เครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด
The Surface Coating Device with Dryer for Fresh Eggs

นฤพนธ์ จันตะเดียน
สถาพร สุขคล้าย
สิทธิโชค วงศ์จันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

The Surface Coating Device with Dryer for Fresh Eggs

นฤพนธ์ จันตะเคียน
สถาพร สุขคล้าย
สิทธิโชค วงศ์จันทร์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....143942
วัน.เดือน.ปี.....04 ต.ค. 2559

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

เครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

The Surface Coating Device with Dryer for Fresh Eggs

นฤพนธ์ จันตะเคียน

สถาพร สุขคล้าย

สิทธิโชค วงศ์จันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

The Surface Coating Device with Dryer for Fresh Eggs

Mr.Narupon Chantakean
Ms.Sitthichok Wongchan
Mr.Sathaporn Sukklay

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2015

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2558

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

The Surface Coating Device with Dryer for Fresh Eggs

นักศึกษาผู้จัดทำ	นาย นฤพนธ์	จันตะเคียน	รหัสนักศึกษา	55010632
	นาย สถาพร	สุขคล้าย	รหัสนักศึกษา	55011261
	นาย สิทธิโชค	วงศ์จันทร์	รหัสนักศึกษา	55011302

ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2558

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.วันพุทธ แซ่ฉั่ว	วันพุทธ แซ่ฉั่ว

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

นักศึกษาผู้จัดทำ

นาย นฤพนธ์	จันตะเคียน	รหัสนักศึกษา	55010632
นาย สถาพร	สุขคล้าย	รหัสนักศึกษา	55011261
นาย สิทธิโชค	วงศ์จันทร์	รหัสนักศึกษา	55011302

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วันพุทธ แซ่ฉั่ว

ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ไข่ไก่สดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มาก โดยที่อายุของไข่ไก่สดนั้นค่อนข้างสั้นและเสื่อมสภาพได้ง่าย เนื่องจากสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่ร้อนและความชื้นสูง การเคลือบผิวเปลือกไข่ไก่คืออีกหนึ่งวิธีที่สามารถยืดอายุของไข่เนื่องจากสารเคลือบผิวสามารถแทรกซึมไปบนรูพรุนที่ผิวของไข่ ทำให้ลดโอกาสของอากาศหรือความชื้นจะเข้าไปภายในไข่ ซึ่งจะส่งผลให้ยืดอายุของไข่ให้ยาวนานขึ้น ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและผลิตเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดเพื่อที่จะยืดอายุของไข่ไก่สด

เครื่องต้นแบบจะประกอบด้วย 2 ระบบหลัก คือระบบพ่นเคลือบและระบบเป่าแห้ง สารเคลือบผิวที่ใช้ในการทดลองสำหรับปริญญานิพนธ์นี้คือ น้ำผสมกับสีผสมอาหาร ระบบพ่นเคลือบประกอบด้วย ปั๊มไดอะแฟรม หัวพ่นสเปรย์ ขนาดของรูพ่น เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 มิลลิเมตร และท่อยางลำเลียงสารและวาล์วเพื่อควบคุมอัตราการไหล สำหรับระบบเป่าแห้งประกอบด้วย พัดลมเป่าอากาศ ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ฮีตเตอร์ ขนาด 200 วัตต์ ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ซึ่งถูกสั่งการโดยชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ที่อุณหภูมิสูงสุด 50 °C ใช้ไข่ไก่เบอร์ 2 ในการทดลองเนื่องจากเป็นขนาดที่พบมากที่สุดตามท้องตลาด พื้นที่ผิวเฉลี่ยของไข่ไก่สดเท่ากับ 35.08±1.68 ตารางเซนติเมตร อัตราการไหลที่เหมาะสมของสารพ่นผ่านหัวฉีดสเปรย์

เท่ากับ $0.0026\pm3.58\times10^{-6}$ ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ระยะเวลาที่ผิวเปลือกไข่แห้งหลังจากผ่านการพ่นเคลือบและผ่านชุดเป่าแห้งเท่ากับ 6.20±0.10 นาที ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระยะเวลาที่ผิวเปลือกไข่แห้งเมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (26.15±0.60 นาที) จากการทดลองพ่นเคลือบผิวและการเป่าแห้งไข่ไก่สดด้วยเครื่องนี้พบว่ามีความสามารถในการใช้เคลือบผิวไข่ แม้ว่าจะใช้น้ำผสมกับสีแทนสารที่ใช้เคลือบจริง ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้งานของระบบเคลือบและระบบเป่าแห้ง ควรใช้สารเคลือบผิวที่ผลิตมาเพื่อเคลือบผิวไข่ไก่โดยเฉพาะและควรเพิ่มระบบการลำเลียงเพื่อให้กระบวนการเคลือบผิวและการเป่าแห้งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

Thesis Title	The Surface Coating Device with Dryer for Fresh Eggs		
Authors	Mr.Narupon	Chantakean	55010632
	Mr.Sathaporn	Sukklay	55011261
	Mr.Sitthichok	Wongchan	55011302
Thesis Advisors	Dr.Wanphut	Saechua	
Year	2015		

Abstract

Thailand is an agricultural country; one of high yield products is fresh eggs. The shelf life of eggs is very short due to the tropical climate of Thailand. Coating on egg's surface is one of methods to extend life of eggs due to the fact that the coating can be penetrated on pores of eggs. As a result, air or humidity has less chance to enter in the eggs so that the life of the egg is longer than usual. This project aimed to design and fabricate a surface coating device with dryer for fresh eggs in or der to extend egg's life. The device consists of 2 main systems which are the coating system and the dryer system. It noticed that the coating material used in this project was water mixed with color due to a prototype device. The coating system consists of a diaphragm pump, a spray nozzle diameter 0.3 mm, transferring rubber tubes, and an adjusted valve to control water flow rate. For the dryer system consists a DC 12 V fan, an AC heater 200 W controlled by the microcontroller Arduino UNO R3 within maximum temperature of 50 °C. The experiment carried out with egg size number 2 which is the most

common size in the commercial. The average surface area of the egg was 35.08±1.68 cm^2. The suitable water flow rate of spraying was 0.0026±3.58x10^{-6} m^3/h. The drying period of a coated egg was average of 6.20±0.10 mins which was obviously shorter than leaving in ambient room temperature (26.15±0.60 mins). In conclusion, the surface coating device with dryer for fresh eggs showed a good trial capability to coat egg's surface even though the water mixed with color was used as coating material instead of the real commercial coating. In order to enhance the application of this coating and drying system, the real coating materials would recommend to use for spraying and a transferring system should be fabricated to continue whole processes.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีหากไม่ได้รับความอนุเคราะห์และความเมตตาจากหลายๆฝ่าย บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะมีส่วนช่วยในการทำให้ปริญญานิพนธ์เรื่องนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีคือ ดร.วันพุทธ แซ่ฉั่ว อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งมีความห่วงใยและดูแลและให้คำปรึกษาแก่คณะผู้จัดทำได้เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกๆท่านที่ช่วยเหลือในการให้ข้อมูลทางวิชาการต่างๆเพื่อเป็นองค์ความรู้ในการนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ดูแลโรงปฏิบัติการในการประกอบชิ้นงานซึ่งให้ความอนุเคราะห์ทางด้านการใช้เครื่องมือต่างๆในการประกอบเครื่อง

ขอบคุณบุคคลที่ทำให้ข้าพเจ้ามีทุกวันนี้ได้นั้นคือ บิดา มารดา ซึ่งเป็นที่เคารพรักและอบรมดูแลเอาใจใส่ทางผู้จัดทำเป็นอย่างดีและเอาใจใส่คอยเป็นกำลังใจในทุกๆด้านเสมอมาบุญคุณนี้ล้นพ้นจนหาที่เปรียบไม่ได้ ผู้จัดทำขอรำลึกบุญคุณและแสดงกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นาย นฤพนธ์ จันตะเคียน

นาย สถาพร สุขคล้าย

นาย สิทธิโชค วงศ์จันทร์

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 วิธีการดำเนินงาน 3

1.5 เค้าโครงปริญญานิพนธ์ 4

บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ไข่ไก่ 5

2.2 สารเคลือบผิวไข่ไก่ 8

2.3 เซนเซอร์ 9

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 9

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน 10

2.6 ฮีตเตอร์ 14

2.7 หัวฉีด 15

2.8 ปั้ม 17

สารบัญ(ต่อ)

หน้าที่

บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด 19
3.1 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างโครงสร้างเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้ง 19
3.2 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างระบบพ่นเคลือบ 21
3.3 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างระบบเป่าแห้ง 24
3.4 ระบบควบคุม 27
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 34
4.1 การทดลองการหาพื้นที่ผิวไข่ไก่ 34
4.2 การหาระยะหมุนของไข่ไก่ต่อรอบเฟือง 35
4.3 การทดลองหาอัตราการไหลของสารพ่นเคลือบ 36
4.4 การทดลองหาระยะเวลาการทำแห้งผิวไข่ไก่ไข่ 37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ 41
5.1 สรุปผลทดลอง 41
5.2 ข้อเสนอแนะ 42
เอกสารอ้างอิง 43
ภาคผนวก 45

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน 3
ตารางที่ 2.1 ขนาดไข่ไก่ตามน้ำหนัก 8
ตารางที่ 4.1 พื้นที่ผิวไข่ไก่เบอร์สอง 34
ตารางที่ 4.2 ค่าการหมุนของไข่ไก่ต่อการหมุนเฟือง 35
ตารางที่ 4.3 อัตราการไหลของสารพ่นเคลือบ 36
ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาที่ไข่ไก่แห้งที่อุณหภูมิห้อง 37
ตารางที่ 4.5 ระยะเวลาที่ไข่ไก่แห้งโดยระบบเป่าแห้ง 39

สารบัญรูป

หน้าที่

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของไข่ 5
รูปที่ 2.2 การถ่ายเทความร้อยโดยการนำ 11
รูปที่ 2.3 การพาความร้อนแบบอิสระ 12
รูปที่ 2.4 การพาความร้อนแบบมีกลไกบังคับ 13
รูปที่ 2.5 ลักษณะการพาความร้อนในชั้นชิดผิวความร้อนและชั้นชิดผิวความเร็ว 13
รูปที่ 2.6 การคำนวณหาปริมาณความร้อน 14
รูปที่ 2.7 ปั้มลมแบบไดอะแฟรม 18
รูปที่ 3.1 โครงสร้างอะลูมิเนียมฉากหลังจากประกอบ 19
รูปที่ 3.2 แผ่นอะคลิลิคถูกติดกับโครงสร้างเครื่อง 20
รูปที่ 3.3 เครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด(ด้านหน้า) 20
รูปที่ 3.4 เครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด(ด้านหลัง) 20
รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ในการพ่นเคลือบ 21
รูปที่ 3.6 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณพ่น 22
รูปที่ 3.7 การต่อท่อยางเข้ากับปั้มไดอะแฟมและหัวพ่น 22
รูปที่ 3.8 ชุดพ่นเคลือบเมื่อติดตั้งเรียบร้อย 23
รูปที่ 3.9 พัดลมคอมพิวเตอร์ DC 12v 24
รูปที่ 3.10 PTC Heater ceramic ขนาด 200w 24
รูปที่ 3.11 ค่า Heat transfer coefficient ของอากาศที่ความเร็วต่างๆ 25
รูปที่ 3.12 ภาพหลังประกอบพัดลมเข้ากับฮีตเตอร์ 26
รูปที่ 3.13 ภาพหลังประกอบเข้ากับตัวโครง 26
รูปที่ 3.14 แผนผังการทำงานของระบบควบคุม 27
รูปที่ 3.15 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุม 28
รูปที่ 3.16 ผังการทำงานของระบบควบคุม 29
รูปที่ 3.17 การต่อตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์มระหว่างขา 1 กับ ขา 2 ของ DS18B20 30

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3.18 ติดตั้งจอแสดงผลกับกล่องควบคุม....30
รูปที่ 3.19 เชื่อมต่อรีเลย์ 5 โวลต์ ระหว่างสวิตช์ชิ่งกับพัดลม....31
รูปที่ 3.20 เชื่อมต่อโซลิตสเตต์รีเลย์เข้ากับฮีตเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์....31
รูปที่ 3.21 เขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรม Arduino....32
รูปที่ 3.22 กล่องควบคุมที่ติดตั้งเข้ากับโครงสร้าง....32
รูปที่ 3.23 ตัวอย่างอุณหภูมิที่วัดได้จากระบบควบคุม....32
รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหมุนไข่....35
รูปที่ 4.2 อัตราการไหลของสารพ่นเคลือบ....37
รูปที่ 4.3 ระยะเวลาที่ไข่ไก่แห้งที่อุณหภูมิห้อง....38
รูปที่ 4.4 ระยะเวลาที่ไข่ไก่แห้งโดยระบบเป่าแห้ง....39
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบระยะเวลาที่ไข่ไก่แห้งที่อุณหภูมิห้องและที่ระบบเป่าแห้ง....40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม โดยประชากรส่วนใหญ่ของประเทศนั้นประกอบอาชีพเกษตรกร ซึ่งในอดีตที่ผ่านมา ก็จะเห็นถึงความสำคัญของภาคเกษตรกรรมอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตทางการเกษตรเพื่อเป็นการยืดอายุในการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าทางการตลาดของวัสดุทางการเกษตร ไข่ไก่เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอย่างหนึ่งที่สำคัญ ทั้งยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ ซึ่งจากข้อมูลการส่งออกจะเห็นได้ว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกไข่ไก่ได้เป็นอันดับที่สองของประเทศในกลุ่มอาเซียนซึ่งรองลงมาจากประเทศอินโดนีเซีย[1] ดังนั้นการเก็บรักษาสภาพของไข่ไก่นั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรทำเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของไข่ไก่ได้นานยิ่งขึ้น จากการสืบค้นข้อมูลจากงานวิจัยสารเคลือบไข่ไก่สด เคยู โอเวอการ์ด พบว่ามีการนำสารที่มีคุณสมบัติที่สามารถนำมาเคลือบผิวไข่ไก่สดได้ คือ สตาร์ชข้าวเจ้า [2]

