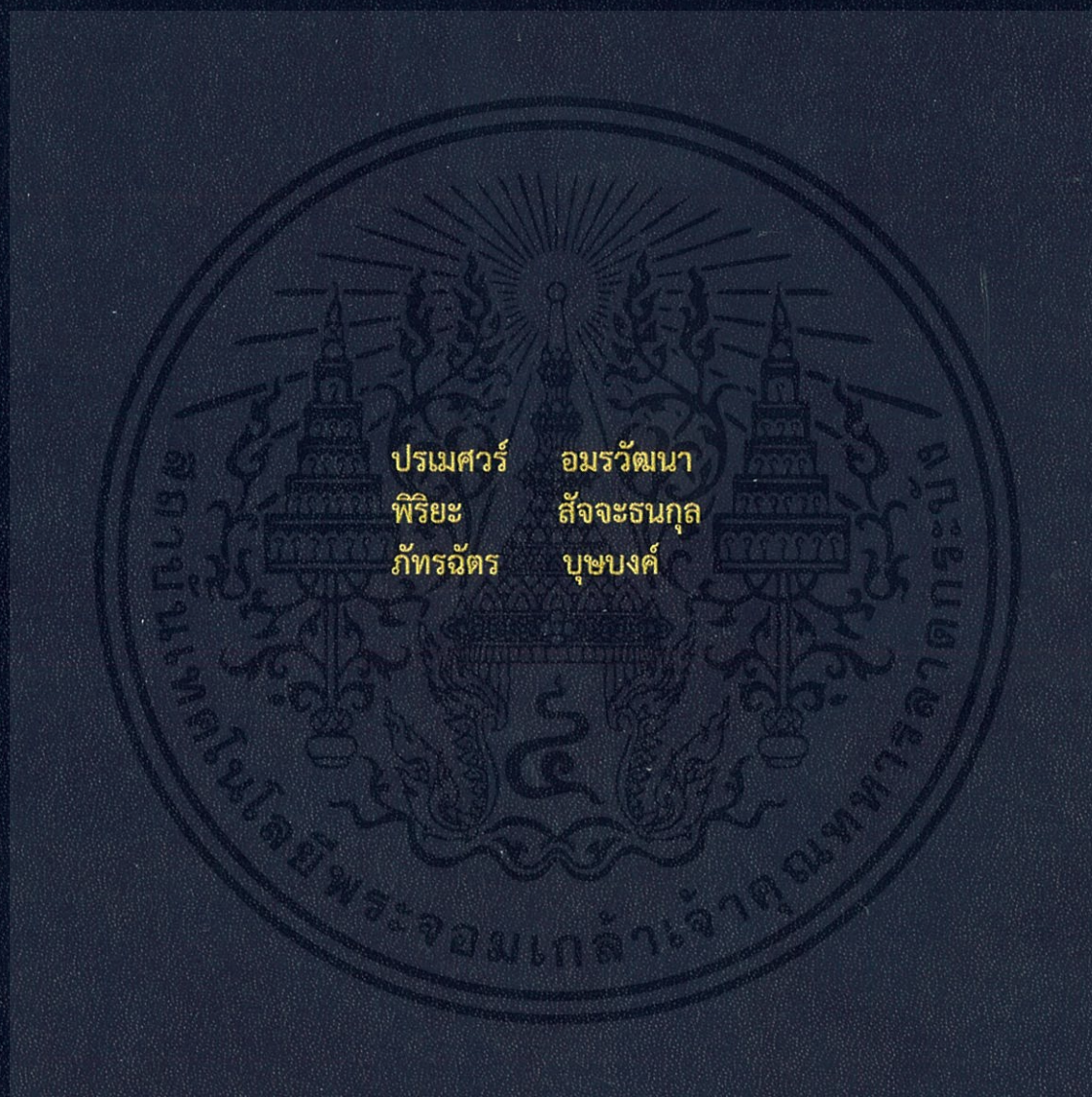


การออกแบบชุดระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด
Design Conveyor system for the surface Coating Device with Dryer for
Fresh Eggs



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การออกแบบชุดระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด
Design Conveyor system for the surface Coating Device with Dryer for
Fresh Eggs



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design Conveyor system for the surface Coating Device with Dryer for
Fresh Eggs



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 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การออกแบบชุดระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด
Design Conveyor system for the surface Coating Device with Dryer for Fresh Eggs


นักศึกษาผู้จัดทำ นายปรเมศวร์ อมรวัฒนา รหัสนักศึกษา 56010715
นายพิริยะ สัจจะธนกุล รหัสนักศึกษา 56010872
นายภัทรฉัตร บุชบงศ์ รหัสนักศึกษา 56010912

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร. วันพุทธ แซ่ฉั่ว	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบชุดระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายปรเมศวร์	อมรวัฒนา	รหัสนักศึกษา 56010715
	นายพิริยะ	สัจจะธนกุล	รหัสนักศึกษา 56010872
	นายภัทรฉัตร	บุษบงค์	รหัสนักศึกษา 56010912
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. วันพุทธ	แซ่ฉั่ว	
ปีการศึกษา	2559		

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ไข่ไก่สดเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ประชาชนนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากอายุในการเก็บรักษาของไข่ไก่สดค่อนข้างสั้นและเน่าเสียได้ง่าย การเคลือบผิวเปลือกไข่ไก่เป็นอีกหนึ่งวิธีในการยืดอายุของไข่โดยใช้การพ่นสารเคลือบที่ผิวไข่ไก่จากนั้นทำให้แห้งโดยการเป่าลมร้อน วิธีนี้จะทำให้ไข่ไก่สามารถเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น ในกระบวนการพ่นเคลือบและการเป่าแห้งจำเป็นต้องมีการนำระบบลำเลียงเข้ามาใช้ในกระบวนการเพื่อทำให้เกิดความต่อเนื่องและรวดเร็ว ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดเพื่อให้ระบบดังกล่าวมีความสมบูรณ์และต่อเนื่องในการทำงาน

ระบบลำเลียงประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนพ่นเคลือบและส่วนเป่าแห้งโดยลมร้อน กระบวนการลำเลียงเริ่มจากส่วนพ่นเคลือบและต่อเนื่องไปยังส่วนเป่าแห้ง ในการทดลองจะใช้ไข่ไก่ขนาดเบอร์ 2 เนื่องจากเป็นขนาดที่มีการบริโภคจำนวนมากตามท้องตลาด พื้นที่ผิวเฉลี่ยของไข่ไก่สดเท่ากับ 35.08 ± 1.68 ตารางเซนติเมตร ความเร็วของระบบลำเลียงมีค่าเท่ากับ 0.075 ± 0.0001 เมตร/วินาที โดยจะลำเลียงผ่านส่วนพ่นพ่นเคลือบระยะทาง 20 เซนติเมตร และลำเลียงผ่านส่วนเป่าแห้งระยะทาง 60 เซนติเมตร จากการทดลองพบว่า

ความสามารถการลำเลียงผ่านส่วนฟันเคลือบและเป่าแห้ง ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของทั้งระบบ อาจมีการปรับปรุงการควบคุมการเคลื่อนที่ของไขเกอในระบบลำเลียงโดยใช้โปรแกรม PLC เข้าร่วมในการฟันเคลือบและเป่าแห้ง



๒

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Design Conveyor system for the surface Coating Device with Dryer for Fresh Eggs		
Authors	Mr.Poramed	Amornwattana	Student ID. 56010715
	Mr.Piriya	Sajjathanakul	Student ID. 56010872
	Mr.Phattarachat	Bussabong	Student ID. 56010912
Thesis Advisors	Dr.Wanphut	Saechua	
Year	2016		

Abstract

Thailand is an agricultural country. Egg is an agricultural product which are widely consumed by the majority of population. Due to very short shelf life of the egg, coating egg is method to extend the shelf life which is done by coating on surface along with drying lead to extend longer shelf life. The coating and drying process require a conveyor system to continual and fast the device. This project aimed to design and fabricate a conveyor system for the surface coating device with dryer for fresh eggs in order to complete process of the device.

The conveyor system consists of 2 parts which are a coating part and a drying part. The conveyor process operation starts from the coating part to the drying part. The experiment was carried out with egg size number 2 which are most consumed in the commercial. The average surface area of the egg was $35.08 \pm 1.68 \text{ cm}^2$. The velocity of conveyor system was $0.075 \pm 0.0001 \text{ m/s}$. The conveyor system conveyed eggs through the spray coating distance of 20 cm. and

continued through the drying distance of 60 cm. In conclusion, the conveyor system can transport eggs from coating to the drying which made the process completely. In order to enhance the application of the conveyor system, coating and drying system, The PLC may be installed to improve controlling of the movement of eggs.



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีหากไม่ได้รับความอนุเคราะห์และความเมตตาจากหลายๆฝ่าย บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะมีส่วนช่วยในการทำให้ปริญญาบัตรเรื่องนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีคือ ดร. วันพุทธ แซ่ฉั่ว อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งมีความห่วงใยดูแลและให้คำปรึกษาแก่คณะผู้จัดทำได้เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่านที่ช่วยเหลือในการให้ข้อมูลทางวิชาการต่างๆ เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการนำมาประยุกต์ใช้งานในการทำปริญญาบัตรตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ดูแลโรงปฏิบัติการในการประกอบชิ้นงานซึ่งให้ความอนุเคราะห์ทางด้านการใช้เครื่องมือต่างๆในการประกอบเครื่อง

ขอบคุณบุคคลที่ทำให้ข้าพเจ้ามีทุกวันนี้ได้นั้นคือ บิดา มารดา ซึ่งเป็นที่เคารพรักและอบรมดูแลเอาใจใส่ทางผู้จัดทำเป็นอย่างดีและคอยเป็นกำลังใจในทุกๆด้านเสมอมา บุญคุณนี้ล้นพ้นจนหาที่เปรียบไม่ได้ ผู้จัดทำขอรำลึกบุญคุณและแสดงกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นายปรเมศวร์	อมรวัฒนา
นายพิริยะ	สัจจะชนกุล
นายภัทรฉัตร	บุษบงค์

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 วิธีการดำเนินการ	3
1.5 คำโครงปริญญานิพนธ์	4
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ไข่ไก่	5
2.2 สารเคลือบผิวไข่	9
2.3 เซนเซอร์	10
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	11
2.5 ปีมลคม	12
2.6 หัวฉีด	13
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน	15

สารบัญ(ต่อ)

	หน้าที่
2.8 ฮีตเตอร์	19
2.9 ระบบลำเลียงในอุตสาหกรรม	20
2.10 มอเตอร์	23
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างชุดระบบสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดแปาแห้งสำหรับไข่ไก่สด	26
3.1 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างโครงสร้างระบบลำเลียง	26
3.2 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างระบบลำเลียง	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	38
4.1 การทดลองหาพื้นที่ไข่ไก่	38
4.2 การหาความเร็วของระบบลำเลียง	39
4.3 การหาค่ารอบหมุนของไข่ไก่ต่อระยะทางการลำเลียง	39
4.4 ความสามารถการทำงานของระบบลำเลียง	40
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	41
5.1 สรุปผลการทดลอง	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	42
เอกสารอ้างอิง	43

