การควบคุมสภาวะภายในตู้แช่เย็นเพื่อบ่มเนื้อแบบแห้ง

Modification of a Refrigerator for Curing Meat

กิจจานุพงศ์ พิพิธ
ลัญชกร พิลึกเรืองเดช
อณัญญา ธีสิริสุข

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การควบคุมสภาวะภายในตู้แช่เย็นเพื่อบ่มเนื้อแบบแห้ง

Modification of a Refrigerator for Curing Meat

กิจจานุพงศ์ พิพิธ
ลัญชกร พิลึกเรืองเดช
อณัญญา ลี้สิริสุข

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Modification of a Refrigerator for Curing Meat

KITJANUPONG PIPIT
LUNCHAKORN PILUEKRAUNGDECH
ANANYA LEESIRISUK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมสภาวะภายในตู้แช่เย็นเพื่อบ่มเนื้อแบบแห้ง

Modification of a Refrigerator for Curing Meat

ผู้จัดทำ

1. นายกิจจานุพงศ์ พิพิธ รหัสประจำตัว 58010086
2. นายลัญชกร พิลึกเรืองเดช รหัสประจำตัว 58011072
3. นางสาวอณัญญา ลี้สิริสุข รหัสประจำตัว 58011388

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.สมัคร รักแม่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การควบคุมสภาวะภายในตู้แช่เย็นเพื่อบ่มเนื้อแบบแห้ง	
ชื่อนักศึกษา	นายกิจจานุพงศ์	พิพิธ
	นายลัญชกร	พิลึกเรืองเดช
	นางสาวอณัญญา	ลี้สิริสุข
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	อาจารย์สมัคร รักแม่	
ปีการศึกษา	2561	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและออกแบบระบบควบคุมสภาวะภายในตู้แช่เย็นให้เหมาะสมกับการบ่มเนื้อแบบแห้งและการนำไปประยุกต์ใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่อุณหภูมิต่ำ โดยการดัดแปลงตู้แช่เย็นเชิงการค้าด้วยการติดตั้งระบบควบคุมความชื้นเพิ่มเติมแล้วใช้การควบคุมด้วยบอร์ด Arduino ใช้กล่องซิลิก้าเจล และอุปกรณ์ผลิตความชื้นแบบอัลตร้าโซนิคเพื่อควบคุมการลดความชื้นและเพิ่มความชื้นภายในตู้ อุณหภูมิภายในตู้ควบคุมด้วยระบบทำความเย็น และออกแบบอุปกรณ์เพิ่มเพื่อช่วยให้การกระจายอากาศในตู้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Modification of a Refrigerator for Curing Meat
Student	Mr. Kitjanupong Pipit
	Mr. Lunchakorn Piluekraungdech
	Ms. Ananya Leesirisuk
Thesis Advisor	Mr. Samak Rakmae
AcademicYear	2018

ABSTRACT

This research aimed to study and control the air condition inside a small chamber for dry aging and multi-purpose applications at low temperature. The chamber was modified from a commercial refrigerator by installed a relative humidity control system that controlled by Arduino board. Silica gel chamber and an ultrasonic humidifier were used for air dehumidification and humidification respectively. The inside temperature controlled by a refrigeration system with temperature controller and designed equipment to enhance the air distribution inside the chamber.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จขึ้นมาได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายๆท่าน ดังนี้

อาจารย์สมัคร รักแม่ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน โดยตลอดระยะเวลาการทำโครงงานได้กรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูล ให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไข้ข้อบกพร่องต่าง ๆ เกี่ยวกับการดัดแปลงตู้แช่เย็นให้เป็นตู้บ่มเนื้อแบบแห้ง ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงในและความทุ่มเทของอาจารย์ ทางผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คุณอำนาจ คูตะคุ เจ้าพนักงานประจำห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือและให้คำแนะนำปรึกษาด้านการออกแบบและปฏิบัติ ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการปฏิบัติงานรวมถึงให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เอื้อต่อการทำโครงงาน

ขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ช่วยกันสร้างสรรค์และสนับสนุนซึ่งกันและกันให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ของคณะผู้จัดทำทุกท่าน สำหรับโอกาสในการศึกษาเล่าเรียน ความห่วงใย กำลังทรัพย์ และกำลังใจในการศึกษาเล่าเรียนเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นักศึกษาผู้จัดทำโครงงาน

นายกิจจานุพงศ์ พิพิธ

นายลัญชกร พิลึกเรืองเดช

นางสาวอณัญญา ลี้สิริสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....I

ABSTRACT.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

บทที่ 1 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา..... 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

บทที่ 2 3

2.1 การบ่มเนื้อแบบแห้ง (Dry Aging) 3

2.1.1 ตัวแปรที่ควบคุมในการบ่มเนื้อแบบแห้ง 3

2.1.1.1 ระยะเวลา.....3

2.1.1.2 อุณหภูมิ.....4

2.1.1.3 ความชื้นสัมพัทธ์.....4

2.1.1.4 การไหลของอากาศ.....4

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงภายหลังการบ่มเนื้อแบบแห้ง..... 5

2.1.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา.....5

2.1.2.2 รสชาติ.....6

2.1.2.3 ความนุ่มเนื้อ.....7

2.1.2.4 ความฉ่ำของเนื้อ.....7

2.1.2.5 การหดตัวของเนื้อ.....8

2.2. ระบบทำความเย็นของตู้แช่..... 9

2.2.1 องค์ประกอบและคุณสมบัติ..... 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1.1 สารทำความเย็น....10
2.2.1.2 เครื่องอัด (compressor)....11
2.2.1.3 เครื่องควบแน่น (condenser)....11
2.2.1.4 เครื่องระเหย (evaporator)....11
2.2.1.5 ลิ้นลดความดัน (expansion valve)....12
2.2.1.6 สารดูดความชื้น (drying agent หรือ dessicant)....12
2.2.1.7 หลอดรูเล็ก (capillary tube)....12
2.2.1.8 หม้อสะสม (accumulator)....12
2.2.1.9 ท่อระบายความร้อน (heat exchanger tube)....12
2.2.1.10 ตัวแยกน้ำมัน (oil separator)....12
2.2.1.11 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ....12
2.2.1.12 ระบบละลายน้ำแข็ง (defrost system)....13
2.2.1.13 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ของเครื่องอัด....13
2.2.2 การควบคุมอุณหภูมิภายในตู้แช่ 15
2.2.2.1 เทอร์โมสตัต (thermostat)....14
2.2.2.2 Temperature Controller....15
2.3 แผนภูมิไซโครเมตริกชาร์ท (Psychrometric chart).... 16
2.3.1 อุณหภูมิ Dry bulb (DB).... 17
2.3.2 อุณหภูมิ Wet bulb (WB).... 17
2.3.3 Specific humidity (W).... 17
2.3.4 ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume, SpV).... 18
2.3.5 เอนทัลปี (Enthalpy, H).... 18
2.3.6 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dewpoint temperature, DP).... 18
2.3.7 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity, RH).... 19
2.3.8 การศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาวะของอากาศโดยใช้แผนภูมิไซโครเมตริก.... 19
2.4 กระบวนการปรับความชื้น 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1 กระบวนการลดความชื้น (Dehumidification Process) 20

2.4.2 กระบวนการเพิ่มความชื้น (Humidity Process) 22

2.5 การควบคุม 24

2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) 24

2.5.2 เซนเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิแบบค่าความจุไฟฟ้า (Capacitive Humidity and Temperature sensor) 27

2.5.3 อุปกรณ์ควบคุมกระแสไฟเข้าสู่อุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบ (Relay) 28

2.5.4 ซอฟแวร์ที่ใช้ในโครงงาน 29

2.6 การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 30

2.6.1 รูปแบบการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ 31

2.6.2 การต่อวงจรเซนเซอร์ 32

2.6.3 การต่อวงจรเข้ากับ Relay 33

บทที่ 3 35

3.1 การศึกษาสภาวะภายในตู้แช่ 35

3.1.1 การศึกษาอุณหภูมิ 36

3.1.2 การศึกษาความชื้นสัมพัทธ์ 37

3.1.3 การศึกษาความเร็วลม 38

3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบ 39

3.2.1 การควบคุมความชื้น 40

3.3.1 การควบคุมอุณหภูมิ 41

3.3 การออกแบบและการดัดแปลงตู้แช่ 42

3.3.1 การวิเคราะห์การไหลของอากาศ 42

3.3.2 การออกแบบชุดลดความชื้น (Silica gel chamber) 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.3 การออกแบบชุดเพิ่มความชื้น (Ultrasonic humidifier) 45

3.3.4 การต่อวงจรในส่วนการควบคุมความชื้น 45

บทที่ 4 47

4.1 การลดความชื้นด้วยชุดลดความชื้น (Silica gel chamber) 47

4.2 การเพิ่มความชื้นด้วยชุดเพิ่มความชื้น (Ultrasonic humidifier) 48

4.3 การควบคุมระบบด้วยการกำหนดค่า 48

บทที่ 5 53

5.1 บทสรุป 53

5.2 ปัญหาและอุปสรรค 53

5.3 ข้อเสนอแนะ 54

ภาคผนวก 55

ภาคผนวก ก. 56

ภาคผนวก ข. 59

ภาคผนวก ค. 124

บรรณานุกรม 134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ลักษณะเมื่อมีการดูดซับความชื้น....22

2.2 รายละเอียดของ Ultrasonic Humidifier....23

2.3 รายละเอียดของบอร์ด Arduino UNO R3....25

2.4 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino....26

2.5 งรายละเอียดของเซนเซอร์ BME280....28

2.6 รายละเอียดของมัลติเพลกเซอร์ TCA9548A....29

3.1 ผลการศึกษาสภาวะความเร็วลม (m/s) ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในตู้แช่....37

ข.1 ผลการทดลองลดความชื้นด้วยชุดอุปกรณ์ Silica gel....60

ข.2 ผลการทดลองเพิ่มความชื้นด้วย Ultrasonic Humidifier....61

ข.3 ผลการทดลองควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงควบคุม 78-82 %RH....62

ข.4 ผลการทดลองควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงควบคุม 82-85 %RH....93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อวัวในแต่ละช่วงเวลาการบ่ม....4

2.2 แผนภาพกระบวนการตรวจสอบเชื้อสำหรับการบ่มเนื้อแบบแห้ง....6

2.3 การเปรียบเทียบรสชาติของเนื้อบ่มแบบแห้ง บ่มแบบสูญญากาศและเนื้อที่ไม่ผ่านการบ่ม....7

2.4 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อบ่มแบบแห้งแบบบรรจุถุงและไม่บรรจุถุง....8

2.5 ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อบ่มแบบแห้งแบบบรรจุถุงและไม่บรรจุถุง....9

2.6 แผนผังการต่อวงจรของรีเลย์แบบใช้ลวดความร้อน....14

2.7 แผนภาพไซโครเมตริกชาร์ท....16

2.8 ค่าและความหมายต่างๆ ในแผนภูมิไซโครเมตริกชาร์ท....17

2.9 การเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศในแผนภูมิไซโครเมตริก....19

2.10 การลดความชื้นด้วยการลดอุณหภูมิ....20

2.11 การลดความชื้นโดยใช้วัสดุดูดความชื้น....21

2.12 การเพิ่มความชื้นโดยเติมไอน้ำเข้าสู่ระบบ....22

2.13 Ultrasonic humidifier....23

2.14 บอร์ด Arduino Uno R3....24

2.15 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino....26

2.16 เซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิแบบค่าความจุไฟฟ้า....27

2.17 TCA9548A I2C Multiplexer....28

2.18 โปรแกรมอดูโน่ IDE....29

2.19 การเขียนโปรแกรม Arduino IDE....30

2.20 การต่อวงจรของเซนเซอร์ตัวเดียว....32

2.21 การต่อวงจรของเซนเซอร์หลายตัว....32

2.22 การต่อวงจรของ Relay....33

3.1 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ภายในตู้แช่ (ด้านหน้า)....34

3.2 ตำแหน่งการวัดความเร็วลมภายในตู้แช่ (ด้านข้าง)....34

3.3 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้แช่ที่เบอร์ 5, 5.5 และ 6....35

3.4 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู่แช่ด้วยการปรับเบอร์ที่ 5.5....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.5 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในตู้แช่ที่เบอร์ 5, 5.5 และ 6 36

3.6 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในตู้แช่ที่เบอร์ 5.5 37

3.7 อุปกรณ์เสริมที่ติดตั้งเพื่อควบคุมสภาวะภายในตู้และการทำงานของระบบ 38

3.8 แผนผังระบบการควบคุมความชื้น 39

3.9 แผนผังระบบการควบคุมอุณหภูมิ 40

3.10 ต้นแบบการดัดแปลงตู้แช่ 41

3.11 การวิเคราะห์การไหลของอากาศก่อนการดัดแปลงตู้แช่ 42

3.12 การวิเคราะห์การไหลของอากาศหลังการดัดแปลงตู้แช่ 42

3.13 แบบจำลองชุดลดความชื้น 43

3.14 ขนาดภายในที่บรรจุ Silica gel 43

3.15 ชุดเพิ่มความชื้น (Ultrasonic humidifier) 44

3.16 การต่อวงจรควบคุมความชื้นของระบบ 44

4.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ด้วยชุดลดความชื้นกับเวลา 47

4.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ด้วยชุดเพิ่มความชื้นกับเวลา 48

4.3 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในตู้แช่กับเวลา 49

4.4 การเปิดปิดของชุดอุปกรณ์ลดความชื้นและเพิ่มความชื้นกับเวลา 50

4.5 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในตู้แช่กับเวลา 51

4.6 การเปิดปิดของชุดอุปกรณ์ลดความชื้นและเพิ่มความชื้นกับเวลา 52

ก.1 ชุดอุปกรณ์ลดความชื้น (Silica gel chamber) 57

ก.2 ทรงกระบอกกลวงบรรจุซิลิกาเจล 57

ก.3 ชุดกล่องเพิ่มความชื้น (Ultrasonic humidifier) 58

ค.1 การเขียนโปรแกรม Arduino IDE ของการควบคุมความชื้น 125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมโคเนื้อนับเป็นอุตสาหกรรมที่มีมาในประเทศไทยเป็นเวลานาน ทั้งการบริโภคเนื้อโคและผลิตภัณฑ์จากโคในปัจจุบันที่ยังคงมีมากขึ้น รวมไปถึงการส่งออกโคเนื้อที่เป็นตัวขับเคลื่อนเศรษฐกิจ โดยส่วนใหญ่ส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ มาเลเซีย และสปป.ลาว และมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากยังคงมีความต้องการโคเนื้อจากประเทศเพื่อนบ้านเพิ่มขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) การเก็บรักษาคุณภาพของเนื้อโคจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งสามารถเพิ่มมูลค่าของเนื้อโคจากภายในประเทศได้ วิธีที่เป็นที่แพร่หลายและมีคุณภาพในปัจจุบันคือการบ่มเนื้อ คือการเพิ่มความนุ่มของเนื้อสัตว์ (meat tenderness) โดยเอนไซม์โปรตีเอส (protease) ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ย่อย เส้นใยโปรตีนกล้ามเนื้อ (myofibril) และโปรตีนที่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เช่น คอลลาเจน มีผลให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บรักษา (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2555)

การบ่มเนื้อแบบแห้ง คือกระบวนการนำชิ้นส่วนของเนื้อวัวการแขวนไว้ในห้องเย็นและบ่มด้วยระยะเวลา 28-55 วัน อุณหภูมิ 0-4 °c มีความชื้น 75-80 %RH ทั้งนี้อาจมีการใช้สภาวะในกระบวนการบ่มที่ต่างกันตามความสนใจของผู้บ่ม (Dashdorj, 2016) ทำให้เนื้อเกิดความนุ่มเนื้อ รวมถึงรสชาติและกลิ่นของเนื้อที่เข้มข้นเฉพาะตัว การควบคุมสูญเสียน้ำหนักของเนื้อวัวระหว่างการบ่มเนื้อแบบแห้งเป็นปัจจัยสำคัญทางเศรษฐกิจ การบ่มเนื้อแบบแห้งเป็นที่นิยมและมีราคาแพงจากการบ่มเนื้อด้วยวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูง การใช้เวลานานและการควบคุมสภาวะเฉพาะที่เหมาะสมทั้งอุณหภูมิ ความชื้น และการไหลของอากาศภายในตู้ เนื่องจากตู้ลักษณะดังกล่าวมีราคาสูง คณะวิจัยจึงสนใจศึกษาการควบคุมสภาวะภายในตู้แช่เพื่อใช้ในการบ่มเนื้อแบบแห้ง โดยศึกษาและออกแบบเพื่อดัดแปลงระบบควบคุมตู้แช่เย็นให้สามารถควบคุมในสภาวะอุณหภูมิต่ำเพื่อให้เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานด้วยการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิ และควบคุมความชื้นจากการเพิ่มและลดความชื้นภายในตู้แช่ด้วย เครื่องทำหมอกแบบอัลตร้าโซนิค และซิลิก้าเจล โดยสามารถใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) เพื่อศึกษาการควบคุมสภาวะอากาศภายในตู้แช่เพื่อใช้ในการบ่มเนื้อแบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เพื่อพัฒนาและดัดแปลงตู้แช่ให้เป็นตู้บ่มเนื้อแบบแห้งและสามารถควบคุมสภาวะได้ตามต้องการ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1) ควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 1-5 °C
2) ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 78-85 %RH

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

การการควบคุมสภาวะอากาศภายในตู้แช่และดัดแปลงให้เป็นตู้บ่มเนื้อแบบแห้ง โดยเริ่มจากการศึกษาสภาวะและการเปลี่ยนแปลงในการบ่มเนื้อแบบแห้งเพื่อทำการออกแบบระบบความคุมและการดัดแปลงตู้แช่ให้เป็นตู้บ่มเนื้อแบบแห้ง การศึกษาอุปกรณ์ในการควบคุมสภาวะอากาศภายในตู้แช่ การศึกษาระบบควบคุมด้วยโปรแกรมอะดูโน่และการเขียนโปรแกรมพื้นฐาน แล้วจึงออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุมรวมถึงการออกแบบการควบคุมระบบเพื่อพัฒนาและดัดแปลงตู้แช่ให้เป็นตู้บ่มเนื้อแบบแห้ง และทดลองการทำงานของระบบที่ออกแบบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ลดต้นทุนการผลิตเนื้อบ่มแบบแห้ง
2) สามารถเป็นแนวทางในการควบคุมสภาวะสำหรับการใช้งานต่าง ๆ ตามต้องการได้
3) ส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าเนื้อวัวในธุรกิจขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบ่มเนื้อแบบแห้ง (Dry Aging)

การบ่มเนื้อแบบแห้งเป็นวิธีการเก็บรักษาและเพิ่มความนุ่มให้กับเนื้อวัวของคนขายเนื้อมานานกว่า 50 ปี เนื่องจากเป็นวิธีการเพียงวิธีเดียวในการเก็บรักษาเนื้อวัวเพื่อขายสู่ตลาด เมื่อการบรรจุแบบสูญญากาศเกิดขึ้น จึงเป็นวิธีหลักในการขนส่งเนื้อวัว ด้วยการลดการสูญเสียของเนื้อจากการหดตัวและการตัดแต่ง การบ่มเนื้อแบบแห้งเพื่อเก็บรักษาจึงไม่เป็นที่นิยมเป็นต้นมา อย่างไรก็ตามในระยะหลังการบ่มเนื้อแบบแห้งได้รับความสนใจสูงขึ้นจากผู้ค้าปลีกและผู้ค้าเนื้ออย่างกว้างขวางในประเทศอเมริกา และประเทศออสเตรเลีย รวมไปถึงประเทศในแถบเอเชียโดยเฉพาะในร้านอาหารชั้นสูง ซึ่งเป็นตลาดที่พร้อมจ่ายให้กับเนื้อบ่มที่มีรสชาติอันเป็นเอกลักษณ์ การบ่มเนื้อโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือการบ่มเนื้อแบบเปียก (Wet Aging) คือการนำเนื้อมาเก็บในบรรจุภัณฑ์สูญญากาศและเก็บในสภาวะที่ถูกควบคุมในระยะเวลาหนึ่ง การบ่มเนื้อแบบแห้ง (Dry Aging) คือการแขวนซากเนื้อโครง หรือการวางเนื้อวัวในห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการไหลของอากาศ บ่มเป็นระยะเวลาหลายอาทิตย์หรือเดือน

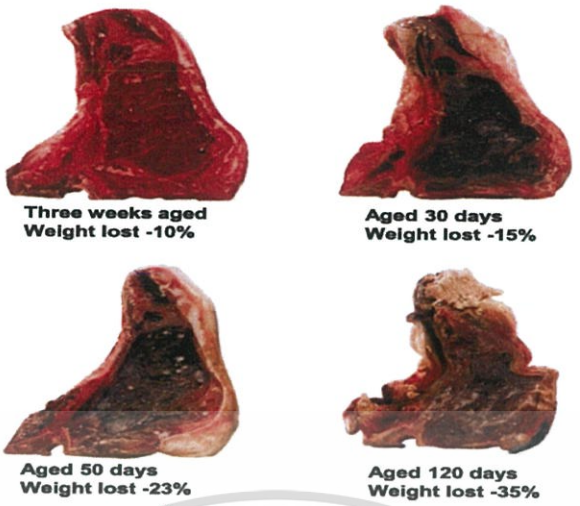
การเลือกใช้เนื้อในการบ่มเนื้อแบบแห้งต้องใช้เนื้อสันนอกที่มีชั้นไขมันแทรกเป็นลายหินอ่อนเพื่อให้เนื้อบ่มที่ได้มีรสชาติและความฉ่ำเนื้อ ซึ่งจัดเป็นเนื้อคุณภาพสูงที่สารถใช้ในการบ่มเนื้อแบบแห้งได้ ไขมันลายหินอ่อนที่แทรกตามเนื้อวัวเป็นมาตรฐานหลักในการจำแนกคุณภาพของเนื้อวัวแต่ละชิ้น เมื่อเนื้อที่มีไขมันแทรกผ่านการย่างไฟ ไขมันจะละลายเข้าเนื้อเกิดความนุ่มและฉ่ำเนื้อ

2.1.1 ตัวแปรที่ควบคุมในการบ่มเนื้อแบบแห้ง

2.1.1.1 ระยะเวลา

ระยะเวลาในการบ่มเนื้อแบบแห้งมีความหลากหลายและแตกต่างกันตามความต้องการของผู้ทำการบ่ม งานวิจัยจำนวนมากนิยมใช้ระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มเนื้อคือช่วง 14-40 วัน ที่ให้ผลผลิตตามต้องการ ซึ่งยังไม่มีจุดเปลี่ยนแปลงแน่ชัดว่าระยะเวลาที่มากกว่า 14 วัน เป็นระยะเวลาเท่าใดจึงเหมาะสม ทั้งนี้อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลา อุตสาหกรรมเนื้อประเทศออสเตรเลีย (AMPC and MLA, 2010) กล่าววว่าระยะเวลา 4 อาทิตย์ ที่อุณหภูมิ -0.5 °C ให้ระดับความนุ่มเนื้อเท่ากับการบ่มเนื้อในระยะเวลา 2 อาทิตย์ ที่ 5 °C ไม่ว่าอุณหภูมิใด ๆ จะถูกนำมาใช้ในการบ่มเนื้อแบบแห้งก็ตามความนุ่มเนื้อจะเพิ่มขึ้นในระยะแรกของการบ่มและลดลงตามเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อวัวในแต่ละช่วงเวลาการบ่ม (Dashmaa et al., 2016)

2.1.1.2 อุณหภูมิ

งานวิจัยเกี่ยวกับการบ่มเนื้อแบบแห้งส่วนมากกล่าวถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มเนื้อแบบแห้งในช่วง 0-4 °C ทั้งนี้ยังไม่มีงานวิจัยที่กล่าวถึงความแตกต่างของผลการบ่มเนื้อที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน อุณหภูมิในการบ่มเนื้อเป็นปัจจัยสำคัญเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นกระบวนการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องมีสามารถทำงานมากขึ้น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแบคทีเรีย เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ การบ่มเนื้อแบบแห้งจึงทำการบ่มที่อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดโดยไม่ทำให้เนื้อแช่แข็ง บางกระบวนการแนะนำว่าการบ่มที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิแช่แข็งส่งผลให้กระกระบวนการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องช้าลง ดังนั้นอุณหภูมิสำหรับการบ่มเนื้อที่ระยะเวลานาน คือ -0.5 ± 1 °C

2.1.1.3 ความชื้นสัมพัทธ์

การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีความสำคัญมากในการบ่มเนื้อแบบแห้ง หากความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินไป จะเกิดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Spoilage Bacteria) อาจทำให้เกิดรสและกลิ่นไม่พึงประสงค์ หรือหยดน้ำเกาะบริเวณผิวเนื้อ ส่งผลให้ผิวสัมผัสของเนื้อเหนียว เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไป จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ แต่เกิดการสูญเสียของน้ำหนักเนื้อจากการระเหยของน้ำภายในเนื้อ ทำให้เนื้อแห้งเร็วเกินไป ความนุ่มเนื้อจึงน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม คือ 60-85 %RH โดยประมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้ในงานวิจัยคือ 80 %RH และควรเก็บข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ในทุกวันระหว่างการบ่มเนื้อ

2.1.1.4 การไหลของอากาศ

การบ่มเนื้อแบบแห้งต้องการการไหลของอากาศที่เพียงพอให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศที่ไม่เกิดจุดบอดของอากาศหรือจุดที่ความเร็วลมสูงเกินไป หากอากาศไม่เพียงพอเนื้อบ่มไม่สามารถคายความชื้นออกตามกระบวนการทำแห้งได้ ในขณะที่เมื่อเกิดการไหลของอากาศมากเกินไป เนื้อจะแห้งเร็วเกินไป เกิดการสูญเสียเนื้อมากจากการตัดแต่งเนื้อที่แห้งหลังการบ่มเนื้อ สหพันธ์การส่งออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อสัตว์ของสหรัฐอเมริกา (USMEF, 2014) แนะนำว่าช่วงความเร็วลมของอากาศที่เหมาะสม คือ 0.5-2 m/s และความเร็วลมรอบชิ้นเนื้อในช่วง 0.2-1.6 m/s การเพิ่มการไหลของอากาศภายในห้องบ่มเนื้อมีความจำเป็นในการทำแห้งให้เร็วที่สุดที่เป็นไปได้ของเนื้อบ่ม ซึ่งอาจเกิดจากการติดตั้งพัดลมเพื่อให้อากาศไหลทั่วทิศทางรอบบริเวณห้องบ่ม สัดส่วนของระยะห่างของเนื้อแต่ละชิ้นมีความสำคัญต่อการป้องกันการเน่าเสียของเนื้อจากอากาศที่ไหลผ่านระหว่างชิ้นเนื้อ ชิ้นเนื้อวัวแบบ Primal cut ที่นำมาใช้ในการบ่มควรวางด้านติดไขมันลงด้านล่างกับชั้นวาง เพื่อให้อากาศหมุนวนผ่านชิ้นเนื้อทุกด้าน กรณีส่วนเนื้อติดกระดูก เช่น เนื้อสันส่วนหน้า (Short loin) ควรวางเนื้อด้วยด้านที่ติดกระดูก

การควบคุมการไหลของอากาศสามารถควบคุมผ่านการออกแบบของพื้นที่ในการทำความเย็น เช่น การออกแบบชั้นวางแสตนเลส การเจาะช่องรูลมบริเวณชั้นวาง ตำแหน่งตะขอเกี่ยวเนื้อ การติดพัดลมเพิ่มเติม ระบบการกรองอากาศ หรือการติดแสง UV

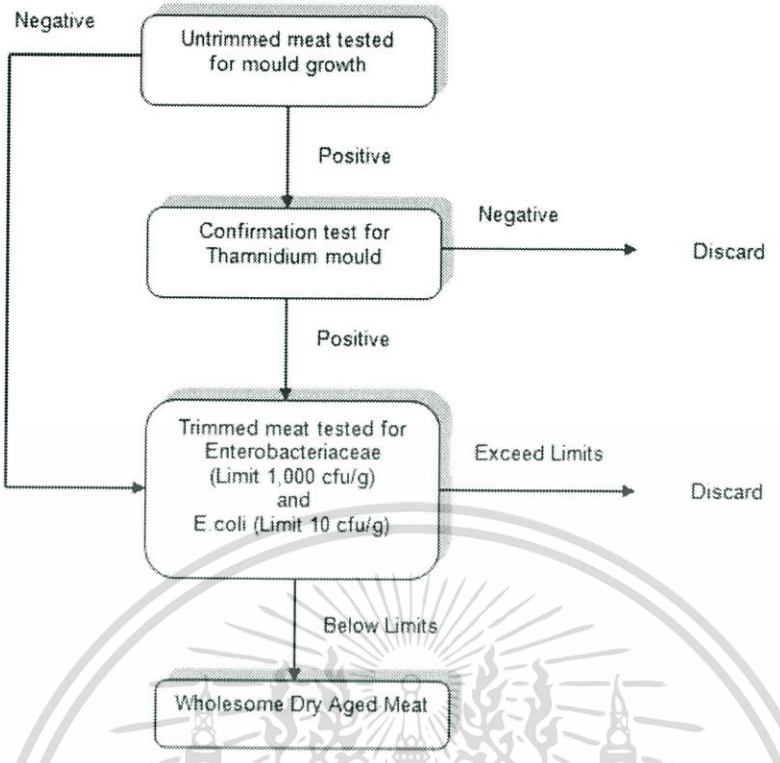
2.1.2 การเปลี่ยนแปลงภายหลังการบ่มเนื้อแบบแห้ง

2.1.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา

การบ่มเนื้อแบบแห้งเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเจริญเติมโตของแบคทีเรียและกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อราที่เป็นประโยชน์ต่อการบ่มเนื้อ เชื้อรา *Thamnidium* ถูกพบบริเวณผิวของเนื้อบ่ม ซึ่งเป็นเชื้อราที่เป็นที่ต้องการมากที่สุดในการบ่มเนื้อ มักมีลักษณะปรากฏเป็นวงสีเทาอ่อนบริเวณไขมันบนเนื้อบ่ม สิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีส่วนสำคัญต่อการบ่มเนื้อเนื่องจากเอนไซม์ของเชื้อรามีความสามารถในการทำลายเนื้อเยื่อของเนื้อ หรือการปล่อยเอนไซม์โปรตีเอสและสร้างเอนไซม์ทำลายคอลลาเจนที่ทำหน้าที่สลายโครงสร้างกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในเนื้อวัว ส่งผลให้การบ่มเนื้อเกิดความนุ่มเนื้อและได้รสชาติของเนื้อบ่มซึ่งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Thamnidium* เริ่มต้นขึ้นหลังจากอาทิตย์ที่ 3 ของกระบวนการบ่มเนื้อ (Dashmaa et al.,2016)

การตรวจสอบคุณภาพของเนื้อบ่มแบบแห้งต้องตรวจสอบเพื่อค้นหาเชื้อราดังกล่าว โดยการส่งให้ห้องปฏิบัติการตรวจสอบชิ้นเนื้อที่ทำการบ่มแบบแห้งปริมาณ 100 g ที่ยังไม่ทำการตัดแต่งบริเวณขอบด้านนอกและมองเห็นเชื้อรา เนื้อบ่มแบบแห้งสามารถเก็บรักษาได้ในห้องเย็นหากยังไม่ผ่านการตัดแต่งขอบด้านนอกออก และตัดแต่งออกเมื่อพร้อมขาย การตัดแต่งเนื้อด้านนอกออกทำให้เนื้อมีอายุ 2-3 วันหลังการตัดแต่ง ในการยืนยันอายุของเนื้อบ่มทั้งการบ่มเนื้อแบบแห้งและแบบเปียกต้องตรวจสอบผ่านการตรวจหาเชื้อ *Enterobacteriaceae* และ *E.coli.* โดยปริมาณเชื้อที่จำกัดสูงสุดไม่เกิน 1,000 cfu/g สำหรับ *Enterobacteriaceae* และ 10 cfu/g สำหรับ *E.coli.* Primesafe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



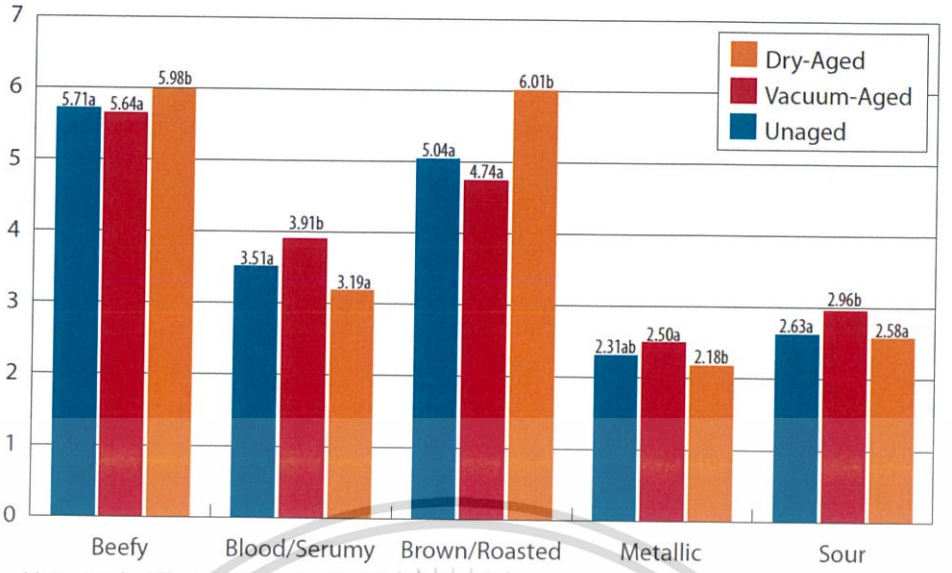
รูปที่ 2.2 แผนภาพกระบวนการตรวจสอบเชื้อสำหรับการบ่มเนื้อแบบแห้ง (PrimeSafe, 2017)

2.1.2.2 รสชาติ

รสชาติที่เข้มข้นขึ้นอย่างเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่เรียกได้ว่าเป็นรสชาติของเนื้อบ่มแบบแห้งเป็นผลจากการบ่มเนื้อแบบแห้ง ในหลายงานวิจัยได้กล่าวว่าเนื้อที่ผ่านการบ่มแบบแห้งจะมีรสชาติของเนื้อนุ่มละลายในปาก ซึ่งรสชาติต่างๆจะเริ่มเกิดขึ้นหลังจากการบ่ม 14 วัน สีที่เข้มขึ้นและกลิ่นอันเป็นเอกลักษณ์เกิดขึ้นในช่วง 14-21 วัน ระยะเวลาที่มากขึ้นรสชาติของเนื้อบ่มที่ได้จะมีความเข้มข้นและเป็นเอกลักษณ์มากขึ้น

เนื้อเสต็กจากการการบ่มเนื้อแบบแห้งมีความแน่นเนื้อและรสของเนื้อย่างที่เข้มข้นขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จากการทดลองชิมจากผู้ที่ได้รับการฝึกฝนกับเนื้อบ่มแบบแห้ง แบบสูญญากาศและเนื้อที่ไม่ผ่านการบ่ม (Warren and Kastner, 1992) ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Means with different letters (a, b) differ (P<0.05).

Adapted from Warren and Kastner (1992).