จากการสืบค้นข้อมูลลักษณะทางกายภาพของไข่ไก่ พบว่าผิวของไข่ไก่มีรูขนาดเล็กที่ตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็นอยู่ทั่วผิวของเปลือก เมื่อมีการจัดเก็บเป็นเวลานานรูจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะทำให้ของเหลวภายในไข่แพร่ออกไป ทำให้ไข่สูญเสียน้ำ ทำให้น้ำหนักลดลง ซึ่งการเก็บไข่ไก่ไว้ที่มีความชื้นสูงนั้นจะเป็นการทำให้ไข่ไก่มีอายุที่ยาวนานขึ้น เนื่องจากโพรงอากาศขยายได้ช้าลง [3] สารเคลือบผิวไข่ไก่สดจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการนำมาสร้างชุดอุปกรณ์เคลือบผิวไข่ไก่สดที่มีขนาดเล็กและต้นทุนต่ำเพื่อการเก็บรักษาไข่ไก่สด ทั้งนี้การเคลือบผิวไข่ไก่สดแบบใช้หัวพ่นนั้นยังสามารถที่จะพ่นสารเคลือบผิวทำให้เคลือบได้ครั้งละหลายฟอง เมื่อทำการ

เคลือบผิวแล้ว ไข่ไก่จะมีความชื้นจากสารเคลือบผิวอยู่ จึงจัดทำระบบเป่าแห้งเพื่อทำให้สารเคลือบผิวไข่ไก่นั้นแห้ง เพื่อสะดวกในการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายไข่ไก่สดที่เคลือบผิวแล้ว

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิดหัวพ่นให้ได้ฝอยละอองของสารเคลือบผิวไข่ไก่สด
2. เพื่อศึกษาการออกแบบระบบการเป่าแห้ง
3. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ชุดอุปกรณ์พ่นเคลือบใช้สำหรับไข่ไก่สด
2. ชุดเคลือบผิวพร้อมเครื่องเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดเป็นเครื่องต้นแบบ
3. การออกแบบยังไม่รวมระบบลำเลียง

1.4 วิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนดำเนินงาน	ปี / เดือน									
	พ.ศ.2558							พ.ศ.2559		
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ศึกษาค้นคว้าข้อมูล รวบรวมข้อมูลและคำนวณ	↔	↔	↔							
2.ออกแบบเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดด้วยโปรแกรม SolidWorks			↔	↔						
3.จัดซื้อวัสดุอุปกรณ์และดำเนินการสร้าง					↔	↔				
4.ทดสอบ พัฒนา ปรับปรุง เครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด						↔	↔	↔		
6.กำหนดสรุปผล นำเสนอ								↔		
5.งานเอกสาร/ทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔

1.5 เค้าโครงปริญญานิพนธ์

บทที่ 1 บทนำ จะกล่าวถึงความสำคัญและที่มา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตงานวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง ไข่ไก่(Eggs),สารเคลือบผิวไข่ไก่,เซนเซอร์(Sensor),ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller), ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน,ฮีตเตอร์(Heater),หัวฉีด(Nozzle),ปั๊ม(Pump)

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย จะกล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบ,คำนวณ,สร้างเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด,การทำงาน,การสั่งงาน และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการประกอบและติดตั้งระบบ

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ผลการทดลองในส่วนของระบบพ่นเคลือบ และผลการทดลองในส่วนของระบบเป่าแห้ง

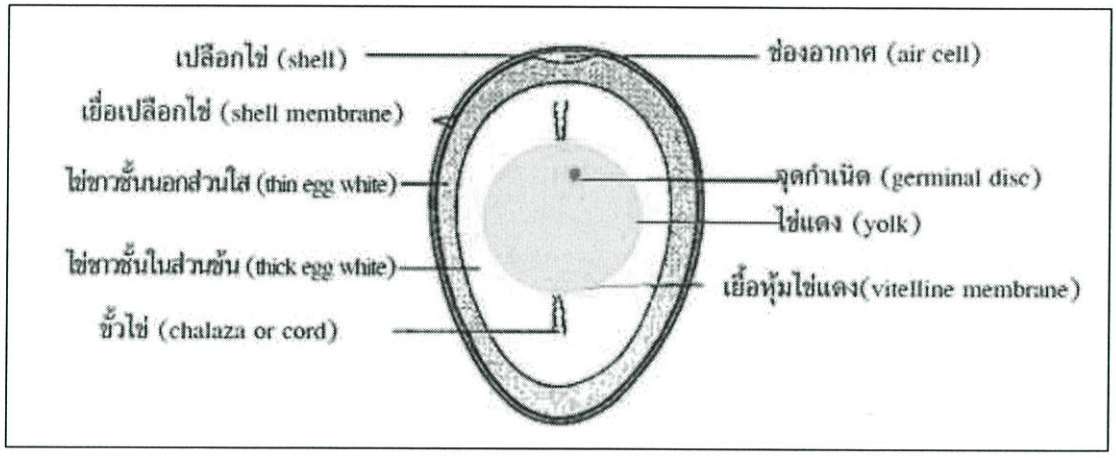
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ จะกล่าวถึง ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไข่ไก่

ไข่ (egg) มีคุณค่าทางโภชนาการที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นแหล่งของโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายของมนุษย์ ไข่เป็นอาหารที่มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสัตว์ชนิดอื่น ซึ่งให้ปริมาณโปรตีนที่เท่าเทียมกัน ซึ่งส่วนประกอบของไข่มี ประกอบด้วย เปลือกไข่และเยื่อเปลือกไข่ 11% ไข่ขาว 58% และไข่แดง 31% โดยประมาณ



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของไข่

1.เปลือกไข่ (shell) จะมีรูขนาดเล็กอยู่ทั่วผิวเปลือกไข่ ในระยะแรกที่ไข่ออกมาจากแม่ไก่นั้นจะมีเมือกเคลือบผิวเปลือกไข่ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้อากาศและน้ำไหลผ่านเข้าไปในไข่ได้ เมื่อเวลาผ่านไปเมือกที่เคลือบเปลือกไข่จะแห้งเสื่อมสภาพไป ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนน้ำและอากาศ ทำให้ไข่เสื่อมสภาพได้

2.เยื่อหุ้มไข่ มีอยู่ด้วยกัน 2 ชั้น ชั้นนอกที่ติดเปลือก(shell membrane) และ ชั้นในที่ติดกับไข่ขาว (egg membrane) เยื่อชั้นนอกและชั้นในจะชิดกันตลอด แต่แยกกันที่ด้านป้านของไข่ซึ่งมีโพรงอากาศ

3.โพรงอากาศ (air cell) เป็นช่องว่างที่อยู่บริเวณด้านป้านของไข่ เมื่อไข่ออกมาจากตัวแม่ไก่ อุณหภูมิของไข่ยังสูงจึงไม่มีช่องว่างในไข่ ต่อมาเมื่อไข่เย็นลงจะเกิดการหดตัวของของเหลวในไข่ ทำให้เกิดโพรงอากาศขึ้น และถ้าหากมีน้ำระเหยออกไปมาก ก็จะทำให้โพรงอากาศใหญ่ขึ้นด้วย

4.ไข่ขาว (egg white) เป็นส่วนประกอบภายในไข่ ที่เป็นส่วนของเหลวข้นหนืด (firm) ล้อมรอบไข่ ไข่ขาวมีส่วนประกอบหลักคือ น้ำและโปรตีน

5.เยื่อหุ้มไข่แดง (vitelline membrane) มีหน้าที่ช่วยหุ้มไข่แดงเอาไว้

6.ไข่แดง (yolk) เป็นแหล่งอาหารที่สำรองไว้สำหรับลูกไก่ ไข่แดงจะอยู่กลางฟองโดยการยึดของเยื่อที่เป็นเกลียวแข็ง อยู่ด้านหัวและท้ายของไข่แดง และยื่นเข้าไปในไข่ขาว

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงของไข่ระหว่างการเก็บรักษา

ในการเก็บรักษาไข่ไก่เป็นระยะเวลานานนั้น ไข่ไก่จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมี ทำให้คุณภาพของไข่นั้นลดต่ำลง เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และเน่าเสียไปในที่สุด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของไข่ไก่หลักๆมีดังนี้

1.โพรงอากาศ ในการเก็บรักษาไข่ไก่เป็นเวลานานโพรงอากาศภายในไข่จะใหญ่ขึ้น ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนของของเหลวภายในไข่ น้ำในไข่จะเกิดการแพร่ผ่านรูบนผิวเปลือกไข่ ไข่จึงสูญเสียน้ำ ทำให้น้ำหนักของไข่ลดต่ำลง

2. ไข่แดงใหญ่ขึ้น เนื่องจากแรงดันในไข่แดงมีมากกว่าในไข่ขาว น้ำในไข่ขาวจึงเคลื่อนที่เข้าไปในไข่แดงด้วยแรงดันออสโมซิส(Osmosis) ไข่แดงจะแตก เนื่องจากไข่แดงมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ไม่อยู่ในตำแหน่งตรงกลางของไข่ รวมทั้งความหนืดที่ลดลงด้วย ในกรณีที่เก็บในที่อุณหภูมิสูงจะให้ทำเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นอย่างรวดเร็ว

3. ความหนืดไข่ขาวลดลงระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากมีการย่อยโปรตีนในไข่ขาว

4. ไข่เป็นด่างมากขึ้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของไข่ และละลายอยู่ในไข่ในรูปของกรดคาร์บอนิก และเกลือไบคาร์บอเนต ไข่สดที่ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ภายใน เป็นด่าง มีค่า pH 7.5-8.5 ระหว่างการเก็บรักษาไข่ เกิดการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านรูบนเปลือกไข่ จนภายในไข่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับอากาศโดยรอบ ทำให้มีความเป็นด่างมากขึ้น

5.เชื้อจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากรูบนเปลือกไข่ที่ขยายใหญ่ ชื้อจุลินทรีย์จึงเข้าไปในไข่ได้ง่ายขึ้น[1]

2.1.2 การเก็บรักษาไข่ไก่

การเก็บรักษาไข่ไก่ควรจะเก็บในที่อุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูง เพื่อไม่ให้ไข่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพอย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น

การเก็บรักษาไข่ไก่นานกว่า 1 สัปดาห์ ต้องเก็บในตู้เย็นหรือห้องที่ควบคุมอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 10 องศาเซลเซียส ถึง 13 องศาเซลเซียส และความชื้น สัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 70% ถึง 85% [2]

2.1.3 การเคลือบผิวไข่

การเคลือบผิวไข่ไก่ด้วย สารกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) บนพื้นผิวเปลือกไข่ จะช่วยป้องกันการซึมผ่านของความชื้น และหากมีการเติมสารต้านจุลินทรีย์ (preservative) ในสารเคลือบ จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เปลือกไข่ได้ ทำให้สามารถยืดอายุในการเก็บรักษาไข่ไก่ให้คงคุณภาพได้นานขึ้น [1]

2.1.4 ขนาดไข่ไก่มาตรฐาน

ขนาดของไข่ไก่จะพิจารณาจากน้ำหนักต่อฟอง (ตารางที่ 2.1) หากไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่นในทางการค้า ขนาดของไข่ไก่ให้เป็นไปตามน้ำหนัก ดังตารางที่ 2.1 [2]

ตารางที่ 2.1 ขนาดของไข่ไก่ตามน้ำหนัก

เบอร์	ขนาด	น้ำหนักขั้นต่ำต่อฟอง (กรัม)
0	จัมโบ้(jumbo)	มากกว่า 70
1	ใหญ่พิเศษ (extra large)	มากกว่า 65 ถึง 70
2	ใหญ่(large)	มากกว่า 60 ถึง 65
3	กลาง (medium)	มากกว่า 55 ถึง 60
4	เล็ก (small)	มากกว่า 50 ถึง 55
5	จิ๋ว (peewee)	มากกว่า 45 ถึง 50

2.2 สารเคลือบผิวไข่ไก่

การเคลือบผิวผลผลิตทางการเกษตรนั้นมีการใช้อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในผักและผลไม้ เพื่อที่จะยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูสดสะอาด และยังเป็นเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย ซึ่งสารเคลือบผิวมี 2 กลุ่มคือ 1.สารเคลือบชนิดที่รับประทานไม่ได้ ได้แก่ ไขจากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม (Petroleum wax) ไขจากฟอสซิล(Mineral wax) และไขจากการสังเคราะห์โดยขบวนการทางเคมี(Chemical synthetic wax) 2.สารเคลือบชนิดที่รับประทานได้ ได้แก่ สารที่ผลิตจากธรรมชาติ เช่น ไคโตซาน(Chitosan) บุก ไขรำข้าว เป็นต้น

ผลผลิตทางการเกษตรแต่ละชนิดมีลักษณะโครงสร้างผิวหรือเปลือกที่แตกต่างกัน และสารเคลือบผิวแต่ละชนิดก็มีส่วนประกอบที่ไม่เหมือนกันทำให้คุณสมบัติในการชะลอการเสื่อมคุณภาพต่างกันด้วย ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้สารเคลือบที่เหมาะสม โดยต้องผ่านการศึกษาและทดลองในห้องปฏิบัติการมาแล้ว [11] [12]

