1	22.2
27	22.6	92	21.2	21.3	21.0	20.9	21.0	22.1
30	22.6	92	21.0	21.2	20.9	20.8	20.9	22.0
33	22.4	93	20.9	21.2	20.9	20.7	20.9	21.9
36	22.4	94	20.9	21.1	20.8	20.7	20.8	21.9
39	22.4	95	20.8	20.9	20.8	20.6	20.8	21.8
42	22.1	95	20.8	21.0	20.7	20.7	20.7	21.7
45	22.1	95	20.8	20.9	20.7	20.6	20.7	21.7
48	22.1	95	20.8	20.9	20.8	20.7	20.8	21.8
51	22.1	97	20.8	20.9	20.8	20.8	20.8	21.7
54	22.1	97	20.8	21.1	20.8	20.7	20.8	21.6
57	22.1	97	20.8	21.1	20.8	20.7	20.7	21.6
60	22.1	97	20.7	20.9	20.7	20.7	20.7	21.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.7 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการไหล 13 l/min และ ใช้น้ำแข็งใส่ที่ถังเก็บน้ำโดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 31 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 42 %RH และ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 26.0 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	อุณหภูมิน้ำไหลเวียนในถังเก็บ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย 6 จุด(องศาเซลเซียส)					
			1	2	3	4	5	6
0	26.0	42	29.5	29.6	28.3	28.5	27.3	27.4
3	24.1	60	24.6	23.8	23.2	23.3	25.0	25.7
6	24.1	74	23.5	23.0	22.8	22.8	24.3	25.3
9	24.1	81	23.2	23.0	22.8	22.8	23.9	24.9
12	23.9	86	23.2	23.0	22.8	22.8	23.7	24.5
15	23.9	88	23.2	23.1	22.8	22.9	23.7	24.6
18	23.9	90	23.3	23.2	23.1	22.9	23.7	24.5
21	23.9	90	23.2	23.2	22.9	22.9	23.7	24.5
24	24.0	91	23.2	23.2	22.9	23.0	23.7	24.4
27	24.0	92	23.3	23.2	22.9	23.0	23.6	24.5
30	24.0	93	23.3	23.2	23.0	23.0	23.6	24.4
33	24.0	93	23.3	23.2	22.9	23.0	23.5	24.5
36	24.0	93	23.4	23.4	23.1	23.0	23.6	24.5
39	24.0	94	23.4	23.1	23.2	23.1	23.6	24.6
42	24.0	94	23.2	23.1	22.7	22.7	23.4	24.6
45	24.0	94	23.1	23.3	23.0	23.0	23.5	24.5
48	24.0	94	23.2	23.3	23.0	23.0	23.5	24.6
51	24.0	94	23.3	23.3	23.0	23.0	23.5	24.6
54	24.0	94	23.3	23.3	23.1	23.0	23.6	24.6
57	24.0	94	23.2	23.3	23	23.0	23.5	24.5
60	24.0	94	23.3	23.3	23	23.0	23.5	24.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.8 แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ที่อัตราการไหล 13 l/min และ ใช้น้ำแข็งใส่ที่ถังเก็บน้ำโดยทดสอบที่อุณหภูมิภายนอก 31 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 39 %RH และ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 25.9 องศาเซลเซียส

เวลา (นาที)	อุณหภูมิน้ำไหลเวียนในถังเก็บ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	อุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย 6 จุด(องศาเซลเซียส)					
			1	2	3	4	5	6
0	25.9	40	28.9	29.3	27.9	28.1	26.8	27.0
3	23.4	64	22.8	22.3	23.1	21.9	24.5	24.4
6	23.4	72	22.0	21.9	22.2	21.6	23.1	23.9
9	23.4	80	22.3	22.3	22.1	21.8	23.1	23.7
12	23.4	84	22.4	22.3	22.2	22.0	22.9	23.7
15	23.3	86	22.4	22.3	22.2	21.9	22.8	23.8
18	23.3	88	22.3	22.2	22.1	21.9	22.7	23.8
21	23.3	89	22.1	22.2	22.1	21.8	22.5	23.7
24	23.4	89	22.0	22.1	22.0	21.7	22.4	23.5
27	23.4	91	22.0	22.1	22.1	21.8	22.5	23.5
30	23.4	91	22.1	22.2	22.1	21.9	22.5	23.5
33	23.4	91	22.1	22.2	22.1	21.8	22.5	23.5
36	23.4	91	22.1	22.2	22.1	21.8	22.5	23.6
39	23.5	91	22.1	22.1	21.9	21.8	22.5	23.6
42	23.5	92	22.1	22.1	22.0	21.8	22.5	23.6
45	23.5	92	22.0	22.1	22.0	21.6	22.3	23.6
48	23.5	92	21.8	22.1	22.0	21.6	22.4	23.5
51	23.5	92	22.0	22.0	22.0	21.9	22.4	23.4
54	23.5	92	22.0	22.1	22.1	21.7	22.3	23.8
57	23.5	92	22.0	22.1	22.0	21.7	22.4	23.6
60	23.5	92	22.0	22.1	22.0	21.7	22.3	23.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลการทดสอบปริมาณการระเหยของน้ำในเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.1 แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั๊มน้ำเริ่มทำงาน