Lean Flavor Intensities (10 = very strong; 1 threshold) for dry-aged, wet-aged and unaged beef strip loin steaks

รูปที่ 2.3 การเปรียบเทียบรสชาติของเนื้อบ่มแบบแห้งแบบบรรจุถุงสูญญากาศและเนื้อที่ไม่ผ่านการบ่ม (Savell, 2008)

2.1.2.3 ความนุ่มเนื้อ

ระหว่างกระบวนการบ่มเนื้อแบบแห้งเอนไซม์ภายในเนื้อวัวทำการย่อยสลายโครงสร้างเนื้อเยื่อภายในเนื้อวัวทำให้เกิดความนุ่มเนื้อ โดยพบว่าการบ่มเนื้อแบบเปียกและแบบแห้งเป็นเวลา 11 วันมีความนุ่มเนื้อสูงขึ้นอย่างมีนัยะสำคัญเทียบกับเนื้อที่ไม่ผ่านการบ่ม (Warren and Kastner, 1992) ความต้องการของผู้บริโภคสำหรับความนุ่มเนื้อก็มีแนวโน้มมากขึ้นกับเนื้อบ่มเช่นกัน และการบ่มเนื้อแบบแห้งส่งผลให้แรงเฉือนลดลงถึง 17% จากการบ่มในวันที่ 14-35 วัน (Smith, 2008)

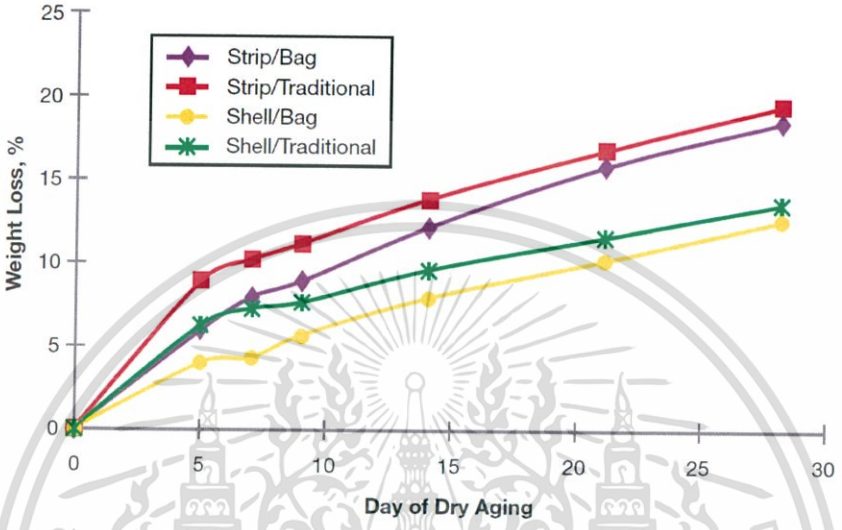
2.1.2.4 ความฉ่ำของเนื้อ

เนื้อที่ผ่านกระบวนการบ่มเนื้อแบบแห้งจะยังมีความฉ่ำเนื้อแม้หลังจากผ่านการปรุงสุกและยังมีความฉ่ำที่อร่อยมากกว่าเนื้อไม่ที่ผ่านกระบวนการอีกด้วย Campbell และคณะ (2001) พบว่าการเพิ่มระยะเวลาการบ่มเนื้อแบบแห้ง เนื้อบ่มจะมีความฉ่ำเนื้อสูงขึ้น โดยเนื้อเสต็กจากการบ่มที่ 21 วัน มีความฉ่ำเนื้อสูงกว่าเนื้อเสต็กที่ผ่านการบ่มเพียง 14 วัน อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งก็มีความฉ่ำเนื้อมากกว่าเนื้อที่ไม่ผ่านกระบวนการบ่มเนื้อแบบแห้งเช่นกัน ซึ่งความนุ่มเนื้อคาดว่าอาจเกิดจากความเป็นไปได้ในการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำทำให้น้ำภายในเนื้อบ่มคายออกมาเกิดเป็นความฉ่ำของเนื้อบ่มระหว่างการเคี้ยว รสชาติและตัวเนื้อมีความเข้มข้นขึ้นจากการสูญเสียความชื้นระหว่างกระบวนการบ่ม หรือตามความจริงแล้วเกิดจากการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนของไขมันทำให้ไขมันเป็นส่วนสัมผัสกับการรับรสโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.5 การหดตัวของเนื้อ

การสูญเสียน้ำหนักระหว่างกระบวนการบ่มเนื้อแบบแห้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ทำการบ่ม มากกว่า 5% ของน้ำหนักเริ่มต้นของเนื้อจะสูญเสียไประหว่างการบ่มเนื้อแบบแห้งในระยะเวลาอย่างน้อย 14 วัน ซึ่งการควบคุมการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มนี้เป็นปัจจัยสำคัญทางเศรษฐศาสตร์



รูปที่ 2.4 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อติดกระดูกและไม่ติดกระดูก โดยบ่มแห้งทั้งแบบไม่บรรจุในถุงและบรรจุในถุงที่ไอน้ำผ่านได้ (Degree และคณะ, 2009)

Degree และคณะ (2009) พบว่าการใช้เนื้อส่วนสะโพกติดกระดูกในการบ่มเนื้อแบบแห้งให้ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มและการตัดแต่งมากกว่าเนื้อไม่มีกระดูก การบ่มเนื้อแบบแห้งจึงนิยมใช้เนื้อติดกระดูกหรือยังไม่นำกระดูกออก เนื่องจากการนำกระดูกออกจากชิ้นเนื้อส่งผลให้การเคลื่อนที่ของความชื้นเป็นไปได้ง่าย อย่างไรก็ตามการตัดแต่งของเนื้อรอบนอกต้องทำโดยผู้บริโภคจากอายุการเก็บรักษาของเนื้อบ่มแบบแห้ง โครงหรือชิ้นเนื้อที่นำมาผ่านกระบวนการบ่มเนื้อแบบแห้งที่มีปริมาณไขมันปกคลุมบางจะสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มมากกว่าชิ้นเนื้อที่มีปริมาณไขมันปกคลุมหนากว่า เนื่องจากไขมันจะป้องกันเนื้อจากการสูญเสียน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Treatment combinations				
	Shell		Strip		
Trait	Traditional	Bag	Traditional	Bag	SEM[1]
Age loss[2], %	14.7[b]	11.1[c]	19.1[a]	17.5[a]	0.92
Trim loss[3], %	22.5[b]	23.5[b]	34.4[a]	34.1[a]	1.1
Cook loss[4], %	16.2[b]	18.3[a]	15.0[b]	18.4[a]	0.87

[1] Standard error of the mean.
[2] (Weight loss during aging/weight before aging) × 100.
[3] (Weight loss due to trimming/untrimmed weight) × 100.
[4] (Weight loss during cooking/weight before cooking) × 100.
[abc] Within a row, means without a common superscript letter differ (P<0.05).

รูปที่ 2.5 ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อบ่มแบบแห้งแบบบรรจุถุงและไม่บรรจุถุงด้วยเนื้อสันติดกระดูกและไม่ติดกระดูกระหว่างการบ่ม การตัดแต่ง และการปรุงสุก (Degree และคณะ, 2009)

2.2. ระบบทำความเย็นของตู้แช่

การทำความเย็น (refrigeration) คือการลดและรักษาระดับอุณหภูมิของเนื้อที่ว่างหรือของเทหวัตถุต่างให้ต่ำกว่าปกติ เช่น การทำความเย็นในตู้เย็น ตู้น้ำเย็น ตู้แช่ ห้องเย็น โรงน้ำแข็ง เป็นต้น ซึ่งถ้าเทียบกับความหมายของคำว่า การปรับอากาศ (air conditioning) จะมีความหมายถึงการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิให้เหมาะสมตามที่เราต้องการ รวมถึงการปรับสภาพอากาศให้มีความสะอาด มีการถ่ายเทหมุนเวียน และมีความชื้นที่เหมาะสม (ชูชัย, 2549) โดยที่การทำความเย็นในตู้แช่จะเป็นวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอมีการทำงานเบื้องต้น คือ เครื่องอัด (compressor) ทำหน้าที่อัดแก๊สของสารทำความเย็น (refrigerant) ให้เป็นของเหลวในเครื่องควบแน่น (condenser) และส่งผ่านหลอดรูเล็ก (capillary tube) ไปยังท่อที่โตกว่าในเครื่องระเหย (evaporator) ทำให้ความดันของของเหลวลดลงจนเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ ซึ่งความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (latent heat of vaporization) ของสารทำความเย็นได้รับมาจากวัตถุต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้เครื่องระเหยโดยวิธีการนำความร้อน การพาความร้อน หรือการแผ่รังสีความร้อน หลังจากนั้นแก๊สความดันต่ำของสารทำความเย็นจะถูกดูดโดยเครื่องอัดและอัดออกไปยังเครื่องควบแน่นเพื่อให้ความร้อนที่ได้รับมาถูกถ่ายเทออกไป หลังจากนั้นสารทำความเย็นจะเข้าไปแลกเปลี่ยนความร้อนที่เครื่องระเหยใหม่อีก เป็นวงรอบการทำงานดังนี้เรื่อยไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 องค์ประกอบและคุณสมบัติ

2.2.1.1 สารทำความเย็น

สารทำความเย็น (refrigerant) เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ทำหน้าที่รับความร้อนเนื้อที่ว่างหรือเทหวัตถุต่างๆในขณะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ เพื่อทำให้เกิดความเย็น มีหลักการเบื้องต้นคือการทำให้สารซึ่งเป็นตัวกลางในการทำความเย็นเปลี่ยนสถานะ เพราะขณะเปลี่ยนสถานะสารทุกชนิดต้องการความร้อนแฝงเข้ามาช่วยเสมอ ดังนั้นถ้าเราทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอจะเกิดการดูดความร้อนจากบริเวณใกล้เคียงซึ่งจะทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิลดลง โดยสารทำความเย็นจะมีคุณสมบัติอยู่สองประการคือ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ และ คุณสมบัติททางเคมี โดยสารทำความเย็นที่ใช้ในตู้แช่คือสารทำความเย็นชนิด R-134a (tetrafluoroethane – CF_3CH_2F)

2.2.1.1.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์

(1) ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอสูง เพื่อช่วยลดอัตราการไหลของน้ำยาในระบบ ทำให้ขนาดของอุปกรณ์เล็ก น้ำหนักเบา ใช้พลังงานขับน้อยลง

(2) ความหนาแน่นสูง ทำให้ลดขนาดและน้ำหนักของอุปกรณ์ในระบบได้

(3) จุดแข็งตัวต่ำ เพื่อไม่ให้น้ำยาแข็งตัวขนาดทำงาน

(4) รวมตัวกับบน้ำมันหล่อลื่นได้ เพื่อให้สามารถพาน้ำมันหล่อลื่นกลับมาหล่อลื่นที่เครื่องอัด

(5) มีความต้านทานไฟฟ้าสูง เพื่อป้องกันเพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรผ่านน้ำยาขณะทำงาน โดยเฉพาะเมื่อใช้กับเครื่องอัดชนิดหุ้มปิด

(6) ค่าความดันเพื่อการควบแน่นต่ำ ทำให้น้ำหนักและขนาดของอุปกรณ์ลดลง โอกาศที่น้ำยารั่วออกจากระบบน้อยลง และลดอันตรายที่เกิดขึ้นเนื่องจากความดันในระบบสูง

2.2.1.1.2 คุณสมบัติทางเคมี

(1) มีโครงสร้างทางเคมีมั่นคง คือสามารถทำงานได้ภายใต้อุณหภูมิและความดันปกติในระบบโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพ

(2) ไม่ติดไฟหรือไม่มีการระเบิดทั้งในสภาวะที่เป็นของเหลว เป็นไอ หรือเมื่อผสมกับน้ำมันหล่อลื่น

(3) ไม่ทำปฏิกิริยาหรือเกิดการกัดกร่อนในอุปกรณ์และวัศดุที่ใช้ในระบบ เช่น ยาง พลาสติก เหล็ก ทองเหลือง ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น

(4) ไม่เป็นพิษ หรือไม่มีอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ หรือสิ่งแวดล้อมใดๆ เช่น มีค่า ODP และ GWP ต่ำ

(5) เมื่อเกิดการรั่ว ไม่ทำให้รส กลิ่น สีของอาหารและน้ำดื่มเปลี่ยนแปลงหรือเป็นอันตราย

2.2.1.1.3 สารทำความเย็น R-134a (tetrafluoroethane – CF_3CH_2F)

เป็นสารกลุ่มฟลูออโรคาร์บอน มีจุดเดือด -150 °F (-26.2 °C) ที่ความดันบรรยากาศ เป็นสารทำความเย็นที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้แทน R-12 ซึ่งได้ถูกยกเลิกการผลิตตามข้อบังคับของพิธีสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอนทรัออล R-134a มีคุณสมบัติรวมตัวกับน้ำได้ดี (water solubility) จึงมีโอกาศที่จะเกิดน้ำแยกตัวออกจากสารทำความเย็นไปเป็นน้ำแข็งอุดตันลิ้นลดความดันได้ และเนื่องจากไม่สามารถรวมตัวกับสารหล่อลื่นชนิด mineral oils ได้ จึงต้องใช้สารหล่อลื่นชนิดพิเศษคือ polyol ester (POE) และเนื่องจาก POE เป็นสารหล่อลื่นที่ความสามารถในการดูดความชื้นสูง จึงต้องระวังอย่าให้มีโอกาศสัมผัสกับอากาศ

2.2.1.2 เครื่องอัด (compressor)

เครื่องอัด ทำหน้าที่ดูดน้ำยาในสภาพที่เป็นไอจากเครื่องระเหย เพื่อทำให้ความดันในเครื่องระเหยลดต่ำลงจนสามารถทำให้สารทำความเย็นกลายเป็นไอและสร้างความเย็นได้ พร้อมทั้งทำการอัดให้น้ำยามีความดันสูงขึ้นจนสามราถควบแน่นเป็นของเหลวได้ในเครื่องควบแน่นและส่งสารทำความเย็นผ่านอุปกรณ์ต่างๆในวงจร ซึ่งในตู้แช่จะเป็นเครื่องอัดแบบหุ้มปิด (hermetic compressor)

2.2.1.2.1 เครื่องอัดแบบหุ้มปิด (hermetic compressor)

เครื่องอัดแบบหุ้มปิด คือ แบบที่ตัวเครื่องอัดและตัวขับถูกประกอบรวมอยู่ในโครงสร้างเดียวกัน และถูกเชื่อมปิดสนิท มีข้อดีคือป้องกันการรั่วได้ดี มีขนาดเล็ก ทำงานได้เงียบ มีการสั่นสะเทือนเล็กน้อย แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถแยกตัวขับกับเครื่องอัดออกมาซ่อมเฉพาะส่วนที่เสียได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการถอดออกเพื่อตรวจซ่อมยากเพราะถูกประกอบด้วยวิธีการเชื่อม

2.2.1.3 เครื่องควบแน่น (condenser)

เครื่องควบแน่น ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นซึ่งถูกอัดออกจากเครื่องอัดในสภาพไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูงควบแน่นเป็นของเหลวได้ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดที่การถ่ายเทความร้อนอาศัยการ ไหลเวียนของอากาศที่มีความหนาแน่นต่างกัน (static condenser) มักพบในลักษณะของท่อยาวที่ขดไปมาติดตั้งอยู่ด้านหลัง ด้านใต้ หรือฝังอยู่ในผนัง (warm wall condenser) ของตู้แช่ สวนอีกชนิดหนึ่งใช้พัดลมช่วยเป่าระบายความร้อนออกจากแผงเครื่องควบแน่น (forced draft condenser) ซึ่งมีลักษณะ เป็นแผงที่มีทอขนาดเล็กขดไปมาซ้อนกันหลายชั้นติดตั้งอยู่ใกล้ๆเครื่องอัด พัดลมระบายความร้อนจะทำงานเฉพาะตอนที่เครื่องอัดทำงาน

2.2.1.4 เครื่องระเหย (evaporator)

เครื่องระเหย ทำหน้าที่รับสารทำความเย็นที่ถูกลดความดันจากลิ้นลดความดัน โดยขณะที่สารทำความเย็นผ่านเครื่องระเหยจะแลกเปลี่ยนความร้อนจากริเวณรอบๆเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊สทำให้เกิดการลดลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว เครื่องระเหยนิยมใช้แบบขยายตัวโดยตรง (direct expansion type) โดยทำให้ท่อของเครื่องระเหยมีขนาดใหญ่กว่าหลอดรูเล็กมาก ทำให้ความดันของสารทำความเย็นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อผ่านมาที่ท่อของเครื่องระเหย นอกจากนี้ยังผลิตได้ง่ายและมีราคาถูกจึงนิยมใชกันอย่างแพร่หลายในตู้เย็นและตู้แช่แข็งทั่วๆไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.5 ลิ้นลดความดัน (expansion valve)

ลิ้นลดความกดัน ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่จะส่งเข้าเครื่องระเหย ลักกษระการทำงานคือสารทำความเย็นที่ผ่านจะถูกลดความดันลงเพื่อให้สารทำความเย็นสามารถเดือดได้ในเครื่องระเหยจึงเรียกลิ้นลดความดัน

2.2.1.6 สารดูดความชื้น (drying agent หรือ dessicant)

เป็น silica gel (silicon dioxide), activated alumina (aluminum oxide) หรือ drierite (anhydrous calcium sulfate) บรรจุอยู่ในกระเปาะตัวทำให้แห้ง (drier) ซึ่งติดตั้งอยู่ระหว่างท่อของเครื่องอัดกับหลอดรูเล็ก มีหน้าที่ 3 ประการคือเป็นแหล่งเก็บสารทำความเย็นในรูปของเหลวก่อนถูกดูดไปยังเครื่องระเหย กรองสิ่งสกปรกออกจากสารทำความเย็น และดูดความชื้นออกจากสารทำความเย็น

2.2.1.7 หลอดรูเล็ก (capillary tube)

เป็นท่อเล็กๆที่เชื่อมตอระหวางเครื่องควบแน่นกับเครื่องระเหย มีความยาวตั้งแต 2-3 นิ้ว จนถึงหลายฟุต ขึ้นอยูกับสารทำความเย็นที่ใชและอุณหภูมิที่ตองการ รูขนาดเล็กของหลอดทำหน้าที่สร้างความแตกต่างของความดันที่เครื่องควบแน่นและเครื่องระเหย และควบคุมสารทำความเย็นให้ไหลในระบบในปริมาณที่เหมาะสม

2.2.1.8 หม้อสะสม (accumulator)

มีลักษณะเป็นกระเปาะที่ต่ออยู่ระหว่างท่อของเครื่องระเหยที่กลับสู่เครื่องอัดมีหน้าที่เหมือนตัวทำให้แห้ง กล่าวคือช่วยกรองสิ่งสกปรกและดูดความชื้น และป้องกันสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวไหลกลับสู่เครื่องอัด

2.2.1.9 ท่อระบายความร้อน (heat exchanger tube)

เป็นท่อที่ต่อระหว่างท่อของเครื่องระเหยกับทอดูดกลับของเครื่องอัด แต่เดินท่อให้ติดขนานไปกับหลอดรูเล็กเพื่อช่วยลดความร้อนของสารทำความเย็นในหลอดรเล็กก่อนไหลไปสู่เครื่องระเหย

2.2.1.10 ตัวแยกน้ำมัน (oil separator)

นิยมติดตั้งเพิ่มเติมเข้าไปในระบบทำความเย็นที่ต้องการอุณหภมิต่ำ ใช้สารทำความเย็นที่ไม่รวมตัวกับน้ำ และใช้เครื่องระเหยแบบป้องกันน้ำมันไหลกลับ (nonoil-returning evaporator) โดยตัวแยกน้ำมันที่ท่อส่งแก๊สทำความเย็นความดันสูงออกจากเครื่องอัดไปยังเครื่องควบแน่น การแยกน้ำมันอาศัยหลักการที่น้ำมันหนักมากกว่าสารทำความเย็นจึงรวมตัวแยกเป็นชั้นอยู่ด้านล่างของตัวแยกน้ำมันแล้วไหลกลับสู่เครื่องอัด

2.2.1.11 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภมิ

มีหน้าที่รักษาอุณหภูมิของตู้เย็นหรือตู้แช่แข็งให้ได้ตามต้องการ โดยมีความสม่ำเสมอของอุณหภูมิทั่วทั้งตู้ทาความเย็น อุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.11.1 ตัวไวความร้อน (thermal sensor)

มีหน้าที่วัดอุณหภูมิภายในตู้ทำความเย็นแล้วส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของเครื่องอัด เพื่อให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ ตัวไวความร้อนนิยมติดตั้งไวใกล้ๆกับเครื่องระเหย ตัวไวความร้อนที่ใช้อาจเป็นแบบที่อาศัยการหดหรือการขยายตัวของแก๊ส ปรอท หรือโลหะ

2.2.1.11.2 ปุ่มควบคุมอุณหภูมิ (temperature control knob)

ปกติจะมีสเกลบอกอุณหภูมิแบบหยาบๆบนตัวปุ่มหรือรอบๆปุ่ม การตรวจสอบความถูกต้องของสเกลนี้จึงต้องอาศัยการปรับให้ถูกต้อง โดยการใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิที่แท้จริงเมื่อหมุนปุ่มควบคุมอุณหภูมิไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ

2.2.1.11.3 เครื่องชี้อุณหภมิ (temperature indicator)

เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่นอกตู้ทำความเย็นมีสายเชื่อมโยงไปยังตัววัดอุณหภูมิของตู้ทำความเย็น ซึ่งอาจแตกต่างจากอุณหภูมิของเครื่องระเหย 1-2 °C

2.2.1.11.4 พัดลมหมุนเวียนอากาศ

มักติดตั้งอยู่หลังเครื่องระเหยทำหน้าที่ดูดอากาศที่มีความร้อนกว่ามาเป่าใส่เครื่องระเหย ช่วยทำให้มีการถ่ายเทความร้อนอย่างทั่วถึงทั้งตู้ทำความเย็นและช่วยลดการเกาะของน้ำแข็งที่เครื่องระเหย พัดลมหมุนเวียนอากาศมักพบในตู้แช่แข็งหรอตู้เย็นขนาดใหญ่ เพราะการถ่ายเทความร้อนอย่างทั่วถึงโดยธรรมชาติเกิดขึ้นช้ามากและยังนิยมใช้ในตู้เย็นระบบไร้น้ำแข็ง (nofrost system)

2.2.1.11.5 ฉนวน (insulator)

ใช้บุผนังและประตูตู้ทำความเย็นและท่อบางส่วนของระบบทำความเย็นเพื่อป้องกันความร้อนจากภายนอกผ่านเข้ามาภายในตู้ทำความเย็น

2.2.1.12 ระบบละลายน้ำแข็ง (defrost system)

ในขณะที่ระบบทำความเย็นทำงานน้ำหรือความชื้นจากวัตถุต่าง ๆ ในตู้ทำความเย็นจะเกาะที่เครื่องระเหย ทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนลดลงจึงจำเป็นต้องมีระบบละลายน้ำแข็งที่เครื่องระเหย ซึ่งนิยมใช้ขดลวดความร้อนที่ใช้พลังงานจากกระแสไฟฟ้า ลวดความร้อนอาจทำงานโดยการควบคุมด้วยมือเมื่อต้องการหรือทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อมีน้ำแข็งเกาะเครื่องระเหยมากเกินไป โดยการรับสัญญาณมาจากตัวไวความร้อนแต่ชนิดที่นิยมใช้มากในปัจจุบันเป็นระบบที่ใช้นาฬิกาตั้งเวลาควบคุมการทำงานของลวดความร้อน

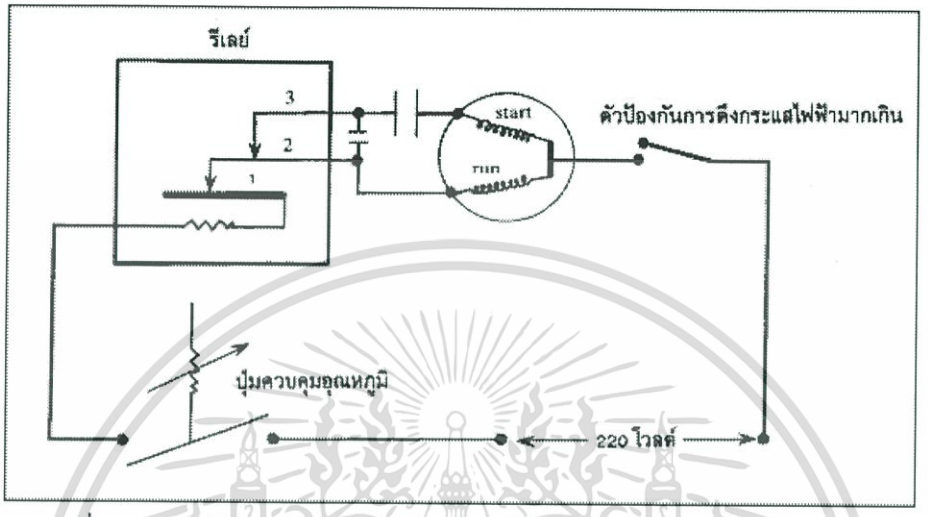
2.2.1.13 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ของเครื่องอัด

มอเตอร์ที่ใช้ในเครื่องอัดส่วนใหญ่เป็นแบบเหนี่ยวนำ (induction type) เพราะมีโครงสร้างง่าย ๆ และมีราคาถูก มอเตอร์ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด ชุดแรกเป็นขดลวดเริ่มหมุน (starting winding) ชุดที่สองเป็นขดลวดใช้งาน (running winding) เมื่อเริ่มทำงานขดลวดทั้งสองได้รับกระแสไฟฟ้าพร้อม ๆ กัน แล้วจึงถูกควบคุมการทำงานโดยอุปกรณ์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.13.1 รีเลย์ (relay)

มีหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้าออกจากขดลวดชุดแรกเมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนจน มีความเร็วประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของความเร็วปกติ เพื่อป้องกันมอเตอร์ได้รับกระแสไฟฟ้ามากเกิน เป็นเวลานาน รูปที่ 2.6 เป็นรีเลย์แบบใช้ลวดความร้อน (hot wire) ซึ่งนิยมใช้ในเครื่องอัดขนาดเล็ก



รูปที่ 2.6 แผนผังการต่อวงจรของรีเลย์แบบใช้ลวดความร้อน (ชูชาติ, 2019)

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในตอนเริ่มแรกความร้อนจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงระดับที่ทำให้ลวดเส้นที่ 1 ขยายตัวงอตัวลงตัดกระแสไฟฟ้าออกจากขดลวดชุดแรก (ลวดเส้นที่ 3) ขณะใช้งานถ้ามีความผิดปกติทำให้มีการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดชุดที่ 2 มากเกิน ลวดเส้นที่ 1 จะงอตัวมากขึ้นอีกจนลวดเส้นที่ 2 ถูกตัดกระแสไฟฟ้าออก ดังนั้นรีเลย์ชนิดนี้จึงทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกนการดึงกระแสไฟฟ้ามากเกิน (overload protector) ด้วย

2.2.1.13.2 ตัวเก็บประจุเริ่มหมุนมอเตอร์ (start capacitor)

เป็นตัวเก็บประจุขนาดใหญ่ที่มีความจุมาก ใช้ต่ออนุกรมกับขดลวดชุดแรกมีหน้าที่ช่วยจ่ายกระแสไฟฟ้าปริมาณมากให้กับขดลวดชุดแรกในขณะเริ่มหมุนมอเตอร์ แต่รีเลย์จะต้องตัดตัวเก็บประจุนี้ออกจากวงจรภายใน 5 วินาที เพื่อป้องกัน ขดลวดไหม้

2.2.1.13.3 ตัวเก็บประจุหมุนมอเตอร์ (run capacitor)

เป็นตัวเก็บประจุขนาดเล็กใช้ต่อขนานกับขดลวดชุดที่สอง มีหน้าที่สะสมไฟฟ้าและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดชุดที่สอง ทำให้มอเตอร์หมุนได้อย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา

2.2.1.13.4 ตัวป้องกันการดึงกระไฟฟ้ามากเกิน (overload protector)

นิยมใช้ชนิดที่เป็นโลหะ 2 ชนิดประกบติดกัน (bimetallic) ต่ออนุกรมกับขดลวดชุดที่สอง เมื่อเกิดความผิดปกติกระแสไฟฟาถูก ดึงผ่านขดลวดชุดที่สองมากเกินจนเกิดความร้อนทำให้โลหะ 2 ชนิดดังกล่าวโค้งงอตัดวงจรไฟฟ้า และจะต่อวงจรไฟฟ้าเองเมื่อโลหะเย็นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การควบคุมอุณหภูมิภายในตู้แช่

2.2.2.1 เทอร์โมสตัต (thermostat)

เทอร์โมสตัต เป็นอุปกรณ์ควบคุมที่สำคัญของเครื่องทำความเย็น และเครื่องปรับอากาศ มีหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ภายใต้พิสัยหรือระยะที่ต้อการตามการปรับตั้งโดยติดตั้งเข้ากับชุดควบคุมโหลดที่เกี่ยวข้อง เช่น รีเลย์ควบคุมมอร์เตอร์ หรือขดโซลินอยด์ของวาล์ว เพื่อเป็นตัวสั่งตัดการทำงานของชุดควบคุม ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของชนิดภาระความร้อนและระบบนั้นๆ เทอร์โมสตัตแบ่งชนิดตามการนำไปใช้งานได้เป็นเทอร์โมสตัตความร้อน (heating thermostat) เทอร์โมสตัตความเย็น (cooling thermostat) เทอร์โมสตัตคู่ (dual thermostat) ที่ควบคุมได้ทั้ง 2 แบบ โดยมีหลักการในการทำงาน ดังนี้

2.2.2.1.1 เทอร์โมสตัตความร้อน (heating thermostat)

หลักการทำงาน คือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงพิสัยที่ปรับตั้งไว้หน้าสัมผัสจะเปิดออก เพื่อปรับสถานะของอุปกรณ์ทำงาน เช่น การปิดแผ่นปรับลมท่อส่งลม หรือวาล์วของระบบท่อน้ำร้อน เป็นต้น เทอร์โมสตัตควบคุมความร้อนสามารถใช้ทั้งกระเปาะตรวจความร้อน และขดแผ่นโลหะคู่

2.2.2.1.2 เทอร์โมสตัตความเย็น (cooling thermostat)

เทอร์โมสตัตความเย็น โดยชนิดและโครงสร้างเหมือนกับเทอร์โมสตัตความร้อน แต่มีเงื่อนไขในการทำงานตรงข้ามกับและกลไกหน้าสัมผัสตรองกันข้าม คือมีหน้าที่เปิดหน้าสัมผัสออกเมื่ออุณหภูมิลดลงมาอยู่ในพิสัยที่ปรับตั้งไว้

2.2.2.1.3 เทอร์โมสตัตคู่ (dual thermostat)

เทอร์โมสตัตคู่ คือ เทอร์โมสตัตที่ควบคุมทั้งความร้อนและความเย็นภายในตัว ถูกนำมาใช้กับระบบปรับอากาศที่ปรับอุณหภูมิให้ลดลงและเพิ่มขึ้นตามความต้องการ หน้าสัมผัสไฟฟ้าจึงมี 2 ชุดคือ ปกติปิดและปกติเปิด หลักการทำงานคือ เมื่อเทอร์โมสตัตกำลังตรวจวัดความร้อนที่เพิ่มขึ้นเพื่อเปลี่ยนสถานะของหน้าสัมผัส โดยย้ายไปที่ขั้วที่ต่อวงจรระบบทำความเย็นซึ่งจะไม่มีโอกาศทำงาน เนื่องจากสวิตช์ควบคุมไม่ได้เลือกไปในตำแหน่งการทำความเย็น ในทางตรงกันข้าม เมื่อสวิตช์เลือกการใช้งานที่เป็นการทำความเย็น การทำงานของเทอร์โมสตัตจะมีผลต่อวงจรของเครื่องทำความเย็นเท่านั้น

ผลการควบคุมอุณหภูมิของเทอร์โมสตัตอาจทำให้เกิดสภาวะที่อุณหภูมิของห้องสูงเกินหรือต่ำกว่าค่าที่ปรับตั้งมาก เนื่องจากอุณหภูมิมีการแกว่งระหว่างค่าต่ำและสูงมีมากเกินไป เรียกว่าเป็นสภาวะล้าหลัง (lag) และสภาวะพุ่งเกิน (over shoot) ตามลำดับ (สุธิกานต์, 2549) ซึ่งเป็นผลมาจากเมื่อทอร์โมสตัตตัดการทำงานของอุปกรณ์หลักแล้ว แต่ลมเย็นหรือลมอุ่นยังคงถูกส่งเข้าสู่ห้องปรับอากาศต่อไปอีกช่วงเวลาหนึ่ง

2.2.2.2 Temperature Controller

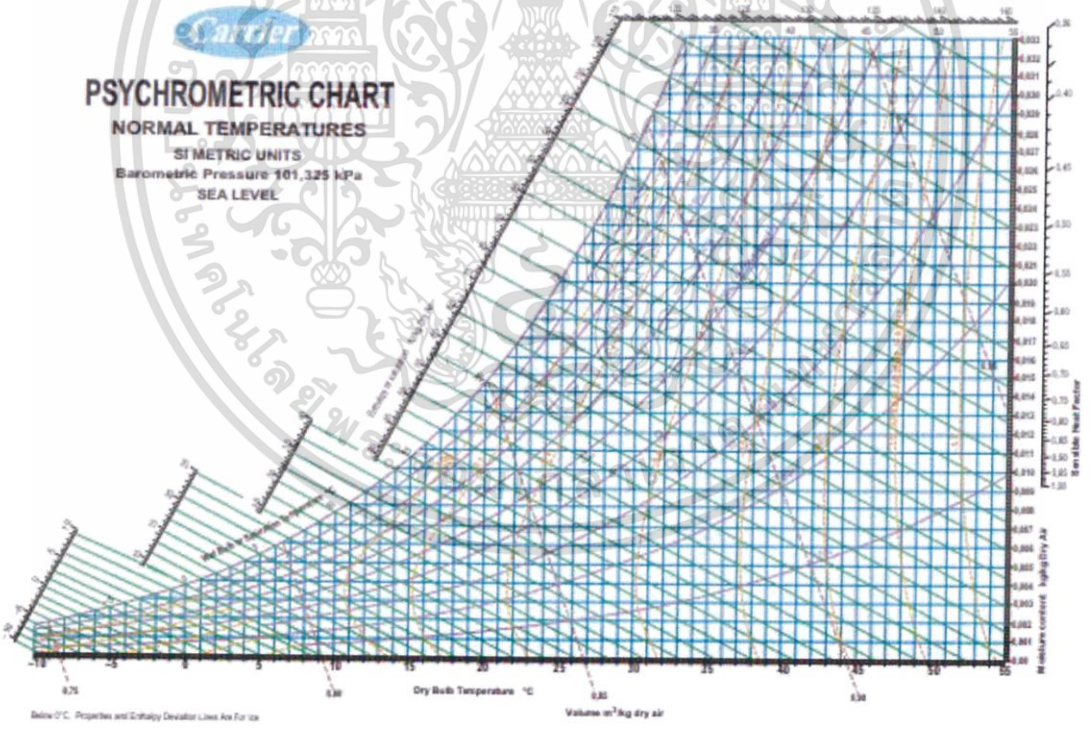
Temperature Controller หรือ **อุปกรณ์ควบคุณอุณภูมิ** คือเครื่องควบคุมที่ทำหน้าที่ในการประมวลผลสัญญาณอินพุตจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและสั่งงานเอาต์พุต เพื่อไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ โดยกระบวนการควบคุมนั้นมีด้วยกันหลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบ เช่น ON-OFF Control, PID Control, Fuzzy Logic Control โดยการทำงานคือ จะมีหัววัดอุณหภูมิ หรือ temperature sensor ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิส่งมาที่ temperature controller เมื่ออุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ไม่อยู่ในพิสัยที่ต้องการ temperature controller จะจ่ายแรงดันไปยังอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิเพื่อทำให้อุณหภูมิอยู่ในพิสัยที่ต้องการ

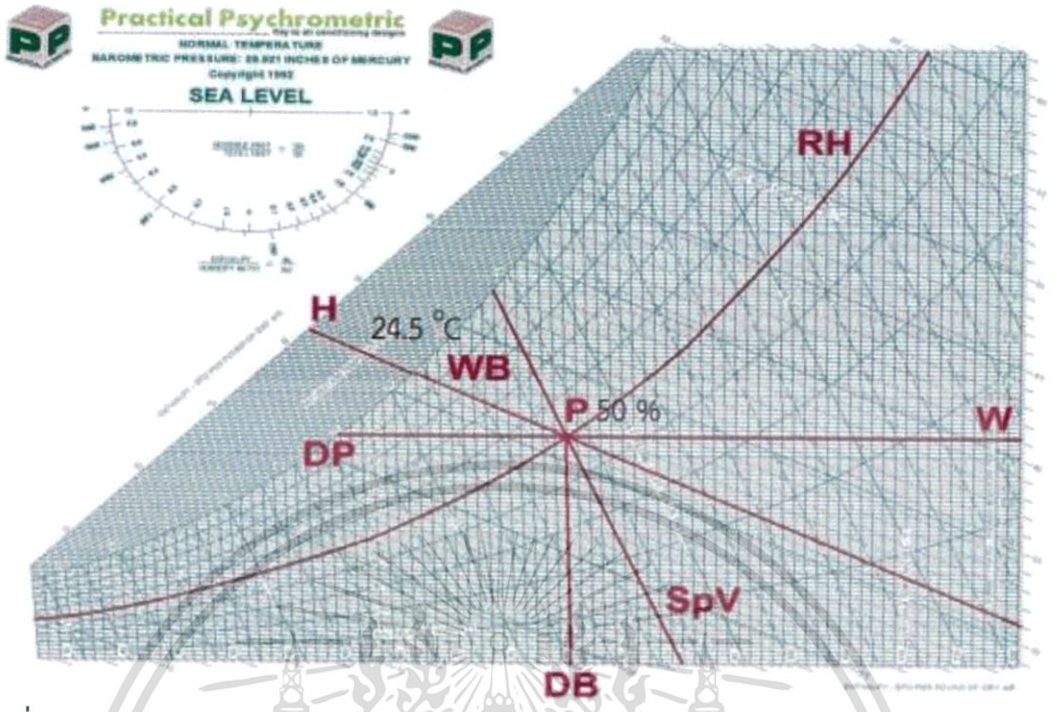
2.3 แผนภูมิไซโครเมตริกชาร์ท (Psychrometric chart)

ไซโครเมตริกชาร์ท เป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงคุณสมบัติของอากาศสามารถใช้วิเคราะห์กระบวนการที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของอากาศจากสภาวะหนึ่งไปสภาวะอื่น โดยทั่วไปแล้วการใช้ไซโครเมตริกชาร์ทสำหรับวิเคราะห์กระบวนการของอากาศได้รับการยอมรับว่ามีความเที่ยงตรง ค่าผิดพลาดจากสูตรทฤษฎีต่ำ จึงนิยมใช้วิเคราะห์งานปรับอากาศทั้งเพื่อความสุขสบายของมนุษย์ และงานปรับอากาศในงานอุตสาหกรรมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ค่าและความหมายต่างๆ ในแผนภูมิไซโครเมตริกชาร์ทได้อธิบายในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 แผนภาพไซโครเมตริกชาร์ท (EnergyAuditorThai, 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ค่าและความหมายต่างๆ ในแผนภูมิไซโครเมตตริกชาร์ท (EnergyAuditorThai, 2017)

2.3.1 อุณหภูมิ Dry bulb (DB)

อุณหภูมิดรายบัลย์หรืออุณหภูมิกระเปาะแห้ง คือ อุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่ใช้วัดกันอยู่ทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 8 คือเส้น DB หน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C) อุณหภูมิดรายบัลย์เป็นปริมาณความร้อนที่เกิดจากปริมาณความร้อนในอากาศโดยตรง ไม่ขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศ

2.3.2 อุณหภูมิ Wet bulb (WB)

อุณหภูมิเว็ทบัลย์หรืออุณหภูมิกระเปาะเปียก คือ อุณหภูมิซึ่งวัดได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะหุ้มด้วยสำลีชุบน้ำ จะอ่านได้เฉพาะอุณหภูมิที่สูงกว่า 0 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านี้สำลีชุบน้ำจะเป็นน้ำแข็ง อุณหภูมิเว็ทบัลย์จะขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศ มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส (°C) ดังแสดงในรูปที่ 8 คือเส้น WB