ในการเคลือบผิวไข่ไก่นั้นได้มีงานวิจัยสารเคลือบผิวที่เหมาะสมกับการเคลือบผิวไข่ไก่ โดยเป็นงานวิจัยสารเคลือบไข่สดจากสตาร์ข้าวเจ้า โดยมีองค์ประกอบและคุณสมบัติดังนี้

1.ไฮโดรฟิลิค (Hydrophilic Property) เพื่อช่วยป้องกันการแยกเฟส

2.พลาสติไซเซอร์ เพื่อช่วยเพิ่มความอ่อนตัวบนพื้นผิวของเปลือกไข่ ทำให้ไม่เกิดรอยแตกหรือรอยแยก

3.กรดไขมัน เพื่อทำหน้าที่ป้องกันการซึมผ่านไอน้ำจากภายในไข่ผ่านสู่ภายนอก

4.สารต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial Agent) เพื่อเสริมสมบัติการต้านจุลินทรีย์ [13]

2.5 เซนเซอร์

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจรู้ปริมาณของตัวแปรต่างๆ เพื่อป้อนให้กับระบบและกระบวนการ เซนเซอร์ที่อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้านั้น สามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) และสัญญาณไบนารี (Binary Signal)

ทรานสดิวเซอร์ หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานจากรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่ง ภายในอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่รับรู้พลังงาน (Sensing Part) และส่วนที่แปลงพลังงาน (Transduction Part) [3]

ในกระบวนการเป่าแห้งไข่ไก่หลังจากที่ทำการพ่นเคลือบผิวไข่แล้วนั้น จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิลมไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินไป จึงต้องมีการวัดค่าอุณหภูมิ โดยเลือกใช้เซนเซอร์ DHT22 ซึ่งสามารถวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิได้ โดยมีช่วงอุณหภูมิที่วัดได้ -40 °C – 80 °C [4]

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ควบคุมการ ทำงาน โดยลำดับการทำงานขึ้นอยู่กับการลำดับการเขียนโปรแกรม จึงนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีโครงสร้างหลัก 5 ส่วนดังนี้

1. ส่วนประมวลผล (Processing unit) คือส่วนที่ทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์ หรือ การตัดสินใจแบบมีเงื่อนไข (Logic) โดยลำดับการทำงานของส่วนประมวลผลจะขึ้นอยู่กับการจัดลำดับคำสั่งในการทำงาน (Programming code) ซึ่งจะบรรจุอยู่ในส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล

2. ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล (Memory unit) คือส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูล ซึ่งแบ่งชนิดการเก็บข้อมูล เป็น 2 แบบคือ แบบชั่วคราว (RAM: Random Access Memory) และแบบถึงถาวร (EPROM: Erasable Programmable Read only Memory)

3. ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้า (Interface unit) จะทำหน้าที่ติดต่อสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีอยู่ 2 แบบคือ อินพุตเอาต์พุตดิจิตอล และ อินพุตเอาต์พุตอนาล็อก

4. ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา จะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณนาฬิกาโดยใช้วงจรที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เรียกว่าวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator circuit) ซึ่งมีอุปกรณ์หลักคือ คริสตอล (X-TAL) มากำหนดช่วงเวลาในการประมวณผล (Execute time) ของส่วนประมวลผลโดยจะมีผลต่อความเร็วในการประมวณผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้สัญญาณนาฬิกาจะยังใช้กำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรม และกำหนดความถี่ในส่วนของตัวตั้งเวลา ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

5. ส่วนอินเตอร์รัพท์สัญญาณ จะทำหน้าที่จัดลำดับความสำคัญในการทำงานในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำงานในลักษณะหลายงานพร้อมกัน (Multitasking) [5]

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน

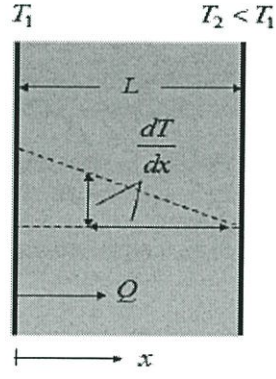
หลังจากที่ไข่ไก่ได้ผ่านกระบวนการพ่นเคลือบผิวแล้วก็จะเข้าสู่ในกระบวนการเป่าลมร้อนเพื่อทำให้สารเคลือบผิวนั้นแห้งติดกับผิวเปลือกของไข่ ซึ่งในการเป่าลมนั้นเราต้องเข้าใจถึงทฤษฎีของความการถ่ายเทร้อนและหลักการถ่ายเทความร้อนต่างๆ เพื่อที่จะประยุกต์ใช้งานกับการออกแบบให้เหมาะสม ในการออกแบบจะออกแบบให้มีอุณหภูมิที่ไม่สูงมากเนื่องจากอาจจะทำให้ไข่เกิดความเสียหายได้ โดยในการเป่าแห้งนั้นเราจะใช้หลักการพาความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนเป็นหลัก คือ ฮีตเตอร์เป็นตัวกำเนิดความร้อน โดยมีลมเป็นตัวกลางในการพาความร้อนไปยังไข่ไก่

หลักการการถ่ายเทความร้อน คือ การที่ความร้อนเคลื่อนที่จากจุดๆ หนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยมีตัวกลางหรือไม่มีก็ได้ โดยจะมีกลไกของการถ่ายเทความร้อนอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ

1. การนำความร้อน (Conduction)
2. การพาความร้อน (Convection)
3. การแผ่รังสี (Radiation)

โดยการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 วิธีนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้น แต่จะมีความแตกต่างกันตรงที่วิธีการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ โดยในการจะออกแบบจะต้องเข้าใจหลักการถ่ายเทความร้อนและความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนแต่ละวิธี [6]

1.การนำความร้อน (Conduction Heat transfer) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าภายในตัวกลางเดียวกัน หรือเป็นการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างตัวกลางที่ติดกันแต่อุณหภูมิต่างกัน ในการนำความร้อนความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลของสารโดยที่โมเลกุลไม่มีการเคลื่อนที่ โดยการนำความร้อนจะเกิดได้ดีมากในตัวกลางที่เป็นของแข็ง โดยที่ความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกัน แสดงได้ดัง รูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน [7]

ซึ่งพื้นฐานของการนำความร้อนสามารถอธิบายได้ด้วยกฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier law of heat conduction) ที่กล่าวไว้ว่า “อัตราการถ่ายนำความร้อนจะแปรผันตรงกับเกรเดียนต์ของอุณหภูมิและพื้นที่” [7]

$$Q_{cond} = -kA\frac{dT}{dx} \qquad (1)$$

Q_{cond} = อัตราการถ่ายเทความร้อน (w)

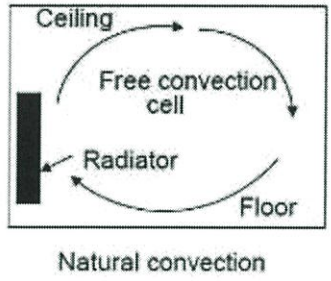
k = ค่าคงที่ของตัวกลางนำความร้อน (w/mk)

$\frac{dT}{dx}$ = อัตราส่วนความแตกต่างของความร้อนต่อระบบ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ $T_2 - T_1 / L$

L = ความหนาของวัตถุตัวกลาง (m)

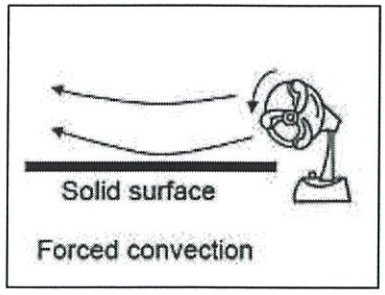
2.การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความรักจากที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยมีวัตถุหรือตัวกลางที่ได้รับความร้อนเป็นตัวพาเอาความร้อนนั้นไป กลไกการพาความร้อนจะเกิดได้เฉพาะวัตถุพวกของเหลวและก๊าซเท่านั้น การเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาเกิดขึ้นได้ คือ [7]

1. การพาความร้อนแบบอิสระหรือการโดยวิธีธรรมชาติ เกิดขึ้นเมื่อของไหลที่อยู่รอบๆ แหล่งกำเนิดความร้อน ของไหลนั้นจะมีความหนาแน่นน้อยลง ในขณะเดียวกันของไหลที่อยู่รอบๆ ที่มีอุณหภูมิเย็นกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ แสดงได้ดัง รูปที่ 2.3

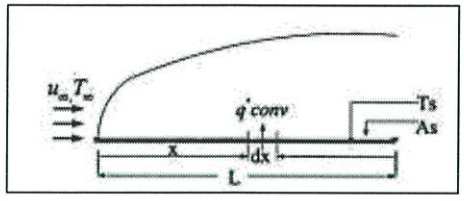


รูปที่ 2.3 การพาความร้อนแบบอิสระ [7]

2. การพาความร้อนที่เกิดขึ้นโดยกลไก เป็นการพาความร้อนที่เกิดจากการใช้ปั๊มหรือพัดลมบังคับให้ความร้อนเกิดการถ่ายเทออกไป แสดงได้ดัง รูปที่ 2.4 และ รูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 การพาความร้อนโดยมีกลไกบังคับ [7]



รูปที่ 2.5 ลักษณะของการพาความร้อนในชั้นชิดผิวความร้อนและในชั้นชิดผิวความเร็ว [7]

ในการคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาความร้อนนั้นเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก เนื่องจากมีหลายสิ่งหลายอย่างที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยวิธีการพานี้ เช่น ความหนาแน่น คุณสมบัติ เฉพาะของของไหลแต่ละชนิด เป็นต้น นิวตัน (Newton) จึงได้เสนอสมการสำหรับการคำนวณอัตราการเคลื่อนที่โดยการพาความร้อน ดังนี้

$$Q_{conv}=hA(T_s-T_\infty) \qquad (2)$$

Q_{conv} = อัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพา (w)
h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (w/m^2k)
A = พื้นที่หน้าตัด (m^2)
T_s = อุณหภูมิที่สูงกว่า (K)
T_∞ = อุณหภูมิที่ต่ำกว่า (K)

3.การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือการที่ความร้อนเคลื่อนที่ได้โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางเหมือนการนำและการพาความร้อน โดยจะเกิดได้ดีในสุญญากาศ การแผ่รังสีนั้นเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ

อิเล็กตรอนในอะตอมของสาร พลังงานจะถูกส่งออกมาในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเราสามารถที่จะหาระยะของการแผ่รังสีที่สามารถแผ่ออกไปได้มากที่สุดได้จาก สมการที่ (3) ซึ่งเรียกว่า Stefan-Boltzmann Law ซึ่งเป็นสมการของการแผ่ของรังสีความร้อนของพื้นผิวในอุดมคติซึ่งเมื่อคำนวณออกมาแล้วจะมีค่า Heat flux มากกว่าความเป็นจริง ตามสมการที่ (4)

$$q^{\circ} = \sigma T_s^4 \qquad (3)$$

T_s = อุณหภูมิสมบูรณ์ของพื้นที่ผิว (k)

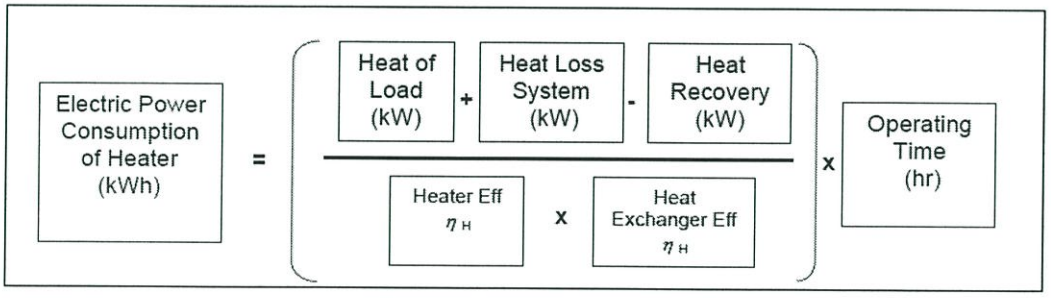
σ = Stefan-Boltzmann constant (5.67×10^{-8} w/m^2k^4)

$$q^{\circ} = \varepsilon \sigma T_s^4 \qquad (4)$$

ε = คุณสมบัติในการแผ่รังสีความร้อนชนิดหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า emissivity เป็นตัวบอกประสิทธิภาพของการแผ่รังสีความร้อนของพื้นที่ผิวโดยเปรียบเทียบกับวัตถุดำ

2.6 ฮีตเตอร์

ฮีตเตอร์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความร้อนภายในเป่าแห้ง โดยอาศัยกระบวนการที่พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน โดยมีหลักการพื้นฐาน คือ เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำที่มีความต้านทานสูงจะทำให้ขดลวดตัวนำเกิดความร้อนขึ้น โดยมีหลักการคำนวณหาปริมาณความร้อน แสดงได้ดังรูปที่ 2.6 [8]



รูปที่ 2.6 การคำนวณหาปริมาณความร้อน [8]

การคำนวณภาระไฟฟ้าของระบบฮีตเตอร์ สามารถคำนวณได้จาก กฎของโอห์ม (Ohm's law) โดยกฎของโอห์มได้กล่าวไว้ว่า "เมื่ออุณหภูมิของตัวนำคงที่ อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ปลายทั้งสองของตัวนำต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าในตัวนำจะคงที่ และจะเท่กับความต้านทานของตัวนำนั้น" โดยจะสามารถความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

$$P = I^2/R = IV = V^2/R \qquad (5)$$

P = กำลังไฟฟ้า (w)

V = แรงดันไฟฟ้า (v)

I = กระแสไฟฟ้า (A)

R = ความต้านทานไฟฟ้า (Ω)

การคำนวณอัตราการนำความร้อนและการพาความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จาก

$$Q = \frac{WC_P\Delta T}{3.412} \qquad (6)$$

Q = ปริมาณความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิ (kwh)

C_p = ค่าความจุความร้อนของผลิตภัณฑ์ (kJ/kg°C).