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน	3
ตารางที่ 2.1 ขนาดของไข้ไก่อ่ตามน้ำหนัก	9
ตารางที่ 3.1 Coefficient of rolling friction (f_1)	30
ตารางที่ 3.2 Coefficient of sliding friction (f_2)	30
ตารางที่ 3.3 Chain speed coefficient (k_1)	30
ตารางที่ 3.4 ขนาดโซ่	31
ตารางที่ 3.5 ระยะครอบคลุมของหัวฟัน	35
ตารางที่ 4.1 พื้นที่ผิวไข้ไก่อ่เบอร์ 2	38
ตารางที่ 4.2 ความเร็วของระบบลำเลียง	39
ตารางที่ 4.3 ค่าการหมุนของไข้ไก่อ่ต่อระยะทางการลำเลียง	40

สารบัญรูป

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของไซ	5
รูปที่ 2.2 ปีมลแบบไดอะเฟรม	13
รูปที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน	16
รูปที่ 2.4 การพาความร้อนแบบอิสระ	17
รูปที่ 2.5 การพาความร้อนโดยมีกลไกบังคับ	17
รูปที่ 2.6 ลักษณะของการพาความร้อนในชั้นขีดผิวความร้อนและในชั้นขีดผิวความเร็ว	18
รูปที่ 2.7 การคำนวณหาปริมาณความร้อน	19
รูปที่ 3.1 ภาพจากการออกแบบด้วย Solidworks	26
รูปที่ 3.2 โครงของชุดระบบลำเลียง	27
รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบลำเลียง	29
รูปที่ 3.4 ชุดระบบลำเลียง	34
รูปที่ 3.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอุณหภูมิ	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ไข่ไก่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สำคัญเนื่องจากเป็นอาหารที่ประชากรส่วนใหญ่บริโภคกันอย่างแพร่หลาย เป็นสาเหตุทำให้มีการพัฒนาอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตไข่ไก่เพื่อเป็นการยืดอายุในการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าทางการตลาดของไข่ไก่ ในปัจจุบันอุตสาหกรรมไข่ไก่เป็นอุตสาหกรรมที่กำลังมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้นทำให้มีความต้องการในการบริโภคไข่ไก่เพิ่มขึ้น สำหรับอุตสาหกรรมไข่ไก่ประเทศไทยมีปริมาณและมูลค่าการส่งออกของไข่ไก่สดที่เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน จึงทำให้การเก็บรักษาคุณภาพของไข่ไก่นั้นเป็นสิ่งที่สำคัญต่อคุณภาพของไข่ไก่และเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของไข่ไก่ได้นานยิ่งขึ้น จากการสืบค้นข้อมูลจากงานวิจัยสารเคลือบไข่ไก่สด เคยู โอเวอการ์ด พบว่ามีการนำสารที่มีคุณสมบัติที่สามารถนำมาเคลือบไข่ไก่สดได้หลายชนิด

จากเครื่องต้นแบบเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งไข่ไก่สด การเคลือบผิวไข่ไก่สดแบบใช้ชุดหัวพ่นสามารถที่จะพ่นสารเคลือบผิวทำให้เคลือบได้ครั้งละฟอง เมื่อทำการเคลือบผิวแล้วไข่ไก่จะมีความชื้นจากสารเคลือบ จึงมีระบบเป่าแห้งเพื่อให้สารเคลือบผิวไข่ไก่นั้นแห้ง กระบวนการเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งไข่ไก่สดจากเครื่องต้นแบบยังขาดระบบการลำเลียงจึงเป็นที่มาของการพัฒนาให้เครื่องมีความสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้นโดยระบบลำเลียงมีความจำเป็น เพื่อความสะดวกรวดเร็วเกิดความต่อเนื่อง ช่วยลดเวลาในกระบวนการทำให้ได้ปริมาณไข่ไก่สดที่ผ่านการเคลือบได้ปริมาณมากขึ้นและสะดวกต่อการจัดเก็บไข่ไก่ที่ทำการเคลือบผิวแล้ว เพื่อพัฒนาและนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างระบบลำเสียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ระบบการลำเสียงไข่ไก่สดสำหรับเครื่องต้นแบบ
2. เส้นทางลำเสียงเป็นแบบเส้นตรง



1.4 วิธีการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี/เดือน									
	พ.ศ. 2559					พ.ศ. 2560				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล รวบรวมข้อมูล และคำนวณ	←→							×	×	×
2. ออกแบบระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งไซ้ไถด้วยโปรแกรม SolidWork		←→→						×	×	×
3. จัดซื้อวัสดุอุปกรณ์และดำเนินการสร้าง			←→→					×	×	×
4. ทดสอบ พัฒนา ปรับปรุง ชุดระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งไซ้ไถ				←→→				×	×	×
6. กำหนดสรุปผล นำเสนอ						←→		×	×	×
5. งานเอกสาร/ทำรูปเล่มปริญญาบัตรนิพนธ์	←→→→							×	×	×

1.5 เค้าโครงปริญญาบัตร

บทที่ 1 บทนำ จะกล่าวถึงความสำคัญและที่มา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตงานวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องไข่ไก่ (Eggs) ,สารเคลือบผิวไข่ไก่, เซนเซอร์ (Sensor), ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller), ปั๊ม (Pump), หัวฉีด(Nozzle), ความร้อน, ฮีตเตอร์(Heater), ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสายพานลำเลียง, มอเตอร์ (Motor)

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย จะกล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด,คำนวณ,การทำงาน,การสั่งงานและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งการประกอบและติดตั้งระบบ

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ของระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

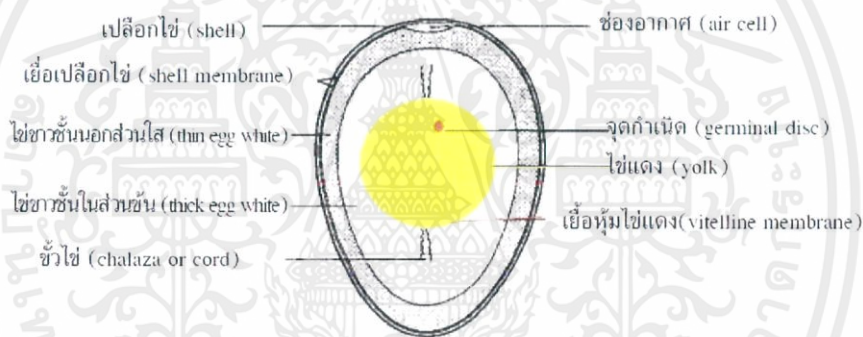
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ จะกล่าวถึง ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไข่ไก่

ไข่ (egg) เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงซึ่งมีโปรตีนสูง คือ มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acid) และให้สารอาหารที่เกือบครบถ้วน ในขณะที่ราคาถูกกว่าอาหารอื่น ๆ ที่มีคุณค่าทางอาหารเท่ากัน สามารถทำเป็นอาหารได้หลายชนิด ซึ่งส่วนประกอบของไข่ประกอบด้วย เปลือกไข่ 11% ไข่ขาว 58% และไข่แดง 31% โดยประมาณ



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของไข่

2.1.1 ส่วนประกอบของไข่

1. เปลือกไข่ (egg shell) เปลือกไข่จะมีรูขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า อากาศและความชื้นสามารถแทรกผ่านรูเล็กๆที่อยู่ในไข่ได้ เมื่อไข่ออกมาใหม่ๆจะมีเมือกเคลือบที่เปลือกไข่ด้านบน เพื่อป้องกันไม่ให้ให้อากาศและน้ำผ่านเข้าไปได้ เปลือกไข่ในช่วงแรกๆจึงมีลักษณะเป็นนวล เมื่อเก็บไว้นานๆ เมือกเหล่านี้จะแห้งไป เปลือกไข่จึงมีอากาศถ่ายเทเข้าออกได้มากขึ้นทำให้ไข่เสื่อมสภาพเร็ว

2. เยื่อหุ้มไข่ มีอยู่ด้วยกัน 2 ชั้น ชั้นนอกที่ติดเปลือกมีชื่อเรียกว่า shell membrane ชั้นในที่ติดกับไข่ขาว เรียกว่า egg membrane เยื่อชั้นนอกและชั้นในจะชิดกันตลอด แต่แยกกันที่ด้านป้านของไข่ซึ่งมีโพรงอากาศ
3. โพรงอากาศ (air cell) เป็นช่องว่างที่อยู่บริเวณด้านป้านของไข่ อยู่ระหว่างเยื่อหุ้มชั้นนอกและเยื่อหุ้มชั้นใน เมื่อไข่ออกมาใหม่ๆ อุณหภูมิของไข่ยังสูงจึงไม่มีช่องว่าง ต่อมาเมื่อไข่เย็นลงของเหลวภายในไข่เกิดการหดตัว ทำให้เกิดเป็นโพรงอากาศขึ้น และถ้าหากมีน้ำระเหยออกไปมากก็จะทำให้โพรงอากาศใหญ่ขึ้นด้วย
4. ไข่ขาว (albumen) มีทั้งหมด 3 ชั้น ไข่ขาวชั้นนอกสุดจะค่อนข้างเหลวอยู่ติดกับเยื่อหุ้มไข่ ถัดมาเป็นไข่ขาวชั้น มีปริมาณมากกว่าครึ่งของไข่ขาวทั้งหมด ส่วนชั้นในสุดเป็นไข่ขาวอย่างเหลว ในไข่ขาวประกอบด้วยน้ำและโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ มีไขมันบ้างเล็กน้อย ลักษณะที่เป็นเมือกของไข่ขาวชั้น เกิดจากคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่
5. เยื่อหุ้มไข่แดง (Vitelline membrane) มีหน้าที่ช่วยหุ้มไข่แดงเอาไว้โดยรอบ
6. ไข่แดง (Yolk) ไข่แดงจะอยู่กลางฟองโดยการยึดของเยื่อที่เป็นเกลียวแข็ง อยู่ด้านหัวและท้ายของไข่แดง และยื่นเข้าไปในไข่ขาว [1]

2.1.2 การเก็บรักษาไข่ไก่

ไข่ไม่สามารถเก็บรักษาให้มีคุณค่าที่ดีกว่าเดิมได้ แต่สามารถเก็บเพื่อรักษาคุณภาพเดิมของไข่ไว้ได้ การเก็บรักษาไข่ที่ถูกต้องควรเก็บในที่ที่อุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูง เพื่อไม่ให้ไข่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพอย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น [2]

2.1.3 การเปลี่ยนแปลงของไข่ระหว่างการเก็บรักษา

ในการเก็บรักษาไข่ไก่เป็นระยะเวลานานๆนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีทำให้คุณภาพของไข่ไก่นั้นลดลง เนื่องจากมีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนภายในไข่ทำให้ไข่เน่าเสียไปในที่สุดซึ่งการเปลี่ยนแปลงของไข่มีดังนี้