2.3.3 Specific humidity (W)

Specific humidity คือ มวลของน้ำที่อยู่ในอากาศแห้ง 1 กิโลกรัม หรือ ปอนด์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมของน้ำต่อกิโลกรัมของอากาศแห้ง (kg H_2O/ kg dry air) หรือ กรัมของน้ำต่อกิโลกรัมของอากาศแห้ง (g H_2O/ kg dry air) อัตราส่วนความชื้นในอากาศจะมีค่าคงที่เสมอ ถ้าไม่มีการเพิ่มปริมาณความชื้นจำนวนใหม่ให้แก่อากาศ หรือไม่มีการนำความชื้นออกจากอากาศโดยทำให้ความชื้นในอากาศควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 8 คือเส้น W โดยมีสมการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\omega = \frac{0.622 P_V}{P_{atm} - P_V} \quad (2.1)$$

ω คืออัตราส่วนความชื้น, kg $_{vapor}$/kg $_{dry\ air}$

P_V คือความดันย่อยของไอน้ำภายในอากาศ, kN/m^2

P_{atm} คือความดันบรรยากาศ, kN/m^2

2.3.4 ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume, SpV)

ปริมาตรจำเพาะ คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของอากาศรวกับความชื้นต่อหนึ่งหน่วยของอากาศแห้ง มีหน่วยเป็น ลูกบาสก์เมตรต่อกิโลกรัมของอากาศแห้ง (m^3/ kg dry air) ดังแสดงในรูปที่ 8 คือเส้น SpV ดังสมการ

$$SpV = \frac{R_a T}{P_{atm} - P_V} \quad (2.2)$$

R_a คือค่าคงที่ของอากาศแห้ง, kJ/kg.°C

T คืออุณหภูมิในสภาวะที่พิจารณา, °C

P_V คือความดันย่อยของไอน้ำภายในอากาศ, kN/m^2

P_{atm} คือความดันบรรยากาศ, kN/m^2

2.3.5 เอนทัลปี (Enthalpy, H)

เอนทัลปี คือ ปริมาณความร้อนที่มีอยู่ในอากาศแห้ง 1 กิโลกรัม และความชื้นหนัก W กิโลกรัม มีหน่วยเป็น กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน (kJ/ kg K) ดังแสดงในรูปที่ 8 คือเส้น H ดังสมการ

$$H = C_p T + \omega H_g \quad (2.3)$$

H คือค่าเอนทัลปี, kJ/kg

C_p คือค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศแห้ง, kJ/kg K

T คืออุณหภูมิในสภาวะที่พิจารณา, K

ω คืออัตราส่วนความชื้น, kg $_{vapor}$/kg $_{dry\ air}$

H_g คือค่าเอนทัลปีของไอน้ำอิ่มตัว, kJ/kg

2.3.6 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dewpoint temperature, DP)

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง คือ อุณหภูมิที่มีความชื้นในอากาศเริ่มควบแน่นเป็นหยดน้ำ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C) ดังแสดงในรูปที่ 8 คือเส้น DP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity, RH)

ความชื้นสัมพัทธ์ คือ ค่าที่ใช้แสดงความชื้นในอากาศ โดยเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นที่สามารถกลั่นตัวได้ที่อุณหภูมิเดียวกัน ค่าจะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ (%RH) ดังแสดงในรูปที่ 8 คือเส้น RH ดังสมการ

$$RH = \frac{m_v}{m_g} \times 100 = \frac{P_V}{P_g} \times 100 \qquad (2.4)$$

RH คือความชื้นสัมพัทธ์, %

m_v คือมวลของไอน้ำในอากาศ ณ จุดที่ทำการวัด, kg $_{vapor}$/kg $_{dry\ air}$

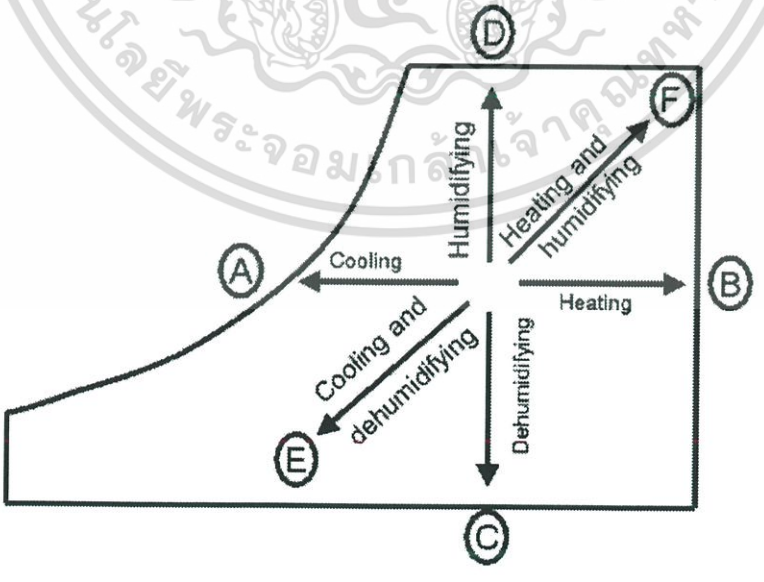
m_g คือมวลของไอน้ำที่อากาศสามารถรับไว้ได้สูงสุดของอุณหภูมิที่ต้องการวัด, kg $_{vapor}$/kg $_{dry\ air}$

P_V คือความดันย่อยของไอน้ำภายในอากาศ, kN/m^2

P_g คือความดันย่อยของอากาศ, kN/m^2

2.3.8 การศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาวะของอากาศโดยใช้แผนภูมิไซโครเมตริก

ในกระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาวะของอากาศแผนภูมิไซโครเมตริกจะเป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการมองการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นและสามารถนำมาคิดคำนวณหาพลังงานและรู้ค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงโดยไม่ต้องใช้สูตรในการคำนวณให้ยุ่งยากโดยที่กระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นเราสามารถพิจารณาด้วยไซโครเมตริกชาร์ทได้ดังนี้



รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศในแผนภูมิไซโครเมตริก (อาจหาญ, 2013)

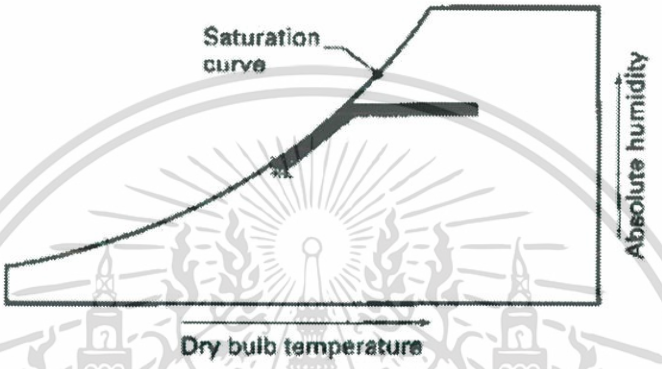
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กระบวนการปรับความชื้น

2.4.1 กระบวนการลดความชื้น (Dehumidification Process)

จากคุณสมบัติต่าง ๆ ที่สภาวะความดันคงที่ถ้าอุณหภูมิลดลงความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการควบคุมสภาวะอากาศให้มีค่าความชื้นสัมพัทธ์น้อยที่อุณหภูมิต่ำนั้นสามารถทำได้โดยวิธีการดังนี้

2.4.1.1 การลดความชื้นโดยการลดอุณหภูมิ

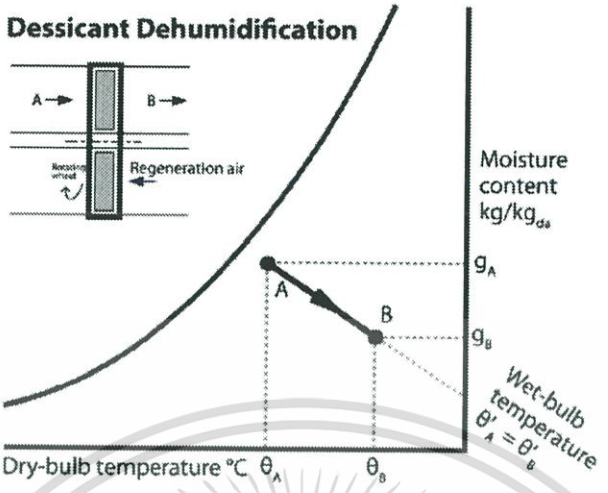


รูปที่ 2.10 การลดความชื้นด้วยการลดอุณหภูมิ (อาจหาญ, 2013)

คือการลดอุณหภูมิของอากาศ ณ จุดที่เป็นจุดลดความชื้นให้ลดลงจนถึงจุดน้ำค้างของอากาศ ตัวอย่างที่สามารถเห็นได้ชัดคือในห้องที่ติดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก จะเห็นว่าที่ด้านล่างของคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศจะมีถาดรองน้ำรองอยู่ซึ่งเป็นไอน้ำที่ควบแน่นจากการกลั่นตัว โดยสมมติในห้องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25 เซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50% ดังนั้นอุณหภูมิหยดน้ำค้างของอากาศที่สภาวะดังกล่าวจะอยู่ที่ประมาณ 13.8 เซลเซียส และที่คอล์ยเย็นของเครื่องปรับอากาศจะมีอุณหภูมิประมาณ 7 เซลเซียส ดังนั้นเมื่ออากาศถูกดูดเข้าใกล้คอล์ยเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศดังกล่าวและเมื่อที่จุดดังกล่าวมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำค้างของอากาศจึงทำให้ความชื้นในอากาศเกิดการกลั่นตัวกลายเป็นน้ำ ทำให้ปริมาณความชื้นในอากาศลดลง เส้นการลดความชื้นด้วยการลดอุณหภูมิแสดงดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 การลดความชื้นโดยวิธีการดูดซึมความชื้น



รูปที่ 2.11 การลดความชื้นโดยใช้วัสดุดูดความชื้น (Tim, 2009)

การลดความชื้นแบบนี้เป็นการใช้วัสดุดูดซึมความชื้น (Absorption Material) เช่น ซิลิก้าเจล เป็นตัวลดความชื้นออกจากอากาศ การลดความชื้นวิธีนี้จึงไม่จำเป็นต้องลดอุณหภูมิดังแสดงในรูปที่ 2.11 เมื่อนำวัสดุดูดความชื้นมาวาง วัสดุดูดความชื้นก็จะดูดไอน้ำหรือความชื้นในอากาศออกจากอากาศในระบบนั้น เป็นผลให้ความชื้นในอากาศลดลงโดยที่อุณหภูมิของอากาศคงที่

2.4.1.2.1 Silica gel

สารสังเคราะห์ที่สกัดจากทรายของผสมกรดกำมะถันมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide) ซิลิกาเจลถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในบรรจุภัณฑ์ยาและอาหาร มีลักษณะเป็นเม็ดกลม มีรูพรุน เป็นโพรง ทำให้มีพื้นที่ผิวในการดูดความชื้นเป็นจำนวนมากประมาณ 800 m^2 ต่อน้ำหนัก 1 gหรือประมาณ 35-40 % ของน้ำหนักปรพสิทธิภาพสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 °C หากอุณหภูมิสูงขึ้นประสิทธิภาพจะลดลงและมีโอกาสที่จะคายความชื้น (Desorption) ออกจากตัวเองได้ ซิลิกาเจลมี 4 ชนิด คือ

- ชนิดเม็ดสีขาว (White silica gel) มีความสามารถในการดูดความชื้นประมาณ 35-40 % ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่อเม็ดประมาณ 2-5 mm
- ชนิดเม็ดสีน้ำเงิน (Blue silica gel) มีการเติม Cobalt chloride ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเป็นสีชมพูเมื่อความชื้นสัมพัทธ์รอบข้างมากกว่า 40 %RH ซิลิกาเจลชนิดนี้นิยมใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากมีประโยชน์ในการสังเกตว่าสินค้ามีโอกาสเสี่ยงต่อความชื้นมากเพียงใด หากความชื้นรอบข้างมีระดับต่ำ ซิลิกาเจลจะยังคงมีสีน้ำเงิน ในทางกลับกันหาซิลิกาเจลเปลี่ยนสีเป็นสีชมพู ความชื้นรอบข้างนั้นจะมีปริมาณสูงเกินกว่าที่ซิลิกาเจลจะดูดและควบคุมให้อยู่ในระดับต่ำได้ ความหนาแน่นประมาณ 0.70-0.78 g/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ลักษณะเมื่อมีการดูดซับความชื้น

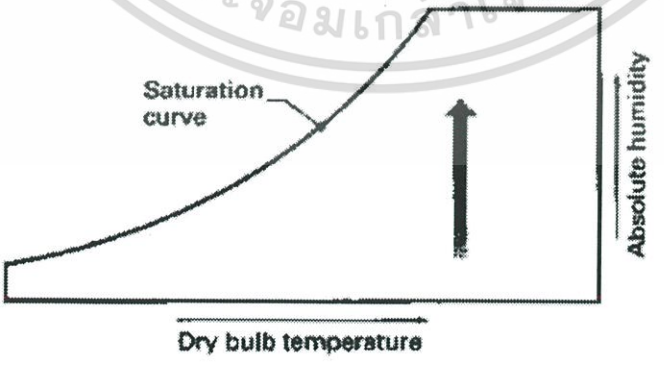
ปริมาณความชื้นต่อความสามารถในการดูดความชื้น (%)	สีของซิลิกาเจลที่เปลี่ยนไป
20	ฟ้า
35	ม่วง
50	ชมพู

- ชนิดเม็ดสีส้ม (Orange silica gel) มีคุณสมบัติเหมือนชนิดสีน้ำเงินทุกประการ เพียงการทำงานเปลี่ยนจากสีส้มเป็นสีเขียวอ่อน ซิลิกาเจลชนิดนี้ยังไม่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีราคาค่อนข้างสูง
- ชนิดเม็ดทราย (silica sand) มีคุณสมบัติในการดูดความชื้นเหมือนชนิดเม็ดขาวทุกประการแตกต่างกันที่ขนาดเม็ดของสาร ชนิดเม็ดทรายมีขนาดต่อเม็ดประมาณ 1 mm

2.4.2 กระบวนการเพิ่มความชื้น (Humidity Process)

2.4.2.1 การการเพิ่มความชื้นโดยการเติมไอน้ำเข้าสู่ระบบ

เมื่อเติมไอน้ำเข้าไปปะปนในอากาศ ไอน้ำก็จะเจือปนอยู่กับอากาศในระบบทำให้ภายในระบบดังกล่าวมีความชื้นมากขึ้นตามที่ต้องการ สำหรับในแผนภูมิไซโครเมตริกชาร์ตแสดงดังรูปที่ 18 โดยกระบวนการจะเริ่มที่อุณหภูมิเริ่มต้นและเมื่อไอน้ำค่อย ๆ เข้าไปในระบบแล้วความชื้นในระบบจะค่อย ๆ เพิ่มโดยที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งยังคงที่ส่วนตัวแปรที่เปลี่ยนไปคือค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิกระเปาะเปียกดังรูป เราจะสังเกตได้ว่าเมื่อเราเพิ่มความชื้นเข้าไปในระบบเรื่อย ๆ ค่าตัวแปรหนึ่งที่เปลี่ยนตามคือค่าอัตราส่วนความชื้นที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่ามวลของไอน้ำที่เติมเข้าไปนั้นมากขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 2.12 การเพิ่มความชื้นโดยเติมไอน้ำเข้าสู่ระบบ (อาจหาญ, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.1.1 Ultrasonic humidifier

รูปที่ 2.13 Ultrasonic humidifier

Ultrasonic humidifier ใช้หลักการของคลื่น Ultrasonic ในการผลิตละอองน้ำในอากาศขนาดเล็กประมาน 1-2 μm ด้วยการสั่นสะเทือนของแผ่น Diaphragm ซึ่งเป็นการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยรอบรวมถึงป้องกันไม่ให้ละอองน้ำที่เกิดขึ้นแห้งไป การเพิ่มความชื้นด้วย Ultrasonic humidifier เป็นการลดความแตกต่างของความดันไอน้ำที่พื้นผิวของอาหารและในอากาศ กระบวนการเพิ่มความชื้นด้วยการสั่นสะเทือนจนได้หยดน้ำขนาดเล็กนี้ช่วยให้น้ำซึมเข้าสู่พื้นผิวของอาหารได้โดยตรงซึ่งทดแทนการสูญเสียน้ำจากการระเหยของอาหารที่ถูกแช่เย็น (Brown et al., 2007)

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของ Ultrasonic Humidifier

Model	BWE45
Operating voltage	24 VAC/DC
Operating current	0.4-0.6 A
Capacity	300 ml/hr.
Operating temperature	0-40 °C
Ceramic membrane sizing	Ø16 mm
Ceramic membrane life	>3000 hr.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การควบคุม

2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

2.5.1.1 บอร์ด Arduino Uno R3

รูปที่ 2.14 บอร์ด Arduino Uno R3

บอร์ด Arduino Uno R3 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด ที่ใช้ ATmega328 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) ซึ่งบอร์ดจะมีขา Digital 14 ขา อินพุต/เอาต์พุต (สามารถเป็น PWN ได้ 6 ขา) และมีขา Analog อินพุตได้อีก 6 ขา, Ceramic resonator กำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่ความถี่ 16 MHz มี USB Connector, Power Jack DC และปุ่มรีเซต การจ่ายไฟเลี้ยงสามารถต่อสาย USB จากคอมพิวเตอร์ หรือ สาย Power Jack DC จาก DC to AC Adapter หรือจาก Battery

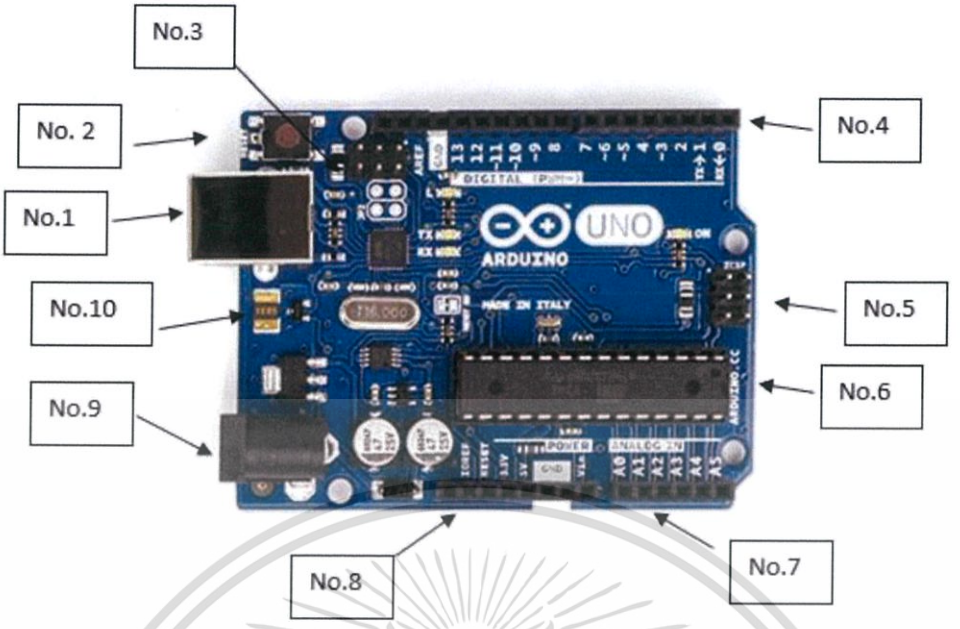
โครงงานนี้ใช้ Arduino R3 เป็นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ สาเหตุที่เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดนี้ เนื่องจากมีลักษณะ Open Source มีกลุ่มนักพัฒนาโปรแกรมจำนวนมาก มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานไม่ซับซ้อน มีความสะดวกในการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง USB ก็สามารถอัพโหลดโค้ดคำสั่งลงไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดของบอร์ด Arduino UNO R3

Microcontroller	ATmega328P – 8 bit AVR family microcontroller
Operating Voltage	5V
Recommended Input Voltage	7-12V
Input Voltage Limits	6-20V
Analog Input Pins	6 (A0 – A5)
Digital I/O Pins	14 (Out of which 6 provide PWM output)
DC Current on I/O Pins	40 mA
DC Current on 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (0.5 KB is used for Bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frequency (Clock Speed)	16 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino

หมายเลข	รายละเอียด
1	**USB Port** ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU
2	**Reset Button** เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3	**ICSP Port** (ATmega) เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual com port บน Atmega16U2
4	**Digital Input/Output** ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น เป็นขา Pin 0,1 เป็นขา Tx,Rx serial, Pin 3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
5	**ICSP Port (ATmega328)** เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6	**MCU(Atmega328)** เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7	**Analog Input/Output**
8	**Power Socket** ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอกประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3v, +5v, GND, Vin
9	**Power Jack** DC 7–12 V รับไฟเลี้ยงจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10	**MCU(ATmega16U2)** เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย ATmega328 จะติดต่อ กับ Computer ผ่าน ATmega16U

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

1.) ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นใช้งาน

2.) มีกลุ่มคนที่สนใจในปริมาณมาก ทำให้ง่ายต่อการหาข้อมูล

3.) เป็น Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้อย่างหลากหลาย

4.) ราคาไม่แพง

2.5.2 เซนเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิแบบค่าความจุไฟฟ้า (Capacitive Humidity and Temperature sensor)

2.5.2.1 หลักการทำงานของเซนเซอร์

เซนเซอร์แบบนี้มีโครงสร้างภายในที่ประกอบไปด้วยชั้นฐานแผ่นฟิล์มบางที่ทำจากโพลีเมอร์หรือเมทัลออกไซด์ (Metal Oxide) ซึ่งจะถูกวางอยู่ระหว่างอิเล็กโตรดทั้งสอง โดยพื้นผิวของฟิล์มบางจะถูกเคลือบด้วยอิเล็กโตรดโลหะแบบมีรูพรุนเพื่อป้องกันฝุ่นละอองและปัญหาจากแสงแดด โดยค่าความชื้นนี้จะทำให้เปลี่ยนแปลงค่า dielectric constant (ค่าคงที่ของไดอิเล็กทริก ซึ่งก็คือฉนวน) ทำให้เกิดการผันผวนของค่าความต้านทานที่ substrate (สารตัวนำ) โดยเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไป 1 เปอร์เซ็นต์ ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitive) ก็จะเปลี่ยนไป 0.2 ถึง 0.5 pF ซึ่งเซ็นเซอร์แบบนี้มักนิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม

รูปที่ 2.16 เซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิแบบค่าความจุไฟฟ้า (BME 280)

ข้อดี	1. สามารถวัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น
	2. ราคาถูก.
	3. ใช้พลังงานต่ำ
	4. มีเสถียรภาพที่ดีในระยะยาว
ข้อเสีย	ความแม่นยำอยู่ในช่วง ±5 %RH

ในการทดลองนี้เลือกใช้เซนเซอร์ BME280 เนื่องจาก มีความทนทาน ความแม่นยำ หาซื้อง่าย และมีความสามารถที่จะรับค่าอยู่ช่วงที่ต้องการและมีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 รายละเอียดของเซนเซอร์ BME280

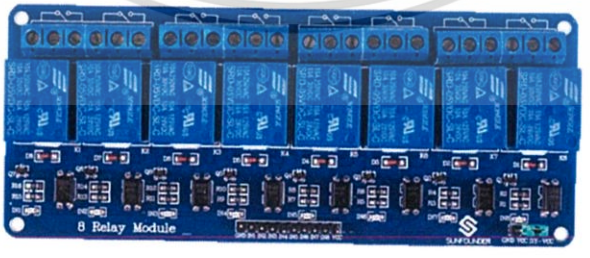
Model	BME280
Power supply	1.7v-3.6v
Operating Humidity range	0-100 %RH
Accuracy	±3 %RH
Operating Temperature range	-40 – 85 Celsius
Accuracy	±1 Celsius
Long-term Stability	0.5 %RH/year

2.5.3 อุปกรณ์ควบคุมกระแสไฟเข้าสู่อุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบ (Relay)

2.5.3.1 หลักการทำงานของ Relay

Relay ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมกระแสไฟ ก่อนเข้าสู่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิค จะทำงานคล้ายสวิตช์ตัด-ต่อวงจร โดยใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า จะทำงานเมื่อมีการจ่ายไฟไปตามกำหนดทำให้เกิดวงจรเปิด และเมื่อไม่มีการจ่ายไฟจะทำให้เกิดวงจรปิดทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ทำงาน โดยรีเลย์ชนิดนี้จะรับคำสั่งการจ่ายกระแสจากบอร์ด Aduino

โดยโครงงานเลือกใช้มัลติเพล็กซ์เซอร์รุ่น TCA9548A ซึ่งรวมอินพุตจากเซนเซอร์ 9 ตัวที่มี I2C address เหมือนกันออกมาเป็นสายเอาต์พุตเดียวโดยแสดงข้อมูลครบทั้งหมดทุกตัว ส่งผลให้ประหยัดเนื้อที่และค่าใช้จ่ายในการประกอบวงจรของโครงงาน



รูปที่ 2.17 TCA9548A I2C Multiplexer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

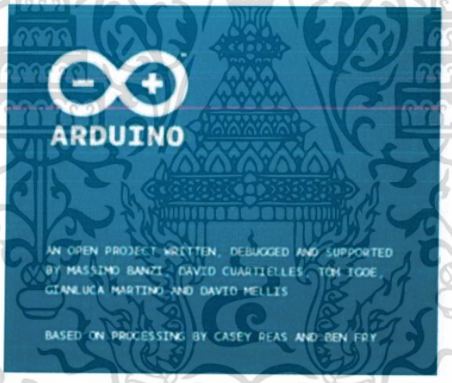
ตารางที่ 2.6 รายละเอียดของมัลติเพลกเซอร์ TCA9548A

model	TCA9548A I2C Multiplexer
I2C address	0x70 as default, possible to change between 0x70 and 0x7
Dimensions	30.6 mm x 17.6 mm x 2.7 mm
Weight	18 g
Voltage	3V,5V

2.5.4 ซอฟแวร์ที่ใช้ในโครงงาน

2.5.4.1 โปรแกรม Arduino IDE (Arduino IDE Program)

ใช้เพื่อเป็นโปรแกรมในการควบคุมการทำงานของเครื่องโดยสามารถทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น เซนเซอร์ รีเลย์ ให้ทำงานอย่างสัมพันธ์กันรวมถึงการทดสอบการทำงานของวงจร เพื่อทำการแสดงผลและสั่งการอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบ



รูปที่ 2.18 โปรแกรมอดูโน่ IDE

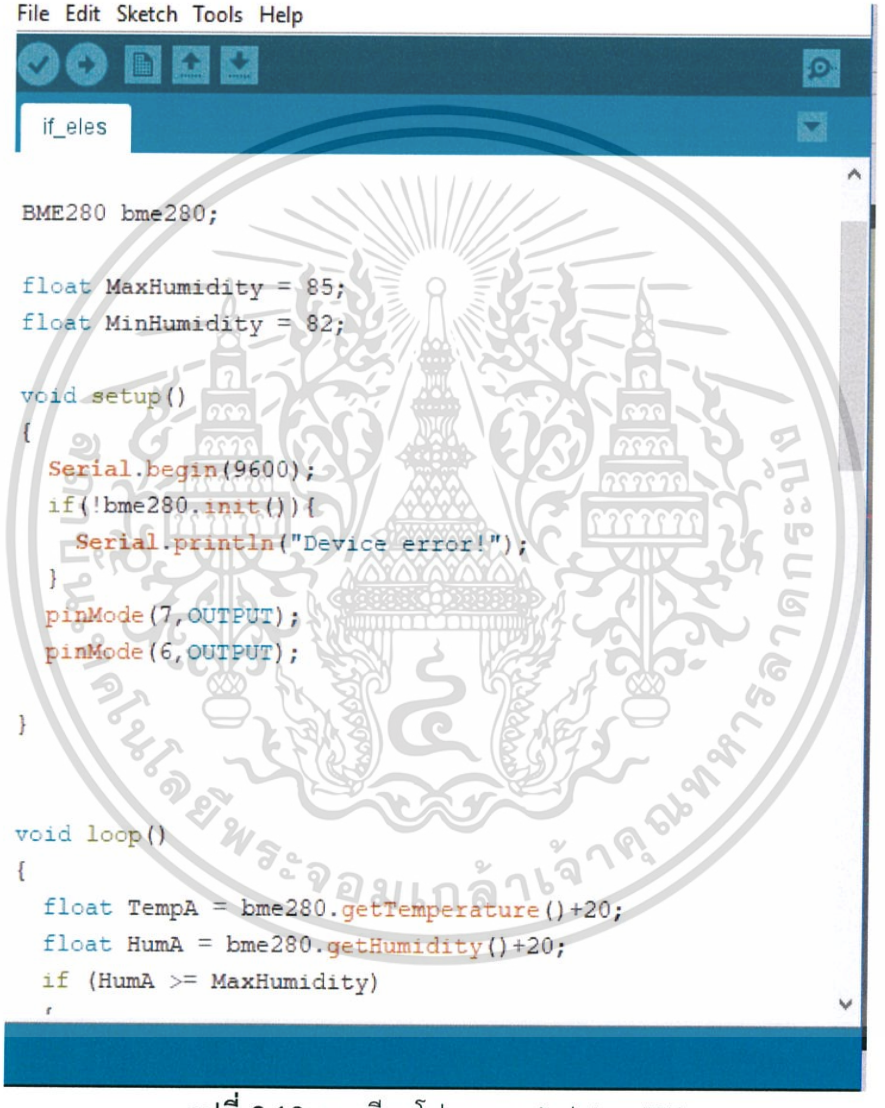
Arduino เป็น Open source ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของบอร์ด Arduino จึงมีเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมมาให้ใช้ คือ Arduino IDE (Arduino intergrated development environment) โดยภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนจะเป็นไวยากรณ์แบบเดียวกับภาษา C++ โดยโปรแกรมของ Ardino IDE แบ่งเป็นสองส่วนคือ void set up() และ void loop() โดยฟังก์ชั่น setup() เมื่อโปรแกรมทำงานจะทำคำสั่งสั่งการเพียงครั้งเดียว แต่สำหรับฟังก์ชั่น loop() โปรแกรมจะทำคำสั่งในฟังก์ชั่นต่อเนื่องตลอดเวลา โดยจะทำงานเกี่ยวกับการอ่านค่าอินพุต เอาต์พุตของเซนเซอร์

2.5.4.2 การใช้งาน Arduino IDE มีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งค่าบอร์ดให้ตรงกับบอร์ดที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตั้งค่าพอร์ตเชื่อมต่อกับบอร์ด
3. ตั้งค่าชนิดการโปรแกรม
4. เขียนโปรแกรม
5. คลิกปุ่มแปลงไฟล์เป็นภาษาเครื่อง
6. คลิกปุ่มเบิร์นไฟล์ลงบอร์ด



รูปที่ 2.19 การเขียนโปรแกรม Arduino IDE

2.6 การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์

อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic) คือ การควบคุมหรือออกแบบการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า ซึ่งมีชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบของวงจร ทำหน้าที่ควบคุมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลของกระแสไฟฟ้า โดยการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยมีเซนเซอร์ และมีรีเลย์ มีแหล่งจ่ายไฟและต่อเชื่อมเข้ากับบอร์ด Arduino เพื่อรับสั่งในการทำงาน ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ มีการทำงานสัมพันธ์กัน

2.6.1 รูปแบบการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์

2.6.1.1 การสื่อสารแบบขนาน

การใช้สาย 1 เส้น แทนบิตข้อมูล 1 บิต โดยทั่วไปแล้วมักจะนิยมใช้งานแบบ 4 บิต 7 บิต และ 8 บิต โดยจะมีสาย 1 เส้นเป็นสายควบคุมที่บอกว่าจะให้รับข้อมูลเขาไปเมื่อใด ข้อดีของการสื่อสารรูปแบบนี้คือมีความเร็วที่สูงมาก และมีข้อเสียคือใช้สายจำนวนมากในการสื่อสาร การสื่อสารแบบขนานใช้ในอุปกรณ์อ่านจอ LCD ขนาดต่าง ๆ ซึ่งจะใช้งานได้ทั้งแบบ 4 บิต และ 8 บิต ใช้ขา EN ในการควบคุมการรับข้อมูล

2.6.1.2 การสื่อสารแบบอนุกรม

การใช้สาย 1 เส้นรับ-ส่งข้อมูลแบบต่อเนื่อง โดยอาศัยเทคนิคต่าง ๆ ในการสื่อสาร เช่นการใช้สัญญาณทริกเพื่อรับข้อมูลเข้า การใช้บิตเริ่มต้นกำหนดการรับข้อมูล โดยอาจจะอาศัยและไม่อาศัยเวลาในการทำงาน ทั้งนี้การสื่อสารแบบอนุกรมสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบคือ

2.6.1.2.1 แบบซิงโคนัส (Synchronous)

เป็นการสื่อสารที่ใช้สายสัญญาณข้อมูลอย่างน้อย 1 เส้น และมีสายอีก 1 เส้นกำหนดจังหวะการรับข้อมูล ข้อดีของการสื่อสารแบบนี้คือการรับส่งข้อมูลมีความผิดพลาดน้อยหรือไม่มีความผิดพลาดเลย แต่ข้อเสียคือต้องใช้สายสัญญาณอย่างน้อย 2 เส้นในการสื่อสาร โดยโปรโตคอลที่ทำงานแบบซิงโคนัสได้แก่ I2C I2S และ SPI

2.6.1.2.2 แบบอะซิงโคนัส (Asynchronous)

เป็นการสื่อสารที่ใช้สายสัญญาณข้อมูลเพียงเส้นเดียวในการทำงาน โดยอาศัยสัญญาณจากบิตเริ่มต้น และบิตสิ้นสุดในการบอกจังหวะการรับส่งข้อมูล การสื่อสารแบบนี้จำเป็นต้องอาศัยเวลามาเป็นตัวกำหนดการรับสัญญาณเข้ามาซึ่งหากมีการตั้งค่าที่ผิดจะทำให้อ่านข้อมูลที่ส่งมาได้ผิดพลาด ข้อดีของการสื่อสารแบบนี้คือใช้สายสัญญาณเพียง 1 เส้นก็สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้แล้ว แต่ข้อเสียคือมีความผิดพลาดในการสื่อสารได้ง่าย โดยโปรโตคอลที่ทำงานแบบอะซิงโคนัสคือ UART

โดยโครงงานนี้ใช้รูปแบบการสื่อสารแบบ ซิงโคนัส (Synchronous) โดยโปรโตคอล I2c เนื่องจากเป็นรูปแบบการต่อที่สามารถส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบได้อย่างรวดเร็ว

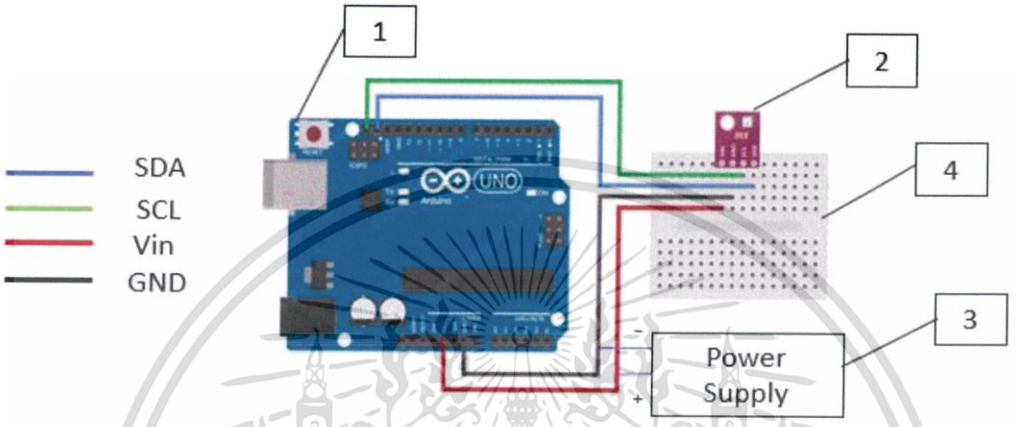
I2C คือการเป็นโปรโตคอลการสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐานอย่างเป็นทางการซึ่งต้องใช้เพียง 2 สายสัญญาณที่ออกแบบมาสำหรับการสื่อสารระหว่างชิปบน PCB I2C ได้รับการออกแบบมาสำหรับการสื่อสารความเร็ว 100 กิโลบิตต่อวินาที แต่ความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้รับการพัฒนาขึ้นในช่วงหลายปีเพื่อให้ได้ความเร็วถึง 3.4Mbps โปรโตคอล I2C ได้รับการจัดตั้งขึ้นตามมาตรฐานอย่างเป็นทางการซึ่งให้ความเข้ากันได้ดีระหว่างการใช้งาน I2C และความสามารถในการทำงานร่วมกันได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การต่อวงจรเซนเซอร์

2.6.2.1 การต่อเซนเซอร์ตัวเดียว

การต่อวงจรเซนเซอร์โดยประกอบด้วย เซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ ต่อเข้ากับบอร์ด Arduino เพื่อให้ควบคุมการทำงานของเซนเซอร์ โดยมีโพรโต้บอร์ด (Protoboard) เป็นบอร์ดเชื่อม GND จาก Arduino และกระจายสัญญาณไฟจากแหล่งจ่ายไฟไปให้เซนเซอร์เพื่อรับข้อมูล