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ (l_2-l_1)

2.7 หัวฉีด

หัวฉีด (Nozzle) เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ฉีดของเหลวออกมาให้อยู่ในรูปของฝอยละออง โดยฝอยละอองนั้นจะฟุ้งกระจายไปได้โดยทั่ว ซึ่งการที่จะทำให้เกิดเป็นลักษณะของฝอยละอองที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องใช้พลังงาน โดยทั่วไปแล้วหัวฉีดจะทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

- ทำให้สารแตกกระจายเป็นละอองสาร
- ควบคุมอัตราการไหลของสาร
- ควบคุมการกระจายของละอองสาร

2.7.1 ประเภทของหัวฉีด

หัวฉีดถูกแบ่งตามประเภทของพลังงานที่ทำให้เกิดฝอยละอองได้ 5 ประเภท ดังนี้

1. หัวฉีดประเภทใช้แรงดันของเหลว สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภท

1.1 หัวฉีดแบบแรงปะทะ ทำจากโลหะหรือพลาสติกแข็งชิ้นเดียว มีรูตรงกลางสำหรับสารที่จะไหลออกมา เมื่อของเหลวปะทะกับแผ่นกั้นด้านในก็จะทำให้เกิดเป็นละอองฝอยเกิดขึ้น มุมของละอองจะมีระหว่าง 25-180 องศา หัวฉีดประเภทนี้จะใช้แรงดันต่ำ 4-15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

1.2 หัวฉีดแบบรูปพัด มีลักษณะพิเศษที่บริเวณรูตรงกลางจะเป็นวงรีให้ของไหลผ่าน มุมของของเหลวไหลไหลผ่านออกมาจะมีขนาด 65-80 องศา อัตราการไหลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของรูฉีดและแรงดันที่ถูกนำมาใช้งาน แรงดันต่ำประมาณ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

1.3 หัวฉีดรูปแบบกรวย ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญ 2 ชิ้น คือ รูฉีด ทำด้วยโลหะหรือ วัสดุแข็งเป็นแผ่นแบน ๆ หรือเป็นแท่งกลมมีรู หรือร่องเอียงให้ของเหลวไหลผ่านเพื่อเกิดกระแสวน ด้านหลังของรูฉีดและผ่านออกไป เป็นรูปกรวยกลม ถ้าพื้นที่ตรงกลางของรูปกรวยนั้นว่างเรียกว่าหัวฉีดแบบกรวยกลวง แต่ถ้าเป็นรูปกรวยนั้นมีละอองสารเต็มเรียกว่าหัวฉีด แบบกรวยทึบ หัวฉีดแบบนี้มีขนาดของรูฉีด และแผ่นทำให้เกิดกระแสวนให้เลือกหลายขนาด เพื่อให้ได้อัตราการไหลและขนาดของ ละอองสารที่ต้องการมักจะใช้แรงดันสูงตั้งแต่ 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้วขึ้นไป

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. หัวฉีดใช้แรงลม หัวฉีดประเภทนี้จะใช้แรงดันลมจะใช้หัวฉีดต่อเข้ากับสายยางซึ่งจะเป็นตัวเชื่อมระหว่างของไหลกับหัวฉีด ของไหลที่ไหลออกมาจากหัวฉีดนั้นจะมีลักษณะคล้ายกับฝักบัว ของไหลที่ผ่านออกมาถูกลมฉีดจากท่อลมเป่าทำให้พุ่งออกไปข้างหน้าและฟุ้งกระจายเป็นฝอยละออง

3. หัวฉีดใช้ความร้อน ลักษณะการทำงานจะคล้ายกับการทำงานของหัวฉีดแรงลม แตกต่างกันที่ลมที่ออกมาจากหัวฉีดนั้นจะมีลักษณะเป็นลมร้อนหรือไอร้อน ทำให้ของไหลที่ถูกพ่นออกมานั้นระเหยออกมาได้

4. หัวฉีดใช้ประจุไฟฟ้า ลักษณะที่สำคัญของหัวฉีดประเภทนี้คือมีประจุไฟฟ้า 2 ขั้ว เมื่อของไหลไหลผ่านประจุไฟฟ้าก็จะเกิดการระเหยแตกตัวเป็นละอองขนาดเล็ก ซึ่งหัวฉีดประเภทนี้อาศัยหลักการทำงานของการวิ่งเข้าหาประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกันระหว่างของไหลและพืชซึ่งมีประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

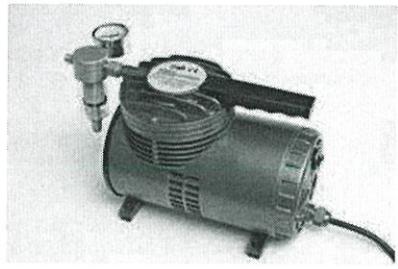
5. หัวฉีดแบบเหวี่ยง ลักษณะหัวฉีดจะปล่อยของเหลวค่อยๆ หยดลงบนจานทีละน้อยลงบนจานหมุน ถ้าจะให้ปริมาณน้ำไหลมากน้อยก็ต้องปรับที่หัวฉีดหรือปรับที่ขนาดและซี่ของจานหมุน [9]

2.8 ปั๊มลม

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบีบอัดอากาศจากสภาวะปกติให้มีความดันที่สูงขึ้นตามที่ต้องการเพื่อนำแรงดันจากลมนี้ไปใช้ในการทำงานให้เกิดประโยชน์และสามารถประยุกต์ใช้ในหลายด้านทั้งในด้านอุตสาหกรรมว่าจะเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กไปจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ อุตสาหกรรมครัวเรือน ระบบนิวเมติก โดยชนิดของปั๊มก็จะมีมากหลายอย่างแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งานในแต่ละประเภท ปั๊มลมหรือเครื่องอัดลมได้มีการจัดจำแนกออกเป็น 6 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ ปั๊มลมแบบลูกสูบ (Piston Air Compressor) ปั๊มลมแบบสกรู (Screw Air Compressor) ปั๊มลมแบบใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Air Compressor) ปั๊มลมแบบใบพัดหมุน (Roots Air Compressor) ปั๊มลมแบบไดอะเฟรม (Diaphargm Air Compressor) ปั๊มลมแบบกังหัน (Redial and axial flow Air Compressor)

143942

ปั๊มลมแบบไดอะเฟรม (Diaphargm Air Compressor) ในส่วนของการนำไปใช้เกี่ยวกับทางด้านอาหารนั้น ปั๊มลมแบบไดอะเฟรมจะเหมาะสมกว่าแบบอื่น เนื่องจากปั๊มลมประเภทนี้ลมที่ถูกดูดเข้าไปจะไม่สัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะจึงทำให้ลมที่ได้นั้นไม่มีการปนเปื้อนน้ำมันหล่อลื่นภายในตัวปั๊ม เนื่องมาจากลูกสูบและหัวดูดอากาศจะถูกแยกออกจากกันทำให้ลมไม่มีสารปนเปื้อน ในส่วนของแรงดันลมและความดันลมที่ต่ำ จึงไม่ทำให้ไข่แตกหรือร้าว ดูรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ปั๊มลมแบบไดอะเฟรม

บทที่ 3

การคำนวณออกแบบเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

3.1 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างโครงสร้างเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

การออกแบบและสร้างโครงสร้างของเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดเพื่อบรรจุอุปกรณ์สำหรับชุดพ่นเคลือบและชุดเป่าแห้งซึ่งขนาดของเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดซึ่งมีลักษณะเป็นโครงอลูมิเนียมฉากขนาดกว้าง 1นิ้ว โดยโครงสร้างมีขนาด เท่ากับ 30 ซม.x 60 ซม.x 30 ซม. (กว้าง x ยาว x สูง) อุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบโครงสร้าง ได้แก่ อลูมิเนียมฉากขนาดกว้าง 1 นิ้ว นัท (Nut) โบลต์ (Bolt) แผ่นอะคริลิค สีพ่นสีเทา และแลกเกอร์เคลือบชนิดกระป๋อง

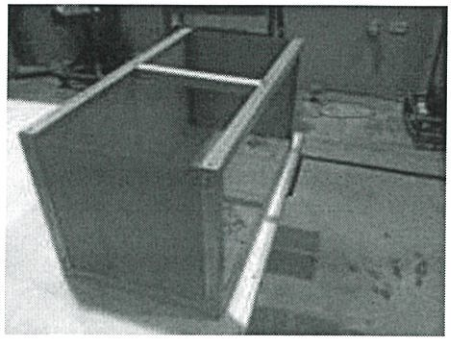
3.1.1 ขั้นตอนการดำเนินการประกอบและสร้างโครงสร้าง

1. วัดขนาดอลูมิเนียมฉลากซึ่งจากที่ได้ออกแบบโดยโปรแกรม Solids work โดยทำการวัดขนาดความยาวของอลูมิเนียมฉากโดยวัดความยาวอลูมิเนียมฉากยาว 60 ซม. จำนวน 4 ท่อน และวัดความยาวของอลูมิเนียมฉากยาว 30 ซม. จำนวน 13 ท่อน

2. นำอลูมิเนียมฉากที่ผ่านการวัดแล้วมาประกบเข้าด้วยกันเจาะรูยึดนัทกับโบลต์ทำให้โครงสร้างประกบเข้าด้วยกันจากนั้นนำอลูมิเนียมมาขึ้นโครงสร้าง ดูรูปที่ 3.1

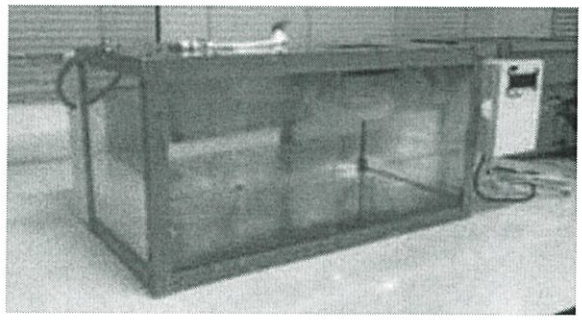
รูปที่ 3.1 โครงสร้างอลูมิเนียมฉากหลังจากการประกอบ

3. เมื่อประกอบโครงเสร็จแล้วจากนั้นวัดขนาดของแผ่นอะคริลิคเพื่อที่จะนำมาปิดด้านข้างทั้งสองด้าน ด้านบนและด้านล่าง หลังจากนั้นนำแผ่นอะคริลิคมาตัดและประกอบเข้ากับตัวโครงสร้าง ดูรูปที่ 3.2

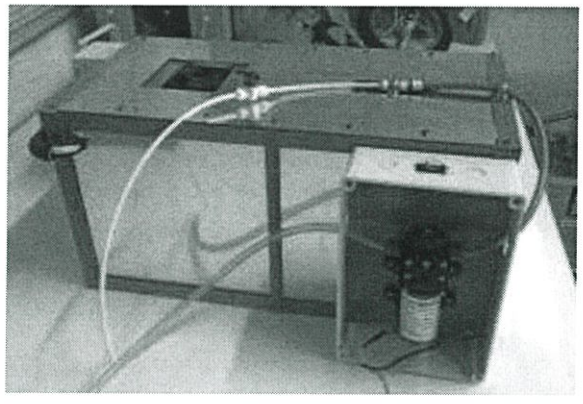


รูปที่ 3.2 แผ่นอะคริลิคถูกติดกับโครงสร้างเครื่อง

4. ลักษณะของโครงสร้างเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดหลังจากการติดตั้งอุปกรณ์ทุกส่วนพร้อมแล้ว ดูรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 เครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด (ด้านหน้า)

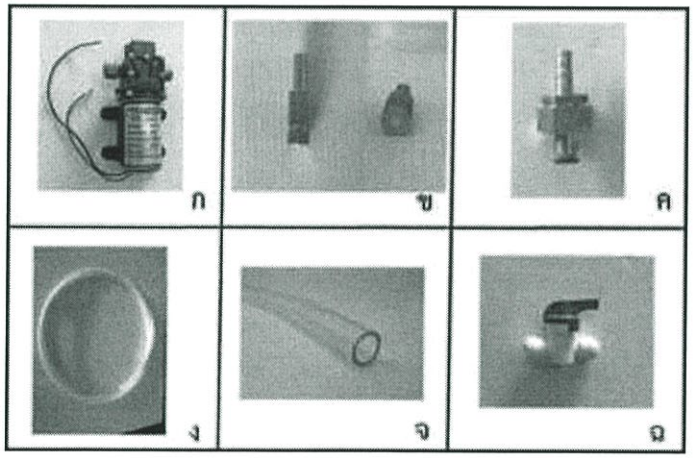


รูปที่ 3.4 เครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด (ด้านหลัง)

3.2 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างระบบพ่นเคลือบ

ในการทดลองของระบบพ่นเคลือบนั้นจะใช้น้ำเป็นสารที่นำมาใช้ในการทดลองเพื่อทราบถึงระยะต่างๆ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการออกแบบระบบพ่นเคลือบ ซึ่งจากทฤษฎีระบุว่าสารที่มีความหนืดสูงเมื่อพ่นที่ความดันเท่ากันกับสารชนิดเดียวกันที่มีความหนืดน้อยกว่าก็จะให้มุมของสเปรย์ที่มีขนาดเล็กกว่าดังนั้นค่าความหนืดจึงเป็นอีกหนึ่งในพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการถูกนำมาพิจารณาเพื่อออกแบบระบบพ่นต่อไปการที่ใช้น้ำเป็นสารทดลองก็เพราะน้ำเป็นสารมาตรฐานสำหรับการนำมาทดลองเพื่อหามุมสเปรย์ของหัวฉีดและระยะในการพ่น