1. โพรงอากาศ ในการเก็บรักษาไข่ไก่เป็นเวลานาน โพรงอากาศภายในไข่จะใหญ่ขึ้น ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนของเหลวภายในไข่น้ำในไข่จะเกิดการแพร่ผ่านรูบนผิวเปลือกไข่ ไข่จึงสูญเสีย น้ำ ทำให้น้ำหนักของไข่ลดลง

2. ไข่แดงใหญ่ขึ้น เนื่องจากแรงดันในไข่แดงมีมากกว่าไข่ขาว น้ำในไข่ขาวจึงเคลื่อนที่เข้าไปในไข่แดงด้วยแรงดันออสโมซิส(Osmosis) ไข่แดงจะแตกเนื่องจากไข่แดงมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นไม่อยู่ในตำแหน่งตรงกลางของไข่รวมทั้งความหนืดที่ลดลงด้วย ในกรณีที่เก็บไข่ที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นอย่างรวดเร็ว

3. ความหนืดไข่ขาวลดลงระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากมีการย่อยโปรตีนในไข่ขาว

4. ไข่เป็นด่างมากขึ้นเนื่องจากระหว่างที่เก็บไข่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไข่จะระเหยออก ก๊าซนี้เกิดจากขบวนการเมตาโบลิซึมของไข่ และละลายไข่ในรูปของกรดคาร์บอนิก และเกลือไบคาร์บอเนต ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะระเหยออกไปจนในไข่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับอากาศโดยรอบ ทำให้มีความเป็นด่างมากขึ้น

5. รสและกลิ่นเปลี่ยนแปลง ไข่ใหม่จะให้รสชาติดีกว่าไข่เก่า ถ้าเก็บไข่ไว้ในที่มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ ไข่จะดูดอากาศเข้ามาเนื่องจากเปลือกไข่มีลักษณะเป็นรูพรุนทำให้จุลินทรีย์เข้าไปเจริญเติบโตภายในไข่ทำให้ไข่เน่าเสีย [1]

6. การเน่าเสียของไข่จากจุลินทรีย์

- Red rot เกิดจาก *Serratia* ทำให้ไข่มีกลิ่นเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ไข่ขาวมีสีแดงแฉก ไข่แดงล้อมรอบด้วยสีน้ำตาล custard

- Black rot เกิดจาก *Proteus melanovonegas*, *Escherichia* และ *Pseudomonas* จะทำให้ไข่ขาวเปลี่ยนเป็นของเหลวส่วนไข่แดงจะจับตัวเป็นก้อน และเปลี่ยนเป็นสีดำมีกลิ่นเหม็นเน่าซึ่งเกิดจากเชื้อผลิตภัณฑ์ไฮโดรเจนไดซัลไฟด์

- Pink rot เกิดจาก *Pseudomonas* ทำให้เกิดสีชมพูปะปนอยู่บริเวณไข่แดงจะทำให้ไข่ขาวเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวเพียงบางส่วนเท่านั้น และจะมีจุดสีน้ำตาล ชมพู หรือแดงอยู่ทั่วไป
- Green rot เกิดจาก *Pseudomonas fluorescens* ในระยะแรกของการเปลี่ยนแปลงไข่แดง จะยังมีสีปกติ และไข่ขาวจะเป็นสี Bright green เนื่องจากเชื้อสร้างสารรงควัตถุเรืองแสงขึ้นทำให้สามารถตรวจดูได้ด้วยแสง Ultraviolet เชื้อชนิดนี้สามารถเจริญได้ที่ 0 องศาเซลเซียส ลักษณะการเน่าเสียที่เห็นชัดคือ ไข่แดงจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวหรือไข่แดงจะผสมกับไข่ขาวและจะมีกลิ่นผลไม้ (Fruity) หรือกลิ่นหวาน (Sweetish) [3]

2.1.4 การเคลือบผิวไข่

การเคลือบผิวไข่ด้วย สารกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) บนพื้นผิวของเปลือกไข่ จะช่วยป้องกันการซึมผ่านของความชื้น และหากมีการเติมสารต้านจุลินทรีย์ (preservative) ในสารเคลือบ จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับเปลือกไข่ได้อีกด้วย ทำให้ไข่คงสมบัติทั้งทางด้านกายภาพและชีวภาพได้นานขึ้น [1]

2.1.5 ขนาดไซ้ไก่อมาตรฐาน

ขนาดของไซ้ไก่อจะพิจารณาจากน้ำหนักต่อฟอง (ตารางที่ 2.1) หากไม่มีการกำหนดอย่างอื่นในทางการค้า ขนาดของไซ้ไก่อให้เป็นไปตามน้ำหนัก แสดงตารางที่ 2.1 [2]

ตารางที่ 2.1 ขนาดของไซ้ไก่อตามน้ำหนัก

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 สารเคลือบผิวไซ้

การเคลือบผิวผลผลิตทางการเกษตรนั้นมีการใช้ยาแพร่หลายโดยเฉพาะในผักและผลไม้ เพื่อที่จะยืดอายุ การเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ดูสดสะอาด และยังเป็น การเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อีกด้วย ซึ่งสารเคลือบผิวมี 2 กลุ่มคือ 1.สารเคลือบชนิดที่รับประทานไม่ได้ ได้แก่ ไซ้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม(Petroleum wax) ไซ้จากฟอสซิล(Mineral wax) และไซ้จากการสังเคราะห์โดยกระบวนการทางเคมี(Chemical synthetic wax) 2.สารเคลือบชนิดที่รับประทานได้ ได้แก่ สารที่ผลิตจากธรรมชาติ เช่น ไคโตซาน(Chitosan) บุก ไซ้รำข้าว เป็นต้น

ผลผลิตทางการเกษตรแต่ละชนิดมีลักษณะโครงสร้างผิวหรือเปลือกที่แตกต่างกัน และสารเคลือบผิวแต่ละชนิดก็มีส่วนประกอบที่ไม่เหมือนกันทำให้คุณสมบัติในการชะลอการเสื่อมคุณภาพต่างกันด้วย ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้สารเคลือบที่เหมาะสม โดยต้องผ่านการศึกษาและทดลองในห้องปฏิบัติการมาแล้ว

ในการเคลือบผิวไข่ไก่นั้นได้มีการวิจัยสารเคลือบผิวที่เหมาะสมกับการเคลือบผิวไข่ไก่ โดยเป็นงานวิจัยสารเคลือบไข่สดจากสตาร์ชข้าวเจ้า โดยมีองค์ประกอบและคุณสมบัติดังนี้

- 1.ไฮโดรฟิลิก(Hydrophilic Property)เพื่อช่วยป้องกันการแยกเฟส
- 2.พลาสติกไซเซอร์ เพื่อช่วยเพิ่มความอ่อนตัวบนพื้นผิวของเปลือกไข่ ทำให้ไม่เกิดรอยแตกหรือรอยแยก
- 3.กรดไขมัน เพื่อทำหน้าที่ป้องกันการซึมผ่านไอน้ำจากภายในไข่ผ่านสู่ภายนอก
- 4.สารต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial Agent) เพื่อเสริมสมบัติการต้านจุลินทรีย์ [4]

2.3 เซนเซอร์

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจปริมาณของตัวแปรต่างๆ เพื่อป้อนให้กับระบบและกระบวนการ เซนเซอร์ที่อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้านั้น สามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ สัญญาณอนาล็อก(Analog Signal) สัญญาณดิจิทัล(Digital Signal) และสัญญาณไบนารี (Binary Signal)

ทรานสดิวเซอร์ หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานจากรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งภายใน อุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่รับรู้พลังงาน(Sensing Part) และส่วนที่แปลงพลังงาน(Transduction Part)

ในกระบวนการเป่าแห้งไข่ไก่หลังจากที่ทำการพ่นเคลือบผิวไข่แล้วนั้น จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิลงไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินไป จึงต้องมีการวัดค่าอุณหภูมิโดยเลือกใช้เซนเซอร์ DHT22 ซึ่งสามารถวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิได้ โดยมีช่วงอุณหภูมิที่วัดได้ -40°C - 80°C [5]

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ควบคุมการทำงานโดยลำดับการทำงานขึ้นอยู่กับลำดับการเขียนโปรแกรม จึงนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับใช้กับสเต็มโครงสร้างหลัก 5 ส่วนดังนี้

1. ส่วนประมวลผล (Processing unit) คือส่วนที่ทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์ หรือ การตัดสินใจแบบมีเงื่อนไข (Logic) โดยลำดับการทำงานของส่วนประมวลผลจะขึ้นอยู่กับการจัดลำดับคำสั่งในการทำงาน (Programming code) ซึ่งบรรจุอยู่ในส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล
2. ส่วนพื้นที่เก็บข้อมูล (Memory unit) คือ ส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลซึ่งแบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 2 แบบ คือ แบบชั่วคราว (RAM: Random Access Memory) และแบบกึ่งถาวร (EPROM: Erasable Programmable Read on only Memory)
3. ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้า (Interface unit) จะทำหน้าที่ติดต่อสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะมีอยู่ 2 แบบคือ อินพุตเอาต์พุตดิจิทัล และ อินพุตเอาต์พุตอนาล็อก
4. ส่วนกำเนิดของสัญญาณนาฬิกา จะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณนาฬิกาโดยใช้วงจรที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เรียกว่าวงจรรอสซิลเลเตอร์ (Oscillator circuit) ซึ่งมีอุปกรณ์หลักคือคริสตอล (X-TAL) มากำหนดช่วงเวลาในการประมวลผล (Execute time) ของส่วนประมวลผลโดยจะมีผลต่อความเร็วในการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์
5. ส่วนอินเตอร์รัพต์สัญญาณ จะทำหน้าที่จัดลำดับความสำคัญในการทำงานในขณะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในลักษณะหลายงานพร้อมกัน [6]

2.5 ปัมลม

ปัมลมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการอัดลมให้มีแรงกดดันสูงตามที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์และสามารถประยุกต์ใช้ได้หลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นระบบลมในโรงงานอุตสาหกรรมตั้งแต่ขนาดเล็ก ตลอดจนถึงโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ระบบนิวเมติก และอุตสาหกรรมครัวเรือน โดยชนิดของปัมจะมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งานในแต่ละประเภท ปัมลมหรือเครื่องอัดลมได้มีการจัดจำแนกออกเป็น 6 ประเภทด้วยกัน ได้แก่

1. ปัมลมหรือเครื่องอัดลมแบบลูกสูบ (Piston Air Compressor)
2. ปัมลมหรือเครื่องอัดลมแบบสกรู (Screw Air Compressor)
3. ปัมลมหรือเครื่องอัดลมแบบใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Air Compressor)
4. ปัมลมหรือเครื่องอัดลมแบบใบพัดหมุน (Roots Air Compressor)
5. ปัมลมหรือเครื่องอัดลมแบบไดอะแฟรม (Diaphragm Air Compressor)
6. ปัมลมหรือเครื่องอัดลมแบบกังหัน (Radial and axial flow Air Compressor)