รูปที่ 2.20 การต่อวงจรของเซนเซอร์ตัวเดียว

1.บอร์ด Aduino UNO R3

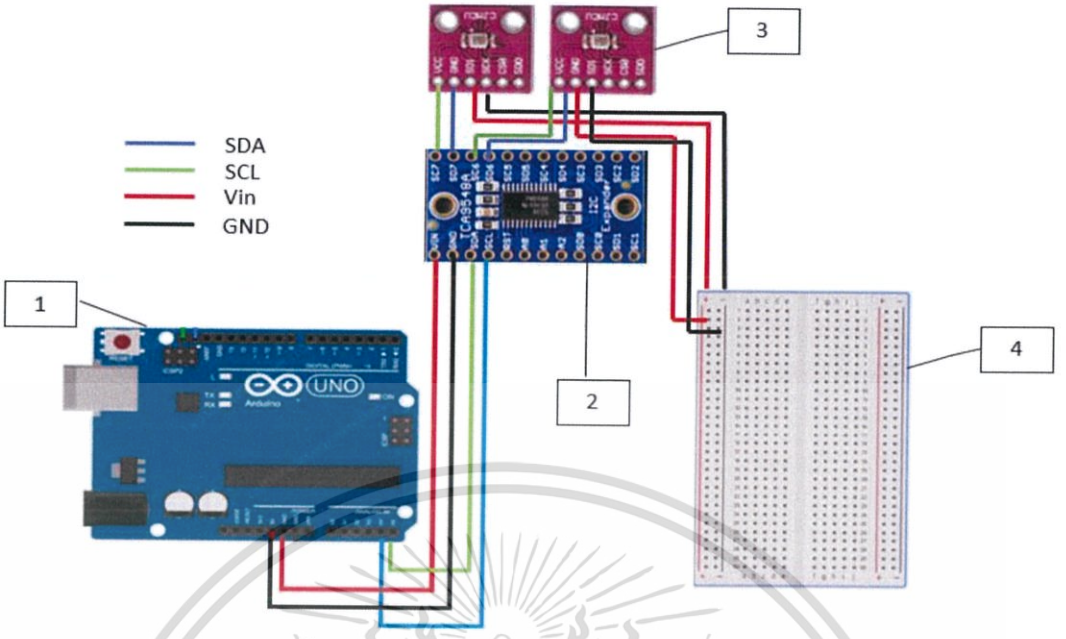
2. โพรโต้บอร์ด (Protoboard)

3. เซนเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิ BME280

2.6.2.2 การต่อเซนเซอร์หลายตัว

เซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ ต่อเข้ากับบอร์ด Arduino เพื่อให้ควบคุมการทำงานของเซนเซอร์ โดยมีโพรโตบอร์ด (Protoboard) เป็นบอร์ดเชื่อม GND จาก Arduino ดังเดิม แต่จะมีมัลติเพล็กซ์เซอร์เพิ่มขึ้นมา โดยมัลติเพล็กซ์เซอร์จะรวมอินพุตจากเซนเซอร์มากกว่า 1 ตัว ออกมาเป็นสายเอาต์พุตเดียวดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 การต่อวงจรของเซนเซอร์หลายตัว

1.บอร์ด Aduino UNO R3

2. มัลติเพล็กซ์เซอร์ (Multiplexer : MUX)

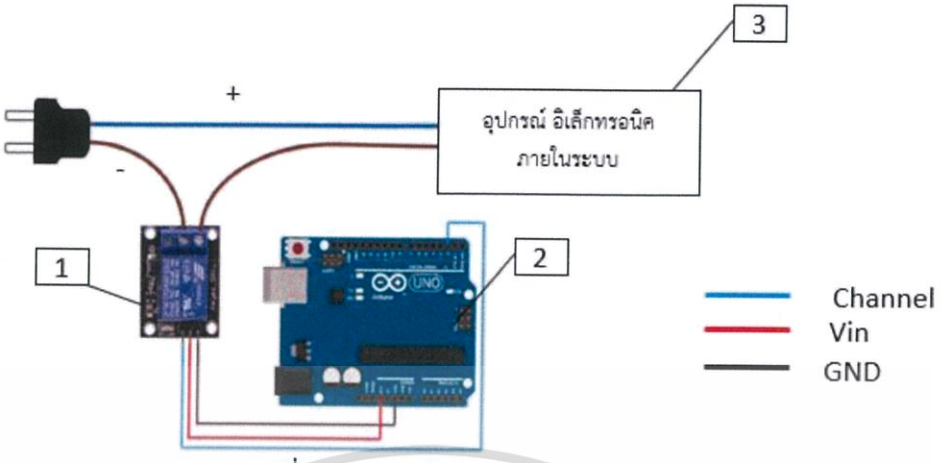
3. เซนเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิ BME280

4. โพรโต้บอร์ด (Protoboard)

2.6.3 การต่อวงจรเข้ากับ Relay

เป็นการต่อวงจรระหว่างบอร์ด Arduino กับ Relay โดยหลังจากเซนเซอร์รับข้อมูลแล้ว บอร์ด Arduino จะสั่งการไปที่ Relay เพื่อสั่งเปิด ปิดกระแสไฟให้เข้ากับอุปกรณ์ต่างๆภายในระบบ ให้ทำงานได้อย่างสัมพันธ์กัน โดยมีโพรโตบอร์ด (protoborad) เป็นบอร์ดเชื่อม GND จาก Arduino และกระจายสัญญาณไฟจากแหล่งจ่ายไปให้ Relay ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 การต่อวงจรของ Relay

1. Relay
2. บอร์ด Arduino Uno R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

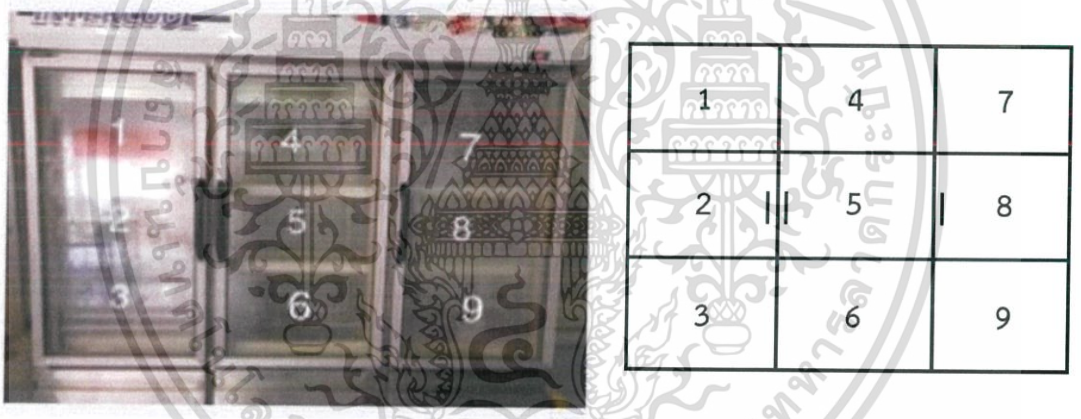
บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

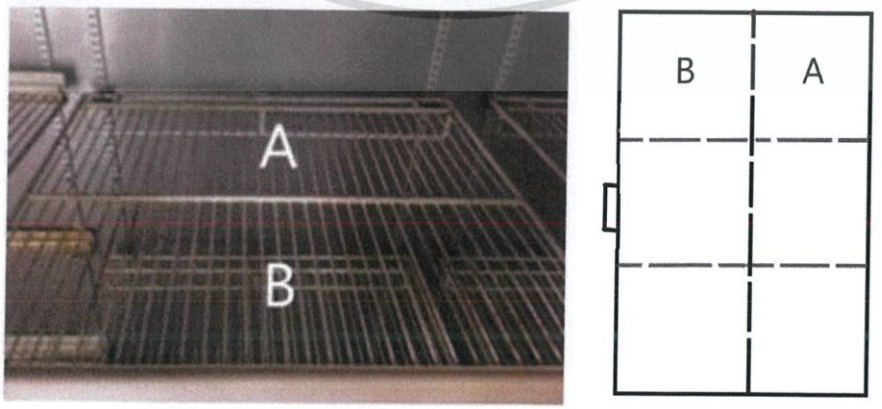
งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 1) การศึกษาสภาวะภายในตู้แช่ 2) การออกแบบระบบควบคุมและการดัดแปลงตู้แช่ให้เหมาะสมกับการบ่มเนื้อแบบแห้ง 3) การทดลองควบคุมระบบในสภาวะตามต้องการ

3.1 การศึกษาสภาวะภายในตู้แช่

การศึกษาอุณหภูมิภายในตู้แช่ ใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รุ่น GY-BME280 จำนวน 9 ตัว ติดตั้งทั้งหมด 9 จุดในตำแหน่งดังในรูปที่ 3.1 และวัดความเร็วลมด้วย Anemometer รุ่น DA-43A โดยทำการทดลองเก็บข้อมูลที่ตำแหน่ง A และตำแหน่ง B ดังในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ภายในตู้แช่ (ด้านหน้า)

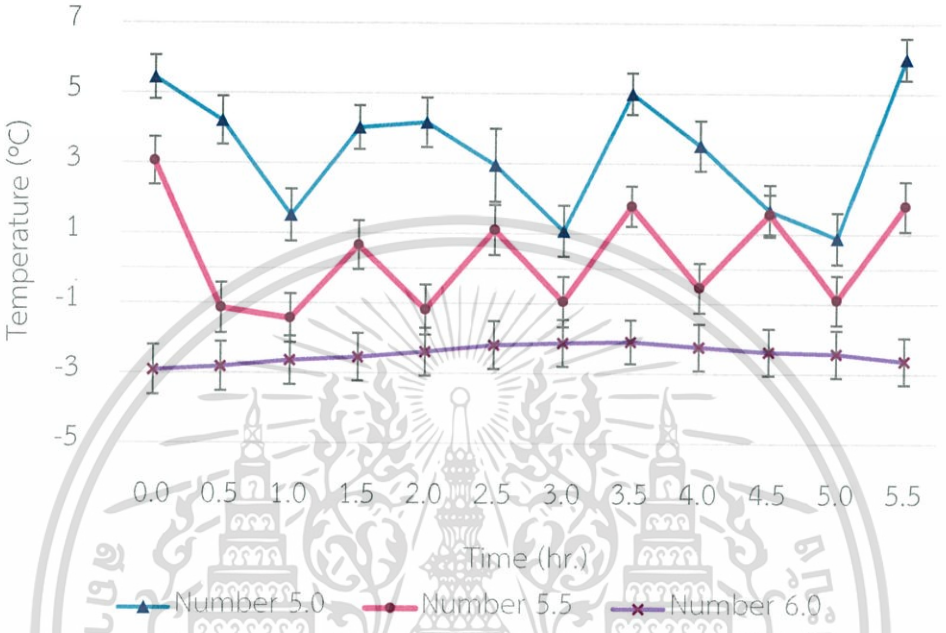


รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวัดความเร็วลมภายในตู้แช่ (ด้านข้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การศึกษาอุณหภูมิ

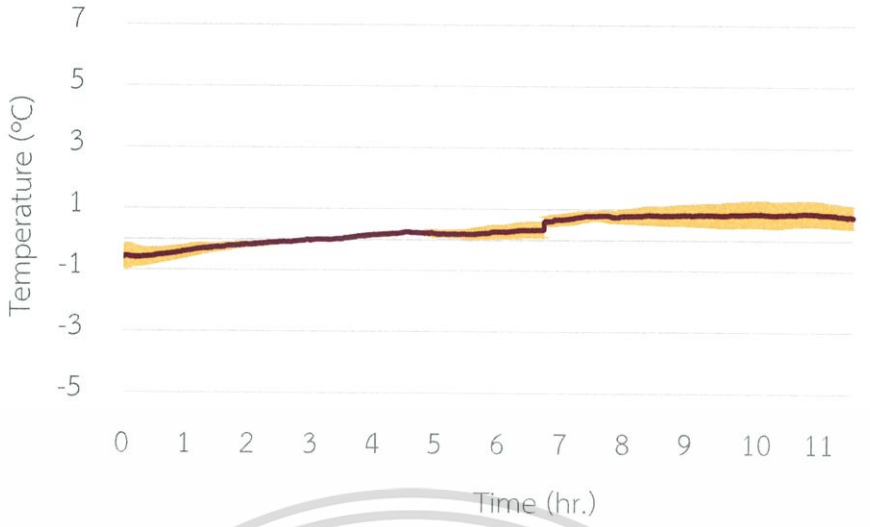
การศึกษาอุณหภูมิภายในตู้แช่ด้วยการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รุ่น GY-BME280 จำนวน 9 ตัว ดังในรูปที่ 3.1 เพื่อเก็บข้อมูลการปรับเบอร์ที่ตัวควบคุมระบบทำความเย็นของตู้แช่เพื่อปรับอุณหภูมิให้อยู่ในย่านที่เหมาะสมต่อการบ่มเนื้อแบบแห้ง ได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 3.3 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้แช่ที่เบอร์ 5, 5.5 และ 6

จากการทดลองพบว่า การปรับตัวควบคุมระบบทำความเย็นของตู้แช่ไปที่เบอร์ 5.5 มีค่าอุณหภูมิอยู่ในย่านที่เหมาะสมต่อการบ่มเนื้อแบบแห้ง ดังนั้นในการทดลองและเก็บข้อมูลอุณหภูมิของการบ่มเนื้อแบบแห้งจึงเลือกปรับตัวควบคุมระบบทำความเย็นของตู้แช่ไปที่เบอร์ 5.5 และเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเป็นเวลา 11 ชั่วโมง โดยได้ผลการทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

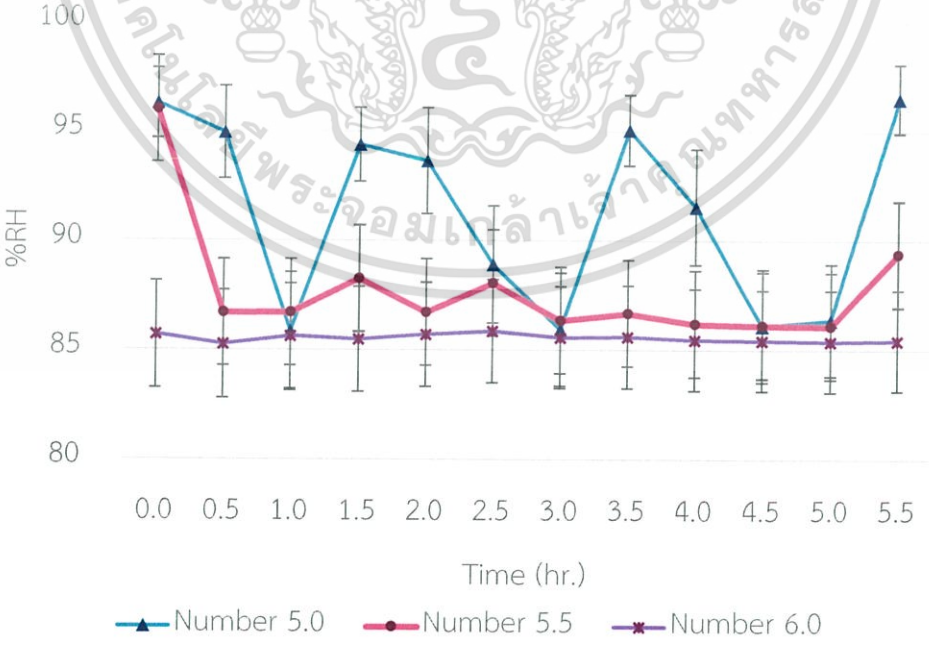


รูปที่ 3.4 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้แช่ด้วยการปรับเบอร์ที่ 5.5

จากการทดลองเมื่อปรับตัวควบคุมระบบทำความเย็นไปที่เบอร์ 5.5 พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ย 0.5 °C ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการบ่มเนื้อแบบแห้ง

3.1.2 การศึกษาความชื้นสัมพัทธ์

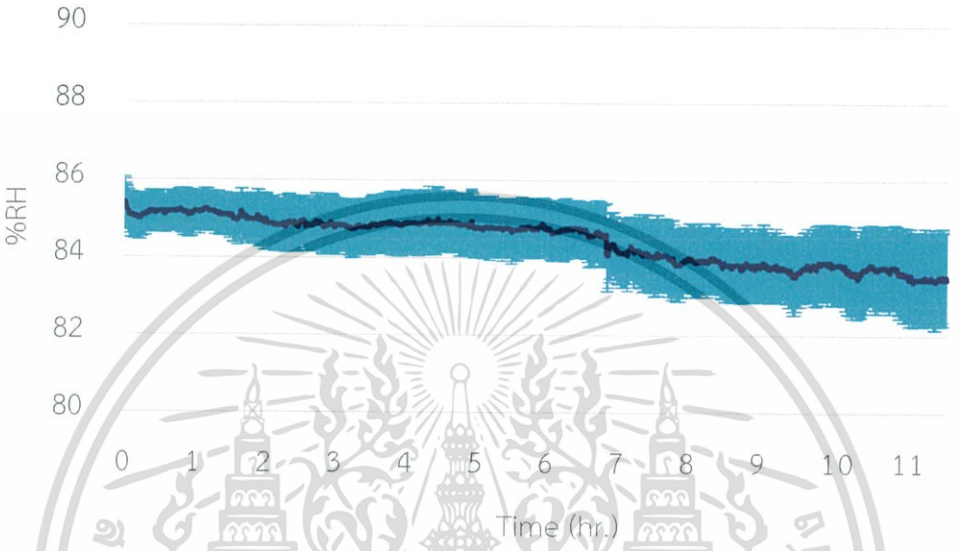
การศึกษาความชื้นภายในตู้แช่ ด้วยการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รุ่น GY-BME280 จำนวน 9 ตัว ดังในรูปที่ 3.1 เพื่อเก็บข้อมูลการปรับเบอร์ที่ตัวควบคุมระบบทำความเย็นของตู้แช่เพื่อปรับความชื้นให้อยู่ในย่านที่เหมาะสมต่อการบ่มเนื้อแบบแห้ง ได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 3.5 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในตู้แช่ที่เบอร์ 5, 5.5 และ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่า การปรับตัวควบคุมระบบทำความเย็นของตู้แช่ไปที่เบอร์ 5.5 มีค่าความชื้นอยู่ในย่านที่เหมาะสมต่อการบ่มเนื้อแบบแห้ง ดังนั้นในการทดลองและเก็บข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของการบ่มเนื้อแบบแห้งจึงเลือกปรับตัวควบคุมระบบทำความเย็นของตู้แช่ไปที่เบอร์ 5.5 และเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเป็นเวลา 11 ชั่วโมง โดยได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 3.6 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในตู้แช่ที่เบอร์ 5.5

จากการทดลองเมื่อปรับตัวควบคุมระบบทำความเย็นไปที่เบอร์ 5.5 พบว่า มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 85 %RH ซึ่งมีความเหมาะสมเหมาะสมต่อการบ่มเนื้อแบบแห้ง

3.1.3 การศึกษาความเร็วลม

การศึกษาความเร็วลมภายในตู้แช่ด้วยAnemometer รุ่น DA-43A โดยได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลที่ตำแหน่ง A และตำแหน่ง B ดังในรูปที่ 3.1 ซึ่งในแต่ละตำแหน่งจะเก็บข้อมูลตำแหน่งละ 9 จุด ดังในรูปที่ 3.2 ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 3.1 ผลการศึกษาสภาวะความเร็วลม (m/s) ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในตู้แช่

ตำแหน่ง ช่อง	A	B
1	0.44	0.83
2	0.04	0.59
3	0.45	0.06
4	0.50	0.51

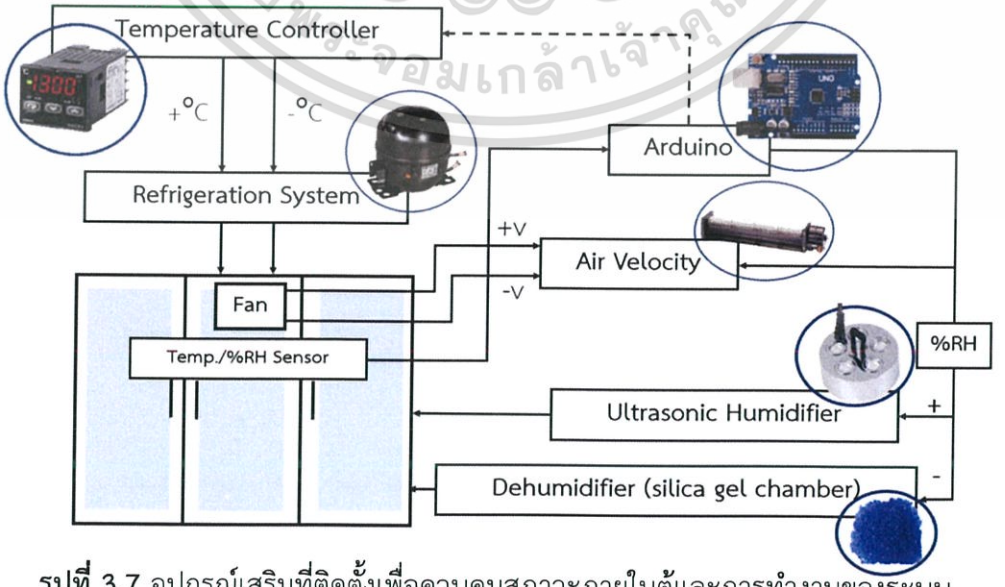
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	0.00	0.00
6	0.00	0.30
7	0.40	0.52
8	0.00	0.12
9	0.00	0.00
เฉลี่ย	0.20	0.33
SD	0.22	0.28

จากการทดลองตำแหน่ง A มีความเร็วลมเฉลี่ย 0.20 m/s และตำแหน่ง B มีความเร็วลมเฉลี่ย 0.33 m/s ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในแต่ละช่องที่ทำการวัดมีค่าความเร็วลมที่แตกต่างกันจากทิศทางการไหลของอากาศภายในตู้แช่

จากการศึกษาสภาวะภายในตู้แช่ทั้ง 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม โดยใช้เบอร์ปรับควบคุมอุณหภูมิของตู้แช่ พบว่าทุกจุดของตำแหน่งของอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม ไม่มีความสม่ำเสมอดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงออกแบบอุปกรณ์ควบคุมทิศทางการไหลของอากาศภายในตู้แช่ เพื่อควบคุมให้อากาศกระจายได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งตู้แช่มากขึ้น โดยเมื่ออากาศไหลได้ทั่วทั้งตู้แช่แล้วจะทำให้อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม เท่ากันทั่วทั้งตู้มากขึ้นกว่าเดิม และเพื่อการปรับใช้ที่สภาวะต่าง ๆ กันตามกำหนด จึงออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มคือ ตัวเพิ่มความชื้น (Humidifier) และตัวลดความชื้น (Dehumidifier)

3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบ



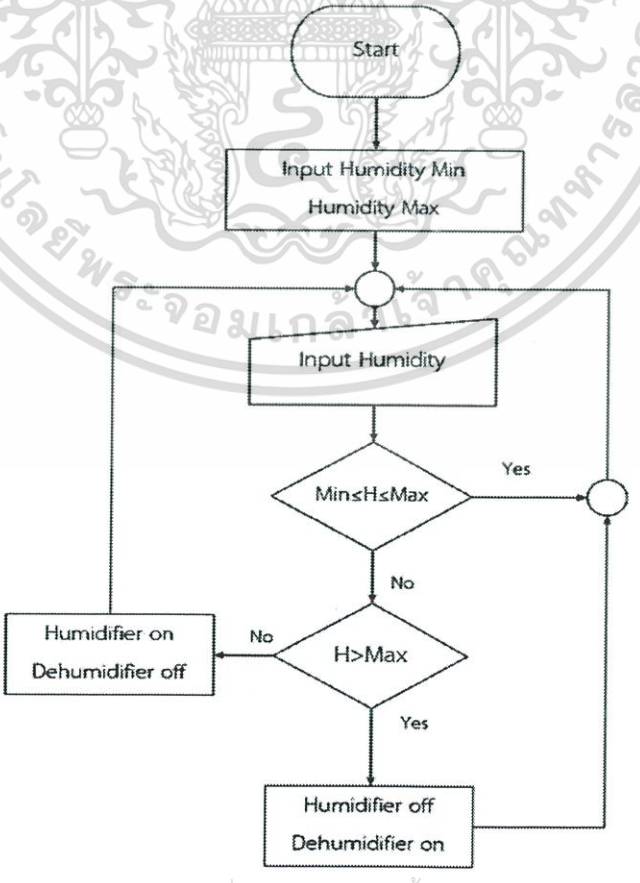
รูปที่ 3.7 อุปกรณ์เสริมที่ติดตั้งเพื่อควบคุมสภาวะภายในตู้และการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดัดแปลงตู้แช่เย็นเพื่อให้สามารถควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สามารถกำหนดได้ โดยอาศัยการทำงานของอุปกรณ์เสริมต่างๆ ให้ทำงานสัมพันธ์กัน โดยเริ่มจากเซนเซอร์ที่เป็นตัววัดค่าความชื้นสัมพัทธ์โดยรวมภายในตู้และโปรแกรมอาดูโน่จะเป็นตัวสั่งการให้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น (Ultrasonic Humidifier) และอุปกรณ์ลดความชื้น (silica gel chamber) ทำงานร่วมกันเพื่อให้ความชื้นภายในมีค่าตามที่กำหนด และมีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) เป็นตัวสั่งการให้ระบบทำความเย็น (Refrigerator system) ทำงานให้เหมาะสมกับอุณหภูมิที่ตั้งค่าเอาไว้

3.2.1 การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

โดยการป้อนช่วงค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการเข้าไปใน โปรแกรม Arduino หลังจากนั้นเซนเซอร์จะรับค่าจากสภาวะภายในตู้ แล้วส่งไปที่ โปรแกรม Arduino เพื่อประมวลผล เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้มีค่าต่ำกว่าช่วงความชื้นที่ป้อนเข้าไป โปรแกรมจะสั่งการให้รีเลย์ ปิดการจ่ายกระแสไฟเพื่อตัดการทำงานของพัดลม และเปิดการทำงานของตัวปล่อยละอองน้ำแบบอัลตร้าโซนิคเพื่อเพิ่มความชื้นเข้าไปในตู้แช่ แต่เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในตู้มีค่าสูงกว่าค่าความชื้นที่ป้อนข้าไป โปรแกรม Arduino จะสั่งการให้รีเลย์ปิดการทำงานของตัวปล่อยละอองน้ำแบบอัลตร้าโซนิค และเปิดการทำงานของพัดลมเพื่อดูดอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงภายในตู้ เข้ามาผ่านซิลิก้าเจลทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศลดลง แล้วปล่อยอากาศกลับเข้าสู่ตู้ ส่งผลให้สภาวะโดยรวมมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำลง ใกล้เคียงกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ตั้งเอาไว้มากที่สุด ดังรูปที่ 3.8

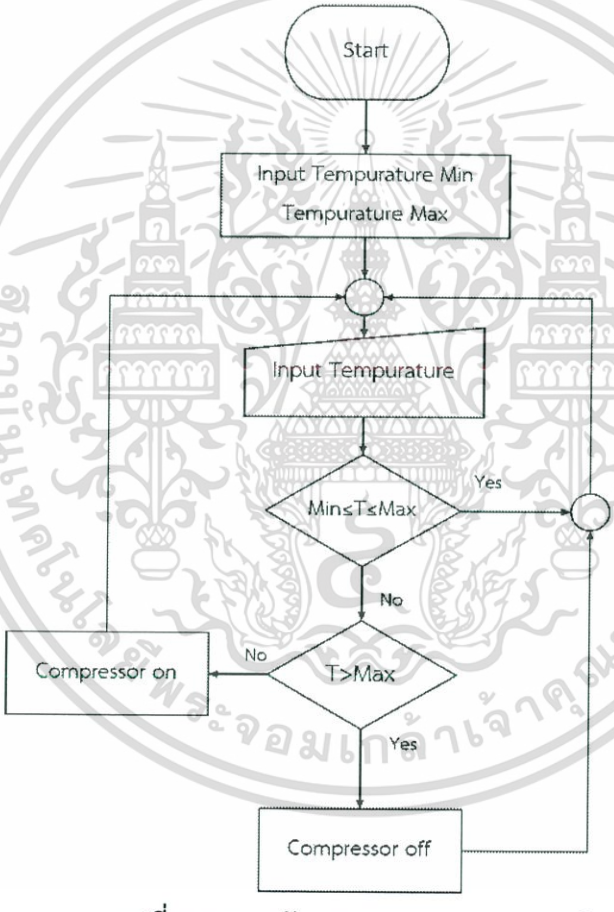


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 แผนผังระบบการควบคุมความชื้น

3.3.1 การควบคุมอุณหภูมิ

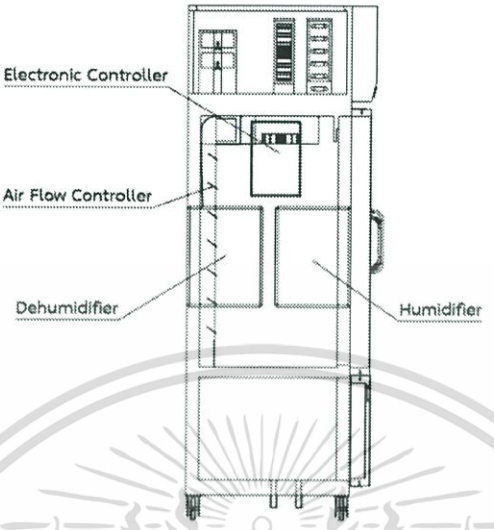
ในการควบคุมอุณหภูมิโดยรวมภายในตู้แช่นั้น ต้องอาศัยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ(Temperature Controller) โดยจะป้อนอุณหภูมิที่ต้องการเข้าไปหลังจากนั้น ตัวควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) โดย จะทำการควบคุมการทำงานของคอมเพลสเซอร์เพื่อเพิ่มความดันของสารทำความเย็น ให้ทำงานเหมาะสมกับอุณหภูมิที่ตั้งเอาไว้ โดยเมื่ออุณหภูมิภายในตู้แช่สูงกว่าอุณหภูมิที่ป้อนเข้าไปคอมเพลสเซอร์จะหยุดทำงาน แต่เมืออุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้คอมเพลสเซอร์จะทำงาน



รูปที่ 3.9 แผนผังระบบการควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบและการดัดแปลงตู้แช่



รูปที่ 3.10 ต้นแบบการดัดแปลงตู้แช่

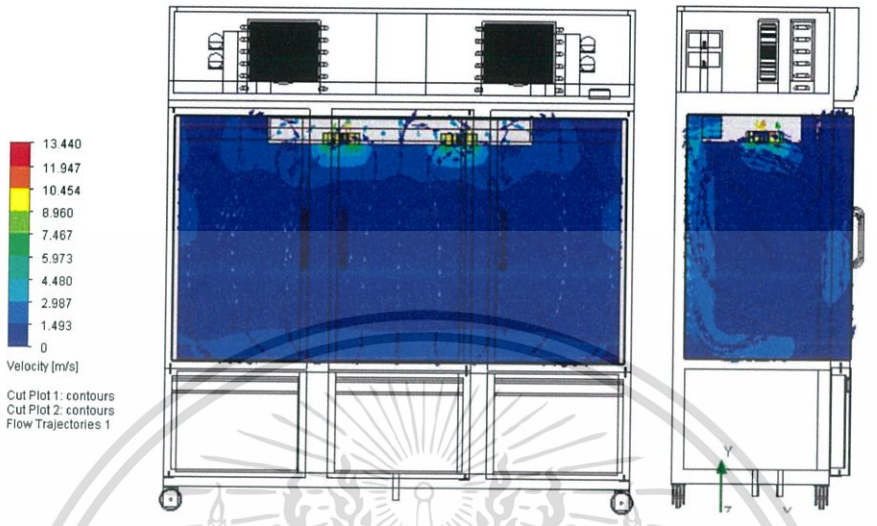
การดัดแปลงตู้แช่ให้เป็นตู้บ่มที่ออกแบบนั้นจะติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อการควบคุมสภาวะภายในตู้ให้ได้ตามที่ต้องการ โดยช่องลมออกจะควบคุมให้การไหลของอากาศเป็นไปในทิศทางเดียวกันให้มากที่สุด โดยติดตั้งแผ่นควบคุมที่ด้านในสุดของตู้ในลักษณะบานพับขนาด 1.75x0.45 m ทำมุม 125° และให้ครอบตรงที่เป็นช่องปล่อยอากาศออก ช่องลมเข้านั้นจะทำให้การดูดอากาศกลับมีทิศทางเดียวคือบริเวณหน้าประตูตู้แช่ติดตั้งด้วยการครอบในส่วนที่เป็นพัดลมดูดอากาศกลับ ในส่วนของการควบคุมความชื้นภายในตู้นั้น Dehumidifier (Silica gel chamber) และ Ultrasonic humidifier จะติดตั้งที่ด้านนอกของตู้ โดยการติดตั้งท่อเพื่อดูดอากาศภายในตู้แช่มาผ่านกระบวนการเพิ่มและลดความชื้นแล้วส่งกลับเข้าตู้ ส่วนของการจัดเก็บแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์รวมไปถึงสายไฟของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ดัดแปลงตู้นั้นจะถูกเก็บไว้ในกล่องเก็บแผงวงจรไฟฟ้าจะติดตั้งที่ช่องแช่แข็งด้านข้างของตู้แช่ ดังรูปที่ 3.10

3.3.1 การวิเคราะห์การไหลของอากาศ

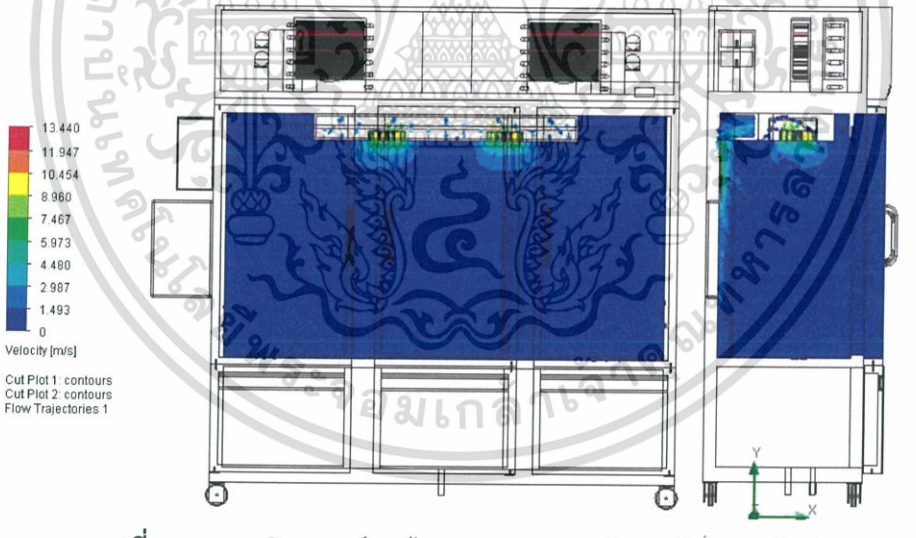
เมื่อนำแบบการดัดแปลงตู้แช่มาทำการวิเคราะห์การไหลของอากาศด้วยโปรแกรม Solidworks พบว่าการไหลของอากาศมีการกระจายทั่วรอบตู้อย่างสม่ำสมอใกล้เคียงกันในแต่ละตำแหน่งมากขึ้นและมีทิศทางการไหลของอากาศที่ไปในทิศทางเดียวกันมากขึ้นซึ่งส่งผลต่อการบ่มในด้านการไหลของอากาศที่สม่ำเสมอและความเร็วของอากาศภายในตู้แช่ใกล้เคียงกันมากขึ้น โดยสีแต่ละสีนั้นจะบ่งบอกถึงความเร็วของอากาศ ดังรูป 3.11 และ 3.12 แต่เนื่องด้วยระยะเวลาในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจัยมีระยะเวลาอันจำกัดการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการไหลของอากาศภายในตู้แช่จึงเป็นเพียงแนวทางการวิเคราะห์การไหลด้วยโปรแกรม Solidworks



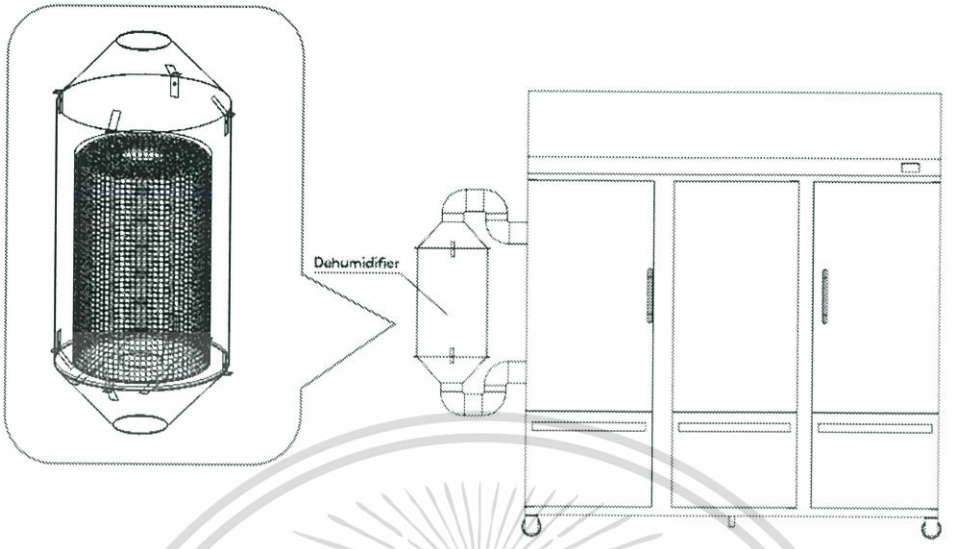
รูปที่ 3.11 การวิเคราะห์การไหลของอากาศก่อนการดัดแปลงตู้แช่



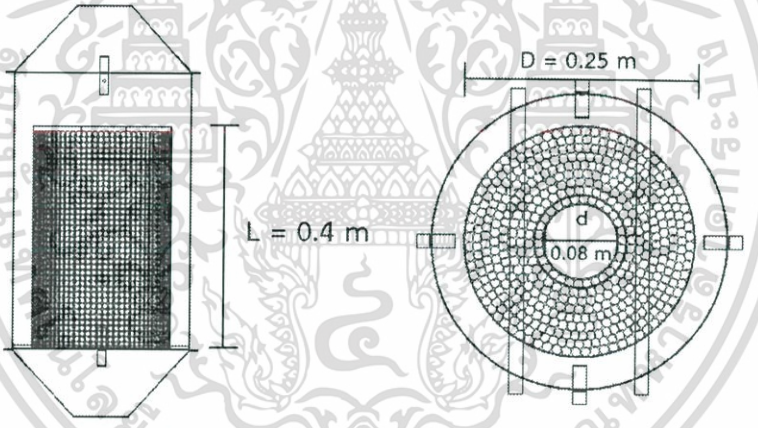
รูปที่ 3.12 การวิเคราะห์การไหลของอากาศหลังการดัดแปลงตู้แช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การออกแบบชุดลดความชื้น (Silica gel chamber)



รูปที่ 3.13 แบบจำลองชุดลดความชื้น (Silica gel chamber)