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบพ่นเคลือบมีดังนี้ ปั๊มไดอะแฟรมขนาด 10 บาร์,หัวพ่นน้ำขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 mm,ตัวลดขนาดสายยาง 3/8”เป็น 2/8”,ท่อยาง 2/8”,ท่อยาง 3/8” และวาล์วเปิด-ปิด



รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบพ่นเคลือบ ก)ปั๊มไดอะแฟรมขนาด10บาร์ ข)หัวพ่นน้ำขนาดรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 mm ค)ตัวลดขนาดสายยาง 3/8”เป็น 2/8” ง)ท่อยาง 2/8” จ)ท่อยาง 3/8” ฉ)วาล์ว

3.2.1 ขั้นตอนการคำนวณระยะความสูงที่ต้องการระหว่างหัวฉีดสารเคลือบกับไข่ไก่สด

การคำนวณระยะความสูงที่ต้องการสามารถหาได้จากสูตร

$$TSC = 2LC \times \tan(TSA/2) \qquad (7)$$

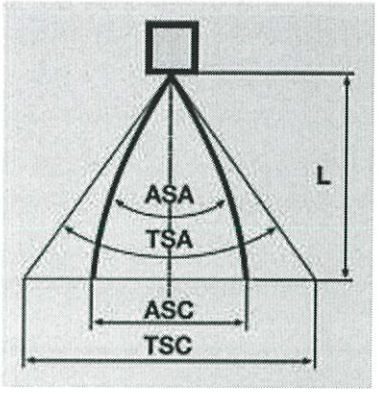
โดยที่ TSA = Theoretical Spray Angle

ASC = Actual Spray Coverage

ASA = Actual Spray Angle

L = Spray Distance

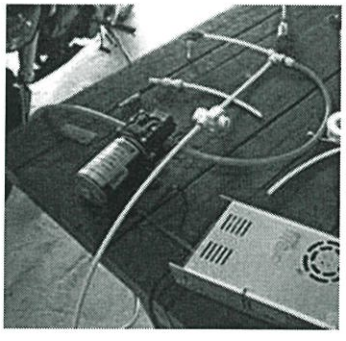
จากการคำนวณจะได้ความสูงระว่างผิวไข่กับหัวพ่นที่ 70 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.6 แสดงตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณการพ่น

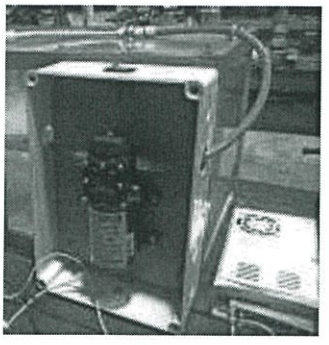
3.2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ทำการต่อท่อยางเข้ากับปั๊มโดยสังเกตได้จากลูกศรซึ่งแสดงสัญลักษณ์บ่งบอกถึงทิศทางในการไหลจากด้านดูดไปด้านพ่นโดยผ่านวาล์วลดความดันและทำการติดตั้งหัวพ่นขนาด 0.3 mm กับท่อยาง ดูรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การต่อท่อยางกับปั๊มไดอะแฟรมและหัวพ่น

2. เมื่อติดตั้งครบแล้วก็นำชุดอุปกรณ์จัดเข้าใส่กล่องกันน้ำ ดูรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ชุดพ่นเคลือบเมื่อทำการติดตั้งเสร็จเรียบร้อย

3.2.3 ขั้นตอนการวางแผนการทดลอง

1. การทดลองหาอัตราการไหลผ่านหัวพ่นขนาด 0.3 mm

นำกระบอกเปล่าชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าที่ได้จากการชั่งหลักจากนั้นทำการพ่นสารเป็นเวลา30วินาที จากนั้นนำกระป๋องที่บรรจุสารพ่นมาชั่งน้ำหนักแล้วนำไปลบกับน้ำหนักของกระบอกเปล่าทำการทดลองซ้ำๆ จำนวน10ครั้งแล้วบันทึกผลการทดลอง

2. การทดลองพ่นเคลือบผิวไข่ไก่

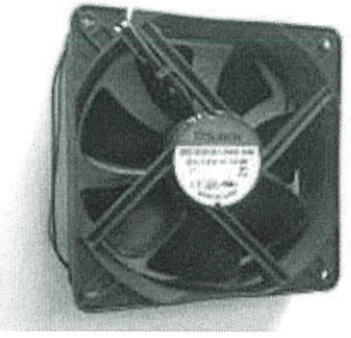
ไข่ไก่บรรจุลงในที่หมุนไข่จากนั้นนำเข้าห้องฉีดสารพ่นเคลือบ จากนั้นทำการพ่นเคลือบผิไข่เมื่อพ่นทั่วด้านแรกแล้วก็ทำการพลิกอีกด้านเพื่อทำการพ่น เมื่อพ่นจนครบ2ด้านแล้วก็จะเข้าสู่ ระบบเป่าแห้ง

3. การทดลองเพื่อหาพื้นที่ผิวเฉลี่ยของไข่ไก่สดเบอร์2

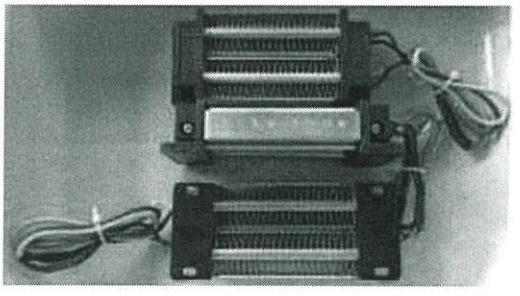
นำไข่ไก่เบอร์ 2 จำนวน 9 ฟองมาทำการวัดขนาดโดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ ซึ่งจะมีการวัดด้านต่างๆ ของไข่ไก่หลังจากนั้นก็จะนำไปแทนค่าในสูตร สุดท้ายจะได้ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ผิวของไข่ไก่สด จำนวน 9 ฟอง จากนั้นหาค่าเฉลี่ยออกมา

3.3 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างระบบเป่าแห้ง

ในระบบเป่าแห้งจะมีอุปกรณ์หลักๆ คือ ส่วนที่ให้กำเนิดความร้อน และส่วนเป่าลม โดยในส่วนที่ให้กำเนิดความร้อนเราจะใช้เป็น PTC heater ceramic ขนาด 200 วัตต์ ในส่วนเป่าลมเราจะใช้ พัดลมคอมพิวเตอร์ DC 12v ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร โดยจะทำการประกอบยึดทั้ง 2 ส่วนนี้ติดกันด้วยโครงเหล็ก หลังจากนั้นนำอุปกรณ์ทั้ง 2 ที่ได้ทำการประกอบเข้าด้วยกันแล้ว ไปทำการติดตั้งเข้ากับตัวโครงสร้างทาง โดยระบบเป่าแห้งนั้นจะมีในส่วนของระบบควบคุมนั้นเข้ามาเป็นตัวสั่งการในการควบคุมความร้อน ดูรูปที่ 3.9 และรูปที่ 3.10



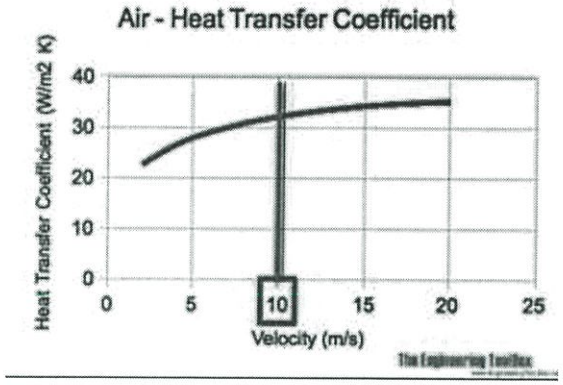
รูปที่ 3.9 พัดลมคอมพิวเตอร์ DC 12v



รูปที่ 3.10 PTC heater ceramic ขนาด 200 วัตต์

3.3.1 ขั้นตอนการคำนวณเลือกอุปกรณ์

1. จากคุณสมบัติพัดลมคอมพิวเตอร์ขนาด DC 12v ขนาด 120×120×25 mm มีความเร็วรอบเฉลี่ยอยู่ประมาณ 1200 rpm หรือเมื่อทำการแปลงเป็นความเร็วเชิงเส้นจะมีความเร็วอยู่ประมาณ 7.6 m/s จากรูปที่ 3.11 เลือกที่ความเร็ว 10 m/s จะได้ค่า Heat transfer coefficient ประมาณ 32 W/m²K



รูปที่ 3.11 ค่า Heat transfer coefficient ของอากาศที่ความเร็วต่างๆ

2. หลังจากนั้นนำ ค่า Heat transfer coefficient ที่ได้มาคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนภายในระบบ โดยสามารหาได้จากสมการ

การถ่ายเทความร้อน (Q) = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (h) × พื้นที่ผิวไข่ (A) ×

(อุณหภูมิที่ออกจากฮีตเตอร์ - อุณหภูมิที่ผิวไข่) (8)

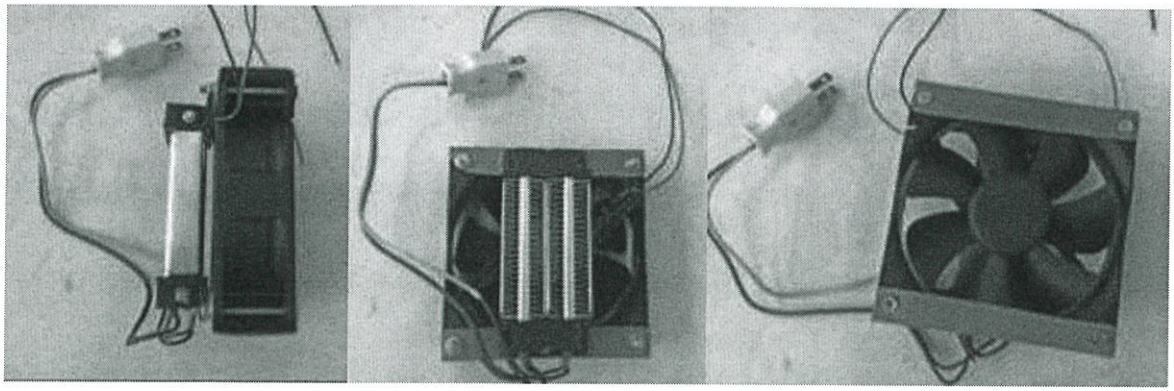
= 32 × 0.351 × (50-35) W

= 168.48 W

จะได้ค่าการถ่ายเทความร้อนอยู่ที่ 168.48 W จึงเลือกใช้ฮีตเตอร์ ที่ขนาด 200 W

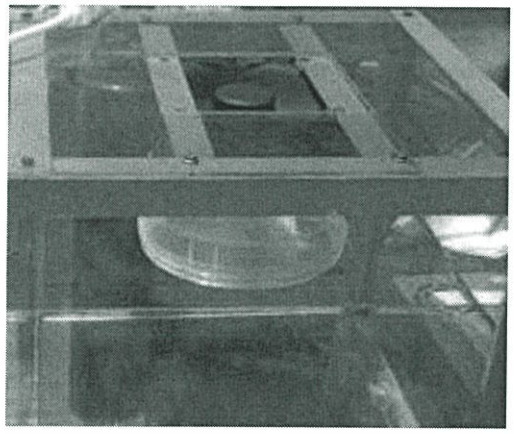
3.3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.นำพัดลมคอมพิวเตอร์ DC 12v ขนาด 120 × 120 × 25 mm กับฮีตเตอร์ PTC heater ceramic ขนาด 200 วัตต์ ประกอบยึดน็อตเข้าด้วยกันโดยจะได้ออกมา ดูรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ภาพหลังจากประกอบพัดลมเข้ากับฮีตเตอร์

2.หลังจากนั้นนำอุปกรณ์ทั้ง 2 ที่ยึดเข้าด้วยกันแล้วนำไปยึดติดกับตัวโครงสร้างในทางส่วนของห้องเป่าแห้ง จะได้ออกมาลักษณะตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ภาพหลังจากประกอบเข้ากับตัวโครงสร้าง

3.3.3 ขั้นตอนการวางแผนการทดลอง

1.การทดลองหาความสามารถในการเป่าแห้งของระบบ

นำไข่ไก่สดขนาดเบอร์ 2 มาทำการเคลือบสารตัวอย่าง โดยครั้งที่ 1 ทำการทดลองโดยเมื่อทำการเคลือบสารเสร็จแล้ว นำไข่ไก่ที่ผ่านการเคลือบไปตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและทำการจับเวลา ครั้งที่ 2 ทำการเคลือบ

ผิวไข่ไก่เหมือนครั้งแรกหลังจากนั้นนำไข่ไก่ไปผ่านระบบแห้ง หลังจากนั้นทำการจับเวลา จากการทดลองจะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบการเป่าแห้งของเราว่าจะมีความสามารถในการลดระยะเวลาการเป่าแห้งให้ได้มากหรือน้อยแค่ไหน