ส่วนปัมลมที่นิยมนำมาใช้ในด้านอุตสาหกรรมอาหาร คือ ปัมแบบไดอะแฟรม (Diaphragm Air Compressor) เนื่องจากปัมลมประเภทนี้เป็นปัมลมที่ใช้หลักการทำงานของลูกสูบและหัวดูดอากาศแยกออกจากกัน ทำให้ลมที่ถูกดูดเข้าไปในปัมหรือเครื่องอัดลมจะสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะทำให้ลมที่ได้ก็จะไม่มีการผสมกับน้ำมันหล่อลื่นจึงทำให้ลมไม่มีสารปนเปื้อน ปัมลมแบบไดอะแฟรมนั้นมีแรงดันลมและความดันลมไม่สูงมากนักจึงไม่ทำให้ไขแตกเร็ว [6]



รูปที่ 2.2 ปีมลแบบไดอะเฟรม [7]

2.6 หัวฉีด

หัวฉีด (Nozzle) คือ อุปกรณ์ที่ฉีดพ่นของเหลวให้ออกมาเป็นละอองฝอย ของเหลวจะแตกตัวเป็นละอองเล็กๆ และฟุ้งกระจายเป็นละอองฝอยไปทั่วได้จะต้องใช้พลังงาน หัวฉีดโดยทั่วไปจะทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. ทำให้สารแตกกระจายเป็นละอองสาร
2. ควบคุมอัตราการไหลของสาร
3. ควบคุมการกระจายของละอองสาร

2.6.1 ประเภทของหัวฉีด

หัวฉีดถูกแบ่งตามประเภทของพลังงานที่ทำให้เกิดละอองฝอยได้ 5 ประเภท คือ

1. หัวฉีดประเภทใช้แรงดันของเหลว สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

- หัวฉีดแบบแรงปะทะ ทำด้วยโลหะ หรือพลาสติกแข็งเป็นชิ้นเดียวกันมีรูขนาดเล็กตรงกลางเพื่อให้สารไหลออกมา เมื่อเหลวที่ไหลผ่านรูนี้จะปะทะกับแผ่นกั้นแล้วจะเกิดการกระจายตัวออกเป็นละอองฝอย มุมของละอองจะมีระหว่าง 25-185 องศา หัวฉีดประเภทนี้จะใช้แรงดันต่ำ 4-15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

- หัวฉีดแบบรูปพัด มีลักษณะกลมแบบตรงกลางเจาะเป็นรูวงรีเล็กๆให้ของเหลวไหลผ่านได้ ของเหลวที่ไหลผ่านรูฉีดจะมีขนาดมุมที่ 65 - 80 องศา อัตราการไหลมากน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของรูฉีดและแรงดันหัวฉีด หัวฉีดประเภทนี้จะมีแรงดันต่ำประมาณ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

- หัวฉีดแบบรูปกรวย ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญ 2 ชิ้น คือ รูฉีดทำด้วยโลหะหรือ วัสดุแข็งเป็นแผ่นแบนๆ หรือเป็นแท่งกลมมีรู หรือร่องเอียงให้ของเหลวไหลผ่านเพื่อเกิดกระแสนด้านหลังของรูฉีดและผ่านออกไปเป็นรูปกรวยกลม ถ้าพื้นที่ตรงกลางของรูปกรวยนั้นว่างเรียกว่า หัวฉีดแบบกรวยกลวง แต่ถ้าเป็นรูปกรวยนั้นมีละอองสารเต็มเรียกว่าหัวฉีด แบบกรวยทึบ หัวฉีดแบบนี้มีขนาดของรูฉีด และแผ่นทำให้เกิดกระแสนให้เลือกหลายขนาด เพื่อให้ได้อัตราการไหล และขนาดของ ละอองสารที่ต้องการมักจะใช้แรงดันสูงตั้งแต่ 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้วขึ้นไปจะมีลักษณะคล้ายกับฝักบัว ของไหลที่ผ่านออกมาถูกลมฉีดจากท่อลมเป่าทำให้พุ่งออกไปข้าง

2. หัวฉีดแบบใช้แรงลม หัวฉีดประเภทนี้จะใช้แรงดันลมและใช้หัวฉีดต่อเข้ากับสายยางซึ่งจะเป็นตัวเชื่อมระหว่างของไหลกับหัวฉีด ของไหลที่ไหลออกมาจากหัวฉีดนั้นจะมีลักษณะคล้ายกับฝักบัว ของไหลที่ผ่านออกมาถูกลมฉีดจากท่อลมเป่าทำให้พุ่งออกไปข้างหน้าและพุ่งกระจายเป็นละอองฝอย

3. หัวฉีดใช้ความร้อน ลักษณะการทำงานจะคล้ายกับการทำงานของหัวฉีดแบบแรงลม แตกต่างกันที่ลมที่ออกมาจากหัวฉีดนั้นจะมีลักษณะเป็นความร้อนหรือไอร้อน ทำให้ของไหลที่ถูกฉีดออกมานั้นระเหยออกมาได้

4. หัวฉีดประจุไฟฟ้า ลักษณะที่สำคัญของหัวฉีดประเภทนี้ คือ มีประจุไฟฟ้า 2 ขั้ว เมื่อของไหลไหลผ่านประจุไฟฟ้าจะเกิดการระเหยแตกตัวเป็นละอองขนาดเล็ก ซึ่งหัวฉีดประเภทนี้อาศัยหลักการทำงานของการวิ่งเข้าหาประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกันระหว่างของไหลและพีซซึ่งมีประจุไฟฟ้าที่ต่างกัน

5. หัวฉีดแบบเหวี่ยง ลักษณะหัวฉีดจะปล่อยของเหลวค่อยๆหยดลงบนจานที่ละน้อยลงบนจานหมุน ถ้าจะให้ปริมาณน้ำไหลมากน้อยก็ต้องปรับที่หัวฉีดหรือปรับที่ขนาดและซี่ของจานหมุน [8]

2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน

หลังจากที่ไขไก่ได้ผ่านกระบวนการพ่นเคลือบผิวแล้วก็จะผ่านระบบลำเลียงเคลื่อนที่เข้าไปสู่กระบวนการเป่าลมร้อนเพื่อทำให้สารเคลือบผิวนั้นแห้งติดกับผิวเปลือกของไข ซึ่งในการเป่าลมนั้นเราต้องเข้าใจถึงทฤษฎีของการถ่ายเทความร้อนและหลักการถ่ายเทความร้อนต่างๆ เพื่อที่จะนำมาประยุกต์ใช้เหมาะสมกับกระบวนการ ในการออกแบบจะออกแบบให้มีอุณหภูมิไม่สูงมากเพราะอาจทำให้ไขไก่เกิดความเสียหายได้ โดยในการเป่าเหล่านั้นเราจะให้หลักการพาความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนเป็นหลัก คือ ฮีตเตอร์ เป็นตัวกำเนิดความร้อนโดยมีลมเป็นตัวกลางในการพาความร้อนไปยังไขไก่

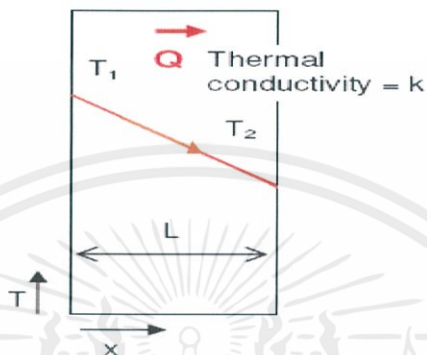
หลักการถ่ายเทความร้อน คือ การที่ความร้อนเคลื่อนที่จากจุดๆหนึ่งไปยังอีกจุดๆหนึ่ง โดยมีตัวกลางหรือไม่มีก็ได้ โดยจะมีกลไกของการถ่ายเทความร้อนอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ

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

โดยการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 วิธีนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้น แต่จะความมีแตกต่างกันตรงที่วิธีการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่โดยในการจะออกแบบจะต้องเข้าใจหลักการถ่ายเทความร้อนและความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนแต่ละวิธี [9]

1. การนำความร้อน (Conduction Heat transfer) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงมายังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าภายใต้ตัวกลางเดียวกันหรือเป็นการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างตัวกลางที่ติดกันแต่อุณหภูมิต่างกัน ในการนำความร้อน ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลของสารโดยที่โมเลกุลของสารโดยที่

โมเลกุลไม่มีการเคลื่อนที่โดยการนำความร้อนจะเกิดได้ดีมากในตัวกลางที่เป็นของแข็งโดยที่ความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกัน แสดงได้ดัง รูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน [9]

ซึ่งพื้นฐานของการนำความร้อนสามารถอธิบายได้ด้วยกฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier law of heat conduction) ที่ได้กล่าวว่า “อัตราการนำความร้อนจะแปรผันตรงกับเกรเดียนต์ของอุณหภูมิและพื้นที่” [10]

$$Q_{\text{cond}} = -KA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Q_{Cond} = อัตราการถ่ายเทความร้อน (w)

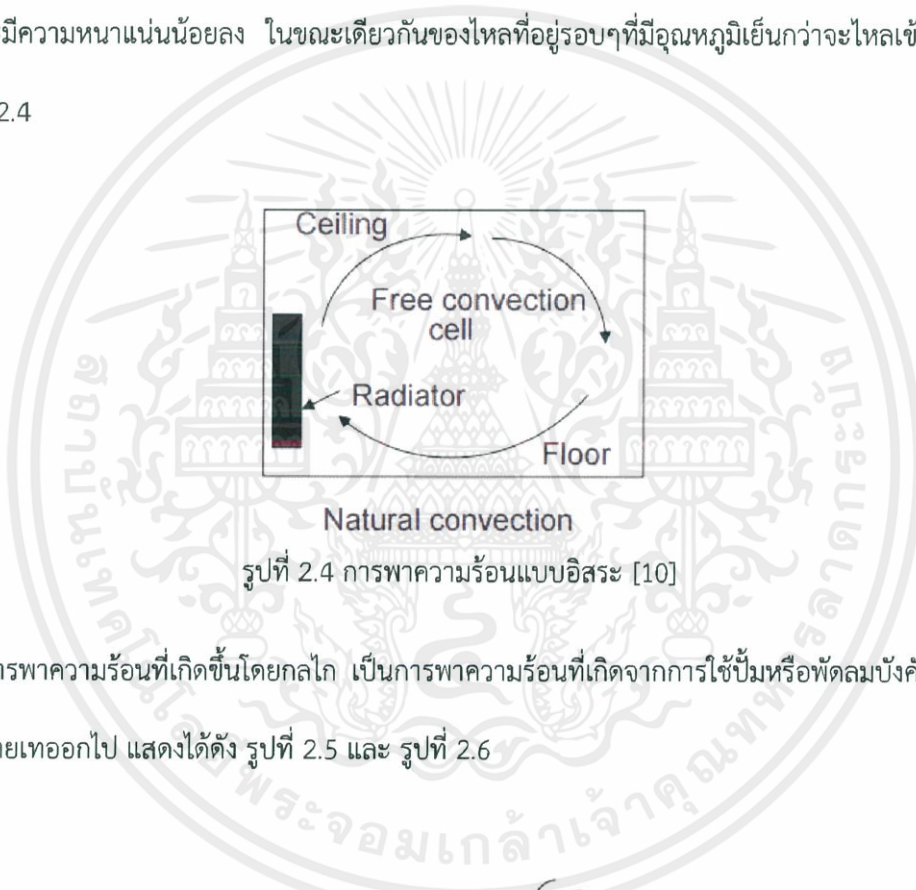
K = ค่าคงที่ของตัวกลางนำความร้อน (w/m k)