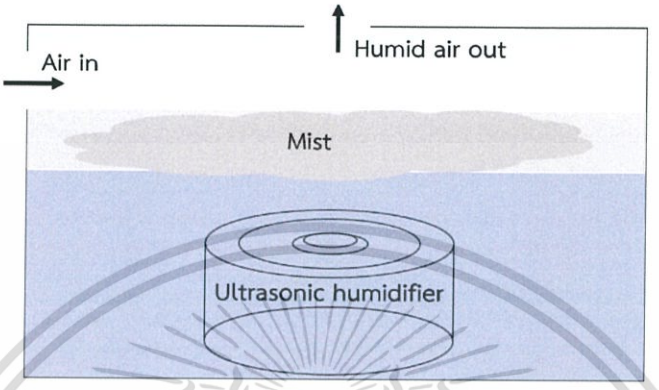
รูปที่ 3.14 ขนาดภายในที่บรรจุ Silica gel

การลดความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้สารดูดซับคือซิลิก้าเจล ในการดูดความชื้นโดยดูดอากาศไหลผ่าน ชุดซิลิก้าเจล ตามแนวรัศมี โดยใช้ซิลิก้าเจล จากความสามารถในการดูดความชื้นได้ 20% ของน้ำหนัก Silica gel แห้ง และการสูญเสียน้ำหนักของชิ้นเนื้อจากบ่มเนื้อแบบแห้ง เกิดการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 20% ของน้ำหนักเนื้อ ดังนั้นในการออกแบบน้ำหนักบรรจุซิลิก้าเจล น้ำหนัก 10 kg เมื่อบ่มเนื้อน้ำหนักรวมประมาณ 10 kg บรรจุในทรงกระบอกกลวงทำจากตะแกรงแสตนเลสหนา 0.56 mm ขนาดช่องตะแกรง 1.56x1.56 mm ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.25 m เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.08 m สูง 0.4 m แล้วส่งอากาศแห้งกลับเข้าในตู้แช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

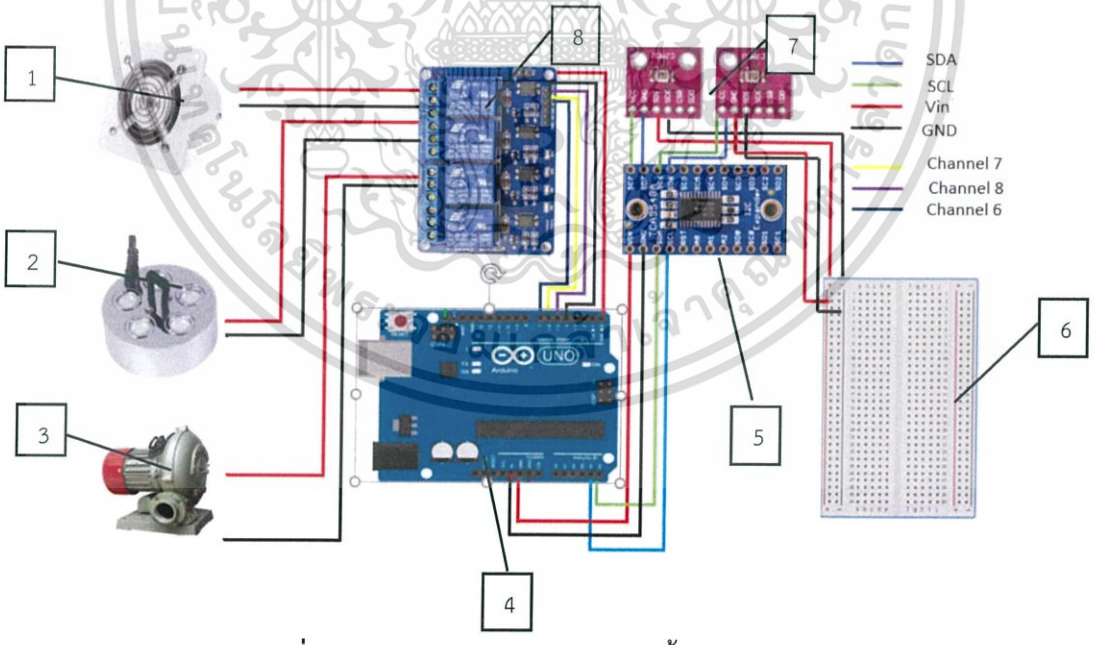
3.3.3 การออกแบบชุดเพิ่มความชื้น (Ultrasonic humidifier)

การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้แช่ด้วยการทำงานของ Ultrasonic humidifier โดยการดูดอากาศจากตู้แช่มาผสมกับหมอกของไอน้ำที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของ Ultrasonic humidifier แล้วจึงส่งอากาศชื้นกลับเข้าตู้แช่ ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ชุดเพิ่มความชื้น (Ultrasonic humidifier)

3.3.4 การต่อวงจรในส่วนการควบคุมความชื้น



รูปที่ 3.16 การต่อวงจรควบคุมความชื้นของระบบ

ส่วนประกอบของวงจรและอุปกรณ์เสริม

1. พัดลมระบายอากาศ 220 V (ดูดอากาศเข้า Ultrasonic Humidifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุปกรณ์เพิ่มความชื้น (Ultrasonic Humidifier)
3. Blower (ดูดอากาศเข้า Silica gel chamber)
4. บอร์ด Arduino R3
5. มัลติเพลกเซอร์ (Multiplexer)
6. โปรโตบอร์ด
7. เซนเซอร์วัดความชื้น BME 280
8. Relay

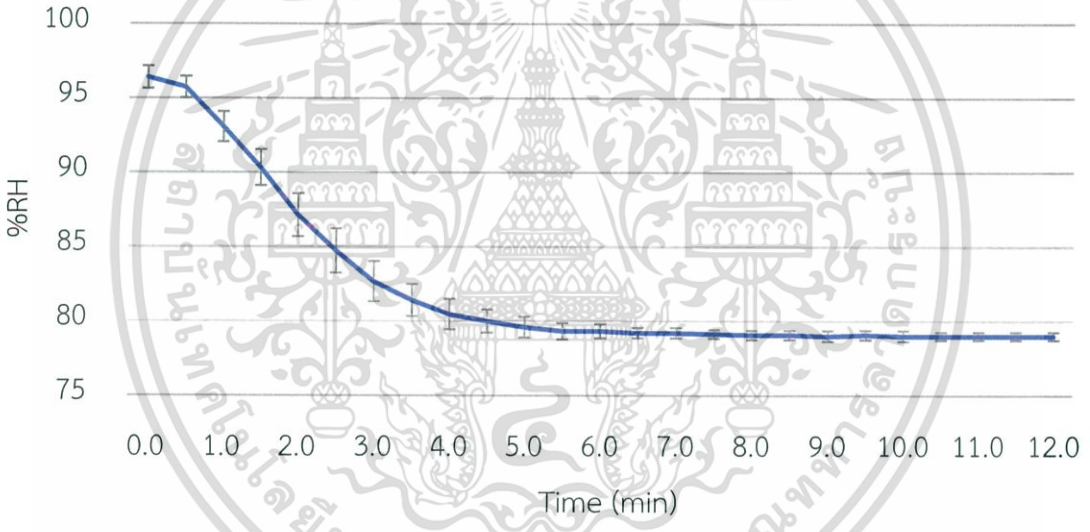
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การลดความชื้นด้วยชุดลดความชื้น (Silica gel chamber)

การทดลองลดความชื้นด้วยการดูดอากาศภายในตู้แช่ผ่านชุดอุปกรณ์ซิลิก้าเจลเพื่อให้ได้อากาศแห้งไหลกลับเข้าตู้แช่ การทดลองการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภายในตู้แช่หลังผ่านชุดลดความชื้นเพื่อหาความสามารถในการดูดความชื้นของชุดอุปกรณ์ซิลิก้าเจล โดยการเก็บค่าจากเซนเซอร์ทั้ง 9 จุดทุก 30 วินาที ทำการทดลอง 3 ครั้ง ได้ผลการทดลองดังนี้



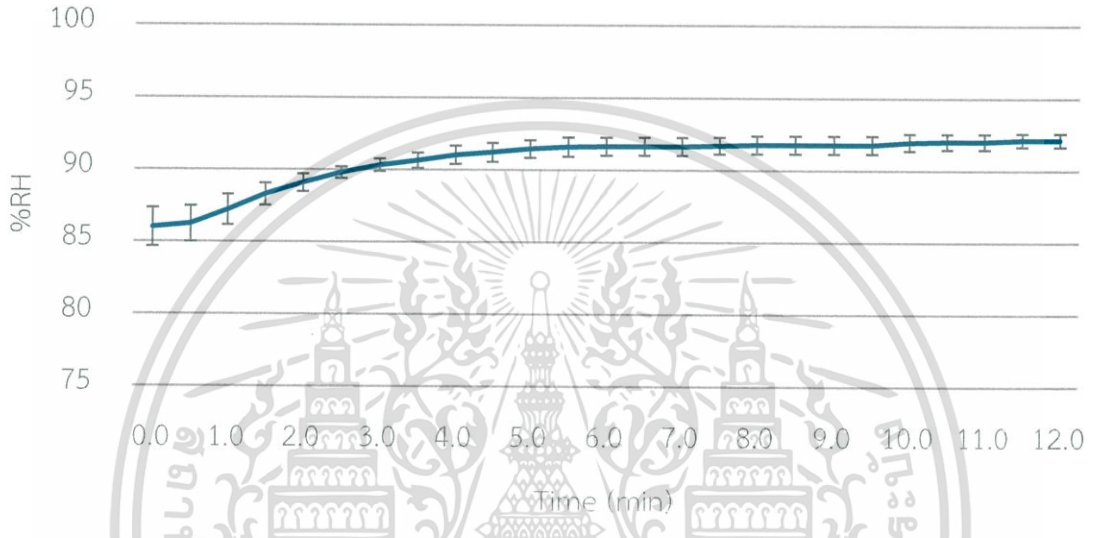
รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ด้วยชุดลดความชื้นกับเวลา

จากการทดลองการลดความชื้นด้วยชุดอุปกรณ์ซิลิก้าเจล พบว่าความสามารถในการดูดความชื้นจากความชื้นสัมพัทธ์เดิมภายในตู้แช่ 97 %RH โดยใช้เวลา 5 นาที ในการลดความชื้นสัมพัทธ์ลง 18 %RH จนเหลือ 79 %RH หลังจากนาทีที่ 5 เป็นต้นไปพบว่าการลดลงของความชื้นสัมพัทธ์เริ่มคงที่ ดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเพิ่มความชื้นด้วยชุดเพิ่มความชื้น (Ultrasonic humidifier)

การทดลองเพิ่มความชื้นด้วยชุดเพิ่มความชื้นจากหัวปล่อยละอองน้ำแบบอัลตร้าโซนิค โดยการดูดอากาศภายในตู้แช่ผ่านชุดเพิ่มความชื้นเพื่อให้ได้อากาศชื้นไหลกลับเข้าภายในตู้แช่ การทดลองการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภายในตู้แช่หลังการเปิดชุดอุปกรณ์เพิ่มความชื้นโดยเก็บค่าจากเซนเซอร์ทั้ง 9 จุดทุก 30 วินาที ทำการทดลอง 3 ครั้ง ได้ผลการทดลองดังนี้



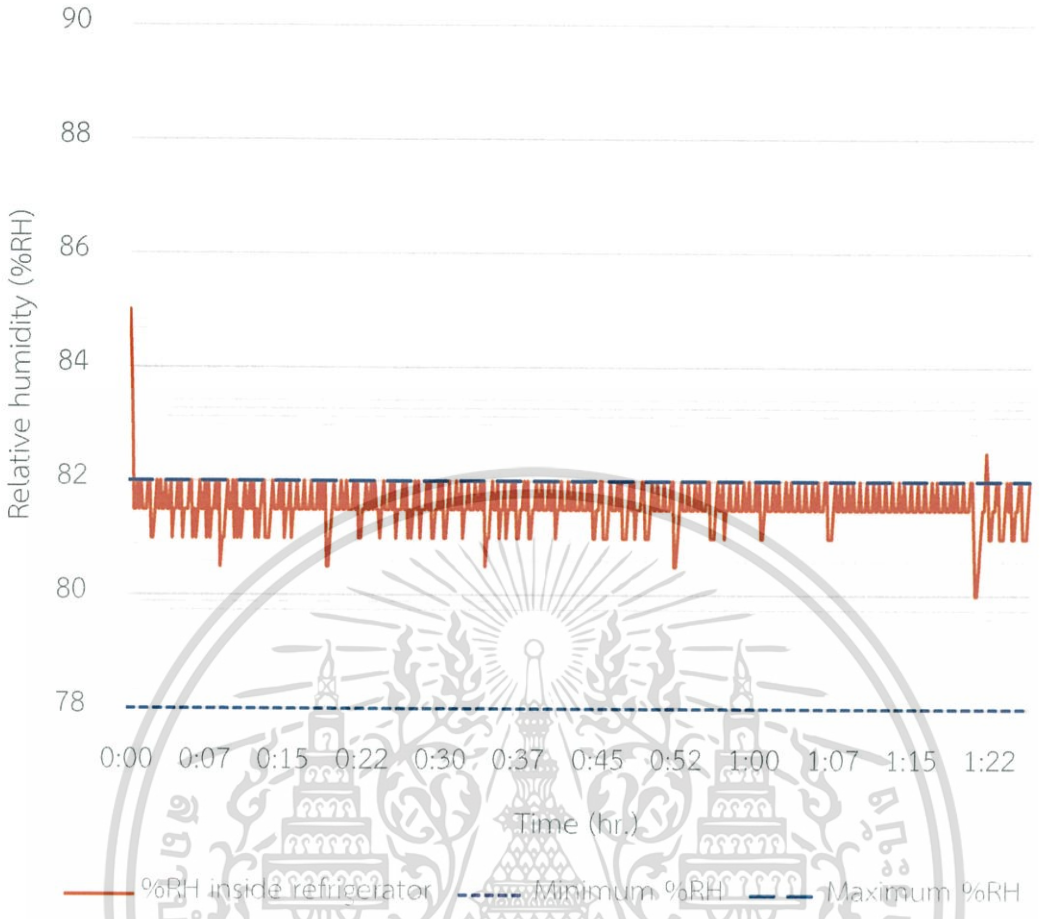
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ด้วยชุดเพิ่มความชื้นกับเวลา

จากการทดลองเพิ่มความชื้นด้วย ตัวปล่อยละอองน้ำแบบอัลตราโซนิค ความชื้นสัมพัทธ์เดิมภายในตู้อยู่ที่ 85%RH หลังปล่อยละอองน้ำจาก ตัวปล่อยละอองน้ำแบบอัลตร้าโซนิคเข้าสู่ระบบทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในค่อยๆเพิ่มขึ้นไปจนถึง 93 %RH ภายในเวลา 12 นาที โดยตั้งแต่นาทีที่ 6 เป็นต้นไปความชื้นสัมพัทธ์จะเริ่มคงที่ ดังรูปที่ 4.2

4.3 การควบคุมระบบด้วยการกำหนดค่า

การทดลองการควบคุมความชื้นโดยการกำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงที่เหมาะสมต่อการบ่มเนื้อแบบแห้ง จากการติดตั้งชุดเพิ่มความชื้นและชุดลดความชื้นที่ถูกควบคุมการเปิดปิดการทำงานด้วยโปรแกรม Arduino โดยกำหนดช่วงความชื้นสัมพัทธ์คือ 78-82 %RH และ 82-85 %RH และเก็บค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงจากการควบคุมด้วยเซนเซอร์ ทุก 10 วินาที

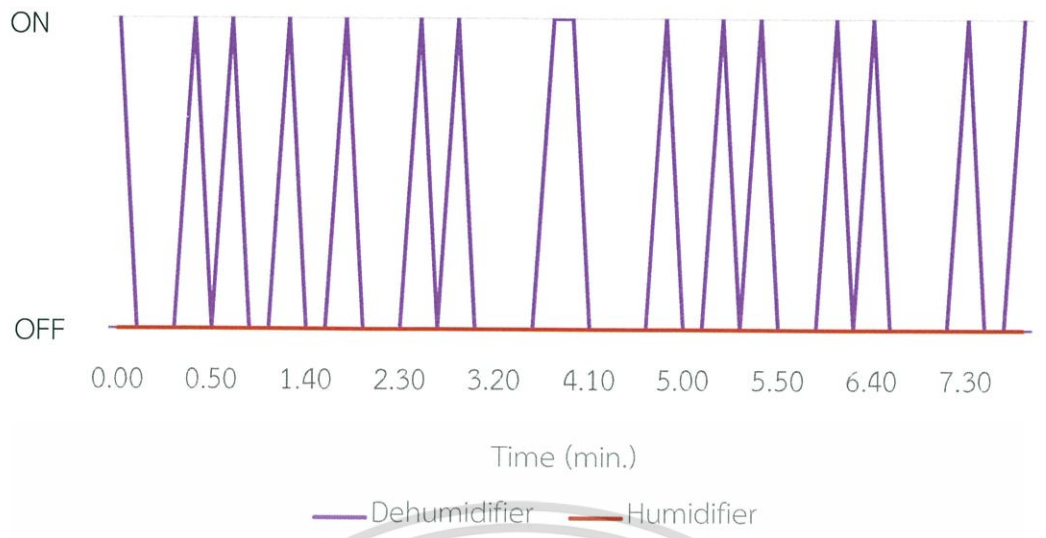
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในตู้แช่กับเวลา (ช่วงควบคุม 78-82 %RH)

จากการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 78-82 %RH พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดคือ 80 %RH สูงสุดคือ 82.5 %RH โดยความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบลดจาก 84% RH ลงมาถึงช่วงที่ตั้งค่าไว้ คือ 82 %RH จะเห็นว่าลดความชื้นลง 2 %RH โดยในขณะที่อุปกรณ์ลดความชื้นทำงานความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงมาต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ตั้งไว้ โดยเมื่อความชื้นอยู่ในช่วงที่ต้องการแล้ว ระบบจะสั่งให้อุปกรณ์เสริมทุกอย่างหยุดทำงาน แต่จะเห็นว่า ความชื้นภายในตู้เพิ่มขึ้นจนเกินช่วงที่ตั้งไว้ อุปกรณ์ลดความชื้นก็จะทำงานอีกครั้งโดยระบบจะทำงานวนเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ เพื่อคุมสภาวะให้คงที่มากที่สุด โดยจากแนวโน้มของกราฟทำให้ทราบว่าความชื้นโดยรวมจะอยู่ที่ 82 %RH ตามที่ตั้งเอาไว้โดยคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 %RH และการทำงานของชุดเพิ่มความชื้นและชุดลดความชื้นเป็นดังรูปที่ 4.4

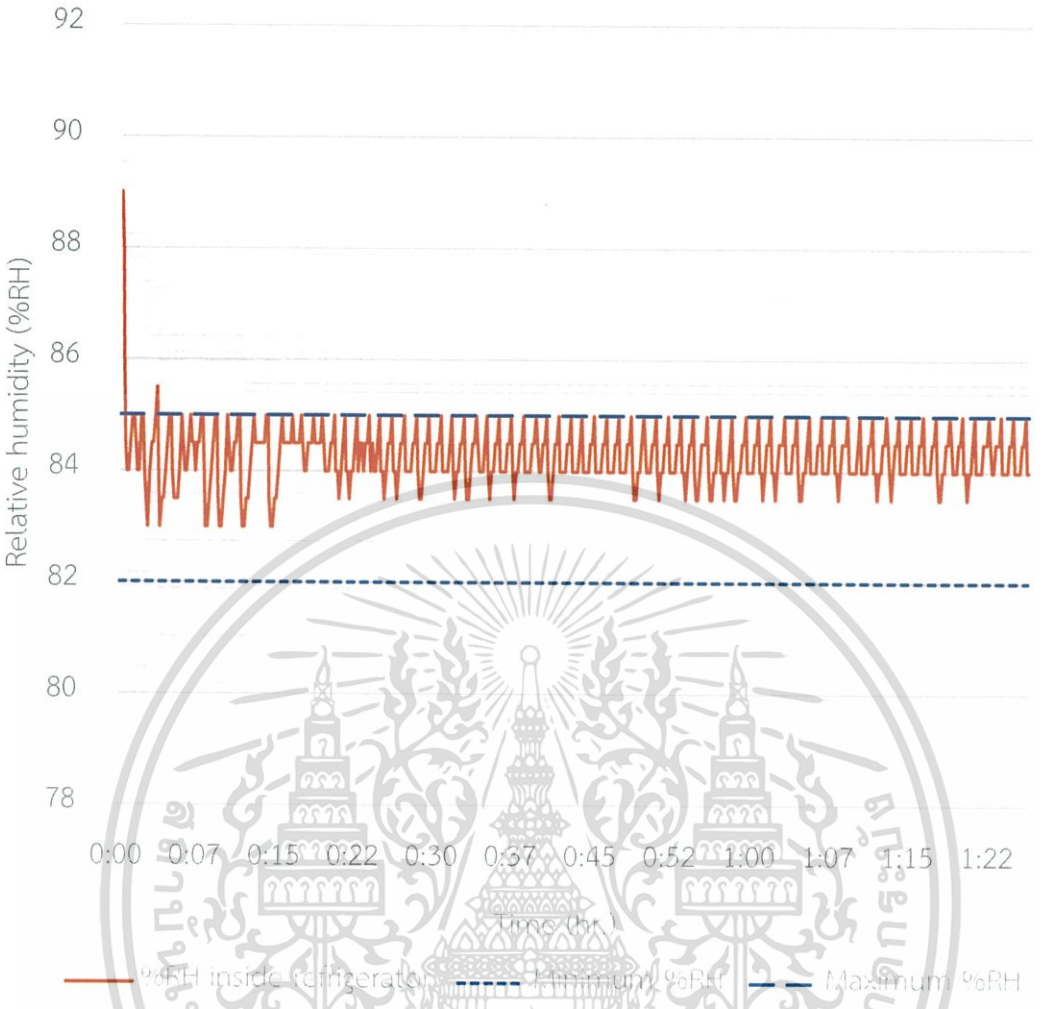
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การเปิดปิดของชุดอุปกรณ์ลดความชื้นและเพิ่มความชื้นกับเวลา (ช่วงควบคุม 78-82 %RH)

การทำงานอุปกรณ์เพิ่มและลดความชื้นในช่วงเวลา โดยหลักการทำงานที่สัมพันธ์กันของทั้งสองอุปกรณ์ ให้ทำงานสอดคล้องกับค่าความชื้นที่ตั้งค่าไว้ จะเห็นได้ว่าชุดอุปกรณ์ลดความชื้นมีการเปิดปิดการทำงานตลอดเวลา ในขณะที่ชุดเพิ่มความชื้นปิดการทำงานตลอดเวลาจากความชื้นภายในตู้แช่ที่เพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ยชุดอุปกรณ์ลดความชื้นจะเปิดการทำงานขึ้นทุก ๆ 20 วินาที เป็นเวลา 10 วินาที เพื่อให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในตู้แช่อยู่ในช่วง 78-82 %RH

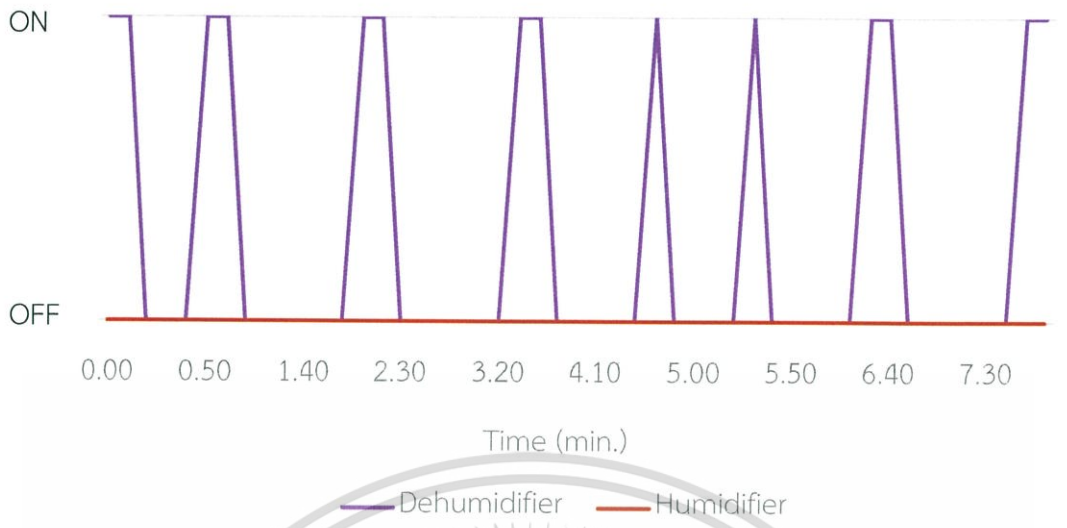
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในตู้แช่กับเวลา (ช่วงควบคุม 82-85 %RH)

จากการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 82-85 %RH พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดคือ 83 %RH สูงสุดคือ 85.5 %RH พบว่าความชื้นภายในระบบลดจาก 89% RH ลงมาถึงช่วงที่ตั้งค่าไว้ คือ 85 %RH จะเห็นว่าลดความชื้นลง 4 %RH โดยในขณะที่อุปกรณ์ลดความชื้นทำงานความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงมาต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ตั้งไว้อยู่ที่ ± 2 %RH โดยเมื่อความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงที่ต้องการแล้ว ระบบจะสั่งให้อุปกรณ์เสริมทุกอย่างหยุดทำงาน แต่จะเห็นได้ว่า ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เพิ่มขึ้นจนเกินช่วงที่ตั้งไว้ อุปกรณ์ลดความชื้นก็จะทำงานอีกครั้งโดยระบบจะทำงานวนเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จากแนวโน้มของกราฟทำให้ทราบว่าความชื้นสัมพัทธ์โดยรวมจะอยู่ที่ 85 %RH ตามที่ตั้งเอาไว้โดยคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 %RH จะเห็นได้ว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความชื้นมีความคล้ายคลึงกับรูปที่ 4.3 ซึ่งลักษณะการทำงานของอุปกรณ์เสริมที่ติดตั้งเข้าไปสามารถควบคุมสภาวะความชื้นตามที่กำหนดได้ และการทำงานของชุดเพิ่มความชื้นและชุดลดความชื้นเป็นดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การเปิดปิดของชุดอุปกรณ์ลดความชื้นและเพิ่มความชื้นกับเวลา (ช่วงควบคุม 82-85 %RH)

จากการควบคุมการเปิดปิดของอุปกรณ์เพิ่มความชื้นและลดความชื้นเพื่อให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้แช่เฉลี่ยในช่วง 82-85 %RH พบว่าการทำงานอุปกรณ์เพิ่มและลดความชื้นในช่วงเวลา โดยหลักการทำงานที่สัมพันธ์กันของทั้งสองอุปกรณ์ ชุดอุปกรณ์ลดความชื้นมีการเปิดปิดการทำงานตลอดเวลา ในขณะที่ชุดเพิ่มความชื้นปิดการทำงานตลอดเวลาจากความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้แช่ที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการควบคุมความชื้นที่ 78-82 %RH ซึ่งโดยเฉลี่ยชุดอุปกรณ์ลดความชื้นจะเปิดการทำงานขึ้นทุก ๆ 40 วินาที เป็นเวลา 20 วินาที เพื่อให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในตู้แช่อยู่ในช่วง 82-85 %RH

โดยผลของค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้แช่ เกิดจากการทำงานของอุปกรณ์ลดความชื้น เมื่อความชื้นภายในตู้แช่สูงกว่าค่าที่กำหนด แต่เมื่อความชื้นต่ำกว่าช่วงที่กำหนด อุปกรณ์เพิ่มความชื้นจะทำงานเพื่อเสริมความชื้นเข้าไปในระบบ เพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งเอาไว้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 บทสรุป

จากการทดลองเพื่อที่จะควบคุมสภาวะภายในตู้แช่โดยเริ่มจากการลดความชื้นสัมพัทธ์ด้วยการดูดอากาศภายในตู้แช่มาผ่าชุดอุปกรณ์ซิลิก้าเจล ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้แช่จากเดิม 97%RH ลดลงเหลือ 79%RH ซึ่งสามารถลดความชื้นลงจากเดิม 18 %RH รวมทั้งการทดลองเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ให้กับสภาวะภายในตู้แช่ โดยการใช้อุปกรณ์เพิ่มความชื้น (ultrasonic Humidifier) โดยปล่อยละอองน้ำเข้าสู่สภาวะภายในตู้แช่ ส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้แช่สูงขึ้น จากเดิมอยู่ที่ 85 %RH เพิ่มขึ้นเป็น 93 %RH ส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นจากเดิม 8 %RH โดยหลังจากนั้นได้ทดลองกำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ โดยเริ่มจากการตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในระบบให้อยู่ช่วง 78–82 %RH ซึ่งจากเดิมความชื้นสัมพัทธ์โดยรวมในตู้แช่อยู่ที่ 85 %RH หลังจากอุปกรณ์ลดความชื้นทำงาน ส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์โดยรวมภายในตู้แช่อยู่ที่ 80-82.5% RH จากนั้นได้ลองกำหนดค่าความชื้นอีกครั้งให้อยู่ในช่วง 82–85 %RH จากเดิมความชื้นสัมพัทธ์โดยรวมอยู่ที่ 89 %RH เปลี่ยนแปลงเป็น 82–85.5% RH โดยจากการทดลองกำหนดค่าความชื้นพบว่าจากหลักการที่ได้ออกแบบของอุปกรณ์ลดและเพิ่มความชื้น สามารถคุมสภาวะให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้ แต่ในการพัฒนาต่อไปต้องคำนึงถึงระบบทำความเย็นให้เหมาะสม เพราะการบ่มเนื้อต้องใช้อุณหภูมิต่ำกว่าตู้แช่เย็นทั่วไป

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

จากการทดลอง มีปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นทำให้มีค่าความผิดพลาดส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง เช่น

- ปัญหาการต่อวงจร

การต่อวงจรไม่ถูกต้องทำให้เกิดการลัดวงจร ส่งผลให้อุปกรณ์เสียหายหรือการต่อขั้วสายหลวมทำให้อุปกรณ์ไม่ทำงาน

- ความแม่นยำของเซนเซอร์

เซนเซอร์มีปัญหาในเรื่องความแม่นยำต่ำ ต้องนำมาสอบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีความน่าเชื่อถือหลายชนิด จึงจะเอามาใช้เก็บค่าเพื่อตรวจสอบสภาวะภายในตู้แช่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความยาวของสายไฟที่ต่อในวงจร

การเลือกใช้สายไฟที่ต่อระหว่างเซนเซอร์กับโพรโตบอร์ดที่ยาวมากจนเกินไป ทำให้กระแสไฟไปเลี้ยงเซนเซอร์ไม่พอ โดยจะส่งผลให้เซนเซอร์ไม่ทำงาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการดัดแปลงตู้แช่เย็นให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ควรใช้เซนเซอร์ที่มีเสถียรภาพและมีประสิทธิภาพดี เนื่องจากจะเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับสภาวะโดยรวมภายในตู้แช่ เพื่อให้มีความเที่ยงตรงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

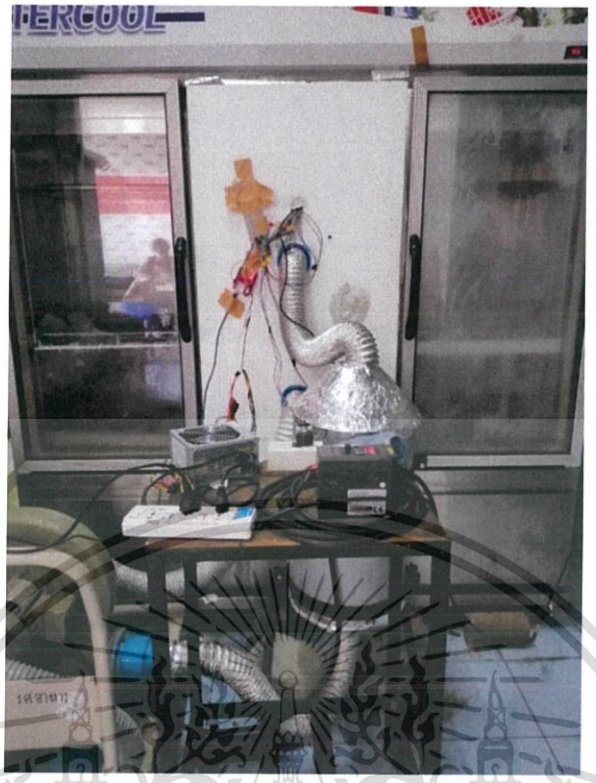
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

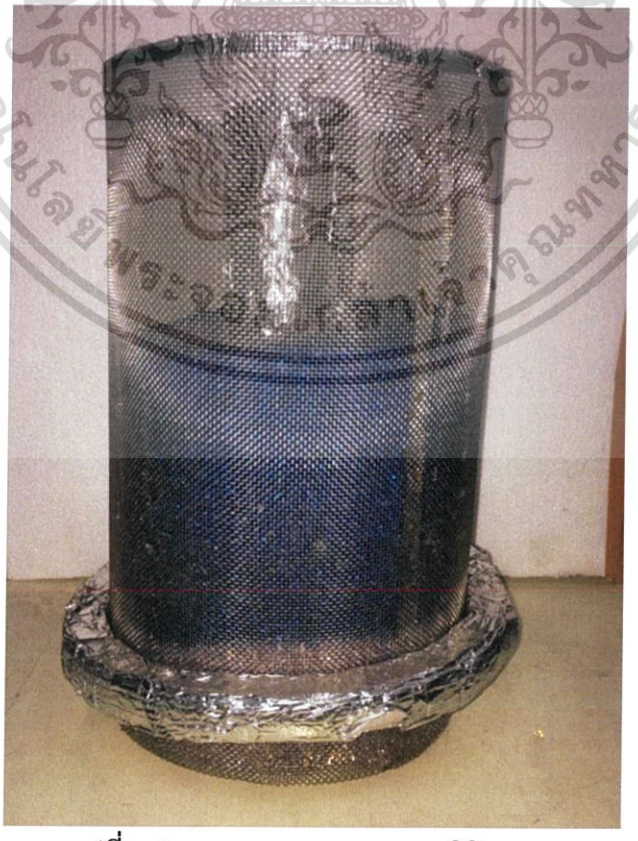
ภาคผนวก ก.

ภาพประกอบการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ชุดอุปกรณ์ลดความชื้น (Silica gel chamber)



รูปที่ ก.2 ทรงกระบอกกลวงบรรจุซิลิกาเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 ชุดกล่องเพิ่มความชื้น (Ultrasonic humidifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ผลการทดลองลดความชื้นด้วยชุดอุปกรณ์ Silica gel

เวลา (นาที)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	SD
0.00	95.00	98.00	96.20	96.40	1.51
0.50	95.00	94.80	97.40	95.73	1.45
1.00	92.80	91.20	95.20	93.07	2.01
1.50	91.20	87.60	92.20	90.33	2.42
2.00	89.00	83.80	88.60	87.13	2.89
2.50	87.20	81.40	85.60	84.73	3.00
3.00	85.40	80.00	82.60	82.67	2.70
3.50	83.80	79.60	80.80	81.40	2.16
4.00	82.80	79.00	79.60	80.47	2.04
4.50	81.80	79.00	79.20	80.00	1.56
5.00	81.20	78.60	79.00	79.60	1.40
5.50	80.60	78.60	78.80	79.33	1.10
6.00	80.40	78.60	79.00	79.33	0.95
6.50	80.00	78.80	78.80	79.20	0.69
7.00	80.00	78.80	78.80	79.20	0.69
7.50	79.80	78.80	78.80	79.13	0.58
8.00	79.80	78.80	78.60	79.07	0.64
8.50	79.80	78.80	78.60	79.07	0.64
9.00	79.80	78.80	78.40	79.00	0.72
9.50	79.80	78.80	78.60	79.07	0.64
10.00	79.80	78.80	78.40	79.00	0.72
10.50	79.60	78.80	78.60	79.00	0.53
11.00	79.60	78.80	78.60	79.00	0.53
11.50	79.60	78.80	78.60	79.00	0.53
12.00	79.60	78.80	78.60	79.00	0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ผลการทดลองเพิ่มความชื้นด้วย Ultrasonic Humidifier

เวลา (นาที)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	SD
0.00	84.00	89.00	85.00	86.00	2.65
0.50	84.20	89.00	85.50	86.23	2.48
1.00	85.20	89.40	87.00	87.20	2.11
1.50	87.00	90.00	87.83	88.28	1.55
2.00	88.00	90.40	88.83	89.08	1.22
2.50	89.80	90.60	89.00	89.80	0.80
3.00	91.00	90.60	89.33	90.31	0.87
3.50	91.60	90.80	89.50	90.63	1.06
4.00	92.20	91.20	89.67	91.02	1.27
4.50	92.40	91.40	89.83	91.21	1.30
5.00	92.60	91.60	90.17	91.46	1.22
5.50	92.80	91.80	90.17	91.59	1.33
6.00	92.80	91.80	90.33	91.64	1.24
6.50	92.80	91.80	90.33	91.64	1.24
7.00	92.80	91.80	90.33	91.64	1.24
7.50	92.80	91.80	90.50	91.70	1.15
8.00	93.00	91.80	90.50	91.77	1.25
8.50	93.00	91.80	90.50	91.77	1.25
9.00	93.00	91.80	90.50	91.77	1.25
9.50	93.00	91.80	90.50	91.77	1.25
10.00	93.00	92.20	90.67	91.96	1.18
10.50	93.00	92.20	90.83	92.01	1.10
11.00	93.00	92.20	90.83	92.01	1.10
11.50	93.00	92.20	91.17	92.12	0.92
12.00	93.00	92.20	91.17	92.12	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ผลการทดลองควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงควบคุม 78-82 %RH

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:00:00	6.02	86.00	6.96	84.00	6.49	0.66	85.00	1.41	1	0
0:00:10	6.19	86.00	7.82	82.00	7.01	1.15	84.00	2.83	1	0
0:00:20	6.65	86.00	9.19	80.00	7.92	1.80	83.00	4.24	1	0
0:00:30	7.07	86.00	10.20	77.00	8.64	2.21	81.50	6.36	1	0
0:00:40	7.29	86.00	10.35	77.00	8.82	2.16	81.50	6.36	1	0
0:00:50	7.18	86.00	9.71	78.00	8.44	1.79	82.00	5.66	1	0
0:01:00	7.21	86.00	9.86	77.00	8.53	1.87	81.50	6.36	0	0
0:01:10	7.38	86.00	9.87	78.00	8.63	1.76	82.00	5.66	1	0
0:01:20	7.45	86.00	10.10	77.00	8.77	1.87	81.50	6.36	0	0
0:01:30	7.60	86.00	10.19	77.00	8.90	1.83	81.50	6.36	0	0
0:01:40	7.45	85.00	9.57	78.00	8.51	1.50	81.50	4.95	0	0
0:01:50	7.24	85.00	8.93	79.00	8.09	1.20	82.00	4.24	1	0
0:02:00	7.28	85.00	9.27	79.00	8.27	1.41	82.00	4.24	1	0
0:02:10	7.63	85.00	10.25	77.00	8.94	1.85	81.00	5.66	0	0
0:02:20	7.80	85.00	10.39	77.00	9.10	1.83	81.00	5.66	0	0
0:02:30	7.64	85.00	9.79	78.00	8.72	1.52	81.50	4.95	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:02:40	7.43	85.00	9.15	79.00	8.29	1.22	82.00	4.24	1	0
0:02:50	7.44	85.00	9.31	78.00	8.38	1.32	81.50	4.95	0	0
0:03:00	7.59	85.00	9.54	79.00	8.57	1.38	82.00	4.24	1	0
0:03:10	7.64	85.00	9.91	78.00	8.78	1.61	81.50	4.95	0	0
0:03:20	7.79	85.00	10.00	78.00	8.90	1.56	81.50	4.95	0	0
0:03:30	7.62	85.00	9.47	79.00	8.55	1.31	82.00	4.24	1	0
0:03:40	7.65	85.00	9.74	78.00	8.70	1.48	81.50	4.95	0	0
0:03:50	7.78	85.00	9.90	78.00	8.84	1.50	81.50	4.95	0	0
0:04:00	7.62	85.00	9.38	79.00	8.50	1.24	82.00	4.24	1	0
0:04:10	7.63	84.00	9.65	78.00	8.64	1.43	81.00	4.24	0	0
0:04:20	7.78	85.00	9.86	78.00	8.82	1.47	81.50	4.95	0	0
0:04:30	7.62	84.00	9.40	79.00	8.51	1.26	81.50	3.54	0	0
0:04:40	7.41	84.00	8.88	80.00	8.15	1.04	82.00	2.83	1	0
0:04:50	7.46	84.00	9.29	79.00	8.38	1.29	81.50	3.54	0	0
0:05:00	7.62	85.00	9.55	79.00	8.59	1.36	82.00	4.24	1	0
0:05:10	7.69	84.00	9.86	78.00	8.78	1.53	81.00	4.24	0	0
0:05:20	7.85	85.00	10.09	78.00	8.97	1.58	81.50	4.95	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:05:30	7.71	84.00	9.57	79.00	8.64	1.32	81.50	3.54	0	0
0:05:40	7.52	84.00	9.04	79.00	8.28	1.07	81.50	3.54	0	0
0:05:50	7.32	84.00	8.56	80.00	7.94	0.88	82.00	2.83	1	0
0:06:00	7.38	84.00	9.02	80.00	8.20	1.16	82.00	2.83	1	0
0:06:10	7.73	84.00	10.04	78.00	8.89	1.63	81.00	4.24	0	0
0:06:20	7.93	85.00	10.32	78.00	9.13	1.69	81.50	4.95	0	0
0:06:30	7.79	84.00	9.79	78.00	8.79	1.41	81.00	4.24	0	0
0:06:40	7.60	84.00	9.24	79.00	8.42	1.16	81.50	3.54	0	0
0:06:50	7.40	84.00	8.80	80.00	8.10	0.99	82.00	2.83	1	0
0:07:00	7.44	84.00	9.24	79.00	8.34	1.27	81.50	3.54	0	0
0:07:10	7.63	84.00	9.59	79.00	8.61	1.39	81.50	3.54	0	0
0:07:20	7.51	84.00	9.24	80.00	8.38	1.22	82.00	2.83	1	0
0:07:30	7.56	84.00	9.58	78.00	8.57	1.43	81.00	4.24	0	0
0:07:40	7.74	85.00	9.82	79.00	8.78	1.47	82.00	4.24	1	0
0:07:50	7.82	84.00	10.14	78.00	8.98	1.64	81.00	4.24	0	0
0:08:00	8.00	85.00	10.35	78.00	9.18	1.66	81.50	4.95	0	0
0:08:10	7.85	84.00	9.80	79.00	8.83	1.38	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:08:20	7.65	84.00	9.25	80.00	8.45	1.13	82.00	2.83	1	0
0:08:30	7.67	84.00	9.57	79.00	8.62	1.34	81.50	3.54	0	0
0:08:40	7.82	85.00	9.84	79.00	8.83	1.43	82.00	4.24	1	0
0:08:50	7.90	84.00	10.19	77.00	9.05	1.62	80.50	4.95	0	0
0:09:00	8.07	84.00	10.40	78.00	9.24	1.65	81.00	4.24	0	0
0:09:10	7.91	84.00	9.88	78.00	8.90	1.39	81.00	4.24	0	0
0:09:20	7.69	84.00	9.32	79.00	8.51	1.15	81.50	3.54	0	0
0:09:30	7.52	84.00	8.82	80.00	8.17	0.92	82.00	2.83	1	0
0:09:40	7.57	84.00	9.31	79.00	8.44	1.23	81.50	3.54	0	0
0:09:50	7.78	84.00	9.65	79.00	8.72	1.32	81.50	3.54	0	0
0:10:00	7.67	84.00	9.30	80.00	8.49	1.15	82.00	2.83	1	0
0:10:10	7.71	84.00	9.70	78.00	8.71	1.41	81.00	4.24	0	0
0:10:20	7.90	85.00	9.96	79.00	8.93	1.46	82.00	4.24	1	0
0:10:30	7.97	84.00	10.20	78.00	9.09	1.58	81.00	4.24	0	0
0:10:40	8.13	85.00	10.43	78.00	9.28	1.63	81.50	4.95	0	0
0:10:50	7.96	84.00	9.94	78.00	8.95	1.40	81.00	4.24	0	0
0:11:00	7.77	84.00	9.37	79.00	8.57	1.13	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:11:10	7.59	84.00	8.86	80.00	8.23	0.90	82.00	2.83	1	0
0:11:20	7.63	84.00	9.30	79.00	8.47	1.18	81.50	3.54	0	0
0:11:30	7.81	84.00	9.64	79.00	8.73	1.29	81.50	3.54	0	0
0:11:40	7.70	84.00	9.32	80.00	8.51	1.15	82.00	2.83	1	0
0:11:50	7.76	84.00	9.67	79.00	8.72	1.35	81.50	3.54	0	0
0:12:00	7.93	85.00	9.97	79.00	8.95	1.44	82.00	4.24	1	0
0:12:10	7.99	85.00	10.32	77.00	9.16	1.65	81.00	5.66	0	0
0:12:20	8.14	85.00	10.43	78.00	9.28	1.62	81.50	4.95	0	0
0:12:30	8.01	84.00	9.93	78.00	8.97	1.36	81.00	4.24	0	0
0:12:40	7.81	84.00	9.38	79.00	8.60	1.11	81.50	3.54	0	0
0:12:50	7.63	84.00	8.92	80.00	8.27	0.91	82.00	2.83	1	0
0:13:00	7.66	84.00	9.30	80.00	8.48	1.16	82.00	2.83	1	0
0:13:10	8.02	84.00	10.38	78.00	9.20	1.67	81.00	4.24	0	0
0:13:20	8.20	84.00	10.62	78.00	9.41	1.71	81.00	4.24	0	0
0:13:30	8.04	84.00	10.10	78.00	9.07	1.46	81.00	4.24	0	0
0:13:40	7.85	84.00	9.52	79.00	8.69	1.18	81.50	3.54	0	0
0:13:50	7.68	84.00	9.03	80.00	8.36	0.95	82.00	2.83	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:14:00	7.71	84.00	9.44	79.00	8.58	1.22	81.50	3.54	0	0
0:14:10	7.89	84.00	9.74	79.00	8.82	1.31	81.50	3.54	0	0
0:14:20	7.76	84.00	9.41	79.00	8.59	1.17	81.50	3.54	0	0
0:14:30	7.59	84.00	9.01	80.00	8.30	1.00	82.00	2.83	1	0
0:14:40	7.67	84.00	9.39	79.00	8.53	1.22	81.50	3.54	0	0
0:14:50	7.87	85.00	9.75	79.00	8.81	1.33	82.00	4.24	1	0
0:15:00	7.96	84.00	10.20	78.00	9.08	1.58	81.00	4.24	0	0
0:15:10	8.14	85.00	10.38	78.00	9.26	1.58	81.50	4.95	0	0
0:15:20	8.00	84.00	9.90	79.00	8.95	1.34	81.50	3.54	0	0
0:15:30	7.82	84.00	9.32	80.00	8.57	1.06	82.00	2.83	1	0
0:15:40	7.84	84.00	9.71	78.00	8.77	1.32	81.00	4.24	0	0
0:15:50	8.01	84.00	10.06	79.00	9.03	1.45	81.50	3.54	0	0
0:16:00	7.87	84.00	9.61	79.00	8.74	1.23	81.50	3.54	0	0
0:16:10	7.71	84.00	9.13	80.00	8.42	1.00	82.00	2.83	1	0
0:16:20	7.76	84.00	9.60	79.00	8.68	1.30	81.50	3.54	0	0
0:16:30	7.98	84.00	9.96	79.00	8.97	1.40	81.50	3.54	0	0
0:16:40	7.88	84.00	9.61	79.00	8.75	1.22	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:16:50	7.70	84.00	9.17	80.00	8.43	1.04	82.00	2.83	1	0
0:17:00	7.75	84.00	9.64	79.00	8.69	1.34	81.50	3.54	0	0
0:17:10	7.94	84.00	9.92	79.00	8.93	1.40	81.50	3.54	0	0
0:17:20	7.84	84.00	9.56	79.00	8.70	1.22	81.50	3.54	0	0
0:17:30	7.69	84.00	9.15	80.00	8.42	1.03	82.00	2.83	1	0
0:17:40	7.74	84.00	9.64	79.00	8.69	1.34	81.50	3.54	0	0
0:17:50	7.93	84.00	10.02	79.00	8.98	1.48	81.50	3.54	0	0
0:18:00	7.80	84.00	9.64	79.00	8.72	1.30	81.50	3.54	0	0
0:18:10	7.64	84.00	9.13	80.00	8.39	1.05	82.00	2.83	1	0
0:18:20	7.68	84.00	9.44	79.00	8.56	1.24	81.50	3.54	0	0
0:18:30	7.88	85.00	9.76	79.00	8.82	1.33	82.00	4.24	1	0
0:18:40	7.99	85.00	10.08	78.00	9.03	1.48	81.50	4.95	0	0
0:18:50	8.18	85.00	10.31	79.00	9.25	1.51	82.00	4.24	1	0
0:19:00	8.22	84.00	10.60	77.00	9.41	1.68	80.50	4.95	0	0
0:19:10	8.34	84.00	10.70	77.00	9.52	1.67	80.50	4.95	0	0
0:19:20	8.19	84.00	10.17	78.00	9.18	1.40	81.00	4.24	0	0
0:19:30	7.98	84.00	9.61	79.00	8.80	1.15	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:19:40	7.79	84.00	9.14	80.00	8.47	0.95	82.00	2.83	1	0
0:19:50	7.82	84.00	9.58	79.00	8.70	1.24	81.50	3.54	0	0
0:20:00	8.02	84.00	9.93	79.00	8.98	1.35	81.50	3.54	0	0
0:20:10	7.91	84.00	9.59	79.00	8.75	1.19	81.50	3.54	0	0
0:20:20	7.75	84.00	9.14	80.00	8.44	0.98	82.00	2.83	1	0
0:20:30	7.80	84.00	9.55	79.00	8.68	1.24	81.50	3.54	0	0
0:20:40	7.98	84.00	9.87	79.00	8.93	1.34	81.50	3.54	0	0
0:20:50	7.87	84.00	9.49	80.00	8.68	1.15	82.00	2.83	1	0
0:21:00	7.93	84.00	9.86	79.00	8.90	1.36	81.50	3.54	0	0
0:21:10	8.10	84.00	10.08	79.00	9.09	1.40	81.50	3.54	0	0
0:21:20	7.97	84.00	9.68	79.00	8.83	1.21	81.50	3.54	0	0
0:21:30	7.80	84.00	9.21	80.00	8.51	1.00	82.00	2.83	1	0
0:21:40	7.85	84.00	9.59	79.00	8.72	1.23	81.50	3.54	0	0
0:21:50	8.06	84.00	9.91	80.00	8.99	1.31	82.00	2.83	1	0
0:22:00	8.15	84.00	10.27	78.00	9.21	1.50	81.00	4.24	0	0
0:22:10	8.30	84.00	10.45	78.00	9.38	1.52	81.00	4.24	0	0
0:22:20	8.15	84.00	10.05	79.00	9.10	1.34	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:22:30	7.97	84.00	9.59	79.00	8.78	1.15	81.50	3.54	0	0
0:22:40	7.80	84.00	9.14	80.00	8.47	0.95	82.00	2.83	1	0
0:22:50	7.84	84.00	9.54	79.00	8.69	1.20	81.50	3.54	0	0
0:23:00	8.02	84.00	9.85	79.00	8.94	1.29	81.50	3.54	0	0
0:23:10	7.89	84.00	9.47	80.00	8.68	1.12	82.00	2.83	1	0
0:23:20	7.92	84.00	9.86	79.00	8.89	1.37	81.50	3.54	0	0
0:23:30	8.10	85.00	10.13	79.00	9.11	1.44	82.00	4.24	1	0
0:23:40	8.20	85.00	10.49	78.00	9.35	1.62	81.50	4.95	0	0
0:23:50	8.37	85.00	10.68	78.00	9.52	1.63	81.50	4.95	0	0
0:24:00	8.23	84.00	10.18	78.00	9.21	1.38	81.00	4.24	0	0
0:24:10	8.03	84.00	9.58	79.00	8.81	1.10	81.50	3.54	0	0
0:24:20	7.85	84.00	9.16	80.00	8.51	0.93	82.00	2.83	1	0
0:24:30	7.91	84.00	9.67	79.00	8.79	1.24	81.50	3.54	0	0
0:24:40	8.06	84.00	10.04	79.00	9.05	1.40	81.50	3.54	0	0
0:24:50	7.96	84.00	9.66	79.00	8.81	1.20	81.50	3.54	0	0
0:25:00	7.81	84.00	9.26	80.00	8.53	1.03	82.00	2.83	1	0
0:25:10	7.89	84.00	9.73	79.00	8.81	1.30	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:25:20	8.08	85.00	10.10	79.00	9.09	1.43	82.00	4.24	1	0
0:25:30	8.18	85.00	10.52	77.00	9.35	1.65	81.00	5.66	0	0
0:25:40	8.34	85.00	10.70	78.00	9.52	1.67	81.50	4.95	0	0
0:25:50	8.20	85.00	10.27	78.00	9.24	1.46	81.50	4.95	0	0
0:26:00	8.02	84.00	9.68	79.00	8.85	1.17	81.50	3.54	0	0
0:26:10	7.84	84.00	9.18	80.00	8.51	0.95	82.00	2.83	1	0
0:26:20	7.89	84.00	9.61	79.00	8.75	1.22	81.50	3.54	0	0
0:26:30	8.08	85.00	9.98	79.00	9.03	1.34	82.00	4.24	1	0
0:26:40	8.18	84.00	10.40	78.00	9.29	1.57	81.00	4.24	0	0
0:26:50	8.36	85.00	10.68	78.00	9.52	1.64	81.50	4.95	0	0
0:27:00	8.23	84.00	10.17	78.00	9.20	1.37	81.00	4.24	0	0
0:27:10	8.03	84.00	9.62	79.00	8.83	1.12	81.50	3.54	0	0
0:27:20	7.86	84.00	9.18	80.00	8.52	0.93	82.00	2.83	1	0
0:27:30	7.91	84.00	9.56	79.00	8.74	1.17	81.50	3.54	0	0
0:27:40	8.09	84.00	9.87	80.00	8.98	1.26	82.00	2.83	1	0
0:27:50	8.22	84.00	10.29	78.00	9.26	1.46	81.00	4.24	0	0
0:28:00	8.37	85.00	10.57	78.00	9.47	1.56	81.50	4.95	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:28:10	8.24	84.00	10.08	79.00	9.16	1.30	81.50	3.54	0	0
0:28:20	8.06	84.00	9.60	79.00	8.83	1.09	81.50	3.54	0	0
0:28:30	7.88	84.00	9.17	80.00	8.52	0.91	82.00	2.83	1	0
0:28:40	7.91	84.00	9.57	79.00	8.74	1.17	81.50	3.54	0	0
0:28:50	8.13	84.00	9.99	80.00	9.06	1.32	82.00	2.83	1	0
0:29:00	8.23	84.00	10.35	78.00	9.29	1.50	81.00	4.24	0	0
0:29:10	8.39	84.00	10.60	78.00	9.50	1.56	81.00	4.24	0	0
0:29:20	8.24	84.00	10.13	79.00	9.18	1.34	81.50	3.54	0	0
0:29:30	8.05	84.00	9.60	79.00	8.83	1.10	81.50	3.54	0	0
0:29:40	7.89	84.00	9.16	80.00	8.53	0.90	82.00	2.83	1	0
0:29:50	7.94	84.00	9.62	79.00	8.78	1.19	81.50	3.54	0	0
0:30:00	8.13	84.00	9.89	80.00	9.01	1.24	82.00	2.83	1	0
0:30:10	8.23	84.00	10.28	78.00	9.26	1.45	81.00	4.24	0	0
0:30:20	8.38	84.00	10.55	78.00	9.47	1.53	81.00	4.24	0	0
0:30:30	8.23	84.00	10.14	79.00	9.19	1.35	81.50	3.54	0	0
0:30:40	8.03	84.00	9.53	80.00	8.78	1.06	82.00	2.83	1	0
0:30:50	8.07	84.00	9.83	79.00	8.95	1.24	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:31:00	8.24	84.00	10.08	79.00	9.16	1.30	81.50	3.54	0	0
0:31:10	8.11	84.00	9.75	79.00	8.93	1.16	81.50	3.54	0	0
0:31:20	7.94	84.00	9.31	80.00	8.63	0.97	82.00	2.83	1	0
0:31:30	8.02	84.00	9.75	79.00	8.89	1.22	81.50	3.54	0	0
0:31:40	8.19	84.00	10.07	79.00	9.13	1.33	81.50	3.54	0	0
0:31:50	8.06	84.00	9.69	80.00	8.88	1.15	82.00	2.83	1	0
0:32:00	8.12	84.00	10.04	78.00	9.08	1.36	81.00	4.24	0	0
0:32:10	8.29	84.00	10.31	79.00	9.30	1.43	81.50	3.54	0	0
0:32:20	8.17	84.00	9.94	79.00	9.06	1.25	81.50	3.54	0	0
0:32:30	8.00	84.00	9.44	80.00	8.72	1.02	82.00	2.83	1	0
0:32:40	8.05	84.00	9.88	79.00	8.97	1.29	81.50	3.54	0	0
0:32:50	8.22	84.00	10.22	79.00	9.22	1.41	81.50	3.54	0	0
0:33:00	8.09	84.00	9.79	79.00	8.94	1.20	81.50	3.54	0	0
0:33:10	7.93	84.00	9.35	80.00	8.64	1.00	82.00	2.83	1	0
0:33:20	7.99	84.00	9.74	79.00	8.86	1.24	81.50	3.54	0	0
0:33:30	8.16	84.00	10.07	79.00	9.11	1.35	81.50	3.54	0	0
0:33:40	8.04	84.00	9.68	80.00	8.86	1.16	82.00	2.83	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:33:50	8.10	84.00	10.09	79.00	9.10	1.41	81.50	3.54	0	0
0:34:00	8.29	85.00	10.32	79.00	9.31	1.44	82.00	4.24	1	0
0:34:10	8.35	84.00	10.70	77.00	9.53	1.66	80.50	4.95	0	0
0:34:20	8.51	84.00	10.83	78.00	9.67	1.64	81.00	4.24	0	0
0:34:30	8.36	84.00	10.34	78.00	9.35	1.40	81.00	4.24	0	0
0:34:40	8.16	84.00	9.77	79.00	8.97	1.14	81.50	3.54	0	0
0:34:50	8.01	84.00	9.26	80.00	8.64	0.88	82.00	2.83	1	0
0:35:00	8.05	84.00	9.75	79.00	8.90	1.20	81.50	3.54	0	0
0:35:10	8.23	84.00	10.07	79.00	9.15	1.30	81.50	3.54	0	0
0:35:20	8.12	84.00	9.72	80.00	8.92	1.13	82.00	2.83	1	0
0:35:30	8.14	84.00	10.12	78.00	9.13	1.40	81.00	4.24	0	0
0:35:40	8.31	84.00	10.38	79.00	9.35	1.46	81.50	3.54	0	0
0:35:50	8.18	84.00	9.95	79.00	9.07	1.25	81.50	3.54	0	0
0:36:00	8.04	84.00	9.46	80.00	8.75	1.00	82.00	2.83	1	0
0:36:10	8.07	84.00	9.99	78.00	9.03	1.36	81.00	4.24	0	0
0:36:20	8.27	84.00	10.29	79.00	9.28	1.43	81.50	3.54	0	0
0:36:30	8.16	84.00	9.86	79.00	9.01	1.20	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:36:40	8.00	84.00	9.41	80.00	8.71	1.00	82.00	2.83	1	0
0:36:50	8.03	84.00	9.72	79.00	8.88	1.20	81.50	3.54	0	0
0:37:00	8.23	84.00	9.98	80.00	9.11	1.24	82.00	2.83	1	0
0:37:10	8.30	84.00	10.41	78.00	9.36	1.49	81.00	4.24	0	0
0:37:20	8.46	84.00	10.62	78.00	9.54	1.53	81.00	4.24	0	0
0:37:30	8.32	84.00	10.18	79.00	9.25	1.32	81.50	3.54	0	0
0:37:40	8.15	84.00	9.68	79.00	8.92	1.08	81.50	3.54	0	0
0:37:50	7.97	84.00	9.21	80.00	8.59	0.88	82.00	2.83	1	0
0:38:00	8.03	84.00	9.60	79.00	8.82	1.11	81.50	3.54	0	0
0:38:10	8.21	84.00	9.99	80.00	9.10	1.26	82.00	2.83	1	0
0:38:20	8.29	84.00	10.41	78.00	9.35	1.50	81.00	4.24	0	0
0:38:30	8.45	84.00	10.70	78.00	9.58	1.59	81.00	4.24	0	0
0:38:40	8.31	84.00	10.20	79.00	9.26	1.34	81.50	3.54	0	0
0:38:50	8.14	84.00	9.74	79.00	8.94	1.13	81.50	3.54	0	0
0:39:00	7.97	84.00	9.33	80.00	8.65	0.96	82.00	2.83	1	0
0:39:10	8.02	84.00	9.75	79.00	8.89	1.22	81.50	3.54	0	0
0:39:20	8.21	84.00	10.06	79.00	9.14	1.31	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:39:30	8.09	84.00	9.69	80.00	8.89	1.13	82.00	2.83	1	0
0:39:40	8.14	84.00	10.07	79.00	9.11	1.36	81.50	3.54	0	0
0:39:50	8.32	84.00	10.34	79.00	9.33	1.43	81.50	3.54	0	0
0:40:00	8.19	84.00	9.96	79.00	9.08	1.25	81.50	3.54	0	0
0:40:10	8.01	84.00	9.45	80.00	8.73	1.02	82.00	2.83	1	0
0:40:20	8.07	84.00	9.91	79.00	8.99	1.30	81.50	3.54	0	0
0:40:30	8.26	84.00	10.21	79.00	9.24	1.38	81.50	3.54	0	0
0:40:40	8.16	84.00	9.84	80.00	9.00	1.19	82.00	2.83	1	0
0:40:50	8.23	84.00	10.16	78.00	9.20	1.36	81.00	4.24	0	0
0:41:00	8.40	84.00	10.34	79.00	9.37	1.37	81.50	3.54	0	0
0:41:10	8.27	84.00	9.96	79.00	9.11	1.20	81.50	3.54	0	0
0:41:20	8.09	84.00	9.50	80.00	8.80	1.00	82.00	2.83	1	0
0:41:30	8.12	84.00	9.92	79.00	9.02	1.27	81.50	3.54	0	0
0:41:40	8.29	84.00	10.28	79.00	9.28	1.41	81.50	3.54	0	0
0:41:50	8.19	84.00	9.94	79.00	9.07	1.24	81.50	3.54	0	0
0:42:00	8.04	84.00	9.48	80.00	8.76	1.02	82.00	2.83	1	0
0:42:10	8.10	84.00	9.81	79.00	8.96	1.21	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:42:20	8.26	84.00	10.09	79.00	9.18	1.29	81.50	3.54	0	0
0:42:30	8.14	84.00	9.73	80.00	8.94	1.12	82.00	2.83	1	0
0:42:40	8.20	84.00	10.13	79.00	9.17	1.36	81.50	3.54	0	0
0:42:50	8.37	84.00	10.33	79.00	9.35	1.39	81.50	3.54	0	0
0:43:00	8.23	84.00	9.97	79.00	9.10	1.23	81.50	3.54	0	0
0:43:10	8.06	84.00	9.47	80.00	8.77	1.00	82.00	2.83	1	0
0:43:20	8.10	84.00	9.90	79.00	9.00	1.27	81.50	3.54	0	0
0:43:30	8.30	84.00	10.24	79.00	9.27	1.37	81.50	3.54	0	0
0:43:40	8.19	84.00	9.84	79.00	9.02	1.17	81.50	3.54	0	0
0:43:50	8.02	84.00	9.42	80.00	8.72	0.99	82.00	2.83	1	0
0:44:00	8.06	84.00	9.74	79.00	8.90	1.19	81.50	3.54	0	0
0:44:10	8.27	84.00	10.02	80.00	9.15	1.24	82.00	2.83	1	0
0:44:20	8.36	84.00	10.49	78.00	9.43	1.51	81.00	4.24	0	0
0:44:30	8.52	84.00	10.69	78.00	9.61	1.53	81.00	4.24	0	0
0:44:40	8.38	84.00	10.23	79.00	9.31	1.31	81.50	3.54	0	0
0:44:50	8.20	84.00	9.72	79.00	8.96	1.07	81.50	3.54	0	0
0:45:00	8.02	84.00	9.31	80.00	8.67	0.91	82.00	2.83	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:45:10	8.07	84.00	9.73	80.00	8.90	1.17	82.00	2.83	1	0
0:45:20	8.43	84.00	10.78	78.00	9.61	1.66	81.00	4.24	0	0
0:45:30	8.60	84.00	10.95	78.00	9.78	1.66	81.00	4.24	0	0
0:45:40	8.47	84.00	10.42	78.00	9.44	1.38	81.00	4.24	0	0
0:45:50	8.28	84.00	9.90	79.00	9.09	1.15	81.50	3.54	0	0
0:46:00	8.09	84.00	9.42	80.00	8.76	0.94	82.00	2.83	1	0
0:46:10	8.14	84.00	9.88	79.00	9.01	1.23	81.50	3.54	0	0
0:46:20	8.33	84.00	10.23	79.00	9.28	1.34	81.50	3.54	0	0
0:46:30	8.23	84.00	9.88	79.00	9.06	1.17	81.50	3.54	0	0
0:46:40	8.05	84.00	9.45	80.00	8.75	0.99	82.00	2.83	1	0
0:46:50	8.10	84.00	9.79	79.00	8.94	1.20	81.50	3.54	0	0
0:47:00	8.30	84.00	10.12	80.00	9.21	1.29	82.00	2.83	1	0
0:47:10	8.38	84.00	10.53	78.00	9.46	1.52	81.00	4.24	0	0
0:47:20	8.56	84.00	10.75	78.00	9.66	1.55	81.00	4.24	0	0
0:47:30	8.42	84.00	10.34	78.00	9.38	1.36	81.00	4.24	0	0
0:47:40	8.23	84.00	9.74	79.00	8.99	1.07	81.50	3.54	0	0
0:47:50	8.06	84.00	9.28	80.00	8.67	0.86	82.00	2.83	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:48:00	8.08	84.00	9.73	79.00	8.91	1.17	81.50	3.54	0	0
0:48:10	8.28	84.00	10.07	80.00	9.18	1.27	82.00	2.83	1	0
0:48:20	8.37	84.00	10.45	78.00	9.41	1.47	81.00	4.24	0	0
0:48:30	8.52	84.00	10.66	79.00	9.59	1.51	81.50	3.54	0	0
0:48:40	8.39	84.00	10.22	79.00	9.31	1.29	81.50	3.54	0	0
0:48:50	8.21	84.00	9.73	79.00	8.97	1.07	81.50	3.54	0	0
0:49:00	8.05	84.00	9.30	80.00	8.68	0.88	82.00	2.83	1	0
0:49:10	8.09	84.00	9.64	80.00	8.86	1.10	82.00	2.83	1	0
0:49:20	8.43	84.00	10.69	78.00	9.56	1.60	81.00	4.24	0	0
0:49:30	8.61	84.00	10.95	78.00	9.78	1.65	81.00	4.24	0	0
0:49:40	8.46	84.00	10.51	78.00	9.49	1.45	81.00	4.24	0	0
0:49:50	8.27	84.00	9.96	79.00	9.11	1.20	81.50	3.54	0	0
0:50:00	8.10	84.00	9.47	80.00	8.78	0.97	82.00	2.83	1	0
0:50:10	8.16	84.00	9.87	79.00	9.02	1.21	81.50	3.54	0	0
0:50:20	8.34	84.00	10.17	79.00	9.26	1.29	81.50	3.54	0	0
0:50:30	8.23	84.00	9.77	80.00	9.00	1.09	82.00	2.83	1	0
0:50:40	8.26	84.00	10.13	79.00	9.19	1.32	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:50:50	8.42	84.00	10.44	79.00	9.43	1.43	81.50	3.54	0	0
0:51:00	8.29	84.00	10.06	79.00	9.18	1.25	81.50	3.54	0	0
0:51:10	8.12	84.00	9.58	80.00	8.85	1.03	82.00	2.83	1	0
0:51:20	8.17	84.00	9.95	79.00	9.06	1.26	81.50	3.54	0	0
0:51:30	8.36	84.00	10.34	79.00	9.35	1.40	81.50	3.54	0	0
0:51:40	8.25	84.00	9.98	79.00	9.11	1.22	81.50	3.54	0	0
0:51:50	8.09	84.00	9.50	80.00	8.80	1.00	82.00	2.83	1	0
0:52:00	8.15	84.00	9.88	80.00	9.02	1.22	82.00	2.83	1	0
0:52:10	8.50	84.00	10.90	77.00	9.70	1.70	80.50	4.95	0	0
0:52:20	8.67	84.00	11.16	77.00	9.92	1.76	80.50	4.95	0	0
0:52:30	8.54	84.00	10.61	78.00	9.58	1.46	81.00	4.24	0	0
0:52:40	8.32	84.00	10.03	79.00	9.18	1.21	81.50	3.54	0	0
0:52:50	8.14	84.00	9.53	80.00	8.84	0.98	82.00	2.83	1	0
0:53:00	8.17	84.00	10.00	79.00	9.09	1.29	81.50	3.54	0	0
0:53:10	8.35	84.00	10.25	79.00	9.30	1.34	81.50	3.54	0	0
0:53:20	8.25	84.00	9.88	79.00	9.07	1.15	81.50	3.54	0	0
0:53:30	8.09	84.00	9.49	80.00	8.79	0.99	82.00	2.83	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:53:40	8.15	84.00	9.86	79.00	9.01	1.21	81.50	3.54	0	0
0:53:50	8.34	84.00	10.24	79.00	9.29	1.34	81.50	3.54	0	0
0:54:00	8.22	84.00	9.93	79.00	9.08	1.21	81.50	3.54	0	0
0:54:10	8.08	84.00	9.51	80.00	8.80	1.01	82.00	2.83	1	0
0:54:20	8.15	84.00	9.92	79.00	9.03	1.25	81.50	3.54	0	0
0:54:30	8.33	84.00	10.20	79.00	9.27	1.32	81.50	3.54	0	0
0:54:40	8.20	84.00	9.83	80.00	9.01	1.15	82.00	2.83	1	0
0:54:50	8.27	84.00	10.15	79.00	9.21	1.33	81.50	3.54	0	0
0:55:00	8.46	84.00	10.46	79.00	9.46	1.41	81.50	3.54	0	0
0:55:10	8.32	84.00	10.05	79.00	9.18	1.22	81.50	3.54	0	0
0:55:20	8.16	84.00	9.54	80.00	8.85	0.98	82.00	2.83	1	0
0:55:30	8.21	84.00	9.86	80.00	9.03	1.17	82.00	2.83	1	0
0:55:40	8.56	84.00	10.78	78.00	9.67	1.57	81.00	4.24	0	0
0:55:50	8.71	84.00	11.05	78.00	9.88	1.65	81.00	4.24	0	0
0:56:00	8.56	84.00	10.50	78.00	9.53	1.37	81.00	4.24	0	0
0:56:10	8.36	84.00	9.96	79.00	9.16	1.13	81.50	3.54	0	0
0:56:20	8.17	84.00	9.42	80.00	8.80	0.88	82.00	2.83	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:56:30	8.19	84.00	9.86	79.00	9.03	1.18	81.50	3.54	0	0
0:56:40	8.36	84.00	10.19	79.00	9.27	1.29	81.50	3.54	0	0
0:56:50	8.26	84.00	9.82	80.00	9.04	1.10	82.00	2.83	1	0
0:57:00	8.31	84.00	10.18	78.00	9.25	1.32	81.00	4.24	0	0
0:57:10	8.47	84.00	10.46	79.00	9.47	1.41	81.50	3.54	0	0
0:57:20	8.35	84.00	10.08	79.00	9.22	1.22	81.50	3.54	0	0
0:57:30	8.18	84.00	9.63	80.00	8.91	1.03	82.00	2.83	1	0
0:57:40	8.23	84.00	9.96	79.00	9.10	1.22	81.50	3.54	0	0
0:57:50	8.41	84.00	10.36	79.00	9.39	1.38	81.50	3.54	0	0
0:58:00	8.30	84.00	10.02	79.00	9.16	1.22	81.50	3.54	0	0
0:58:10	8.14	84.00	9.50	80.00	8.82	0.96	82.00	2.83	1	0
0:58:20	8.19	84.00	9.94	79.00	9.07	1.24	81.50	3.54	0	0
0:58:30	8.38	84.00	10.32	79.00	9.35	1.37	81.50	3.54	0	0
0:58:40	8.27	84.00	9.95	79.00	9.11	1.19	81.50	3.54	0	0
0:58:50	8.11	84.00	9.47	80.00	8.79	0.96	82.00	2.83	1	0
0:59:00	8.17	84.00	9.90	79.00	9.03	1.22	81.50	3.54	0	0
0:59:10	8.35	84.00	10.25	79.00	9.30	1.34	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:59:20	8.23	84.00	9.88	80.00	9.06	1.17	82.00	2.83	1	0
0:59:30	8.29	84.00	10.29	79.00	9.29	1.41	81.50	3.54	0	0
0:59:40	8.45	84.00	10.54	79.00	9.50	1.48	81.50	3.54	0	0
0:59:50	8.33	84.00	10.11	79.00	9.22	1.26	81.50	3.54	0	0
1:00:00	8.17	84.00	9.64	80.00	8.91	1.04	82.00	2.83	1	0
1:00:10	8.20	84.00	9.93	79.00	9.07	1.22	81.50	3.54	0	0
1:00:20	8.39	84.00	10.17	80.00	9.28	1.26	82.00	2.83	1	0
1:00:30	8.47	84.00	10.55	78.00	9.51	1.47	81.00	4.24	0	0
1:00:40	8.62	84.00	10.79	78.00	9.71	1.53	81.00	4.24	0	0
1:00:50	8.48	84.00	10.29	79.00	9.39	1.28	81.50	3.54	0	0
1:01:00	8.30	84.00	9.75	80.00	9.02	1.03	82.00	2.83	1	0
1:01:10	8.32	84.00	10.09	79.00	9.21	1.25	81.50	3.54	0	0
1:01:20	8.48	84.00	10.40	79.00	9.44	1.36	81.50	3.54	0	0
1:01:30	8.35	84.00	9.99	79.00	9.17	1.16	81.50	3.54	0	0
1:01:40	8.19	84.00	9.56	80.00	8.88	0.97	82.00	2.83	1	0
1:01:50	8.23	84.00	9.94	79.00	9.09	1.21	81.50	3.54	0	0
1:02:00	8.43	84.00	10.24	79.00	9.34	1.28	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:02:10	8.31	84.00	9.88	80.00	9.10	1.11	82.00	2.83	1	0
1:02:20	8.36	84.00	10.12	79.00	9.24	1.24	81.50	3.54	0	0
1:02:30	8.54	84.00	10.48	79.00	9.51	1.37	81.50	3.54	0	0
1:02:40	8.42	84.00	10.09	79.00	9.26	1.18	81.50	3.54	0	0
1:02:50	8.24	84.00	9.66	80.00	8.95	1.00	82.00	2.83	1	0
1:03:00	8.30	84.00	10.02	79.00	9.16	1.22	81.50	3.54	0	0
1:03:10	8.48	84.00	10.34	79.00	9.41	1.32	81.50	3.54	0	0
1:03:20	8.36	84.00	9.99	80.00	9.18	1.15	82.00	2.83	1	0
1:03:30	8.40	84.00	10.35	79.00	9.38	1.38	81.50	3.54	0	0
1:03:40	8.56	84.00	10.56	79.00	9.56	1.41	81.50	3.54	0	0
1:03:50	8.43	84.00	10.10	79.00	9.27	1.18	81.50	3.54	0	0
1:04:00	8.27	84.00	9.68	80.00	8.98	1.00	82.00	2.83	1	0
1:04:10	8.30	84.00	10.14	79.00	9.22	1.30	81.50	3.54	0	0
1:04:20	8.48	84.00	10.39	79.00	9.44	1.35	81.50	3.54	0	0
1:04:30	8.34	84.00	10.01	79.00	9.18	1.18	81.50	3.54	0	0
1:04:40	8.20	84.00	9.56	80.00	8.88	0.96	82.00	2.83	1	0
1:04:50	8.27	84.00	10.00	79.00	9.14	1.22	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:05:00	8.46	84.00	10.33	79.00	9.40	1.32	81.50	3.54	0	0
1:05:10	8.33	84.00	10.01	79.00	9.17	1.19	81.50	3.54	0	0
1:05:20	8.18	84.00	9.55	80.00	8.86	0.97	82.00	2.83	1	0
1:05:30	8.21	84.00	9.91	79.00	9.06	1.20	81.50	3.54	0	0
1:05:40	8.37	84.00	10.23	79.00	9.30	1.32	81.50	3.54	0	0
1:05:50	8.27	84.00	9.92	80.00	9.10	1.17	82.00	2.83	1	0
1:06:00	8.31	84.00	10.18	79.00	9.25	1.32	81.50	3.54	0	0
1:06:10	8.48	84.00	10.46	79.00	9.47	1.40	81.50	3.54	0	0
1:06:20	8.37	84.00	10.04	79.00	9.21	1.18	81.50	3.54	0	0
1:06:30	8.19	84.00	9.60	80.00	8.90	1.00	82.00	2.83	1	0
1:06:40	8.26	84.00	9.95	80.00	9.11	1.20	82.00	2.83	1	0
1:06:50	8.62	84.00	10.96	78.00	9.79	1.65	81.00	4.24	0	0
1:07:00	8.78	84.00	11.20	78.00	9.99	1.71	81.00	4.24	0	0
1:07:10	8.62	84.00	10.67	78.00	9.65	1.45	81.00	4.24	0	0
1:07:20	8.43	84.00	10.10	79.00	9.27	1.18	81.50	3.54	0	0
1:07:30	8.24	84.00	9.58	80.00	8.91	0.95	82.00	2.83	1	0
1:07:40	8.29	84.00	9.95	79.00	9.12	1.17	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:07:50	8.46	84.00	10.25	79.00	9.35	1.27	81.50	3.54	0	0
1:08:00	8.34	84.00	9.90	80.00	9.12	1.10	82.00	2.83	1	0
1:08:10	8.41	84.00	10.24	79.00	9.33	1.29	81.50	3.54	0	0
1:08:20	8.55	84.00	10.46	79.00	9.51	1.35	81.50	3.54	0	0
1:08:30	8.44	84.00	10.11	79.00	9.28	1.18	81.50	3.54	0	0
1:08:40	8.28	84.00	9.68	80.00	8.98	0.99	82.00	2.83	1	0
1:08:50	8.31	84.00	9.94	79.00	9.13	1.15	81.50	3.54	0	0
1:09:00	8.49	84.00	10.24	79.00	9.36	1.24	81.50	3.54	0	0
1:09:10	8.37	84.00	9.91	80.00	9.14	1.09	82.00	2.83	1	0
1:09:20	8.40	84.00	10.31	79.00	9.36	1.35	81.50	3.54	0	0
1:09:30	8.56	84.00	10.52	79.00	9.54	1.39	81.50	3.54	0	0
1:09:40	8.43	84.00	10.13	79.00	9.28	1.20	81.50	3.54	0	0
1:09:50	8.25	84.00	9.70	80.00	8.98	1.03	82.00	2.83	1	0
1:10:00	8.27	84.00	10.05	79.00	9.16	1.26	81.50	3.54	0	0
1:10:10	8.45	84.00	10.41	79.00	9.43	1.39	81.50	3.54	0	0
1:10:20	8.32	84.00	10.03	79.00	9.18	1.21	81.50	3.54	0	0
1:10:30	8.17	84.00	9.58	80.00	8.88	1.00	82.00	2.83	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:10:40	8.24	84.00	9.91	79.00	9.08	1.18	81.50	3.54	0	0
1:10:50	8.41	84.00	10.27	79.00	9.34	1.32	81.50	3.54	0	0
1:11:00	8.29	84.00	9.95	79.00	9.12	1.17	81.50	3.54	0	0
1:11:10	8.13	84.00	9.53	80.00	8.83	0.99	82.00	2.83	1	0
1:11:20	8.17	84.00	9.91	79.00	9.04	1.23	81.50	3.54	0	0
1:11:30	8.36	84.00	10.26	79.00	9.31	1.34	81.50	3.54	0	0
1:11:40	8.26	84.00	9.93	80.00	9.10	1.18	82.00	2.83	1	0
1:11:50	8.34	84.00	10.30	79.00	9.32	1.39	81.50	3.54	0	0
1:12:00	8.51	84.00	10.53	79.00	9.52	1.43	81.50	3.54	0	0
1:12:10	8.38	84.00	10.13	79.00	9.26	1.24	81.50	3.54	0	0
1:12:20	8.23	84.00	9.66	80.00	8.95	1.01	82.00	2.83	1	0
1:12:30	8.28	84.00	10.04	79.00	9.16	1.24	81.50	3.54	0	0
1:12:40	8.46	84.00	10.43	79.00	9.44	1.39	81.50	3.54	0	0
1:12:50	8.33	84.00	10.07	79.00	9.20	1.23	81.50	3.54	0	0
1:13:00	8.17	84.00	9.65	80.00	8.91	1.05	82.00	2.83	1	0
1:13:10	8.22	84.00	10.01	79.00	9.11	1.27	81.50	3.54	0	0
1:13:20	8.40	84.00	10.32	79.00	9.36	1.36	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:13:30	8.28	84.00	9.93	79.00	9.10	1.17	81.50	3.54	0	0
1:13:40	8.12	84.00	9.51	80.00	8.82	0.98	82.00	2.83	1	0
1:13:50	8.18	84.00	9.82	79.00	9.00	1.16	81.50	3.54	0	0
1:14:00	8.35	84.00	10.25	79.00	9.30	1.34	81.50	3.54	0	0
1:14:10	8.24	84.00	9.89	80.00	9.07	1.17	82.00	2.83	1	0
1:14:20	8.29	84.00	10.21	79.00	9.25	1.36	81.50	3.54	0	0
1:14:30	8.48	84.00	10.51	79.00	9.50	1.44	81.50	3.54	0	0
1:14:40	8.35	84.00	10.09	79.00	9.22	1.23	81.50	3.54	0	0
1:14:50	8.20	84.00	9.63	80.00	8.92	1.01	82.00	2.83	1	0
1:15:00	8.28	84.00	10.00	79.00	9.14	1.22	81.50	3.54	0	0
1:15:10	8.44	84.00	10.34	79.00	9.39	1.34	81.50	3.54	0	0
1:15:20	8.31	84.00	10.00	79.00	9.16	1.20	81.50	3.54	0	0
1:15:30	8.15	84.00	9.59	80.00	8.87	1.02	82.00	2.83	1	0
1:15:40	8.20	84.00	9.96	79.00	9.08	1.24	81.50	3.54	0	0
1:15:50	8.38	84.00	10.30	79.00	9.34	1.36	81.50	3.54	0	0
1:16:00	8.29	84.00	9.95	79.00	9.12	1.17	81.50	3.54	0	0
1:16:10	8.12	84.00	9.53	80.00	8.83	1.00	82.00	2.83	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:16:20	8.16	84.00	9.96	79.00	9.06	1.27	81.50	3.54	0	0
1:16:30	8.35	84.00	10.32	79.00	9.34	1.39	81.50	3.54	0	0
1:16:40	8.24	84.00	9.97	79.00	9.10	1.22	81.50	3.54	0	0
1:16:50	8.09	84.00	9.53	80.00	8.81	1.02	82.00	2.83	1	0
1:17:00	8.16	84.00	9.95	79.00	9.06	1.27	81.50	3.54	0	0
1:17:10	8.35	84.00	10.22	79.00	9.28	1.32	81.50	3.54	0	0
1:17:20	8.25	84.00	9.90	80.00	9.08	1.17	82.00	2.83	1	0
1:17:30	8.30	84.00	10.24	79.00	9.27	1.37	81.50	3.54	0	0
1:17:40	8.47	84.00	10.53	79.00	9.50	1.46	81.50	3.54	0	0
1:17:50	8.34	84.00	10.11	79.00	9.23	1.25	81.50	3.54	0	0
1:18:00	8.17	84.00	9.63	80.00	8.90	1.03	82.00	2.83	1	0
1:18:10	8.22	84.00	10.06	79.00	9.14	1.30	81.50	3.54	0	0
1:18:20	8.39	84.00	10.32	79.00	9.36	1.36	81.50	3.54	0	0
1:18:30	8.28	84.00	9.94	79.00	9.11	1.17	81.50	3.54	0	0
1:18:40	8.14	84.00	9.50	80.00	8.82	0.96	82.00	2.83	1	0
1:18:50	8.20	84.00	9.90	79.00	9.05	1.20	81.50	3.54	0	0
1:19:00	8.38	84.00	10.29	79.00	9.34	1.35	81.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:19:10	8.28	84.00	9.94	80.00	9.11	1.17	82.00	2.83	1	0
1:19:20	8.32	84.00	10.27	79.00	9.30	1.38	81.50	3.54	0	0
1:19:30	8.48	84.00	10.50	79.00	9.49	1.43	81.50	3.54	0	0
1:19:40	8.35	84.00	10.08	79.00	9.22	1.22	81.50	3.54	0	0
1:19:50	8.19	84.00	9.63	80.00	8.91	1.02	82.00	2.83	1	0
1:20:00	8.25	84.00	9.95	79.00	9.10	1.20	81.50	3.54	0	0
1:20:10	8.43	84.00	10.31	79.00	9.37	1.33	81.50	3.54	0	0
1:20:20	8.30	84.00	9.91	79.00	9.11	1.14	81.50	3.54	0	0
1:20:30	8.15	84.00	9.48	80.00	8.82	0.94	82.00	2.83	1	0
1:20:40	8.20	84.00	9.92	80.00	9.06	1.22	82.00	2.83	1	0
1:20:50	8.53	84.00	10.84	78.00	9.68	1.63	81.00	4.24	0	0
1:21:00	9.88	84.00	13.23	76.00	11.56	2.37	80.00	5.66	0	0
1:21:10	8.99	82.00	10.33	78.00	9.66	0.95	80.00	2.83	0	0
1:21:20	8.73	82.00	9.80	79.00	9.27	0.76	80.50	2.12	0	0
1:21:30	8.50	82.00	9.36	80.00	8.93	0.61	81.00	1.41	0	0
1:21:40	8.29	82.00	9.04	81.00	8.67	0.53	81.50	0.71	0	0
1:21:50	8.10	82.00	8.76	81.00	8.43	0.47	81.50	0.71	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:22:00	7.94	83.00	8.52	82.00	8.23	0.41	82.50	0.71	1	0
1:22:10	8.02	83.00	9.19	81.00	8.61	0.83	82.00	1.41	1	0
1:22:20	8.44	83.00	10.47	79.00	9.46	1.44	81.00	2.83	0	0
1:22:30	8.63	84.00	10.76	78.00	9.69	1.51	81.00	4.24	0	0
1:22:40	8.51	84.00	10.35	79.00	9.43	1.30	81.50	3.54	0	0
1:22:50	8.32	84.00	9.85	79.00	9.09	1.08	81.50	3.54	0	0
1:23:00	8.16	84.00	9.39	80.00	8.77	0.87	82.00	2.83	1	0
1:23:10	8.23	84.00	9.81	80.00	9.02	1.12	82.00	2.83	1	0
1:23:20	8.57	84.00	10.90	78.00	9.74	1.65	81.00	4.24	0	0
1:23:30	8.74	84.00	11.14	78.00	9.94	1.70	81.00	4.24	0	0
1:23:40	8.60	84.00	10.61	78.00	9.61	1.42	81.00	4.24	0	0
1:23:50	8.43	84.00	10.08	79.00	9.26	1.17	81.50	3.54	0	0
1:24:00	8.26	84.00	9.58	80.00	8.92	0.93	82.00	2.83	1	0
1:24:10	8.30	84.00	9.92	79.00	9.11	1.15	81.50	3.54	0	0
1:24:20	8.47	84.00	10.24	80.00	9.36	1.25	82.00	2.83	1	0
1:24:30	8.57	84.00	10.60	78.00	9.59	1.44	81.00	4.24	0	0
1:24:40	8.73	84.00	10.84	78.00	9.78	1.49	81.00	4.24	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:24:50	8.60	84.00	10.39	79.00	9.50	1.27	81.50	3.54	0	0
1:25:00	8.43	84.00	9.92	79.00	9.18	1.05	81.50	3.54	0	0
1:25:10	8.26	84.00	9.52	80.00	8.89	0.89	82.00	2.83	1	0
1:25:20	8.30	84.00	9.91	80.00	9.11	1.14	82.00	2.83	1	0
1:25:30	8.63	84.00	10.95	78.00	9.79	1.64	81.00	4.24	0	0
1:25:40	8.79	84.00	11.13	78.00	9.96	1.65	81.00	4.24	0	0
1:25:50	8.64	84.00	10.65	78.00	9.65	1.42	81.00	4.24	0	0
1:26:00	8.49	84.00	10.11	79.00	9.30	1.15	81.50	3.54	0	0
1:26:10	8.31	84.00	9.64	80.00	8.98	0.94	82.00	2.83	1	0