2.ทดลองหาระยะการหมุนของเฟืองกับไข่ไก่

ทำการขีดไข่ไก่โดยแบ่งออกเป็น 2 ฝั่ง และทำการขีดที่เฟืองโดยทำการแบ่งเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน หลังจากนั้นทำการหมุนโดยทำการสังเกตว่าเมื่อหมุนไปที่ระยะ 1/4 , 2/4 , 3/4 และ 1 รอบ ของ เฟือง ไข่ไก่หมุนไปจะหมุนไปที่ระยะเท่าให้ โดยจากการทดลองนี้เราจะได้ทราบค่าในการหมุนกลับไข่ไก่เพื่อจะนำไปออกแบบพัฒนาเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งให้มีความต่อเนื่องต่อไป

3.4 ระบบควบคุม

ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดนั้น จะทำการควบคุมในส่วนของระบบเป่าแห้ง ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนรับค่า(Receptor) ซึ่งก็คือเซนเซอร์ ส่วนประมวลผล ซึ่งก็คือไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนอุปกรณ์ทำงาน(Actuator) ซึ่งก็คือระบบเป่าแห้ง แสดงได้ดัง รูปที่ 3.14 แผนผังการทำงานของระบบควบคุม

รูปที่ 3.14 แผนผังการทำงานของระบบควบคุม

อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนของระบบควบคุม มีดังนี้

1.ตัวแปลงไฟ (Switching) แปลงไฟฟ้ากระแสตรง 220 โวลต์ เป็น ไฟฟ้ากระแสสลับ 12 โวลต์

2.ตัวแปลงไฟฟ้า (Addapter) แปลงไฟเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์

3.ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ใช้ Arduino UNO R3

4.เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ใช้ DS18B20 สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -55 ถึง 125 องศาเซลเซียส

5.หน้าจอแสดงผล ใช้ LCD 1602 Keypad Shield

5.โซลิดสเตดรีเลย์ (solid state relay) 25 แอมป์

6.รีเลย์ (Relay) 5 โวลต์

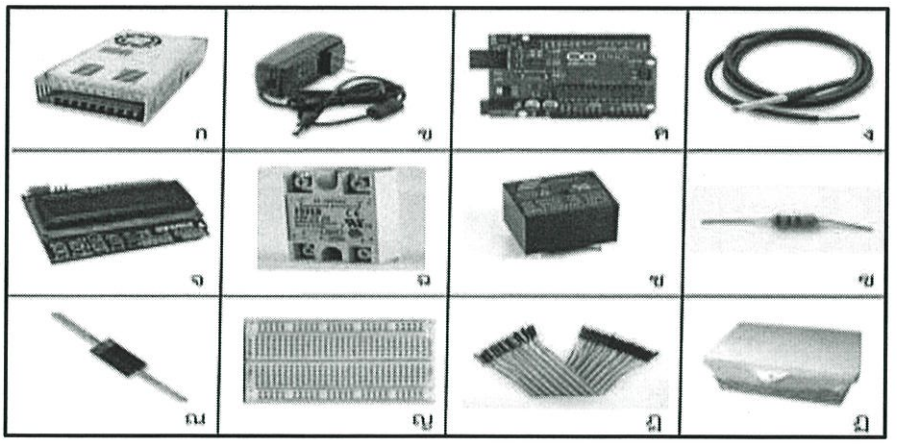
7.ตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม

8.ไดโอด 1 แอมป์

9.แผ่นไข่ปลา (Protobroad)

10.สายไฟ

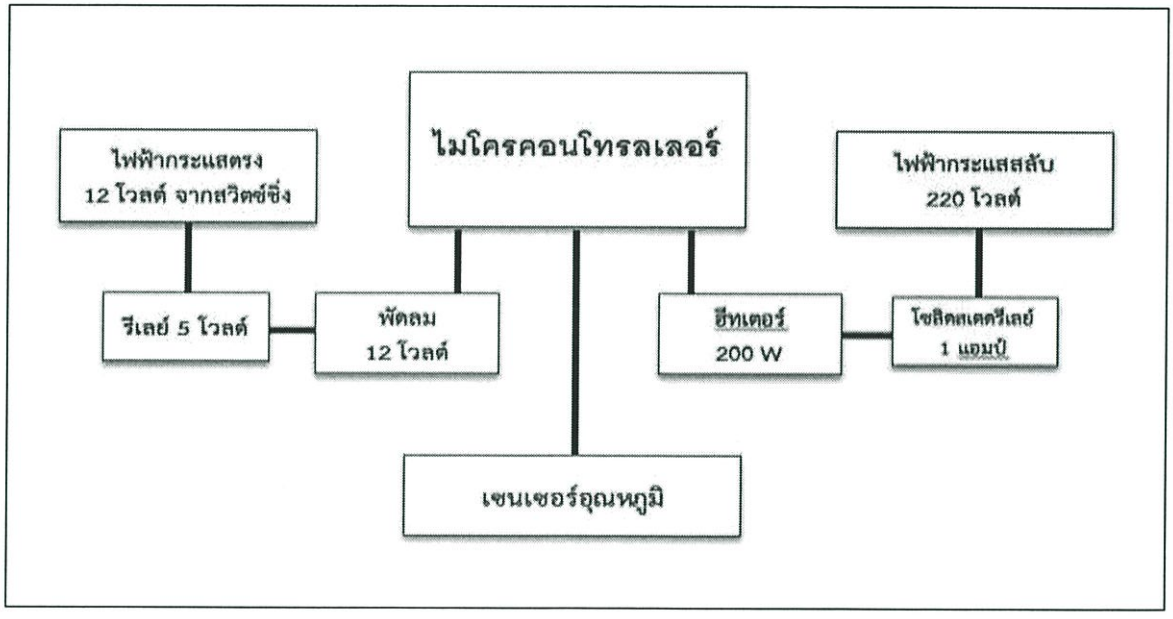
11.กล่องกันน้ำ



รูปที่ 3.15 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุม ก) ตัวแปลงไฟ (Switching) ข) ตัวแปลงไฟฟ้า(Addapter) ค) ไมโครคอนโทรลเลอร์ ง) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ จ) หน้าจอแสดงผล ฉ) โซลิดเสตดรีเลย์ ช) รีเลย์ ซ) ตัวต้านทาน ฌ) ไดโอด ญ)แผ่นไข่ปลา ฎ) สายไฟ ฏ) กล่องกันน้ำ

3.4.1 การทำงานของระบบควบคุม

ระบบถูกควบคุมด้วยไมโคคอนโทรลเลอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) แล้วนำไปประมวลมวลผล โดยมีผังการทำงานของระบบ ดังรูปที่ 3.16 คือ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ จะมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์(Heater) ผ่านโซลิดสเตดรีเลย์(solid state relay) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิดเปิดกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยการสั่งงานผ่านโปรแกรมตามที่เขียนไว้ เมื่อฮีตเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้น ตามระยะเวลาเวลาที่กำหนดไว้ พัดลมก็จะเปิดทำงาน ผ่านรีเลย์ เมื่ออุณหภูมิในส่วนเป่าแห้งสูงขึ้นถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ฮีตเตอร์จะปิดการทำงาน และจะเปิดอีกทีตามระยะเวลาที่กำหนด โดยระบบจะมีการทำงานวนซ้ำ จนกว่าจะหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงได้ดังรูปที่ 3.16

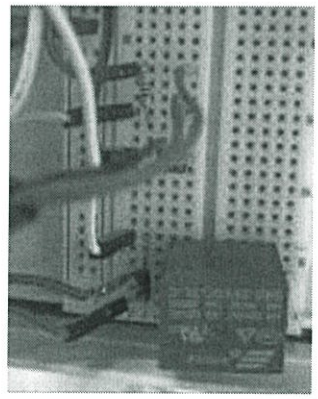


รูปที่ 3.16 ผังการทำของระบบควบคุม

3.4.2 ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนของระบบ

ในขั้นตอนการออกแบบระบบควบคุมนั้น จะเริ่มจากการวางผังกระบวนการทำงานของระบบเป่าแห้งทั้งหมด โดยระบบควบคุมนั้นจะทำการควบคุมพัดลมกับฮีตเตอร์ ให้เป็นไปตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ ซึ่งในระบบนั้นจะมีส่วนของ โปรแกรม(Software) และส่วนของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะต้องนำมาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1.นำตัวต้านทานขนาด 4.7 kΩ เชื่อมต่อระหว่างขา 1 กับขา 2 ของ DS18B20 แล้วเชื่อมต่อขาเชื่อม (Connector) เข้ากับแผ่นไข่ปลา (Protoboard) เพื่อให้ง่ายสำหรับการต่อสายไฟ พร้อมทั้งเดินสายไฟเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 3.17

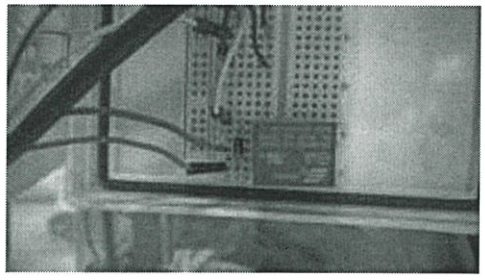


รูปที่ 3.17 ต่อตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์มระหว่างขา 1 กับขา 2 ของ DS18B20

2.ติดตั้งจอแสดงผลลงในกล่องควบคุมพร้อมเดินสายไฟเข้าสู่ ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์ ดังรูปที่ 3.18

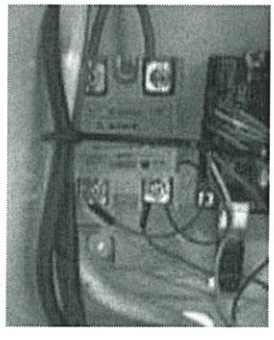
รูปที่ 3.18 ติดตั้งจอแสดงผลเข้ากับกล่องควบคุม

3.เชื่อมต่อ รีเลย์ 5 โวลต์ ระว่างสวิตช์ชิ่งกับพัดลม เพื่อเป็นสะพานไฟ ให้กับพัดลมในระบบเป่าแห้งและใช้ไดโอด 1 แอมป์ เชื่อมต่อกับขารีเลย์ เพื่อป้องกันกระแสไฟย้อนกลับเข้าสู่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งอาจจะเกิดความเสียหายต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ดังรูปที่ 3.19



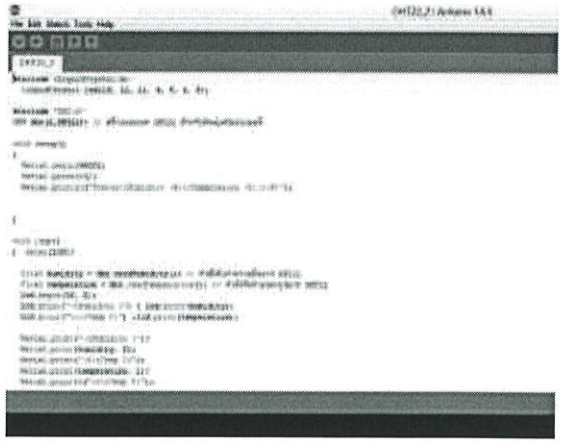
รูปที่ 3.19 เชื่อมต่อ รีเลย์ 5 โวลต์ ระว่างสวิตช์ชิ่งกับพัดลม

4.เชื่อมต่อโซลิดสเตดรีเลย์ เข้ากับฮีตเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเป็นสะพานไฟให้กับฮีตเตอร์ในระบบเป่าแห้ง และเดินสายไฟเพื่อใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ดังรูปที่ 3.20



รูปที 3.20 เชื่อมต่อโซลิดสเตดรีเลย์ เข้ากับฮีตเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์

5.เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของพัดลมและฮีตเตอร์ด้วยโปรแกรมArduinoพร้อมทั้งประกอบชิ้นส่วนของระบบลงในกล่องควบคุม ดังรูปที่ 3.21

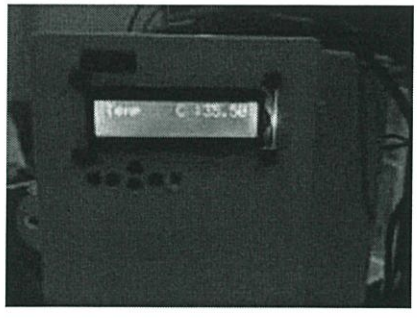


รูปที่ 3.21 เขียนโปรแกรมด้วย โปรแกรม Arduino

6.นำกล่องวงจรของระบบควบคุมไปทำการติดตั้งในระบบเป่าแห้ง ดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 กล่องควบคุมที่ติดตั้งเข้ากับโครงสร้าง

7.เก็บค่าอุณหภูมิที่ฮีตเตอร์สามารถทำความร้อนได้ ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ตัวอย่างอุณหภูมิที่วัดได้จากระบบควบคุม

3.4.3 โค้ดที่ใช้ในการควบคุมระบบเป่าแห้ง

ในส่วนของหัวข้อที่ 3.4.3 นั้นสามารถแสดงได้ที่ภาคผนวก 1

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทดลองหาพื้นที่ผิวไข่ไก่

เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของไข่ไก่มีลักษณะค่อนข้างที่จะแตกต่างกัน อีกทั้งในการคัดแยกขนาดของไข่ไก่นั้นใช้ในเรื่องของน้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการคัดขนาด ซึ่งในการพ่นเคลือบไข่ไก่นั้น พื้นที่ผิวไข่ไก่นั้นจะมีส่วนเกี่ยวข้องในการทำการออกแบบ ทดลอง ด้วย จึงได้ทำการทดลองหาพื้นที่ไข่ไก่จากกลุ่มไข่ไก่เบอร์ 2 ทั้ง 9 ตัวอย่างพบว่าจากการทดลองหาพื้นที่ผิวไข่ไก่ ได้ค่าดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 พื้นที่ผิวไข่ไก่เบอร์สอง

ตัวอย่างที่	พื้นที่ (cm^2)
1	38.16
2	33.50
3	33.31
4	33.88
5	35.67
6	34.56
7	33.80
8	36.25
9	36.61
เฉลี่ย	35.08 ± 1.68