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

L = ความหนาของวัตถุตัวกลาง (m)

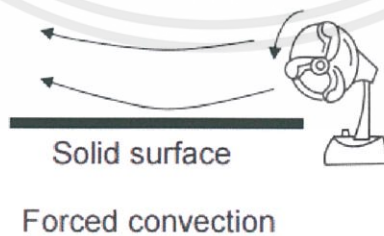
2. การพาความร้อน(Convection)เป็นการถ่ายเทความร้อนจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยมีวัตถุหรือตัวกลางที่ได้รับความร้อนเป็นตัวพาเอาความร้อนนั้นไป กลไกการพาความร้อนจะเกิดได้เฉพาะวัตถุพวกของเหลวก๊าซเท่านั้น การเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาเกิดขึ้นได้ คือ

1. การพาความร้อนแบบอิสระหรือโดยวิธีธรรมชาติ เกิดขึ้นเมื่อของไหลที่อยู่รอบๆแหล่งกำเนิดความร้อนของไหลนั้นจะมีความหนาแน่นน้อยลง ในขณะที่เดียวกันของไหลที่อยู่รอบๆที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ แสดงดังรูปที่ 2.4



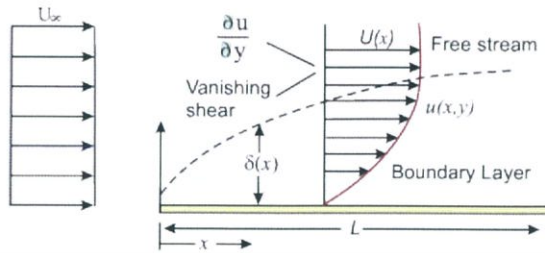
รูปที่ 2.4 การพาความร้อนแบบอิสระ [10]

2. การพาความร้อนที่เกิดขึ้นโดยกลไก เป็นการพาความร้อนที่เกิดจากการใช้ปั๊มหรือพัดลมบังคับให้ความร้อนเกิดการถ่ายเทออกไป แสดงได้ดัง รูปที่ 2.5 และ รูปที่ 2.6



Forced convection

รูปที่ 2.5 การพาความร้อนโดยมีกลไกบังคับ [10]



รูปที่ 2.6 ลักษณะของการพาความร้อนในชั้นขีดผิวความร้อนและในชั้นขีดผิวความเร็ว [10]

ในการคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาความร้อนนั้นเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก เนื่องจากมีหลายสิ่งหลายอย่างที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยวิธีการพา เช่น ความหนาแน่น คุณสมบัติ เฉพาะของไหลแต่ละชนิด เป็นต้น นิวตัน (Newton) จึงได้เสนอสมการสำหรับการคำนวณอัตราการเคลื่อนที่โดยการพาความร้อน ดังนี้

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

Q_{conv} = อัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพา (w)

h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($\text{w/m}^2 \text{ k}$)

A = พื้นที่หน้าตัด (m^2)

T_s = อุณหภูมิที่สูงกว่า (K)

T_∞ = อุณหภูมิที่ต่ำกว่า (K)

3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือการที่ความร้อนเคลื่อนที่โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางเหมือนการนำและการพาความร้อน โดยจะเกิดได้ดีในสุญญากาศ การแผ่รังสีนั้นเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบอิเล็กตรอนในอะตอมของสาร พลังงานจะถูกส่งออกมาในรูปแบบของคลื่นไฟฟ้า โดยเราสามารถที่จะหาระยะของการแผ่รังสีที่สามารถแผ่ออกไปได้มากที่สุดได้จาก สมการที่ (3) ซึ่งเรียกว่า Stefan-Boltzmann Law ซึ่งเป็น

สมการของการแผ่รังสีความร้อนของพื้นผิวในอุดมคติซึ่งเมื่อคำนวณออกมาแล้วจะมีค่า Heat flux มากกว่าความเป็นจริง ตามสมการที่ (4)

$$q = \sigma T_s^4 \quad (3)$$

T_s = อุณหภูมิสมบูรณ์ของพื้นผิว (k)

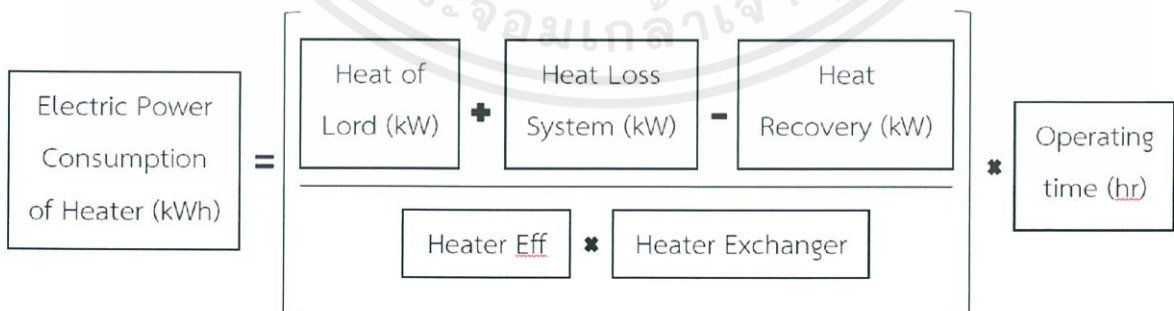
σ = Stefan-Boltzmann constant ($5.67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ K}^4$)

$$q = \epsilon \sigma T_s^4 \quad (4)$$

ϵ = คุณสมบัติในการแผ่รังสีความร้อนชนิดหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า emissivity เป็นตัวบอกประสิทธิภาพของการแผ่รังสีความร้อนของพื้นผิวโดยเปรียบเทียบกับวัตถุดำ

2.8 ฮีตเตอร์

ฮีตเตอร์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความร้อนภายในเป่าแห้ง โดยอาศัยการระบวนการที่พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน โดยมีหลักการพื้นฐาน คือ เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำที่มีความต้านทานสูงจะทำให้ขดลวดตัวนำเกิดความร้อนขึ้น โดยมีหลักการคำนวณหาปริมาณความร้อน แสดงได้ดังรูปที่ 2.7 [10]



รูปที่ 2.7 การคำนวณหาปริมาณความร้อน [10]

การคำนวณภาระไฟฟ้าของระบบฮีตเตอร์ สามารถคำนวณได้จาก กฎของโอห์ม (Ohm's law) โดยกฎของโอห์มได้กล่าวไว้ว่า “เมื่ออุณหภูมิของตัวนำคงที่ อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ปลายทั้งสองของตัวนำต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าในตัวนำจะคงที่ และจะเท่ากับความต้านทานของตัวนำนั้น” โดยจะสามารถความสัมพันธ์ได้ดังนี้

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

P = กำลังไฟฟ้า (w)

V = แรงดันไฟฟ้า (v)

I = กระแสไฟฟ้า (A)

R = ความต้านทานไฟฟ้า (Ω)

การคำนวณอัตราการนำความร้อนและการพาความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จาก

$$Q = \frac{WC_p \Delta T}{3.412} \quad (6)$$

Q = ปริมาณความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิ (kwh)

C_p = ค่าความจุความร้อนของผลิตภัณฑ์ (KJ/kg $^{\circ}$ C)

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ (L_2-L_1)

W = น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ (kg)

2.9 ระบบลำเลียงในอุตสาหกรรม

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้ระบบลำเลียง ในการขนย้ายหรือลำเลียงสินค้ากันมากขึ้นให้กลุ่มอุตสาหกรรมต่างๆอย่างแพร่หลาย ประโยชน์ของการใช้ระบบลำเลียงนั้นช่วยทำให้เกิดความรวดเร็ว ผ่อนแรง เข้า

โปรแกรมคำนวณผลผลิตได้ง่าย ประสิทธิภาพการผลิต สะดวกในการทำงานและยังเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง ระบบลำเลียงที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีดังนี้

- ระบบเกลียวลำเลียง
- ระบบสายพานลำเลียง
- ระบบกระพ้อลำเลียง
- ระบบโซ่ลำเลียง
- ระบบลำเลียงด้วยลม
- ระบบลำเลียงด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

2.9.1 ระบบเกลียวลำเลียง

ชุดสกรูขนถ่ายใช้สำหรับขนถ่ายวัสดุปริมาณมวล ได้ทั้งในแนวระนาบหรือแนวลาดเอียง ลักษณะสร้างของสกรูเป็นได้ทั้งแผ่นเกลียวสกรูตัวเต็ม หรือแผ่นเส้นเกลียวขับหรือแกนทวนก็ได้ สร้างได้ง่ายเพราะมีองค์ประกอบเพียง 3 ชิ้น คือ รางตัวถัง เกลียวสกรูขนถ่าย และต้นกำลังขับ เช่น

- รางสกรูลำเลียง (Screw Chute Conveyor)
- ท่อสกรูขนถ่าย (Screw Pipe Conveyor)

2.9.2 ระบบสายพานลำเลียง

ระบบสายพานลำเลียง เป็นระบบขนถ่ายวัสดุแบบต่อเนื่อง ที่สามารถขนถ่ายได้ทั้งแนวระนาบและเอียง (ขึ้น-ลง) ทั้งวัสดุปริมาณมวล (Bulk Materials) และหน่วย (Unit) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดหรือประเภทวัสดุที่ขนถ่าย และลักษณะในการขนถ่าย

2.9.3 ระบบกะพ้อลำเลียง

กะพ้อลำเลียงใช้ขนถ่ายวัสดุปริมาณมวลได้ตัววัสดุขนถ่ายได้แก่ ทราย กรวด ผงแร่ ถ่านหิน สารเคมี อาหาร สัตว์ เป็นต้น ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ การเกษตร โดยใช้ตัวกะพ้อตักและพาขนถ่ายไปที่ละตัว ตัวกะพ้อจะต้องติดอยู่กับพาหะพาแล่น และสายพานหรือโซ่คู่ เช่น

- กะพ้อลำเลียงแบบเหวี่ยง (Normal Bucket Elevator)
- กะพ้อลำเลียงแบบกระดก (Turn Down Bucket Elevator)
- กะพ้อลำเลียงแบบความจุสูง กระสวยลำเลียง (Heavy Capacity Bucket Elevator)