ตารางที่ ข.4 ผลการทดลองควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงควบคุม 82-85 %RH

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:00:00	3.66	91.00	5.83	87.00	4.75	1.53	89.00	2.83	1	0
0:00:10	4.06	91.00	6.93	85.00	5.50	2.03	88.00	4.24	1	0
0:00:20	4.67	91.00	8.60	81.00	6.64	2.78	86.00	7.07	1	0
0:00:30	5.20	91.00	9.73	78.00	7.47	3.20	84.50	9.19	0	0
0:00:40	5.50	91.00	9.86	77.00	7.68	3.08	84.00	9.90	0	0
0:00:50	5.36	90.00	8.91	78.00	7.14	2.51	84.00	8.49	0	0
0:01:00	5.19	90.00	7.99	79.00	6.59	1.98	84.50	7.78	0	0
0:01:10	4.99	89.00	7.23	81.00	6.11	1.58	85.00	5.66	1	0
0:01:20	5.08	89.00	7.72	81.00	6.40	1.87	85.00	5.66	1	0
0:01:30	5.57	90.00	9.00	79.00	7.28	2.43	84.50	7.78	0	0
0:01:40	5.84	90.00	9.20	78.00	7.52	2.38	84.00	8.49	0	0
0:01:50	5.70	89.00	8.44	79.00	7.07	1.94	84.00	7.07	0	0
0:02:00	5.52	89.00	7.71	81.00	6.61	1.55	85.00	5.66	1	0
0:02:10	5.57	89.00	8.30	81.00	6.94	1.93	85.00	5.66	1	0
0:02:20	6.00	89.00	9.43	79.00	7.72	2.43	84.00	7.07	0	0
0:02:30	6.22	89.00	9.68	78.00	7.95	2.45	83.50	7.78	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:02:40	6.05	88.00	8.91	78.00	7.48	2.02	83.00	7.07	0	0
0:02:50	5.84	88.00	8.10	80.00	6.97	1.60	84.00	5.66	0	0
0:03:00	5.63	88.00	7.46	81.00	6.55	1.29	84.50	4.95	0	0
0:03:10	5.45	87.00	6.92	82.00	6.19	1.04	84.50	3.54	0	0
0:03:20	5.26	87.00	6.52	83.00	5.89	0.89	85.00	2.83	1	0
0:03:30	5.40	88.00	7.42	83.00	6.41	1.43	85.50	3.54	1	0
0:03:40	5.93	88.00	9.13	80.00	7.53	2.26	84.00	5.66	0	0
0:03:50	6.21	88.00	9.52	78.00	7.87	2.34	83.00	7.07	0	0
0:04:00	6.07	88.00	8.79	79.00	7.43	1.92	83.50	6.36	0	0
0:04:10	5.88	87.00	8.05	80.00	6.97	1.53	83.50	4.95	0	0
0:04:20	5.69	87.00	7.48	81.00	6.59	1.27	84.00	4.24	0	0
0:04:30	5.52	87.00	7.03	82.00	6.28	1.07	84.50	3.54	0	0
0:04:40	5.37	87.00	6.64	83.00	6.01	0.90	85.00	2.83	1	0
0:04:50	5.50	87.00	7.47	83.00	6.48	1.39	85.00	2.83	1	0
0:05:00	5.98	88.00	8.99	80.00	7.49	2.13	84.00	5.66	0	0
0:05:10	6.28	88.00	9.41	79.00	7.85	2.21	83.50	6.36	0	0
0:05:20	6.17	88.00	8.80	79.00	7.49	1.86	83.50	6.36	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:05:30	6.01	87.00	8.13	80.00	7.07	1.50	83.50	4.95	0	0
0:05:40	5.85	87.00	7.55	81.00	6.70	1.20	84.00	4.24	0	0
0:05:50	5.70	87.00	7.05	83.00	6.38	0.95	85.00	2.83	1	0
0:06:00	5.81	87.00	7.87	82.00	6.84	1.46	84.50	3.54	0	0
0:06:10	6.09	87.00	8.38	81.00	7.24	1.62	84.00	4.24	0	0
0:06:20	5.99	87.00	8.04	81.00	7.02	1.45	84.00	4.24	0	0
0:06:30	5.85	87.00	7.58	82.00	6.71	1.22	84.50	3.54	0	0
0:06:40	5.72	87.00	7.17	83.00	6.44	1.03	85.00	2.83	1	0
0:06:50	5.85	87.00	8.04	82.00	6.94	1.55	84.50	3.54	0	0
0:07:00	6.14	88.00	8.58	81.00	7.36	1.73	84.50	4.95	0	0
0:07:10	6.07	87.00	8.24	81.00	7.16	1.53	84.00	4.24	0	0
0:07:20	5.96	87.00	7.80	82.00	6.88	1.30	84.50	3.54	0	0
0:07:30	5.83	87.00	7.41	82.00	6.62	1.12	84.50	3.54	0	0
0:07:40	5.71	87.00	7.03	83.00	6.37	0.93	85.00	2.83	1	0
0:07:50	5.87	87.00	7.92	83.00	6.89	1.45	85.00	2.83	1	0
0:08:00	6.36	88.00	9.42	80.00	7.89	2.16	84.00	5.66	0	0
0:08:10	6.64	88.00	9.83	78.00	8.24	2.26	83.00	7.07	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:08:20	6.50	87.00	9.19	79.00	7.85	1.90	83.00	5.66	0	0
0:08:30	6.34	87.00	8.53	80.00	7.44	1.55	83.50	4.95	0	0
0:08:40	6.17	87.00	7.92	81.00	7.05	1.24	84.00	4.24	0	0
0:08:50	6.03	87.00	7.42	82.00	6.73	0.98	84.50	3.54	0	0
0:09:00	5.90	87.00	7.07	83.00	6.49	0.83	85.00	2.83	1	0
0:09:10	6.04	87.00	7.85	83.00	6.94	1.28	85.00	2.83	1	0
0:09:20	6.55	87.00	9.31	80.00	7.93	1.95	83.50	4.95	0	0
0:09:30	6.84	87.00	9.65	79.00	8.25	1.99	83.00	5.66	0	0
0:09:40	6.70	87.00	9.13	79.00	7.92	1.72	83.00	5.66	0	0
0:09:50	6.52	87.00	8.44	80.00	7.48	1.36	83.50	4.95	0	0
0:10:00	6.34	87.00	7.91	81.00	7.13	1.11	84.00	4.24	0	0
0:10:10	6.19	87.00	7.51	83.00	6.85	0.93	85.00	2.83	1	0
0:10:20	6.30	87.00	8.25	82.00	7.28	1.38	84.50	3.54	0	0
0:10:30	6.57	87.00	8.79	81.00	7.68	1.57	84.00	4.24	0	0
0:10:40	6.49	87.00	8.46	81.00	7.48	1.39	84.00	4.24	0	0
0:10:50	6.35	87.00	8.02	82.00	7.19	1.18	84.50	3.54	0	0
0:11:00	6.22	87.00	7.60	82.00	6.91	0.98	84.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:11:10	6.09	87.00	7.28	83.00	6.69	0.84	85.00	2.83	1	0
0:11:20	6.23	87.00	7.96	83.00	7.09	1.22	85.00	2.83	1	0
0:11:30	6.71	87.00	9.48	80.00	8.10	1.96	83.50	4.95	0	0
0:11:40	6.97	87.00	9.85	79.00	8.41	2.04	83.00	5.66	0	0
0:11:50	6.86	87.00	9.24	79.00	8.05	1.68	83.00	5.66	0	0
0:12:00	6.67	87.00	8.60	80.00	7.64	1.36	83.50	4.95	0	0
0:12:10	6.51	86.00	8.02	81.00	7.27	1.07	83.50	3.54	0	0
0:12:20	6.33	86.00	7.57	82.00	6.95	0.88	84.00	2.83	0	0
0:12:30	6.20	86.00	7.22	83.00	6.71	0.72	84.50	2.12	0	0
0:12:40	6.07	86.00	6.99	84.00	6.53	0.65	85.00	1.41	1	0
0:12:50	6.19	86.00	7.73	83.00	6.96	1.09	84.50	2.12	0	0
0:13:00	6.47	87.00	8.43	82.00	7.45	1.39	84.50	3.54	0	0
0:13:10	6.41	87.00	8.16	82.00	7.29	1.24	84.50	3.54	0	0
0:13:20	6.32	87.00	7.82	82.00	7.07	1.06	84.50	3.54	0	0
0:13:30	6.20	86.00	7.56	83.00	6.88	0.96	84.50	2.12	0	0
0:13:40	6.06	86.00	7.26	83.00	6.66	0.85	84.50	2.12	0	0
0:13:50	5.96	86.00	6.96	84.00	6.46	0.71	85.00	1.41	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:14:00	6.11	87.00	7.73	83.00	6.92	1.15	85.00	2.83	1	0
0:14:10	6.62	87.00	9.25	80.00	7.94	1.86	83.50	4.95	0	0
0:14:20	6.90	87.00	9.71	79.00	8.31	1.99	83.00	5.66	0	0
0:14:30	6.79	87.00	9.18	79.00	7.99	1.69	83.00	5.66	0	0
0:14:40	6.64	87.00	8.58	80.00	7.61	1.37	83.50	4.95	0	0
0:14:50	6.49	86.00	8.07	81.00	7.28	1.12	83.50	3.54	0	0
0:15:00	6.34	86.00	7.64	82.00	6.99	0.92	84.00	2.83	0	0
0:15:10	6.21	86.00	7.27	83.00	6.74	0.75	84.50	2.12	0	0
0:15:20	6.08	86.00	7.03	84.00	6.56	0.67	85.00	1.41	1	0
0:15:30	6.21	86.00	7.88	83.00	7.05	1.18	84.50	2.12	0	0
0:15:40	6.51	87.00	8.51	82.00	7.51	1.41	84.50	3.54	0	0
0:15:50	6.44	87.00	8.25	82.00	7.35	1.28	84.50	3.54	0	0
0:16:00	6.35	87.00	7.91	82.00	7.13	1.10	84.50	3.54	0	0
0:16:10	6.24	86.00	7.55	83.00	6.90	0.93	84.50	2.12	0	0
0:16:20	6.13	86.00	7.26	84.00	6.69	0.80	85.00	1.41	1	0
0:16:30	6.24	87.00	7.98	82.00	7.11	1.23	84.50	3.54	0	0
0:16:40	6.55	87.00	8.53	82.00	7.54	1.40	84.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:16:50	6.50	87.00	8.32	82.00	7.41	1.29	84.50	3.54	0	0
0:17:00	6.39	87.00	7.95	82.00	7.17	1.10	84.50	3.54	0	0
0:17:10	6.27	87.00	7.60	83.00	6.94	0.94	85.00	2.83	1	0
0:17:20	6.41	87.00	8.30	82.00	7.36	1.34	84.50	3.54	0	0
0:17:30	6.66	87.00	8.81	81.00	7.74	1.52	84.00	4.24	0	0
0:17:40	6.57	87.00	8.51	81.00	7.54	1.37	84.00	4.24	0	0
0:17:50	6.46	87.00	8.08	82.00	7.27	1.15	84.50	3.54	0	0
0:18:00	6.34	86.00	7.72	83.00	7.03	0.98	84.50	2.12	0	0
0:18:10	6.24	86.00	7.42	83.00	6.83	0.83	84.50	2.12	0	0
0:18:20	6.12	86.00	7.14	84.00	6.63	0.72	85.00	1.41	1	0
0:18:30	6.24	86.00	7.79	83.00	7.01	1.10	84.50	2.12	0	0
0:18:40	6.52	87.00	8.48	82.00	7.50	1.39	84.50	3.54	0	0
0:18:50	6.47	87.00	8.24	82.00	7.36	1.25	84.50	3.54	0	0
0:19:00	6.37	87.00	7.92	82.00	7.14	1.10	84.50	3.54	0	0
0:19:10	6.27	87.00	7.60	83.00	6.94	0.94	85.00	2.83	1	0
0:19:20	6.40	87.00	8.33	82.00	7.37	1.36	84.50	3.54	0	0
0:19:30	6.67	87.00	8.79	81.00	7.73	1.50	84.00	4.24	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:19:40	6.62	87.00	8.44	81.00	7.53	1.29	84.00	4.24	0	0
0:19:50	6.48	86.00	8.06	82.00	7.27	1.12	84.00	2.83	0	0
0:20:00	6.37	86.00	7.72	83.00	7.05	0.95	84.50	2.12	0	0
0:20:10	6.26	86.00	7.44	83.00	6.85	0.83	84.50	2.12	0	0
0:20:20	6.15	86.00	7.19	84.00	6.67	0.74	85.00	1.41	1	0
0:20:30	6.29	86.00	7.98	82.00	7.14	1.20	84.00	2.83	0	0
0:20:40	6.55	87.00	8.56	81.00	7.56	1.42	84.00	4.24	0	0
0:20:50	6.51	86.00	8.30	81.00	7.41	1.27	83.50	3.54	0	0
0:21:00	6.41	86.00	7.90	82.00	7.15	1.05	84.00	2.83	0	0
0:21:10	6.30	86.00	7.59	83.00	6.94	0.91	84.50	2.12	0	0
0:21:20	6.19	86.00	7.33	84.00	6.76	0.81	85.00	1.41	1	0
0:21:30	6.35	86.00	8.14	82.00	7.25	1.27	84.00	2.83	0	0
0:21:40	6.63	87.00	8.73	81.00	7.68	1.48	84.00	4.24	0	0
0:21:50	6.57	86.00	8.41	81.00	7.49	1.30	83.50	3.54	0	0
0:22:00	6.46	86.00	8.05	82.00	7.26	1.12	84.00	2.83	0	0
0:22:10	6.35	86.00	7.71	82.00	7.03	0.96	84.00	2.83	0	0
0:22:20	6.23	86.00	7.46	83.00	6.84	0.87	84.50	2.12	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:22:30	6.11	86.00	7.17	84.00	6.64	0.75	85.00	1.41	1	0
0:22:40	6.24	86.00	7.91	82.00	7.08	1.18	84.00	2.83	0	0
0:22:50	6.51	87.00	8.50	82.00	7.51	1.41	84.50	3.54	0	0
0:23:00	6.46	87.00	8.25	82.00	7.36	1.27	84.50	3.54	0	0
0:23:10	6.37	86.00	7.94	82.00	7.15	1.11	84.00	2.83	0	0
0:23:20	6.27	86.00	7.61	83.00	6.94	0.95	84.50	2.12	0	0
0:23:30	6.15	86.00	7.31	83.00	6.73	0.82	84.50	2.12	0	0
0:23:40	6.05	86.00	7.09	84.00	6.57	0.74	85.00	1.41	1	0
0:23:50	6.22	86.00	7.90	82.00	7.06	1.19	84.00	2.83	0	0
0:24:00	6.52	87.00	8.49	82.00	7.51	1.39	84.50	3.54	0	0
0:24:10	6.46	86.00	8.23	82.00	7.35	1.25	84.00	2.83	0	0
0:24:20	6.35	86.00	7.88	82.00	7.11	1.08	84.00	2.83	0	0
0:24:30	6.28	86.00	7.54	83.00	6.91	0.89	84.50	2.12	0	0
0:24:40	6.17	86.00	7.22	84.00	6.69	0.74	85.00	1.41	1	0
0:24:50	6.30	86.00	7.99	82.00	7.15	1.20	84.00	2.83	0	0
0:25:00	6.57	86.00	8.60	82.00	7.59	1.44	84.00	2.83	0	0
0:25:10	6.51	86.00	8.36	81.00	7.44	1.31	83.50	3.54	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:25:20	6.38	86.00	7.96	82.00	7.17	1.12	84.00	2.83	0	0
0:25:30	6.27	86.00	7.63	83.00	6.95	0.96	84.50	2.12	0	0
0:25:40	6.18	86.00	7.34	83.00	6.76	0.82	84.50	2.12	0	0
0:25:50	6.07	86.00	7.11	84.00	6.59	0.74	85.00	1.41	1	0
0:26:00	6.22	86.00	7.89	82.00	7.06	1.18	84.00	2.83	0	0
0:26:10	6.51	86.00	8.45	82.00	7.48	1.37	84.00	2.83	0	0
0:26:20	6.44	86.00	8.24	81.00	7.34	1.27	83.50	3.54	0	0
0:26:30	6.33	86.00	7.88	82.00	7.10	1.10	84.00	2.83	0	0
0:26:40	6.24	86.00	7.57	83.00	6.91	0.94	84.50	2.12	0	0
0:26:50	6.15	86.00	7.35	83.00	6.75	0.85	84.50	2.12	0	0
0:27:00	6.08	86.00	7.12	84.00	6.60	0.74	85.00	1.41	1	0
0:27:10	6.24	86.00	7.88	82.00	7.06	1.16	84.00	2.83	0	0
0:27:20	6.52	86.00	8.43	82.00	7.48	1.35	84.00	2.83	0	0
0:27:30	6.48	86.00	8.18	82.00	7.33	1.20	84.00	2.83	0	0
0:27:40	6.37	86.00	7.90	82.00	7.14	1.08	84.00	2.83	0	0
0:27:50	6.28	86.00	7.55	83.00	6.92	0.90	84.50	2.12	0	0
0:28:00	6.17	86.00	7.30	83.00	6.73	0.80	84.50	2.12	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:28:10	6.07	86.00	7.09	84.00	6.58	0.72	85.00	1.41	1	0
0:28:20	6.22	86.00	7.93	82.00	7.07	1.21	84.00	2.83	0	0
0:28:30	6.51	86.00	8.52	81.00	7.52	1.42	83.50	3.54	0	0
0:28:40	6.45	86.00	8.28	81.00	7.37	1.29	83.50	3.54	0	0
0:28:50	6.35	86.00	7.95	82.00	7.15	1.13	84.00	2.83	0	0
0:29:00	6.25	86.00	7.56	83.00	6.90	0.93	84.50	2.12	0	0
0:29:10	6.14	86.00	7.28	83.00	6.71	0.81	84.50	2.12	0	0
0:29:20	6.05	86.00	7.05	84.00	6.55	0.71	85.00	1.41	1	0
0:29:30	6.20	86.00	7.81	82.00	7.01	1.14	84.00	2.83	0	0
0:29:40	6.48	86.00	8.40	82.00	7.44	1.36	84.00	2.83	0	0
0:29:50	6.43	86.00	8.18	82.00	7.31	1.24	84.00	2.83	0	0
0:30:00	6.34	86.00	7.84	82.00	7.09	1.06	84.00	2.83	0	0
0:30:10	6.24	86.00	7.55	83.00	6.90	0.93	84.50	2.12	0	0
0:30:20	6.14	86.00	7.26	83.00	6.70	0.79	84.50	2.12	0	0
0:30:30	6.04	86.00	7.09	84.00	6.56	0.74	85.00	1.41	1	0
0:30:40	6.18	86.00	7.85	82.00	7.02	1.18	84.00	2.83	0	0
0:30:50	6.45	86.00	8.40	82.00	7.43	1.38	84.00	2.83	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:31:00	6.38	86.00	8.11	82.00	7.25	1.22	84.00	2.83	0	0
0:31:10	6.29	86.00	7.74	82.00	7.02	1.03	84.00	2.83	0	0
0:31:20	6.19	86.00	7.42	83.00	6.80	0.87	84.50	2.12	0	0
0:31:30	6.09	86.00	7.20	84.00	6.65	0.78	85.00	1.41	1	0
0:31:40	6.24	86.00	7.92	82.00	7.08	1.19	84.00	2.83	0	0
0:31:50	6.51	86.00	8.44	81.00	7.48	1.36	83.50	3.54	0	0
0:32:00	6.45	86.00	8.19	82.00	7.32	1.23	84.00	2.83	0	0
0:32:10	6.36	86.00	7.82	82.00	7.09	1.03	84.00	2.83	0	0
0:32:20	6.25	86.00	7.54	83.00	6.89	0.91	84.50	2.12	0	0
0:32:30	6.13	86.00	7.21	83.00	6.67	0.76	84.50	2.12	0	0
0:32:40	6.05	86.00	7.03	84.00	6.54	0.69	85.00	1.41	1	0
0:32:50	6.16	86.00	7.84	82.00	7.00	1.19	84.00	2.83	0	0
0:33:00	6.45	86.00	8.45	81.00	7.45	1.41	83.50	3.54	0	0
0:33:10	6.40	86.00	8.20	81.00	7.30	1.27	83.50	3.54	0	0
0:33:20	6.31	86.00	7.83	82.00	7.07	1.07	84.00	2.83	0	0
0:33:30	6.21	86.00	7.52	83.00	6.86	0.93	84.50	2.12	0	0
0:33:40	6.10	86.00	7.24	83.00	6.67	0.81	84.50	2.12	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:33:50	6.01	86.00	6.98	84.00	6.50	0.69	85.00	1.41	1	0
0:34:00	6.15	86.00	7.70	83.00	6.93	1.10	84.50	2.12	0	0
0:34:10	6.42	86.00	8.23	82.00	7.33	1.28	84.00	2.83	0	0
0:34:20	6.37	86.00	8.00	82.00	7.18	1.15	84.00	2.83	0	0
0:34:30	6.29	86.00	7.68	82.00	6.98	0.98	84.00	2.83	0	0
0:34:40	6.18	86.00	7.38	83.00	6.78	0.85	84.50	2.12	0	0
0:34:50	6.07	86.00	7.15	84.00	6.61	0.76	85.00	1.41	1	0
0:35:00	6.21	86.00	7.89	82.00	7.05	1.19	84.00	2.83	0	0
0:35:10	6.50	86.00	8.43	81.00	7.47	1.36	83.50	3.54	0	0
0:35:20	6.44	86.00	8.13	82.00	7.29	1.20	84.00	2.83	0	0
0:35:30	6.33	86.00	7.80	82.00	7.06	1.04	84.00	2.83	0	0
0:35:40	6.24	86.00	7.54	83.00	6.89	0.92	84.50	2.12	0	0
0:35:50	6.13	86.00	7.27	83.00	6.70	0.81	84.50	2.12	0	0
0:36:00	6.04	86.00	7.05	84.00	6.55	0.71	85.00	1.41	1	0
0:36:10	6.16	86.00	7.73	82.00	6.95	1.11	84.00	2.83	0	0
0:36:20	6.46	86.00	8.29	82.00	7.38	1.29	84.00	2.83	0	0
0:36:30	6.40	86.00	8.04	82.00	7.22	1.16	84.00	2.83	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:36:40	6.31	86.00	7.73	82.00	7.02	1.00	84.00	2.83	0	0
0:36:50	6.22	86.00	7.48	83.00	6.85	0.89	84.50	2.12	0	0
0:37:00	6.12	86.00	7.27	83.00	6.69	0.81	84.50	2.12	0	0
0:37:10	6.03	86.00	7.05	84.00	6.54	0.72	85.00	1.41	1	0
0:37:20	6.16	86.00	7.79	82.00	6.98	1.15	84.00	2.83	0	0
0:37:30	6.43	86.00	8.34	81.00	7.39	1.35	83.50	3.54	0	0
0:37:40	6.40	86.00	8.08	82.00	7.24	1.19	84.00	2.83	0	0
0:37:50	6.28	86.00	7.71	82.00	7.00	1.01	84.00	2.83	0	0
0:38:00	6.19	86.00	7.42	83.00	6.80	0.87	84.50	2.12	0	0
0:38:10	6.09	86.00	7.14	83.00	6.61	0.74	84.50	2.12	0	0
0:38:20	6.00	86.00	6.90	84.00	6.45	0.64	85.00	1.41	1	0
0:38:30	6.14	86.00	7.69	82.00	6.92	1.10	84.00	2.83	0	0
0:38:40	6.42	86.00	8.21	82.00	7.32	1.27	84.00	2.83	0	0
0:38:50	6.36	86.00	8.00	82.00	7.18	1.16	84.00	2.83	0	0
0:39:00	6.28	86.00	7.67	82.00	6.98	0.98	84.00	2.83	0	0
0:39:10	6.18	86.00	7.44	83.00	6.81	0.89	84.50	2.12	0	0
0:39:20	6.07	86.00	7.17	83.00	6.62	0.78	84.50	2.12	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:39:30	5.97	86.00	6.96	84.00	6.47	0.70	85.00	1.41	1	0
0:39:40	6.11	86.00	7.56	83.00	6.84	1.03	84.50	2.12	0	0
0:39:50	6.39	86.00	8.13	82.00	7.26	1.23	84.00	2.83	0	0
0:40:00	6.35	86.00	7.93	82.00	7.14	1.12	84.00	2.83	0	0
0:40:10	6.26	86.00	7.62	83.00	6.94	0.96	84.50	2.12	0	0
0:40:20	6.16	86.00	7.35	83.00	6.76	0.84	84.50	2.12	0	0
0:40:30	6.06	86.00	7.13	84.00	6.59	0.76	85.00	1.41	1	0
0:40:40	6.20	86.00	7.87	82.00	7.04	1.18	84.00	2.83	0	0
0:40:50	6.47	86.00	8.35	81.00	7.41	1.33	83.50	3.54	0	0
0:41:00	6.40	86.00	8.10	81.00	7.25	1.20	83.50	3.54	0	0
0:41:10	6.30	86.00	7.75	82.00	7.02	1.03	84.00	2.83	0	0
0:41:20	6.19	86.00	7.47	83.00	6.83	0.91	84.50	2.12	0	0
0:41:30	6.11	86.00	7.18	83.00	6.65	0.76	84.50	2.12	0	0
0:41:40	5.99	86.00	6.93	84.00	6.46	0.66	85.00	1.41	1	0
0:41:50	6.15	86.00	7.69	82.00	6.92	1.09	84.00	2.83	0	0
0:42:00	6.43	86.00	8.25	82.00	7.34	1.29	84.00	2.83	0	0
0:42:10	6.38	86.00	8.04	82.00	7.21	1.17	84.00	2.83	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:42:20	6.28	86.00	7.73	82.00	7.01	1.03	84.00	2.83	0	0
0:42:30	6.17	86.00	7.47	83.00	6.82	0.92	84.50	2.12	0	0
0:42:40	6.07	86.00	7.24	83.00	6.66	0.83	84.50	2.12	0	0
0:42:50	5.97	86.00	6.96	84.00	6.47	0.70	85.00	1.41	1	0
0:43:00	6.10	86.00	7.61	82.00	6.86	1.07	84.00	2.83	0	0
0:43:10	6.37	86.00	8.13	82.00	7.25	1.24	84.00	2.83	0	0
0:43:20	6.33	86.00	7.92	82.00	7.13	1.12	84.00	2.83	0	0
0:43:30	6.23	86.00	7.65	82.00	6.94	1.00	84.00	2.83	0	0
0:43:40	6.14	86.00	7.30	83.00	6.72	0.82	84.50	2.12	0	0
0:43:50	6.03	86.00	7.08	84.00	6.55	0.74	85.00	1.41	1	0
0:44:00	6.15	86.00	7.72	82.00	6.94	1.11	84.00	2.83	0	0
0:44:10	6.42	86.00	8.26	82.00	7.34	1.30	84.00	2.83	0	0
0:44:20	6.36	86.00	8.02	82.00	7.19	1.17	84.00	2.83	0	0
0:44:30	6.25	86.00	7.70	82.00	6.98	1.03	84.00	2.83	0	0
0:44:40	6.14	86.00	7.42	83.00	6.78	0.91	84.50	2.12	0	0
0:44:50	6.05	86.00	7.15	83.00	6.60	0.78	84.50	2.12	0	0
0:45:00	5.97	86.00	6.92	84.00	6.44	0.67	85.00	1.41	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:45:10	6.09	86.00	7.56	82.00	6.82	1.04	84.00	2.83	0	0
0:45:20	6.38	86.00	8.18	82.00	7.28	1.27	84.00	2.83	0	0
0:45:30	6.33	86.00	7.94	82.00	7.14	1.14	84.00	2.83	0	0
0:45:40	6.23	86.00	7.63	82.00	6.93	0.99	84.00	2.83	0	0
0:45:50	6.13	86.00	7.34	83.00	6.73	0.86	84.50	2.12	0	0
0:46:00	6.02	86.00	7.11	83.00	6.57	0.77	84.50	2.12	0	0
0:46:10	5.94	86.00	6.91	84.00	6.43	0.69	85.00	1.41	1	0
0:46:20	6.05	86.00	7.58	82.00	6.81	1.08	84.00	2.83	0	0
0:46:30	6.35	86.00	8.11	82.00	7.23	1.24	84.00	2.83	0	0
0:46:40	6.30	86.00	7.92	82.00	7.11	1.15	84.00	2.83	0	0
0:46:50	6.22	86.00	7.61	82.00	6.92	0.98	84.00	2.83	0	0
0:47:00	6.11	86.00	7.32	83.00	6.72	0.86	84.50	2.12	0	0
0:47:10	6.00	86.00	7.08	83.00	6.54	0.76	84.50	2.12	0	0
0:47:20	5.91	86.00	6.88	84.00	6.40	0.69	85.00	1.41	1	0
0:47:30	6.04	86.00	7.66	82.00	6.85	1.15	84.00	2.83	0	0
0:47:40	6.34	86.00	8.23	82.00	7.29	1.34	84.00	2.83	0	0
0:47:50	6.30	86.00	8.01	82.00	7.16	1.21	84.00	2.83	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:48:00	6.20	86.00	7.67	82.00	6.94	1.04	84.00	2.83	0	0
0:48:10	6.11	86.00	7.38	83.00	6.75	0.90	84.50	2.12	0	0
0:48:20	6.02	86.00	7.13	83.00	6.57	0.78	84.50	2.12	0	0
0:48:30	5.92	86.00	6.91	84.00	6.42	0.70	85.00	1.41	1	0
0:48:40	6.07	86.00	7.69	82.00	6.88	1.15	84.00	2.83	0	0
0:48:50	6.39	86.00	8.30	81.00	7.35	1.35	83.50	3.54	0	0
0:49:00	6.34	86.00	8.12	81.00	7.23	1.26	83.50	3.54	0	0
0:49:10	6.23	86.00	7.73	82.00	6.98	1.06	84.00	2.83	0	0
0:49:20	6.12	86.00	7.36	82.00	6.74	0.88	84.00	2.83	0	0
0:49:30	6.01	86.00	7.10	83.00	6.56	0.77	84.50	2.12	0	0
0:49:40	5.93	86.00	6.89	84.00	6.41	0.68	85.00	1.41	1	0
0:49:50	6.07	86.00	7.57	83.00	6.82	1.06	84.50	2.12	0	0
0:50:00	6.37	86.00	8.20	82.00	7.29	1.29	84.00	2.83	0	0
0:50:10	6.33	86.00	7.99	82.00	7.16	1.17	84.00	2.83	0	0
0:50:20	6.24	86.00	7.69	82.00	6.97	1.03	84.00	2.83	0	0
0:50:30	6.14	86.00	7.42	83.00	6.78	0.91	84.50	2.12	0	0
0:50:40	6.04	86.00	7.17	83.00	6.60	0.80	84.50	2.12	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:50:50	5.95	86.00	6.90	84.00	6.43	0.67	85.00	1.41	1	0
0:51:00	6.11	86.00	7.65	82.00	6.88	1.09	84.00	2.83	0	0
0:51:10	6.38	86.00	8.23	81.00	7.31	1.31	83.50	3.54	0	0
0:51:20	6.33	86.00	8.00	82.00	7.17	1.18	84.00	2.83	0	0
0:51:30	6.24	86.00	7.68	82.00	6.96	1.02	84.00	2.83	0	0
0:51:40	6.14	86.00	7.39	83.00	6.77	0.88	84.50	2.12	0	0
0:51:50	6.05	86.00	7.11	83.00	6.58	0.75	84.50	2.12	0	0
0:52:00	5.95	86.00	6.92	84.00	6.44	0.69	85.00	1.41	1	0
0:52:10	6.09	86.00	7.60	82.00	6.85	1.07	84.00	2.83	0	0
0:52:20	6.38	86.00	8.17	82.00	7.28	1.27	84.00	2.83	0	0
0:52:30	6.34	86.00	8.00	82.00	7.17	1.17	84.00	2.83	0	0
0:52:40	6.24	86.00	7.62	82.00	6.93	0.98	84.00	2.83	0	0
0:52:50	6.13	86.00	7.36	83.00	6.75	0.87	84.50	2.12	0	0
0:53:00	6.04	86.00	7.10	83.00	6.57	0.75	84.50	2.12	0	0
0:53:10	5.94	86.00	6.90	84.00	6.42	0.68	85.00	1.41	1	0
0:53:20	6.07	86.00	7.64	82.00	6.86	1.11	84.00	2.83	0	0
0:53:30	6.36	86.00	8.24	82.00	7.30	1.33	84.00	2.83	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:53:40	6.32	86.00	8.02	81.00	7.17	1.20	83.50	3.54	0	0
0:53:50	6.22	86.00	7.71	82.00	6.97	1.05	84.00	2.83	0	0
0:54:00	6.12	86.00	7.37	83.00	6.75	0.88	84.50	2.12	0	0
0:54:10	6.02	86.00	7.08	83.00	6.55	0.75	84.50	2.12	0	0
0:54:20	5.95	86.00	6.88	84.00	6.42	0.66	85.00	1.41	1	0
0:54:30	6.10	86.00	7.70	82.00	6.90	1.13	84.00	2.83	0	0
0:54:40	6.39	86.00	8.30	81.00	7.35	1.35	83.50	3.54	0	0
0:54:50	6.35	86.00	8.08	81.00	7.22	1.22	83.50	3.54	0	0
0:55:00	6.24	86.00	7.72	82.00	6.98	1.05	84.00	2.83	0	0
0:55:10	6.13	86.00	7.45	83.00	6.79	0.93	84.50	2.12	0	0
0:55:20	6.05	86.00	7.18	83.00	6.61	0.80	84.50	2.12	0	0
0:55:30	5.95	86.00	6.92	83.00	6.44	0.69	84.50	2.12	0	0
0:55:40	5.87	86.00	6.76	84.00	6.31	0.63	85.00	1.41	1	0
0:55:50	6.02	86.00	7.67	82.00	6.84	1.17	84.00	2.83	0	0