โดยจะพบว่าจากชุดตัวอย่างไข่ไก่ทั้ง 9 ฟองมีพื้นที่เฉลี่ย อยู่ที่ 35.08 cm^2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดพื้นที่ไข่ไก่เบอร์ 2 นั้นมีพื้นที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ซึ่งจากผลการทดลองนี้ทำให้คาดการณ์ได้ว่าเมื่อนำไข่ไก่มาทำการพ่นเคลือบแล้วควรครอบคลุมทั่วถึงเหมือนกันและควรจะมีระยะเวลาในการเป่าแห้งใกล้เคียงกัน

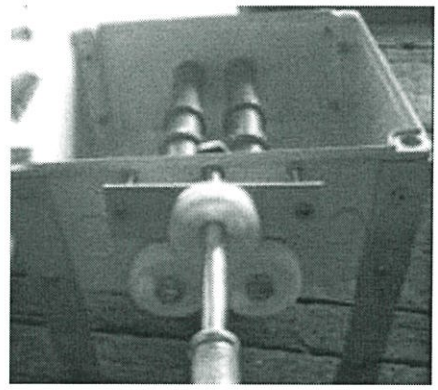
4.2 การหาระยะหมุนไข่ไก่ต่อรอบเฟือง

เนื่องจากในการทำงานของเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดนั้นเพื่อให้การทำงานนั้นมีประสิทธิภาพสูงสุดควรจะมีการทำงานในแต่ระบบเป็นแบบอัตโนมัติ จึงได้ทำการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนในการหมุนของไข่ไก่กับการหมุนเฟืองเพื่อที่จะสามารถนำไปออกแบบพัฒนาระบบหมุนไข่ให้มีความสัมพันธ์กับระบบพ่นและระบบเป่าแห้งต่อไป ซึ่งจากการทดลองหาระยะการหมุนไข่ต่อการหมุนเฟืองในแต่ละรอบ

ตารางที่ 4.2 ค่าการหมุนของไข่ต่อการหมุนเฟือง

องศาการหมุนของเฟือง (°) (r=1.75)	ระยะการเคลื่อนที่เชิงเส้นของเฟือง(cm)	องศาที่ไข่หมุน(°)
0	0	0
90	2.75	45
180	5.49	90
270	8.24	135
360	10.99	180

จากผลการทดลองเห็นได้ว่าเมื่อทำการหมุนเฟืองไปครึ่งรอบ ไข่จะหมุนไป ¼ ของฟอง เมื่อหมุนไปครบ 1 รอบ ไข่จะหมุนกลับด้านพอดี ซึ่งค่าที่ได้นี่สามารถนำไปพัฒนาระบบหมุนไข่ ระบบลำเลียง ให้สัมพันธ์กับระยะเวลาการเป่าแห้ง การพ่นเคลือบต่อไป ดูรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหมุนไข่

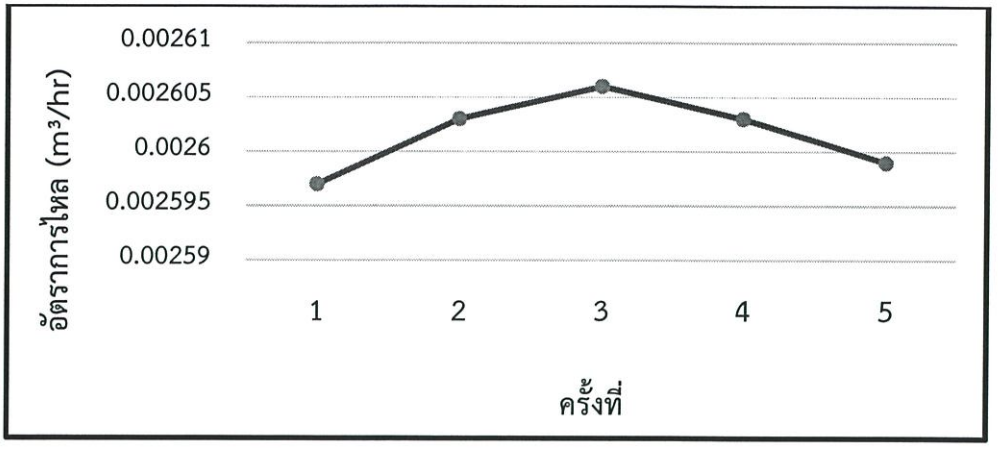
4.3 การทดลองหาอัตราการไหลของสารพ่นเคลือบ

ในการพ่นเคลือบผิวไข่ไก่ในแต่ละครั้งนั้นต้องทำการพ่นต้องทำการพ่นในแต่ละครั้งให้ครอบคลุมและสม่ำเสมอมากที่สุดเพื่อลดการสิ้นเปลืองสารที่ใช้ จึงได้ทำการทดลองอัตราการไหลของการพ่นสารเพื่อที่จะได้ทราบว่าในการพ่นสารแต่ละครั้งได้ค่าสม่ำเสมอหรือไม่ ซึ่งได้ค่าอัตราการพ่นสาร ตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อัตราการไหลของสารพ่นเคลือบ

ครั้งที่	น้ำหนักภาชนะ (กรัม)	น้ำหนักภาชนะ+น้ำหนักสารหลังพ่น 30 วินาที (กรัม)	น้ำหนักสาร	ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)	อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)
1	9.9580	31.60	21.6420	2.1642×10^{-5}	0.002597
2	9.9573	31.65	21.6927	2.1692×10^{-5}	0.002603
3	9.9571	31.68	21.7227	2.1722×10^{-5}	0.002606
4	9.9575	31.65	21.6925	2.1692×10^{-5}	0.002603
5	9.9573	31.62	21.6627	2.1662×10^{-5}	0.002599
				ค่าเฉลี่ย	$0.002602 \pm 3.58 \times 10^{-6}$

จะเห็นได้ว่าอัตราการไหลของปั๊ม Diaphragm ขนาด DC 12 V เมื่อใช้ร่วมกับหัวพ่นขนาด 0.3 mm จากการทำการทดลองหาอัตราการไหลทั้ง 5 ครั้ง จะเห็นได้ว่า ค่าอัตราการไหลที่ได้นั้นจะมีค่าที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าในการพ่นสารแต่ละครั้งนั้นมีความสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 อัตราการไหลของสารพ่นเคลือบ

4.4 การทดลองหาระยะเวลาการทำแห้งผิวไข่ไก่

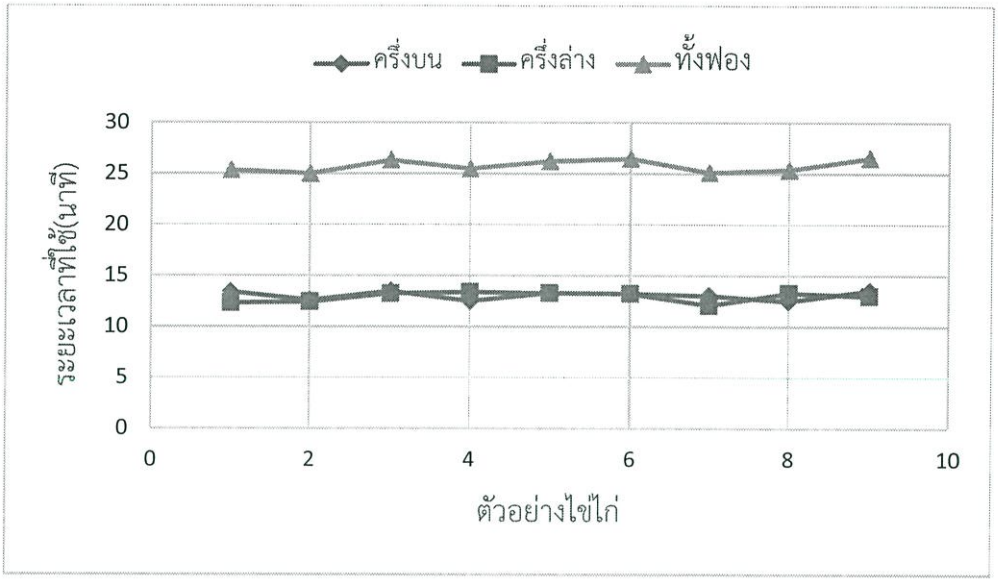
4.4.1 หาระยะเวลาที่ไข่ไก่แห้งที่อุณหภูมิห้อง

จากการทดลองหาระยะเวลาการแห้งของผิวไข่ไก่โดยในครั้งแรกนำไข่ไก่ที่ผ่านการพ่นเคลือบไปวางให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งได้ระยะเวลาการแห้ง ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาที่ไข่ไก่แห้งที่อุณหภูมิห้อง

	ตัวอย่าง	ครึ่งบน(นาที)	ครึ่งล่าง(นาที)	ทั้งฟอง(นาที)
ที่อุณหภูมิห้อง (29°c)	1	13.42	12.31	25.33
	2	12.58	12.43	25.01
	3	13.48	13.24	26.32
	4	12.49	13.38	25.47
	5	13.32	13.29	26.21
	6	13.22	13.23	26.45
	7	13.04	12.08	25.12
	8	12.49	13.29	25.38
	9	13.52	13.01	26.53
ค่าเฉลี่ย				26.15 ± 0.6

ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าระยะเวลาการแห้งของไข่ไก่ทั้งฟองนั้นจะมีระยะเวลาอยู่ที่ประมาณ 2 เท่าของระยะเวลาการแห้งของไข่ไก่ด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งจากการทดลองทั้ง 9 ชุดตัวอย่างพบว่าระยะเวลาการแห้งที่อุณหภูมิห้องนั้นใช้ระยะเวลาเฉลี่ยนานถึง 26.15 นาที ซึ่งถือว่าใช้ระยะเวลาค่อนข้างนานมาก ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ระยะเวลาที่ไข่ไก่แห้งที่อุณหภูมิห้อง

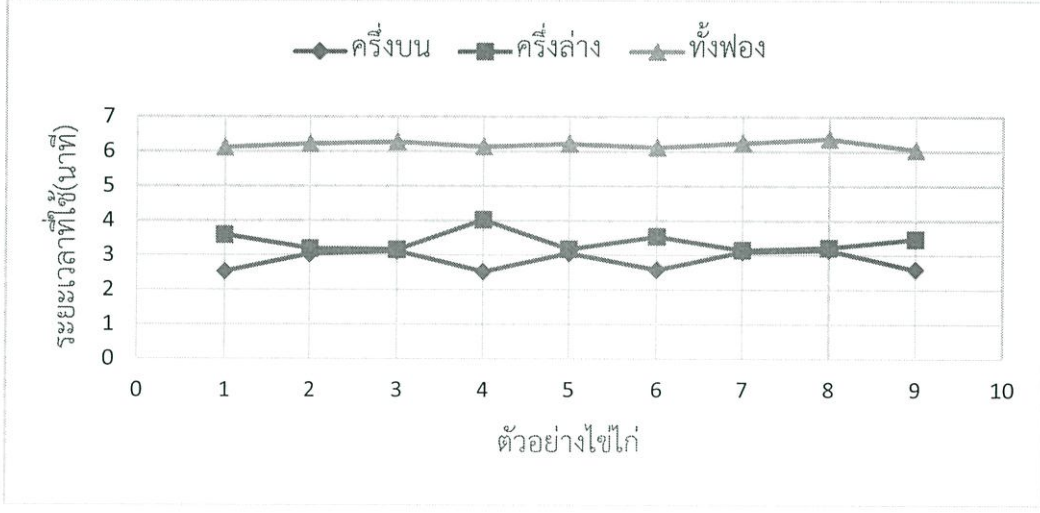
4.4.2 หาระยะเวลาที่ไข่ไก่แห้งโดยระบบเป่าแห้ง

เพื่อดูประสิทธิภาพของระบบเป่าแห้งภายในเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดว่ามีประสิทธิภาพในการลดระยะเวลาการแห้งของไข่ไก่ได้ตามที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งจากการทดลองระยะเวลาการแห้งของผิวไข่ไก่หลังจากผ่านระบบเผ่าได้ระยะเวลาดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ระยะเวลาที่ไข่ไก่แห้งโดยระบบเป่าแห้ง

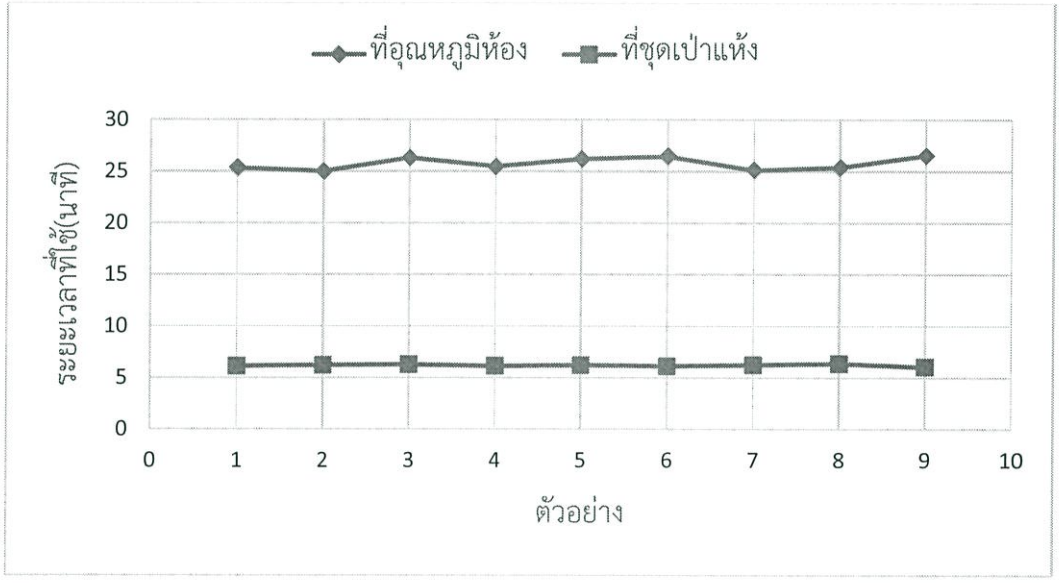
	ตัวอย่าง	ครึ่งบน(นาที)	ครึ่งล่าง(นาที)	ทั้งฟอง(นาที)
ที่ระบบเป่าแห้ง	1	2.53	3.59	6.12
	2	3.03	3.19	6.22
	3	3.12	3.16	6.28
	4	2.52	4.02	6.14
	5	3.05	3.17	6.22
	6	2.58	3.54	6.12
	7	3.10	3.15	6.25
	8	3.15	3.22	6.37
	9	2.58	3.47	6.05
ค่าเฉลี่ย				6.20 ± 0.10