2.9.4 ระบบโซ่ลำเลียง

โซ่ลำเลียง เป็นโลหะชนิดต่างๆ ที่เกี่ยวกันเป็นข้อ ๆ เป็นสายยาวมีลักษณะเหมือนสายพาน ทำให้มีความแข็งแรง ออกแบบมาเพื่อรับน้ำหนักสิ่งของแล้วลำเลียงย้ายจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ลำเลียงวัสดุประเภท ผง เม็ด และก้อนที่เคลื่อนไหลได้สะดวก

2.9.5 ระบบลำเลียงด้วยลม

อุปกรณ์ลำเลียงด้วยลม เป็นอุปกรณ์ลำเลียง ที่ใช้ขนถ่ายวัสดุที่มีมวลเบา และสามารถใช้ลมเป่าให้ลอยได้ เช่น เมล็ดธัญพืช สตาร์ช แป้ง อาหารสัตว์ วัตถุเจือปนอาหาร วัสดุเคลื่อนที่ภายในท่อจึงสามารถลำเลียงขนถ่ายวัสดุได้ทั้งแนวตั้ง แนวระดับ แนวราบ เอียงทำมุม หรือแนวโค้งได้ เหมาะสำหรับลำเลียงวัสดุในพื้นที่ที่ค่อนข้างจำกัด การลำเลียงด้วยลมใช้เพื่อลำเลียงในกระบวนการผลิต เช่น การทำแห้งด้วยลม หรือการลำเลียงเข้าเพื่อการถ่ายออก จากรถบรรทุก โซโลหรือโซโคลน

2.9.6 ระบบลำเลียงด้วยแรงด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

เป็นระบบลำเลียงที่ใช้ในการนำวัสดุเคลื่อนที่ลงในแนวเอียงหรือแนวตั้งโดยใช้น้ำหนักของวัสดุ ระบบลำเลียงตามแรงโน้มถ่วงนั้นเหมาะใช้กับวัสดุปริมาณมวล และวัสดุที่เป็นก้อนๆ ให้ไหลออกไปได้ด้วยน้ำหนักตนเอง ลักษณะของรางอาจเป็นรางเปิด รางมีฝาปิด หรือเป็นท่อตั้ง ได้แก่

- รางลำเลียง (Gravity Chute Conveyor)
- รางเกลียวลำเลียง (Spiral Chute Conveyor) [15]

ในการลำเลียงควรใช้แบบระบบโซ่ลำเลียง เพราะ ระบบโซ่ลำเลียงเหมาะสำหรับใช้ลำเลียงวัสดุประเภทไขไก่ได้ดีที่สุด

2.10 มอเตอร์

มอเตอร์เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ประกอบด้วยขดลวดที่พันรอบแกนโลหะที่วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก จะทำให้ขดลวดหมุนไปรอบแกนและเมื่อสลับขั้วไฟฟ้าการหมุนของขดลวดจะหมุนกลับทิศทางเดิม มอเตอร์มี 2 ประเภท คือ

1. มอเตอร์กระแสตรง เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเข้าไปในขดลวดเพื่อทำให้เกิดการดูดและผลักกันของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากขดลวดมอเตอร์จึงหมุนได้

2. มอเตอร์กระแสสลับ เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้หลักการดูดและผลักกันของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าจากขดลวดทำให้เกิดการหมุนของมอเตอร์ [12,13]

2.10.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงความเร็วสูงสุดนิยมใช้กัน

มากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานกลึงโลหะหรือให้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้น

2.10.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) คือ เครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นพลังงานกลชนิดหมุน โดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามารถแบ่งออกเป็น 5 ชนิดหลัก ได้แก่

1. Split phase motor มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าสลับชนิดเฟสเดียวแบบสปลิต เฟสมอเตอร์มีขนาดแรงม้าขนาดตั้งแต่ 1/4 แรงม้า , 1/3 แรงม้า, 1/2 แรงม้าจะมีขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า

2. Capacitor Motor เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสที่มีลักษณะคล้าย Split phase motor แตกต่างตรงที่มีคาปาซิเตอร์เพิ่มขึ้นทำให้มอเตอร์แบบนี้มีคุณสมบัติพิเศษกว่า Split phase motor คือมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อยมอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้าถึง 10 แรงม้า

- Capacitor start motor ลักษณะโครงสร้างทั่วไปเหมือนกับ Split phase motor แต่วงจรขดลวดสตาร์ทพันด้วยขดลวดใหญ่ขึ้นกว่า Split phase motor และพันจำนวนรอบมากขึ้นกว่าขดลวดชุดรัน แล้วต่อตัว Capacitor (ชนิดอิเล็กทรอนิกส์)อนุกรมเข้าใน วงจรขดลวดสตาร์ท มีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางตัดตัว Capacitor และขดสตาร์ทออกจากวงจร

- Capacitor run motor ลักษณะโครงสร้างทั่วไปเหมือนกับชนิด Capacitor start motor แต่ไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยง ตัว Capacitor จะต่ออยู่ในวงจร ตลอดเวลา ทำให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ดีขึ้น และโดยที่ Capacitor ต้องต่อถาวรอยู่ขณะทำงาน

- Capacitor start and run motor ลักษณะโครงสร้างมอเตอร์ชนิดนี้จะมี Capacitor 2 ตัว คือ คาปาซิเตอร์สตาร์ทกับคาปาซิเตอร์รัน คาปาซิเตอร์สตาร์ทต่ออนุกรมอยู่กับสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางหรือ

เรียกว่าเซ็นติฟูกัลสวิทช์(Centrifugal switch) ส่วน Capacitor run motor จะต่ออยู่กับวงจรตลอดเวลา คาปาซิเตอร์ทั้งสองจะต่อขนานกัน ซึ่งค่าของคาปาซิเตอร์ทั้งสองนั้นมีค่าแตกต่างกัน

3. Repulsion Motor เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดโรเตอร์ (Rotor) จะต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์และมีแปรงถ่านเป็นตัวต่อลัดวงจร จึงทำให้ปรับความเร็วและแรงบิดได้ โดยการปรับตำแหน่งแปรงถ่าน Stator จะมีขดลวดพันอยู่ในร่องเพียงชุดเดียวเหมือนกับขดรีนของ Split phase motor เรียกว่า ขดลวดเมน (Main winding) ต่อกับแหล่งจ่ายไฟโดยตรง แรงบิดเริ่มหมุนสูง ความเร็วคงที่มีขนาด 0.37-7.5 กิโลวัตต์ (10 แรงม้า) ใช้กับงาน ปั่นคอมเพลสเซอร์ บี้มลม บี้มน้ำขนาดใหญ่

4. Universal Motor เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กมีขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1/200 แรงม้าถึง 1/30 แรงม้า นำไปใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส มอเตอร์ชนิดนี้มีความสมบัติ ที่โดดเด่น คือให้แรงบิดเริ่มหมุนสูง นำไปปรับความเร็วได้ทั้งปรับความเร็วได้ง่ายทั้งวงจรลดแรงดันและวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์นิยมนำไปใช้เป็นตัวขับเคลื่อนใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น เครื่องบดและผสม อาหาร มีดโกนหนวดไฟฟ้า เครื่องนวดไฟฟ้า มอเตอร์จักรเย็บผ้า สว่านไฟฟ้า เป็นต้น

5. Shaded Pole Motor เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กที่สุดมีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำมากนำไปใช้งานได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กๆ เช่น ไดร์เป่าผม พัดลมขนาดเล็ก

ในกระบวนการลำเลียงนี้จะใช้มอเตอร์กระแสสลับเพราะมอเตอร์ชนิดนี้มีราคาไม่แพงมากการดูแลรักษาง่ายและมีความเร็วรอบเกือบคงที่ อีกทั้งยังสามารถต่อใช้งานกับระบบไฟฟ้าของไทยได้โดยตรงเนื่องจากเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับ [14]

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้างชุดระบบสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สด

3.1 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างโครงสร้างระบบลำเลียง

การออกแบบและสร้างโครงสร้างของชุดระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไข่ไก่สดซึ่งมีลักษณะเป็นโครงเหล็กขนาดกว้าง 15 ซม. โดยโครงสร้างมีขนาดเท่ากับ 15 ซม. X 100 ซม. X 130 ซม. (กว้างxยาวxสูง) ระบบลำเลียงมีความยาวทั้งหมด 1 เมตร เป็นแบบ 2 ราง อุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบโครงสร้างได้แก่ แผ่นเหล็กขนาดยาว 1 เมตร เหล็กขนาด 15 มม.



รูปที่ 3.1 ภาพจากการออกแบบด้วย Solidworks

3.1.1 ขั้นตอนการดำเนินการประกอบและสร้างโครงสร้าง

1. วัดขนาดแผ่นเหล็กที่ได้จากการออกแบบโปรแกรม SolidWork โดยทำการวัดขนาดยาว 100 ซม. ซึ่งมีความหนา 2 มม. จำนวน 2 แผ่น

2. ทำการพับเหล็กที่ขอบบนและขอบล่างเป็นมุมฉาก โดยขอบบนจะพับออกด้านนอกและขอบล่างจะพับเข้าด้านใน

3. นำเหล็กที่พับแล้ว 2 แผ่น มาวางตั้งขนานกันโดยมีระยะห่างกัน 15 ซม. และทำการวัดและเจาะรูบนเหล็กทั้งสองข้าง เพื่อทำโครงของระบบลำเลียง

4. ทำการตัดเพลลา ขนาด 15 มม. มาสวมเข้ากับรูที่เจาะบนเหล็กทั้งสองข้าง

5. นำเหล็กฉากมาเชื่อมเพื่อทำเป็นโครงขาตั้งรองรับโครงของระบบลำเลียง

6. นำโครงขาตั้งและโครงลำเลียงมาเชื่อมติดกัน ได้โครงสร้างระบบลำเลียงดังรูปที่ 3.2



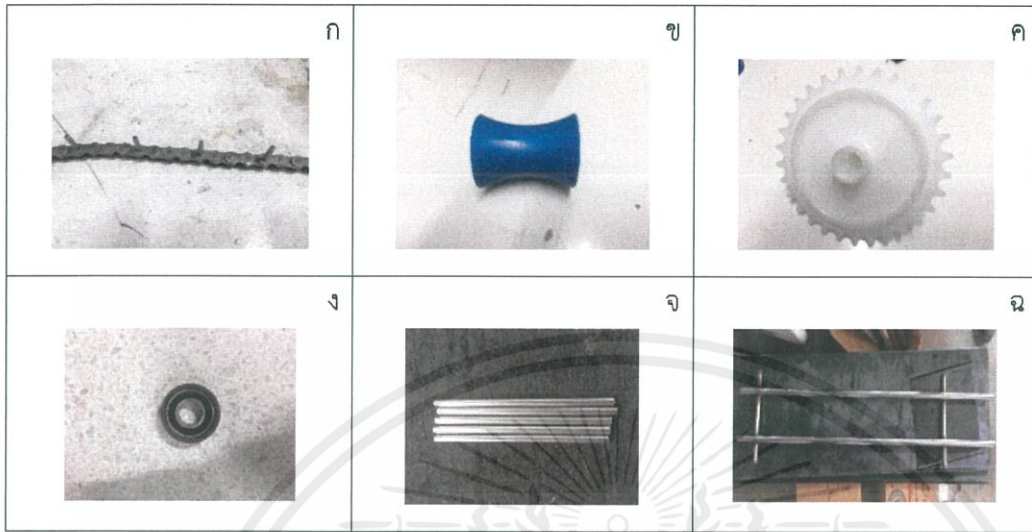
รูปที่ 3.2 โครงของชุดระบบลำเลียง

3.2 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างระบบลำเลียง

ในระบบลำเลียงจะมีอุปกรณ์หลักๆ คือ ลูกกลิ้งยางรองรับไขไก่ ไข่อำเลียงแบบ D-1 Attachment เพราะจะเหมาะสมกับการประกอบเข้ากับลูกกลิ้งยางรองรับไข ล้อขับไข เฟลาขนาด 15 มม. ท่อเหล็กขนาด 5 มม. และมอเตอร์ โดยจะทำการประกอบเข้ากับโครงสร้างของระบบลำเลียง

อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนของระบบลำเลียง มีดังนี้

1. ไข่อำเลียง
2. เฟลาขนาด 15 มม.
3. ล้อขับไข
4. ลูกกลิ้งยางรองรับไข
5. โครงเหล็ก
6. ท่อสแตนเลส 5 และ 10 มม.
7. มอเตอร์ ¼ แรงม้า
8. ลูกปืน



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบลำเลียง ก) โข่แบบ D-1 Attachment ข) ลูกกลิ้งยางรองรับโซ่
 ค) ล้อขับโซ่ ง) ลูกปืน จ) ท่อสแตนเลส 5 มม. ฉ) ท่อสแตนเลส 10 มม.

3.2.1 ขั้นตอนการคำนวณเลือกอุปกรณ์

1. ข้อมูลสำหรับการออกแบบระบบโซ่ลำเลียง

- ชนิดของโซ่เป็นแบบ D-1 Attachment
- แนวการขนถ่ายแบบ Horizontal conveyor
- วัสดุที่จะขนถ่าย ไข่ไก่เบอร์ 2 น้ำหนัก 65 กรัม/ฟอง จำนวน 8,000 ฟอง
- ความเร็วในการขนถ่าย (กำหนด 20 rpm เท่ากับประมาณ 4 เมตร/นาที)
- ความยาวในการขนถ่าย 1 เมตร

2. เลือกขนาดโซ่

การคำนวณเลือกขนาดโซ่สามารถหาได้จากสูตร

$$T \text{ (kgf)} = M_T \times f \times k_1$$

โดยที่ M_T คือ น้ำหนักรวมของวัสดุที่จะขนถ่าย

f คือ Coefficient of friction , sliding ($f_1 \times f_2$) จากตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

k_1 คือ Chain speed coefficient จากตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 Coefficient of rolling friction (f_1)

Type of roller	Dry	Lubricated
Oversize roller type	0.12	0.08
Standard roller type	0.21	0.14
Top roller type	0.09	0.06

ตารางที่ 3.2 Coefficient of sliding friction (f_2)

Dry	Lubricated
0.3	0.2

ตารางที่ 3.3 Chain speed coefficient (k_1)

Chain speed (m/min)	Speed factor (k_1)
0 - 15	1.0
15 - 30	1.2
30 - 50	1.4
50 - 70	1.6
70 - 90	2.2
90 - 110	2.8
110 - 120	3.2

.แทนค่า

$$\begin{aligned} T \text{ (kgf)} &= M_T \times f \times k_1 \\ &= 520 \times 0.063 \times 1 \\ &= 32.76 \text{ kgf} \end{aligned}$$

โดยที่

$$M_T = \text{โซ่ 8000 ฟองหนักฟองละ 65 กรัม} = 520 \text{ kgf}$$

$$f = f_1 \times f_2 = 0.21 \times 0.3 = 0.063$$

$$k_1 = 1.0 \text{ (0-15 m/min)}$$

จากการคำนวณควรเลือกขนาดโซ่เบอร์ 40 (จากตารางที่ 3.4) เพราะ สามารถทำได้ง่าย

ตารางที่ 3.4 ขนาดโซ่

Tsubaki Chain no.	Pitch(mm)	Advantage tensile strength (kgf)	Max allowable load (kgf)	Approx.weight (kgf/m)
RS 25	6.350	420	65	0.14
RS 35	9.525	960	155	0.33
RS 40	12.700	1,700	270	0.64
RS 50	15.875	2,800	440	1.04
RS 60	19.500	4,100	640	1.53

3. การคำนวณหาแรงตึงโซ่และกำลังมอเตอร์

โซ่แบบ Chain sliding ขนถ่ายแบบ Horizontal conveyor

$$T = (M+2.1W)f_2C$$

การคำนวณหาลำกำลังมอเตอร์แบบ Horizontal conveyor

$$KW = \frac{T \times S}{6120 \times \eta}$$

โดยที่ T = Chain tension (kgf)

W = Weight of chain and attachments per meter (kgf/m)

M = Weight of material conveyed per meter (kgf/m)

C = Center distance between sprocket (m)

η = Transmission efficiency (0.6-0.8)

$$S = \text{Speed} = \frac{P \times N \times n}{1000} \text{ (m/min.)}$$

P = Chain pitch (mm)

N = Number of teeth

แทนค่า

$$\begin{aligned} T &= (M + 2.1W) f_2 C \\ &= [3.096 + 2.1(3.776)] (0.3) (0.93\text{m}) \\ &= 11.026 \times 0.3 \times 0.9 \\ &= 2.977 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{65 \text{ g}}{0.042\text{m}} \times \frac{1\text{kg}}{1000} = 1.548 \text{ kgf/m} \text{ เนื่องจาก 2 แถว โซ่ 2 ฟอง} \\ &= 3.086 \text{ kgf/m} \end{aligned}$$

W = มีโซ่และลูกกลิ้งยาง

$$W_{\text{โซ่}} = \frac{1.24 \text{ kg}}{1.5 \text{ m}} = 0.827 \text{ kgf/m} \text{ โซ่ 2 เส้น}$$

$$W_{\text{ลูกยาง}} = \frac{35 \text{ kg}}{0.033\text{m}} = 1.061 \text{ kgf/m} \text{ โซ่ลูกกลิ้ง 2 แถว}$$

$$\text{เพราะฉะนั้น } W = 0.827(2) + 1.061(2)$$

$$= 3.776 \text{ kgf/m}$$

$$f_2 = 0.3$$

$$C = 0.9 \text{ m}$$

แทนค่าหาค่ากำลังมอเตอร์

$$P = \text{KW} = \frac{T_s}{6120\eta} = \frac{2.977 \times 4.064}{6120 \times 0.6}$$

$$= 3.405 \text{ watt}$$

$$= 0.00456 \text{ hp}$$

$$\eta = 0.6-0.8 \text{ เลือก } 0.6$$

S = speed

$$n = 20 \text{ rpm}$$

$$S = \frac{PNn}{1000} = \frac{12.7 \times 16 \times 20}{1000} = 4.064 \text{ m/min}$$

จากการคำนวณได้ค่ากำลังมอเตอร์เท่ากับ 3.405 วัตต์ หรือ 0.00456 แรงม้า ดังนั้นควรเลือกใช้กำลังมอเตอร์ 1/4 แรงม้า

3.2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

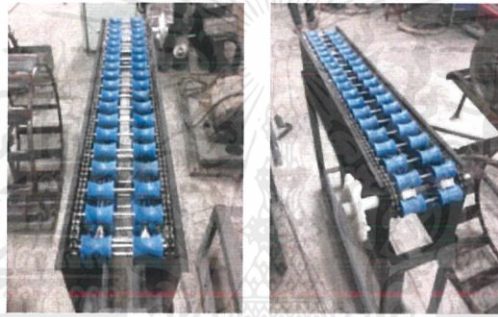
1. ทำการนำเพลขนาด 15 มม. มายึดเข้ากับโครงติดกับลูกปืนแล้วทำการเชื่อมติดกับล้อขับเคลื่อนให้ติดกับเพลหลังจากนั้นทำการใส่ชุดโซ่ลำเลียงที่ล้อขับเคลื่อน
2. ทำการตัดท่อสแตนเลสขนาด 5 มม. ความยาวยาว 13 ซม. จำนวน 40 ท่อน จากนั้นมาใส่ติดกับลูกกลิ้งยาง เพื่อเป็นแกนสำหรับใส่ติดกับโซ่ลำเลียง

3. ทำการตัดท่อสแตนเลสขนาด 10 มม. ความยาว 80 ซม. จำนวน 2 ท่อน จากนั้นนำมาเชื่อมติดกับโครง
เป็นฐานรองลูกกลิ้ง

4. นำท่อสแตนเลสที่ใส่ลูกกลิ้งแล้วมาสวมกับโซ่ลำเลียง

5. ทำการต่อมอเตอร์เข้ากับเพลลาที่ติดกับล้อขับโซ่

6. ทำการประกอบชุดระบบลำเลียงเข้ากับเครื่องเคลือบผิวและชุดเป่าแห้ง



รูปที่ 3.4 ชุดระบบลำเลียง

3.2.3 ขั้นตอนการวางแผนการทดลอง

1. การทดลองเพื่อหาพื้นที่ผิวเฉลี่ยของโซ่ไก่อัดเบอร์ 2

นำโซ่ไก่อัดเบอร์ 2 จำนวน 9 ฟองมาทำการวัดขนาดโดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ ซึ่งจะมีการวัดด้านต่างๆของ
โซ่หลังจากนั้น ก็จะนำมาแทนค่าในสูตร สุดท้ายจะได้ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ผิวของโซ่ไก่อัดเบอร์ 2 จำนวน 9 ฟองจากนั้นหา
ค่าเฉลี่ย

2. การทดลองเพื่อหาความเร็วในการลำเลียงของชุดลำเลียง

นำไซ้ไก่อเบอร์ 2 มาลำเลียงบนชุดลำเลียงระยะทาง 1 เมตร หลังจากนั้นทำการจับเวลา โดยหลังจากการทดลองนี้เราจะทราบเวลาและความเร็วในการลำเลียงของไซ้ไก่อ เพื่อจะนำไปออกแบบพัฒนาเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งในอนาคตได้

3. การหารอบหมุนของไซ้ไก่อต่อระยะทางการลำเลียง

นำไซ้ไก่อเบอร์ 2 มาลำเลียงบนชุดลำเลียง และทำการวัดระยะทางที่ไซ้หมุนทุกๆ 90° โดยหลังจากการทดลองนี้เราจะทราบอัตราการหมุนของไซ้ต่อระยะทางการลำเลียง เพื่อจะนำไปกำหนดระยะทางที่ต้องลำเลียง ส่วนพ่นเคลือบและเป่าแห้งให้เหมาะสม โดยส่วนพ่นเคลือบจะกำหนดตามการหมุนของไซ้ที่ได้จากการทดลองและนำมากำหนดระยะความสูงของหัวพ่นและระยะความกว้างในการพ่นเคลือบจากตารางที่ 3.5 ตารางที่ 3.5 รัศมีครอบคลุมของหัวพ่น[16]