0:56:00	6.31	86.00	8.26	81.00	7.28	1.38	83.50	3.54	0	0
0:56:10	6.26	86.00	8.02	81.00	7.14	1.24	83.50	3.54	0	0
0:56:20	6.19	86.00	7.71	82.00	6.95	1.07	84.00	2.83	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:56:30	6.10	86.00	7.44	82.00	6.77	0.95	84.00	2.83	0	0
0:56:40	6.00	86.00	7.12	83.00	6.56	0.79	84.50	2.12	0	0
0:56:50	5.91	86.00	6.88	84.00	6.40	0.69	85.00	1.41	1	0
0:57:00	6.05	86.00	7.60	82.00	6.82	1.10	84.00	2.83	0	0
0:57:10	6.35	86.00	8.26	82.00	7.31	1.35	84.00	2.83	0	0
0:57:20	6.30	86.00	8.05	81.00	7.18	1.24	83.50	3.54	0	0
0:57:30	6.21	86.00	7.73	82.00	6.97	1.07	84.00	2.83	0	0
0:57:40	6.10	86.00	7.38	82.00	6.74	0.91	84.00	2.83	0	0
0:57:50	6.02	86.00	7.16	83.00	6.59	0.81	84.50	2.12	0	0
0:58:00	5.94	86.00	6.92	84.00	6.43	0.69	85.00	1.41	1	0
0:58:10	6.11	86.00	7.72	82.00	6.92	1.14	84.00	2.83	0	0
0:58:20	6.41	86.00	8.32	81.00	7.37	1.35	83.50	3.54	0	0
0:58:30	6.35	86.00	8.11	81.00	7.23	1.24	83.50	3.54	0	0
0:58:40	6.26	86.00	7.77	82.00	7.02	1.07	84.00	2.83	0	0
0:58:50	6.15	86.00	7.44	82.00	6.80	0.91	84.00	2.83	0	0
0:59:00	6.06	86.00	7.19	83.00	6.63	0.80	84.50	2.12	0	0
0:59:10	5.96	86.00	6.99	83.00	6.48	0.73	84.50	2.12	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
0:59:20	5.86	86.00	6.82	84.00	6.34	0.68	85.00	1.41	1	0
0:59:30	6.00	86.00	7.61	82.00	6.81	1.14	84.00	2.83	0	0
0:59:40	6.31	86.00	8.15	82.00	7.23	1.30	84.00	2.83	0	0
0:59:50	6.26	86.00	7.94	82.00	7.10	1.19	84.00	2.83	0	0
1:00:00	6.17	86.00	7.62	82.00	6.90	1.03	84.00	2.83	0	0
1:00:10	6.08	86.00	7.35	83.00	6.72	0.90	84.50	2.12	0	0
1:00:20	6.00	86.00	7.13	83.00	6.56	0.80	84.50	2.12	0	0
1:00:30	5.91	86.00	6.92	84.00	6.42	0.71	85.00	1.41	1	0
1:00:40	6.04	86.00	7.66	82.00	6.85	1.15	84.00	2.83	0	0
1:00:50	6.34	86.00	8.25	82.00	7.30	1.35	84.00	2.83	0	0
1:01:00	6.31	86.00	8.03	81.00	7.17	1.22	83.50	3.54	0	0
1:01:10	6.20	86.00	7.65	82.00	6.93	1.03	84.00	2.83	0	0
1:01:20	6.10	86.00	7.34	83.00	6.72	0.88	84.50	2.12	0	0
1:01:30	6.01	86.00	7.11	83.00	6.56	0.78	84.50	2.12	0	0
1:01:40	5.92	86.00	6.90	84.00	6.41	0.69	85.00	1.41	1	0
1:01:50	6.08	86.00	7.62	82.00	6.85	1.09	84.00	2.83	0	0
1:02:00	6.38	86.00	8.30	82.00	7.34	1.36	84.00	2.83	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:02:10	6.32	86.00	8.03	81.00	7.18	1.21	83.50	3.54	0	0
1:02:20	6.23	86.00	7.68	82.00	6.96	1.03	84.00	2.83	0	0
1:02:30	6.14	86.00	7.41	83.00	6.78	0.90	84.50	2.12	0	0
1:02:40	6.03	86.00	7.16	83.00	6.60	0.80	84.50	2.12	0	0
1:02:50	5.93	86.00	6.94	83.00	6.44	0.71	84.50	2.12	0	0
1:03:00	5.84	86.00	6.72	84.00	6.28	0.62	85.00	1.41	1	0
1:03:10	6.01	86.00	7.46	82.00	6.73	1.03	84.00	2.83	0	0
1:03:20	6.31	86.00	8.15	82.00	7.23	1.30	84.00	2.83	0	0
1:03:30	6.27	86.00	8.00	82.00	7.13	1.22	84.00	2.83	0	0
1:03:40	6.17	86.00	7.71	82.00	6.94	1.09	84.00	2.83	0	0
1:03:50	6.07	86.00	7.39	83.00	6.73	0.93	84.50	2.12	0	0
1:04:00	5.98	86.00	7.11	83.00	6.55	0.80	84.50	2.12	0	0
1:04:10	5.90	86.00	6.90	84.00	6.40	0.71	85.00	1.41	1	0
1:04:20	6.07	86.00	7.74	82.00	6.91	1.18	84.00	2.83	0	0
1:04:30	6.37	86.00	8.41	81.00	7.39	1.44	83.50	3.54	0	0
1:04:40	6.33	86.00	8.15	81.00	7.24	1.29	83.50	3.54	0	0
1:04:50	6.22	86.00	7.80	82.00	7.01	1.12	84.00	2.83	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:05:00	6.11	86.00	7.43	82.00	6.77	0.93	84.00	2.83	0	0
1:05:10	6.01	86.00	7.13	83.00	6.57	0.79	84.50	2.12	0	0
1:05:20	5.93	86.00	6.95	84.00	6.44	0.72	85.00	1.41	1	0
1:05:30	6.07	86.00	7.66	82.00	6.87	1.12	84.00	2.83	0	0
1:05:40	6.38	86.00	8.21	82.00	7.30	1.29	84.00	2.83	0	0
1:05:50	6.34	86.00	8.03	82.00	7.19	1.20	84.00	2.83	0	0
1:06:00	6.24	86.00	7.67	82.00	6.96	1.01	84.00	2.83	0	0
1:06:10	6.13	86.00	7.34	83.00	6.73	0.86	84.50	2.12	0	0
1:06:20	6.04	86.00	7.14	83.00	6.59	0.78	84.50	2.12	0	0
1:06:30	5.96	86.00	6.91	84.00	6.44	0.67	85.00	1.41	1	0
1:06:40	6.11	86.00	7.62	82.00	6.87	1.07	84.00	2.83	0	0
1:06:50	6.40	86.00	8.18	82.00	7.29	1.26	84.00	2.83	0	0
1:07:00	6.36	86.00	8.04	82.00	7.20	1.19	84.00	2.83	0	0
1:07:10	6.26	86.00	7.66	82.00	6.96	0.99	84.00	2.83	0	0
1:07:20	6.16	86.00	7.39	83.00	6.78	0.87	84.50	2.12	0	0
1:07:30	6.04	86.00	7.16	83.00	6.60	0.79	84.50	2.12	0	0
1:07:40	5.96	86.00	6.98	84.00	6.47	0.72	85.00	1.41	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:07:50	6.11	86.00	7.79	82.00	6.95	1.19	84.00	2.83	0	0
1:08:00	6.41	86.00	8.34	82.00	7.38	1.36	84.00	2.83	0	0
1:08:10	6.34	86.00	8.10	81.00	7.22	1.24	83.50	3.54	0	0
1:08:20	6.24	86.00	7.72	82.00	6.98	1.05	84.00	2.83	0	0
1:08:30	6.14	86.00	7.44	83.00	6.79	0.92	84.50	2.12	0	0
1:08:40	6.04	86.00	7.18	83.00	6.61	0.81	84.50	2.12	0	0
1:08:50	5.96	86.00	7.03	83.00	6.50	0.76	84.50	2.12	0	0
1:09:00	5.88	86.00	6.83	84.00	6.35	0.67	85.00	1.41	1	0
1:09:10	6.02	86.00	7.66	82.00	6.84	1.16	84.00	2.83	0	0
1:09:20	6.35	86.00	8.31	82.00	7.33	1.39	84.00	2.83	0	0
1:09:30	6.32	86.00	8.12	82.00	7.22	1.27	84.00	2.83	0	0
1:09:40	6.23	86.00	7.79	82.00	7.01	1.10	84.00	2.83	0	0
1:09:50	6.11	86.00	7.47	82.00	6.79	0.96	84.00	2.83	0	0
1:10:00	6.03	86.00	7.17	83.00	6.60	0.81	84.50	2.12	0	0
1:10:10	5.95	86.00	6.96	84.00	6.46	0.71	85.00	1.41	1	0
1:10:20	6.10	86.00	7.69	82.00	6.90	1.12	84.00	2.83	0	0
1:10:30	6.39	86.00	8.25	82.00	7.32	1.32	84.00	2.83	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:10:40	6.35	86.00	8.04	82.00	7.19	1.20	84.00	2.83	0	0
1:10:50	6.26	86.00	7.72	82.00	6.99	1.03	84.00	2.83	0	0
1:11:00	6.15	86.00	7.38	83.00	6.76	0.87	84.50	2.12	0	0
1:11:10	6.05	86.00	7.17	83.00	6.61	0.79	84.50	2.12	0	0
1:11:20	5.96	86.00	6.98	84.00	6.47	0.72	85.00	1.41	1	0
1:11:30	6.11	86.00	7.68	82.00	6.90	1.11	84.00	2.83	0	0
1:11:40	6.41	86.00	8.33	82.00	7.37	1.36	84.00	2.83	0	0
1:11:50	6.38	86.00	8.18	81.00	7.28	1.27	83.50	3.54	0	0
1:12:00	6.29	86.00	7.86	82.00	7.07	1.11	84.00	2.83	0	0
1:12:10	6.17	86.00	7.52	82.00	6.85	0.95	84.00	2.83	0	0
1:12:20	6.07	86.00	7.23	83.00	6.65	0.82	84.50	2.12	0	0
1:12:30	5.97	86.00	7.00	83.00	6.48	0.73	84.50	2.12	0	0
1:12:40	5.89	86.00	6.80	84.00	6.35	0.64	85.00	1.41	1	0
1:12:50	6.04	86.00	7.65	83.00	6.85	1.14	84.50	2.12	0	0
1:13:00	6.36	86.00	8.25	82.00	7.31	1.34	84.00	2.83	0	0
1:13:10	6.30	86.00	8.06	81.00	7.18	1.24	83.50	3.54	0	0
1:13:20	6.21	86.00	7.72	82.00	6.97	1.07	84.00	2.83	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:13:30	6.13	86.00	7.46	83.00	6.80	0.94	84.50	2.12	0	0
1:13:40	6.04	86.00	7.19	83.00	6.61	0.81	84.50	2.12	0	0
1:13:50	5.95	86.00	6.98	84.00	6.47	0.73	85.00	1.41	1	0
1:14:00	6.11	86.00	7.81	82.00	6.96	1.20	84.00	2.83	0	0
1:14:10	6.41	86.00	8.31	82.00	7.36	1.34	84.00	2.83	0	0
1:14:20	6.36	86.00	8.10	82.00	7.23	1.23	84.00	2.83	0	0
1:14:30	6.26	86.00	7.77	82.00	7.02	1.07	84.00	2.83	0	0
1:14:40	6.15	86.00	7.45	83.00	6.80	0.92	84.50	2.12	0	0
1:14:50	6.08	86.00	7.19	83.00	6.64	0.78	84.50	2.12	0	0
1:15:00	5.99	86.00	6.96	84.00	6.48	0.69	85.00	1.41	1	0
1:15:10	6.13	86.00	7.79	82.00	6.96	1.17	84.00	2.83	0	0
1:15:20	6.45	86.00	8.35	82.00	7.40	1.34	84.00	2.83	0	0
1:15:30	6.41	86.00	8.17	82.00	7.29	1.24	84.00	2.83	0	0
1:15:40	6.32	86.00	7.85	82.00	7.09	1.08	84.00	2.83	0	0
1:15:50	6.23	86.00	7.54	83.00	6.88	0.93	84.50	2.12	0	0
1:16:00	6.11	86.00	7.28	83.00	6.70	0.83	84.50	2.12	0	0
1:16:10	6.02	86.00	7.02	84.00	6.52	0.71	85.00	1.41	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:16:20	6.18	86.00	7.79	82.00	6.98	1.14	84.00	2.83	0	0
1:16:30	6.46	86.00	8.35	82.00	7.41	1.34	84.00	2.83	0	0
1:16:40	6.42	86.00	8.11	82.00	7.27	1.20	84.00	2.83	0	0
1:16:50	6.33	86.00	7.79	82.00	7.06	1.03	84.00	2.83	0	0
1:17:00	6.22	86.00	7.53	83.00	6.88	0.93	84.50	2.12	0	0
1:17:10	6.12	86.00	7.28	83.00	6.70	0.82	84.50	2.12	0	0
1:17:20	6.03	86.00	7.04	84.00	6.53	0.71	85.00	1.41	1	0
1:17:30	6.17	86.00	7.88	82.00	7.02	1.21	84.00	2.83	0	0
1:17:40	6.47	86.00	8.42	81.00	7.45	1.38	83.50	3.54	0	0
1:17:50	6.43	86.00	8.22	81.00	7.33	1.27	83.50	3.54	0	0
1:18:00	6.34	86.00	7.91	82.00	7.13	1.11	84.00	2.83	0	0
1:18:10	6.24	86.00	7.58	82.00	6.91	0.95	84.00	2.83	0	0
1:18:20	6.14	86.00	7.33	83.00	6.73	0.84	84.50	2.12	0	0
1:18:30	6.04	86.00	7.09	83.00	6.56	0.74	84.50	2.12	0	0
1:18:40	5.95	86.00	6.86	84.00	6.41	0.64	85.00	1.41	1	0
1:18:50	6.13	86.00	7.61	83.00	6.87	1.05	84.50	2.12	0	0
1:19:00	6.41	86.00	8.21	82.00	7.31	1.27	84.00	2.83	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:19:10	6.37	86.00	8.05	82.00	7.21	1.19	84.00	2.83	0	0
1:19:20	6.30	86.00	7.75	82.00	7.02	1.03	84.00	2.83	0	0
1:19:30	6.21	86.00	7.49	83.00	6.85	0.91	84.50	2.12	0	0
1:19:40	6.11	86.00	7.24	83.00	6.68	0.80	84.50	2.12	0	0
1:19:50	6.01	86.00	7.06	84.00	6.53	0.74	85.00	1.41	1	0
1:20:00	6.18	86.00	7.83	82.00	7.01	1.17	84.00	2.83	0	0
1:20:10	6.48	86.00	8.50	82.00	7.49	1.43	84.00	2.83	0	0
1:20:20	6.45	86.00	8.25	81.00	7.35	1.27	83.50	3.54	0	0
1:20:30	6.34	86.00	7.90	82.00	7.12	1.10	84.00	2.83	0	0
1:20:40	6.23	86.00	7.55	82.00	6.89	0.93	84.00	2.83	0	0
1:20:50	6.12	86.00	7.28	83.00	6.70	0.82	84.50	2.12	0	0
1:21:00	6.04	86.00	7.07	84.00	6.56	0.73	85.00	1.41	0	0
1:21:10	6.16	86.00	7.87	82.00	7.02	1.21	84.00	2.83	0	0
1:21:20	6.47	86.00	8.40	82.00	7.44	1.36	84.00	2.83	0	0
1:21:30	6.44	86.00	8.18	82.00	7.31	1.23	84.00	2.83	0	0
1:21:40	6.35	86.00	7.89	82.00	7.12	1.09	84.00	2.83	0	0
1:21:50	6.25	86.00	7.60	83.00	6.93	0.95	84.50	2.12	0	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:22:00	6.17	86.00	7.35	83.00	6.76	0.83	84.50	2.12	0	0
1:22:10	6.06	86.00	7.09	83.00	6.57	0.73	84.50	2.12	0	0
1:22:20	5.97	86.00	6.89	84.00	6.43	0.65	85.00	1.41	1	0
1:22:30	6.13	86.00	7.62	83.00	6.88	1.05	84.50	2.12	0	0
1:22:40	6.44	86.00	8.20	82.00	7.32	1.24	84.00	2.83	0	0
1:22:50	6.41	86.00	8.00	82.00	7.21	1.12	84.00	2.83	0	0
1:23:00	6.34	86.00	7.76	83.00	7.05	1.00	84.50	2.12	0	0
1:23:10	6.24	86.00	7.52	83.00	6.88	0.91	84.50	2.12	0	0
1:23:20	6.16	86.00	7.28	83.00	6.72	0.79	84.50	2.12	0	0
1:23:30	6.06	86.00	7.07	84.00	6.57	0.71	85.00	1.41	1	0
1:23:40	6.22	86.00	7.82	82.00	7.02	1.13	84.00	2.83	0	0
1:23:50	6.51	86.00	8.38	82.00	7.45	1.32	84.00	2.83	0	0
1:24:00	6.47	86.00	8.18	82.00	7.33	1.21	84.00	2.83	0	0
1:24:10	6.38	86.00	7.86	82.00	7.12	1.05	84.00	2.83	0	0
1:24:20	6.29	86.00	7.51	83.00	6.90	0.86	84.50	2.12	0	0
1:24:30	6.19	86.00	7.33	83.00	6.76	0.81	84.50	2.12	0	0
1:24:40	6.11	86.00	7.14	84.00	6.63	0.73	85.00	1.41	1	0

เวลา	Sensor1		Sensor2		Temperature		Relative humidity		Dehumidifier	Humidifier
	T	%RH	T	%RH	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD		
1:24:50	6.26	86.00	7.85	82.00	7.06	1.12	84.00	2.83	0	0
1:25:00	6.55	86.00	8.40	82.00	7.48	1.31	84.00	2.83	0	0
1:25:10	6.51	86.00	8.19	82.00	7.35	1.19	84.00	2.83	0	0
1:25:20	6.39	86.00	7.89	82.00	7.14	1.06	84.00	2.83	0	0
1:25:30	6.30	86.00	7.56	83.00	6.93	0.89	84.50	2.12	0	0
1:25:40	6.20	86.00	7.32	83.00	6.76	0.79	84.50	2.12	0	0
1:25:50	6.10	86.00	7.09	84.00	6.59	0.70	85.00	1.41	1	0
1:26:00	6.24	86.00	7.85	82.00	7.05	1.14	84.00	2.83	0	0
1:26:10	6.53	86.00	8.47	82.00	7.50	1.37	84.00	2.83	0	0

ภาคผนวก ค.

การเขียนโปรแกรม Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <SD.h>          // Include SD library
#include <Wire.h>
#include "Seeed_BME280.h"
#include "RTClib.h"
#define TCAADDR 0x70
BME280 bme1;
BME280 bme2;
BME280 bme3;
BME280 bme4;
BME280 bme5;
BME280 bme6;
BME280 bme7;
BME280 bme8;

  float T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,H1,H2,H3,H4,H5,H6,H7,H8,Ta,Ha ;
  float MaxHumidity = 82;
  float MinHumidity = 78;
  float previous = 0;
  float current;
  float m = previous-current;

RTC_DS1307 RTC;

void tcaselect(uint8_t i) {
  if (i > 7) return;

  Wire.beginTransmission(TCAADDR);
  Wire.write(1 << i);
  Wire.endTransmission();
  }

void setup(void)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
  Serial.begin(9600);

     if (! RTC.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find RTC");
    while (1);
  }
  if (! RTC.isrunning()) {
    Serial.println("RTC is NOT running!");
    RTC.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
  }

  Serial.println("Dry Ager"); Serial.println("");
  Wire.begin();

    tcaselect(0);
  if(!bme1.init()){
    Serial.println("BME1 error!");
  }

  tcaselect(1);
  if(!bme2.init()){
    Serial.println("BME2 error!");
  }

  tcaselect(2);
  if(!bme3.init()){
    Serial.println("BME3 error!");
  }

  tcaselect(3);
  if(!bme4.init()){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Serial.println("BME4 error!");
  }

  tcaselect(4);
  if(!bme5.init()){
    Serial.println("BME5 error!");
  }

   tcaselect(5);
  if(!bme6.init()){
    Serial.println("BME6 error!");
  }

  tcaselect(6);
  if(!bme7.init()){
    Serial.println("BME7 error!");
  }

  tcaselect(7);
  if(!bme8.init()){
    Serial.println("BME8 error!");
  }

  pinMode(7,OUTPUT);
  pinMode(6,OUTPUT);
  pinMode(8,OUTPUT);
}

void loop(void)
{
    DateTime now = RTC.now();       // คำสั่งแสดงวันที่และเวลา
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Serial.print(now.year(), DEC);
    Serial.print('/');
    Serial.print(now.month(), DEC);
    Serial.print('/');
    Serial.print(now.day(), DEC);
    Serial.print(' ');
    Serial.print(", ");
    Serial.print(now.hour(), DEC);
    Serial.print(':');
    Serial.print(now.minute(), DEC);
    Serial.print(':');
    Serial.print(now.second(), DEC);


    tcaselect(0);
  T1 = bme1.getTemperature()-1.62;//คำสั่งแสดงค่าอุณหภูมิ (°C) และความชื้น (%RH)
  H1 = bme1.getHumidity()+5;
  Serial.print("\t\t");
  Serial.print("T1:");
  Serial.print("\t");
  Serial.print(T1);
  Serial.print("\t");
  Serial.print("H1:");
  Serial.print("\t");
  Serial.print(H1);


    tcaselect(1);
  T2 = bme2.getTemperature()-1.4;
  H2 = bme2.getHumidity()+9;
  Serial.print("\t\t");
  Serial.print("T2:");
  Serial.print("\t");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Serial.print(T2);
Serial.print("\t");
Serial.print("H2:");
Serial.print("\t");
Serial.print(H2);

    tcaselect(2);
T3 = bme3.getTemperature()-1.7;
H3 = bme3.getHumidity()+4;

Serial.print("\t\t");
Serial.print("T5:");
Serial.print("\t");
Serial.print(T3);
Serial.print("\t");
Serial.print("H5:");
Serial.print("\t");
Serial.print(H3);

Ta = (T1+T2)/2;
Ha = (H1+H2)/2;
Serial.print("\t\t");
Serial.print("Taverage:");
Serial.print("\t");
Serial.print(Ta);
Serial.print("\t");
Serial.print("Haverage:");
Serial.print("\t");
Serial.print(Ha);

     tcaselect(4);
T5 = bme5.getTemperature()-1.52;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
H5 = bme5.getHumidity()+9;
Serial.print("\t\t");
Serial.print("Tin:");
Serial.print("\t");
Serial.print(T5);
Serial.print("\t");
Serial.print("Hin:");
Serial.print("\t");
Serial.print(H5);

    tcaselect(3);
T4 = bme4.getTemperature()-1.65;
H4 = bme4.getHumidity()+7;
Serial.print("\t\t");
Serial.print("Tevap:");
Serial.print("\t");
Serial.print(T4);
Serial.print("\t");
Serial.print("Hevap:");
Serial.print("\t");
Serial.print(H4);

     tcaselect(5);
T6 = bme6.getTemperature()-2;
H6 = bme6.getHumidity()+6;
Serial.print("\t\t");
Serial.print("Thum:");
Serial.print("\t");
Serial.print(T6);
Serial.print("\t");
Serial.print("Hhum:");
Serial.print("\t");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Serial.print(H6);


    tcaselect(6);
T7 = bme7.getTemperature()-1.33;
H7 = bme7.getHumidity()+7;
Serial.print("\t\t");
Serial.print("Trocket:");
Serial.print("\t");
Serial.print(T7);
Serial.print("\t");
Serial.print("Hrocket:");
Serial.print("\t");
Serial.print(H7);


     tcaselect(7);
T8 = bme8.getTemperature()-1.49;
H8 = bme8.getHumidity()+1;
Serial.print("\t\t");
Serial.print("Tout:");
Serial.print("\t");
Serial.print(T8);
Serial.print("\t");
Serial.print("Hout:");
Serial.print("\t");
Serial.println(H8);




float Current = Ha;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if (Ha <= MaxHumidity && Ha >= MinHumidity)          // คำสั่งให้ชุดอุปกรณ์ทุกชิ้นหยุด
ทำงาน เมื่อความชื้นอยู่ในช่วงที่ตั้งค่าไว้
  {
    Fanoff();
    Mistoff();
    Invertoroff();
  }
  if (Ha >= MaxHumidity)     // คำสั่งเปิด Invertor เพื่อลดความชื้นเมื่อความขึ้นโดยรวม
มากกว่าค่าที่ตั้งเข้าไป
  {
    Invertoron();
  }
  else if (Ha <= MinHumidity)          // คำสั่งปิด Invertor เมื่อความขึ้นโดยรวมน้อยกว่าค่า
ที่ตั้งเข้าไป
  {
    Invertoroff();
  }
  if (Ha >= MaxHumidity)    // คำสั่งควบคุมพัดลม และตัวปล่อยความชื้น เพื่อเพิ่มความชื้นใน
ระบบ
  {
    if (m > 0)
    {
    Miston();
    Fanon();
    }
  else if (m <= 0)
    {
    Mistoff();
    Fanoff();
    }
  }
  else if (Ha <= MinHumidity)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  {
    Miston();
    Fanon();
  }
    delay(10000);
}

void Invertoron()
{
  digitalWrite(7,HIGH); }
void  Invertoroff()
{
  digitalWrite(7,LOW); }
void Miston()
{
  digitalWrite(6,HIGH); }
void  Mistoff()
{
  digitalWrite(6,LOW); }
void Fanon()
{
  digitalWrite(8,HIGH); }
void Fanoff()
{
  digitalWrite(8,LOW); }
```

รูปที่ ค.1 การเขียนโปรแกรม Arduino IDE ของการควบคุมความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

AMPC and MLA; Australian Meat Processor Corporation and Meat & Livestock Australia. 2010. "**Meat technology update; Dry aging of beef.**" [Online]. Available : http://www.ampc.com.au/site/assets/media/Factsheets/Food-Safety-Meat-Science-Market-Access-Marketing-Consumer/MTU_2010_Dry-aging-of-beef.pdf. 2010.

Brown, T., Corry, J.E.L., Evans and J. a. 2007. "Humidification of unwrapped chilled meat on retail display using an ultrasonic fogging system." **Meat Science.** 77: 670-677.

Campbell, R. E., Hunt, M. C., Levis, P., & Chambers, E., IV. 2001. "Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle." **Journal of Food Science.** 66(2) : 196-199.

Dashmaa Dashdorj, Vinay Kumar Tripathi, Soohyun Cho, Younghoon Kim and Inho Hwang. 2016. "Dry Aging of beef; Review." **Journal of Animal Science and Technology.** 58(20):

DeGreer SL, Hunt MC, Bratcher CL, Crozier-Dodson BA, Johnson DE, Stika JF. "Effects of dry age of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times." **Meat Sci.** 83(4) : 768–74.

EnergyAuditorThai. "**บทที่ 8 หอผึ่งน้ำ.**" [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://energyauditorthai.com/wp-content/uploads/2017/01/09-บทที่-8-หอผึ่งน้ำ-.pdf. 2017.

PrimeSafe. "**Standards and Guidelines: Aging of Beef.**" [Online]. Available : https://www.primesafe.vic.gov.au/standards-and-guidelines/primenotes/ageing-of-beef/. 2017.

Savell, J.W. "**Dry-aging of beef, executive summary.**" [Online]. Available : http://www.beefissuesquarterly.com/CMDocs/BeefResearch/PE_Executive_Summaries/Dry_Aging_of_Beef.pdf. 2008.

Smith RD, Nicholson KL, Nicholson JDW, Harris KB, Miller RK, Griffin DB, Savell JW.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US choice and US select short loins." **Meat Sci.** 79(4) : 631–9.

Tim Dwyer. **"Module 11: The psychrometrics of HVAC sub-systems."** [Online]. Available : https://www.cibsejournal.com/cpd/modules/2009-12/ 2009.

USMEF, Meat Export Federation of USA. **"Guidelines for U.S. dry aged beef for international markets."** [Online]. Available : https://www.usmef.org/guidelines-for-u-sdry-aged-beef-for-international-markets/. 2014.

กรัณวิณัฐ วงษ์ไชยมูล. **"Arduino คืออะไร,"** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://sites.google.com/site/karanwinatktech/unit1. 2558.

ชูชัย ต.ศิรวัฒนา. 2549. **การทำความเย็นและการปรับอากาศ.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ชูชาติ อารีจิรานุสรณ์. **"บทที่ 8 : ระบบทำความเย็น."** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://home.kku.ac.th/chuare/12/coolingsystem.pdf. 2562.

สุธิกานต์ วงษ์เสถียร. 2549. **ระบบไฟฟ้า-ควบคุมเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ.** ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์.

อาจหาญ ณ นรงค์. **"ทำความเข้าใจแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric Chart)."** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/articles_preview.php?cid=19123. 2013.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้