ปริมาณน้ำ (ลิตร)	เวลาในการระเหย (นาที)		
	ความเร็วลม (4.5 เมตร/วินาที)	ความเร็วลม (2.75 เมตร/วินาที)	เฉลี่ย
1	27.08	43.1	35.09
1.5	42.26	53.28	47.77
2	62.71	74.75	68.73
เฉลี่ย 1.125	33.01	42.78	37.89

ตาราง ข.2 แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั๊มน้ำเริ่มทำงาน

ปริมาณน้ำ (ลิตร)	เวลาในการระเหย (นาที)		
	ความเร็วลม (4.5 เมตร/วินาที)	ความเร็วลม (2.75 เมตร/วินาที)	เฉลี่ย
1	28.62	45.24	36.93
1.5	46.14	54.12	50.13
2	63.62	75.33	69.47
เฉลี่ย 1.125	46.12	58.23	52.17

ตาราง ข.3 แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั๊มน้ำเริ่มทำงาน

ปริมาณน้ำ (ลิตร)	เวลาในการระเหย (นาที)		
	ความเร็วลม (4.5 เมตร/วินาที)	ความเร็วลม (2.75 เมตร/วินาที)	เฉลี่ย
1	28.16	46.2	37.18
1.5	45.38	56.14	50.76
2	67.12	76.82	71.97
เฉลี่ย 1.125	46.88	59.72	53.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.4 แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั๊มน้ำเริ่มทำงาน

ปริมาณน้ำ (ลิตร)	เวลาในการระเหย (นาที)		
	ความเร็วลม (4.5 เมตร/วินาที)	ความเร็วลม (2.75 เมตร/วินาที)	เฉลี่ย
1	27.34	44.37	35.85
1.5	43.17	54.48	48.82
2	61.31	74.47	67.89
เฉลี่ย 1.125	43.94	57.86	50.85

ตาราง ข.5 ค่าเฉลี่ย แสดงการทดสอบการระเหยของน้ำต่อเวลาเมื่อพัดลมและปั๊มน้ำเริ่มทำงาน

ปริมาณน้ำ (ลิตร)	เวลาในการระเหย (นาที)		
	ความเร็วลม (4.5 เมตร/วินาที)	ความเร็วลม (2.75 เมตร/วินาที)	เฉลี่ย
1	27.80	44.72	36.26
1.5	44.23	54.50	49.36
2	63.69	75.34	69.51
เฉลี่ย 1.125	45.24	58.18	51.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพอะไดบาติคของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.1 แสดงค่าการทดสอบอุณหภูมิ กระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งทั้งขาเข้าและขาออก ของเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส
$T_{db,1}$	30
$T_{db,2}$	25.5
$T_{wb,1}$	25
$T_{wb,2}$	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
การใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นระบบระเหยและตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.1 แสดงค่าการทดสอบพลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์ไฟฟ้าจากเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

เวลา(min)	หมายเลขมิเตอร์(kWh)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
0	5037.000	5432.755	5432.825	5432.790
5	5037.005	5432.760	5432.830	5432.795
10	5037.010	5432.765	5432.835	5432.800
15	5037.015	5432.770	5432.840	5432.805
20	5037.020	5432.775	5432.845	5432.810
25	5037.025	5432.780	5432.850	5432.815
30	5037.030	5432.785	5432.855	5432.820

ตาราง ง.2 แสดงค่าการทดสอบพลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์ไฟฟ้าจากตู้เย็น