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าไข่ไก่ที่ผ่านระบบเป่าแห้งนั้นจะมีระยะเวลาแห้งเฉลี่ยอยู่ที่ 6.20 นาที ซึ่งสามารถลดระยะเวลาการแห้งของไข่ไก่ได้จริง อีกทั้งในการเป่าแห้งไข่ไก่ในแต่ละด้านนั้นใช่เวลาในการเป่าแห้งค่อนข้างใกล้เคียงกันแสดงให้เห็นได้ว่าลมร้อนที่ออกมาจากระบบเป่าแห้งค่อนข้างที่จะสม่ำเสมอกัน ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ระยะเวลาที่ไข่ไก่แห้งโดยระบบเป่าแห้ง

เมื่อนำค่าจากตารางที่ 4.4 ไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการแห้งของผิวไข่ไก่ที่ผ่านระบบการเป่าแห้งนั้นใช้ระยะเวลาในการแห้งเร็วกว่าที่อุณหภูมิห้องอยู่ถึงราวๆ 4 เท่าด้วยกันซึ่งสอดคล้องกับที่คาดการณ์ไว้ในตอนแรกว่าระยะเวลาการแห้งของไข่ไก่ที่ผ่านระบบเป่าแห้งควรที่จะน้อยกว่าที่อุณหภูมิห้อง แต่ถึงอย่างไรก็ดีค่าที่ได้นั้นยังถือว่ายังใช้เวลาค่อนข้างนานอยู่ ในการพัฒนาต่อไปควรที่จะเพิ่มจำนวดฮีตเตอร์ที่ใช้หรือเพิ่มขนาดไฟฟ้าฮีตเตอร์ให้สูงขึ้นเพื่อลดระยะเวลาเป้าแห้งไข่ไก่ให้เร็วกว่าเดิม



รูปที่ 4.5 ระยะเวลาที่ไข่ไก่แห้งที่อุณหภูมิห้องและที่ระบบเป่าแห้ง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการออกแบบและจัดสร้างเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดและทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องซึ่งตามวัตถุประสงค์ที่ได้ออกแบบและจัดสร้างทำให้สามารถทราบถึงองค์ประกอบในการประกอบเครื่องขึ้นมาซึ่งจากการออกแบบและจัดสร้างและทดสอบระบบพ่นเคลือบโดยผ่านหัวพ่นชนิดต่างกันซึ่งหัวพ่นที่สามารถพ่นได้อย่างครอบคลุมและมีประสิทธิภาพในการพ่นได้ครอบคลุมและปล่อยสารพ่นอย่างสม่ำเสมอทั่วบริเวณผิวของไข่ไก่สดเป็นหัวพ่นละอองชนิดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 mm และปั๊มไดอะแฟรมซึ่งมีความดันอยู่ที่ 1 MPa การออกแบบระบบเป่าแห้งนั้นใช้พัดลมขนาดเล็ก ไฟฟ้ากระแสตรง 12 Volt เป่าผ่านล้มร้อนซึ่งได้ความร้อนจากฮีตเตอร์ขนาด 200 Watts ซึ่งให้อุณหภูมิสูงสุดที่ 50 °C และการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมระบบเป่าแห้งซึ่งสามารถทำงานโดยผ่านการสั่งการโดยป้อนข้อมูลอุณหภูมิที่ต้องการให้ฮีตเตอร์หยุดการทำงานซึ่งในการทดลองนั้นเราตั้งค่าไว้ที่ 45 °C สุดท้ายจึงได้เครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดที่ประกอบด้วยครบระบบพ่นเคลือบ ระบบเป่าแห้ง และระบบควบคุมระบบเป่าแห้ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ในการออกแบบหรือพัฒนาระบบพ่นเคลือบนั้นต้องจัดหาสารเคลือบผิวที่รู้คุณสมบัติทางเคมีที่แน่นอน
- ในการเลือกหัวพ่นนั้น ต้องคำนึงถึงหัวพ่นที่สามารถพ่นของเหลวความหนืดสูงได้ และสามารถทนความร้อนได้ เนื่องจากสารเคลือบผิวอาจจะต้องมีอุณหภูมิที่สูงเพื่อเป็นการลดความหนืดของสารเคลือบผิว
- ในการออกแบบระบบพ่นเคลือบนั้นต้องมีการคำนึงถึงสารพ่นเคลือบส่วนเกินที่ไม่สามารถพ่นออกที่หัวพ่นได้หมด เนื่องจากหัวพ่นมีขนาดเล็ก ดังนั้นสารเคลือบผิวจึงย้อนกลับไปที่ปั๊ม ทำให้ปั๊มรับภาระหนัก จึงต้องมีระบบ นำสารพ่นเคลือบส่วนเกินระบายกลับสู่ถังพัก
- ควรเพิ่มขนาดของฮีตเตอร์ให้มีขนาดของกำลังไฟฟ้าที่สูงขึ้นเพื่อเป็นการลดระยะเวลาที่ใช้ในการเป่าแห้งทำให้ผิวของเปลือกไข่แห้งได้รวดเร็วขึ้น หรือเลือกใช้แหล่งความร้อนอื่นๆ เช่น อินฟาเรด
- ควรเพิ่มระบบลำเลียงแบบอัตโนมัติเข้าไปในระบบ เพื่อความต่อเนื่องในการพ่นเคลือบและเป่าแห้งไข่ไก่ และในการออกแบบระบบลำเลียงอัตโนมัติต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการเป่าแห้งไข่ไก่ด้วย เพื่อให้สัมพันธ์กับเวลาในการพ่นเคลือบผิวไข่ไก่
- ในการพ่นเคลือบนั้น จะมีสารเคลือบที่ตกค้างในห้องพ่นเคลือบ ดังนั้นจึงต้องมีระบบลำเลียงสารเคลือบที่ตกค้างออก พร้อมทั้งต้องทำความสะอาดและใช้งานได้ง่าย

เอกสารอ้างอิง

[1] Food Network Solution. **ไข่.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://goo.gl/s6uhLT. (วันที่สืบค้นข้อมูล 27/9/2558).

[2] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. **ไข่ไก่.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.acfs.go.th/standard/download/hen_egg.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 27/9/2558).

[3] วิศรุต ศรีรัตนะ. 2550. **อุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ (Sensors And Transducers) บทที่ 2.** เซนเซอร์ และ ทรานสดิวเซอร์ ในงานอุตสาหกรรม (หน้า 41 - 42). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[4] **digital-output relative humidity and temperature sensor/module AM2303.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.adafruit.com/datasheets/DHT22.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 27/9/2558)

[5] ทีมงานสมาร์ทเลินนิ่ง. 2550. **ความรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ บทที่ 1.** PIC Microcontroller Learning-By-Doing ด้วยภาษา C ฉบับบรวมเครื่องโปรกแกรมและอุปกรณ์ครบชุด. (หน้า 1-3). กรุงเทพฯ : สมาร์ทเลินนิ่ง.

[6] นักสิทธ์ คูวัฒนาชัย. (2533). การถ่ายเทความร้อน. ปรับปรุงและพิมพ์ครั้ง ที่ 3. กรุงเทพฯ. โครงการตำราเรียนสำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ .

[7] Long, C., & Sayma, N. (2009). *Heat transfer*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.leka.lt/sites/default/files/dokumentai/heat-transfer.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 20/09/2558).

[8] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ระบบทำความร้อนโดยไฟฟ้า. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/5_4_9.html. (วันที่

สืบค้นข้อมูล : 24/09/2558).

[9] vigothai. **หัวฉีด.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

http://vigothai.blogspot.com/2010/10/nozzles.html. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 24/09/2558).

[10] **ปั๊มลม.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

http://www.kaowna.co.th/ปั๊มลม.html. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 24/09/2558).

[11] สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. **Natural Fruit Films.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEconomic/27-apita_bun/template.html. (วันที่

สืบค้นข้อมูล : 1/10/2558).

[12] จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักแล**

ผลไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.396 น.

[13] Panuwat Suppakul, 2009, [Abstract of "Efficacy of cellulose-based coating on enhancing

the shelf life of fresh eggs", Journal of Food Engineering, Vol.2, No.207-213, [Electronic],

Available : sciencedirect [1/10/20

ภาคผนวก

โค้ดที่ใช้ในการควบคุมระบบเป่าแห้ง

```
#include <OneWire.h>
OneWire  ds(12);

#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);

#define heater1 10

#define fan1 11

void setup()

{

digitalWrite(heater1, HIGH);

pinMode(10, OUTPUT);

pinMode(11, OUTPUT);

lcd.begin(16, 2);

lcd.print("      KMITL.");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print(" PROJECT AE.30#");

lcd.setCursor(0, 1);

delay(5000);

lcd.clear();
```

```
 digitalWrite(heater1, LOW);
 lcd.print(" Opening Heater ");
 delay(3000);
 lcd.clear();
 for (int i=20; i >= 0; i--)
 {
 lcd.print("Warm-up Heater");
 lcd.setCursor(14, 0);
 lcd.print(        i        );
 delay(1000);
 lcd.clear();
 }
 lcd.clear();
 lcd.print("  Opened Heater ");
 delay(3000);
 lcd.clear();

lcd.print("  Opening fan  ");
delay(1000);
```

```
digitalWrite(fan1, HIGH);
lcd.clear();
lcd.print("   Opened fan   ");
delay(5000);
lcd.clear();
}
void loop(void)
{
byte i;
byte present = 0;
byte type_s;
byte data[12];
byte addr[8];
float celsius, fahrenheit;
if ( !ds.search(addr)) {
Serial.println("No more addresses.");
Serial.println();
ds.reset_search();
delay(250);
```

```
return;
}
Serial.print("ROM =");
for( i = 0; i < 8; i++) {
Serial.write(' ');
Serial.print(addr[i], HEX);
}
if (OneWire::crc8(addr, 7) != addr[7]) {
Serial.println("CRC is not valid!");
return;
}
Serial.println();
// the first ROM byte indicates which chip
switch (addr[0]) {
case 0x10:
Serial.println("  Chip = DS18S20");  // or old DS1820
type_s = 1;
break;
case 0x28:
```

```
Serial.println("  Chip = DS18B20");

type_s = 0;

break;

case 0x22:

Serial.println("  Chip = DS1822");

type_s = 0;

break;

default:

Serial.println("Device is not a DS18x20 family device.");

return;

}

ds.reset();

ds.select(addr);

ds.write(0x44, 1);         // start conversion, with parasite power on at the end

delay(1000);     // maybe 750ms is enough, maybe not

// we might do a ds.depower() here, but the reset will take care of it.

present = ds.reset();

ds.select(addr);

ds.write(0xBE);         // Read Scratchpad
```

```
Serial.print("  Data = ");

Serial.print(present, HEX);

Serial.print(" ");

for ( i = 0; i < 9; i++) {           // we need 9 bytes

data[i] = ds.read();

Serial.print(data[i], HEX);

Serial.print(" ");

}

Serial.print(" CRC=");

Serial.print(OneWire::crc8(data, 8), HEX);

Serial.println();

// Convert the data to actual temperature

// because the result is a 16 bit signed integer, it should

// be stored to an "int16_t" type, which is always 16 bits

// even when compiled on a 32 bit processor.

int16_t raw = (data[1] << 8) | data[0];

if (type_s) {

raw = raw << 3; // 9 bit resolution default

if (data[7] == 0x10) {
```

```
// "count remain" gives full 12 bit resolution
raw = (raw & 0xFFF0) + 12 - data[6];
}
} else {
byte cfg = (data[4] & 0x60);
// at lower res, the low bits are undefined, so let's zero them
if (cfg == 0x00) raw = raw & ~7;  // 9 bit resolution, 93.75 ms
else if (cfg == 0x20) raw = raw & ~3; // 10 bit res, 187.5 ms
else if (cfg == 0x40) raw = raw & ~1; // 11 bit res, 375 ms
//// default is 12 bit resolution, 750 ms conversion time
}
celsius = (float)raw / 16.0;
fahrenheit = celsius * 1.8 + 32.0;
lcd.print("Temp    C :");
lcd.print(celsius);
delay(1000);
lcd.clear();
if (celsius >= 60)
{
```

```
 lcd.print(" Closing Heater ");
 digitalWrite(heater1, HIGH);
 for (int i=30; i >= 0; i--)
 {
 lcd.print(" Closed Heater ");
 lcd.setCursor(14, 0);
 lcd.print(        i        );
 lcd.setCursor(0, 1);
 delay(1000);
 lcd.clear();
 }
 lcd.clear();
 lcd.print("  Opened Heater ");
 digitalWrite(heater1, LOW);
 delay(3000);
 lcd.clear();
 }
```