เวลา(min)	หมายเลขมิเตอร์(kWh)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
0	5036.500	5036.900	5432.860	5432.930
5	5036.510	5036.910	5432.870	5432.940
10	5036.520	5036.920	5432.880	5432.950
15	5036.530	5036.930	5432.890	5432.960
20	5036.540	5036.940	5432.900	5432.970
25	5036.550	5036.950	5432.910	5432.980
30	5036.560	5036.960	5432.920	5432.990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.3 แสดงค่าการทดสอบพลังงานไฟฟ้าโดยคิดเป็นหน่วยจากเครื่องทำความเย็นระบบระเหย

เวลา(min)	หน่วย(Unit)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
0	0	0	0	0
5	0.005	0.005	0.005	0.005
10	0.01	0.01	0.01	0.01
15	0.015	0.015	0.015	0.015
20	0.02	0.02	0.02	0.02
25	0.025	0.025	0.025	0.025
30	0.03	0.03	0.03	0.03

ตาราง ง.4 แสดงค่าการทดสอบพลังงานไฟฟ้าโดยคิดเป็นหน่วยจากตู้เย็น

เวลา(min)	หน่วย(Unit)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
0	0	0	0	0
5	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.02	0.02	0.02	0.02
15	0.03	0.03	0.03	0.03
20	0.04	0.04	0.04	0.04
25	0.05	0.05	0.05	0.05
30	0.06	0.06	0.06	0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.5 แสดงค่าการเปรียบเทียบการพลังงานไฟฟ้า ใน 1 เดือน

จำนวน (Day)	หน่วย(Unit)	
	เครื่องทำความเย็นระเหย	ตู้เย็น
0	0	0
5	7.2	14.4
10	14.4	28.8
15	21.6	43.2
20	28.8	57.6
25	36	72
30	43.2	86.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.
บทคัดย่อผลงานที่เผยแพร่

- เรื่อง "การศึกษาการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้" , การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่18 วันที่ 18-20 ตุลาคม 2547,มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการใช้ระบบทำความเย็นแบบระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้

STUDY OF EVAPORATIVE COOLING SYSTEM FOR FLOWER STORAGE

สุรพงษ์ สว่าง และ วิภา เจียระไนวชิระ

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520

บทคัดย่อ : การลดการสูญเสียและยืดอายุการเก็บรักษาดอกไม้ที่มีมูลค่าเพื่อการส่งออกกระทำโดย ลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นให้กับดอกไม้ ด้วยระบบทำความเย็นแบบระเหย ได้ทำการศึกษาผลของความชื้นและอุณหภูมิที่มีต่อระยะเวลาการเก็บ และสภาพความสมบูรณ์ของดอกไม้ รวมถึงตัวแปรที่มีต่อประสิทธิภาพการทำความเย็น และการควบคุมความชื้นของระบบได้แก่ อัตราการไหลและอุณหภูมิของน้ำ จากการทดลองพบว่าการทำความเย็นนี้สามารถทำให้อุณหภูมิลดลงเมื่อเทียบกับภายนอก 5 องศาเซลเซียส และความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 60 %RH เป็น 90% RH ที่อุณหภูมิและความชื้นดังกล่าว สามารถยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพของดอกไม้ โดยงานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาและปรับปรุงให้มีขนาดที่เหมาะสมและเคลื่อนย้ายง่าย เพื่อใช้ในการเก็บรักษาดอกไม้หลังการตัดภายในฟาร์ม เหมาะสำหรับเกษตรกร ทำให้ลดการสูญเสียและประหยัดพลังงานเมื่อเปรียบเทียบกับห้องเย็นปกติ

ABSTRACT : Reduced losses and increasing storage lift for valuable export flowers can be achieced by using an evaporative cooling system to decrease temperature and increase moisture of flower after cutting. Effects of temperature and humidity to storage time and quality of flower were studied. In addition, factors, such as a flow rate and temperature of water, were also investigated in this work. Experiment results show that this cooling system can reduced temperature down 5 degree celcius comparing to the ambient air and moisture in the cabinet increase from 60%RH to 90%RH. At these condition, storage time is longer and quality of flower are preserved. This work will further be developed and improved to compatible size and removable for famer to storage flowers within a farm. This can reduced loss and energy cost compare to a conventional cooling storage system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย สุรพงษ์ สว่าง เกิดเมื่อวันที่ 24 มกราคม 2522 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร จากศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คลองหก เมื่อปีการศึกษา 2544

ปี พ.ศ.2545 ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเกษตร ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้