THEORETICAL SPRAY COVERAGE at various distances from nozzle orifice												
Spray Angle	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm	400 mm	500 mm	600 mm	700 mm	800 mm	1000 mm
15°	13	26	40	53	66	79	105	132	158	184	211	263
25°	22	44	67	89	111	133	177	222	266	310	355	443
30°	27	54	80	107	134	161	214	268	322	375	429	536
35°	32	63	95	126	158	189	252	315	378	441	505	631
40°	36	73	109	146	182	218	291	364	437	510	582	728
45°	41	83	124	166	207	249	331	414	497	580	663	828
50°	47	93	140	187	233	280	373	466	560	653	746	933
60°	58	116	173	231	289	346	462	577	693	808	924	1150
65°	64	127	191	255	319	382	510	637	765	892	1020	1270
70°	70	140	210	280	350	420	560	700	840	980	1120	1400
75°	77	154	230	307	384	460	614	767	921	1070	1230	1530
80°	84	168	252	336	420	504	671	839	1010	1180	1340	1680
90°	100	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	2000
95°	109	218	327	437	546	655	873	1090	1310	1530	1750	2180
100°	119	238	358	477	596	715	953	1190	1430	1670	1910	2380
110°	143	286	429	571	714	857	1140	1430	1710	2000	2290	2856
120°	173	346	520	693	866	1040	1390	1730	2080	2430	2771	3464
130°	215	429	643	858	1070	1290	1720	2150	2570	3002	3431	4289

ส่วนเป่าแห้งจะกำหนดจากการคำนวณจากฮีตเตอร์ขนาด 200 วัตต์ เพื่อหาเวลาในการเป่าให้แห้งและนำมา

กำหนดระยะจากการทดลอง โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

ใช้ฮีตเตอร์ขนาด 200 วัตต์ นำมาหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบบังคับ(h)จากสมการ

$$Q = hA(\Delta t)$$

$$200 = h(0.09)(50-35)$$

$$h = 148.14 \text{ w/m}^2 \text{ w}$$

โดยที่ h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวสัมผัสระหว่างของไหลกับวัตถุ (W/m² K)

A = พื้นที่ผิวของวัตถุที่สัมผัสกับของไหล (m²)

Δt= อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

หาค่าความร้อนที่ไ้ต้องการจากสมการ

$$Q_{\text{ไ้}} = hA(\Delta t)$$

$$Q_{\text{ไ้}} = 148.14(0.00351)(35-29)$$

$$Q_{\text{ไ้}} = 3.119 \text{ w}$$

หาค่าความร้อนแฝงในการระเหยของน้ำ(Δh)จากสมการ

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = -\frac{\Delta h}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\Delta h = \frac{-R \ln \frac{P_2}{P_1}}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}$$

$$= \frac{-8.134 \left(\frac{\text{J}}{\text{mol K}} \right) \ln \left(\frac{100 \text{ torr}}{40 \text{ torr}} \right)}{\left(\frac{1}{273+50} - \frac{1}{273+35} \right) \text{K}^{-1}} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{kJ}}{\text{J}}$$

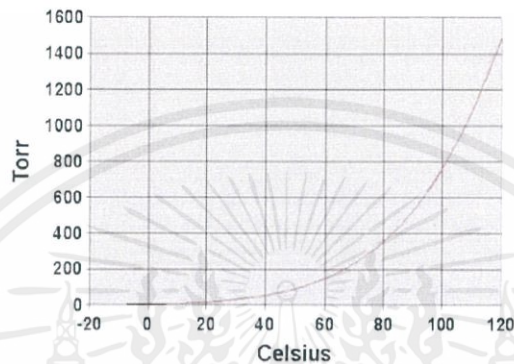
$$= 50.5248 \text{ kJ / mol} \times \frac{1 \text{ mol}}{33 \text{g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}}$$

$$= 1.531.05 \text{ kJ/kg}$$

โดยที่ R = ค่าคงที่ของแก๊ส (J/K mol)

T = อุณหภูมิของของเหลว (K)

P = ความดันไอ (torr) จากรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอุณหภูมิ

$$\begin{aligned} Q &= m(\Delta h) \\ &= (0.15 \times 10^{-3} \text{ kg})(1531.05 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0.2296 \text{ kJ} \\ &= 229.65 \text{ J} \\ Q &= Q_w(t_s) \\ t_s &= 229.5/200 \\ &= 1.14 \text{ s} \end{aligned}$$

จากการคำนวณพบว่าไข่จะแข็งด้านหนึ่งใช้เวลาประมาณ 2 วินาที เนื่องจากไข่มี 4 ด้าน จึงใช้เวลาในการเป่าแห้ง 8 วินาที และค่าที่ได้ก็นำมาพิจารณากับการทดลองการหารอบหมุนของไข่ไก่ต่อระยะทางการลำเลียงเพื่อกำหนดระยะทางในการวางของฮีตเตอร์สำหรับส่วนเป่าแห้ง

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทดลองหาพื้นที่ไซโก

เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของไซโกมีลักษณะค่อนข้างที่จะแตกต่างกัน อีกทั้งการคัดแยกขนาดของไซโกนั้นใช้ในเรื่องของน้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการคัดขนาด ซึ่งในการลำเลียงไซโกนั้น พื้นที่ผิวไซโกจะมีส่วนเกี่ยวข้องในการทำการออกแบบทดลองด้วย จึงได้ทำการทดลองหาพื้นที่ของไซโกจากกลุ่มไซโกเบอร์ 2 ทั้ง 9 ตัวอย่างพบว่าจากการทดลองหาพื้นที่ผิวไซโก ได้ค่าดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 พื้นที่ผิวไซโกเบอร์ 2

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

โดยจะพบว่าจากชุดตัวอย่างไซโกทั้ง 9 ฟองมีพื้นที่เฉลี่ย อยู่ที่ 35.08 cm² ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดพื้นที่ไซโกเบอร์ 2 นั้นมีพื้นที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ซึ่งจากผลการทดลองนี้ทำให้คาดการณ์ได้ว่าชุดระบบลำเลียงสามารถรองรับไซโกในการลำเลียงได้อย่างเหมาะสม

4.2 การหาความเร็วของระบบลำเลียง

เนื่องจากการทำงานของชุดระบบลำเลียงนั้นต้องลำเลียงผ่านเครื่องเคลือบผิวและชุดเป่าแห้ง จึงได้ทำการทดลองเพื่อหาความเร็วในการลำเลียงเพื่อให้สัมพันธ์กับระบบของเครื่องเคลือบผิวและชุดเป่าแห้งซึ่งจากการทดลองทั้ง 5 ครั้งพบว่าจากการทดลองหาความเร็วของระบบลำเลียง ได้ค่าดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความเร็วของระบบลำเลียง

ครั้งที่	ความเร็ว(m/s)
1	0.0753
2	0.0751
3	0.0751
4	0.0749
5	0.0750
ค่าเฉลี่ย	0.0751 ± 0.0002

โดยพบว่าจากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0751 m/s หรือ 7.51 cm/s ซึ่งจากการทดลองนี้ทำให้คาดการณ์ระยะของการลำเลียงไขไก่ผ่านส่วนส่วนเป่าแห้งได้จากการคำนวณไขจะแห้งในเวลาทั้งหมด 8 วินาที จึงต้องลำเลียงเป็นระยะทางอย่างน้อยประมาณ 60 เซนติเมตร

4.3 การหาขอบมุมของไขไก่ต่อระยะทางการลำเลียง

เนื่องจากการทำงานของระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไขไก่สดนั้นเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงได้ทำการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนในการหมุนของไขไก่ต่อระยะทางการลำเลียงเพื่อที่จะสามารถกำหนดระยะทางการลำเลียงในการพ่นเคลือบให้คลุมผิวไขไก่ ซึ่งจากการทดลองหาระยะการหมุนไขต่อระยะทางที่เคลื่อนที่ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าองศาการหมุนของไขโก่ต่อระยะทางการลำเลียง

ระยะทางการลำเลียง (cm)	องศาที่ไขหมุน (°)
3	90
6	180
9	270
12	360

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อไขโก่ลำเลียงไปทุกๆระยะทาง 12 เซนติเมตร ไขโก่จะหมุนครบ 1 รอบพอดีโดยใช้เวลาประมาณ 1.6 วินาที ซึ่งค่าที่ได้สามารถกำหนดระยะทางการลำเลียงผ่านส่วนฟันและส่วนเป่าแห้งได้โดยส่วนฟันเคลื่อนกำหนดการลำเลียงผ่านส่วนฟันเคลื่อนระยะทาง 20 เซนติเมตร โดยดูระยะครอบคลุมของการฟันจากตารางที่ 3.5 ซึ่งในระยะทาง 20 เซนติเมตร ไขโก่หมุนครบ 1 รอบแล้วทำให้ไขโก่ได้รับการเคลือบทั่วผิวและในส่วนเป่าแห้งจากการคาดการณ์ระยะทางประมาณ 60 เซนติเมตร เมื่อได้ค่าการทดลองแล้วจึงกำหนดระยะทางลำเลียงผ่านส่วนเป่าแห้ง 60 เซนติเมตร ซึ่งจะใช้เวลาในการเป่า 8 วินาที และไขโก่จะหมุนประมาณ 5 รอบ ทำให้ไขโก่ได้รับความร้อนในการเป่าแห้งเพียงพอทั่วทั้งฟอง

4.4 ความสามารถในการทำงานของระบบลำเลียง

เนื่องจากการสร้างระบบลำเลียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไขโก่สดนั้นเพื่อให้กระบวนการทั้งระบบมีความต่อเนื่อง จึงได้ทำการทดลองเพื่อหาความสามารถการลำเลียงไขโก่ต่อเวลา 1 นาทีเพื่อเทียบกับ 1 ชั่วโมง ซึ่งจากการทดลองหาความสามารถพบว่าระยะเวลา 1 นาที สามารถลำเลียงไขโก่ได้ 134 ฟอง ดังนั้นระยะเวลา 1 ชั่วโมง สามารถลำเลียงไขโก่ได้ 8040 ฟอง ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดจากการคำนวณ 8000 ฟอง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการออกแบบและจัดสร้างชุดระบบลำเสียงสำหรับเครื่องเคลือบผิวพร้อมชุดเป่าแห้งสำหรับไขไก่สด และทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องซึ่งตามวัตถุประสงค์ที่ได้ออกแบบและจัดสร้างทำให้สามารถทราบถึงองค์ประกอบในการประกอบขึ้นมาซึ่งจากการออกแบบและจัดสร้างระบบลำเสียงสำหรับเครื่องเคลือบผิว และชุดเป่าแห้งได้ออกแบบจากการคำนวณโดยใช้ไซเบอร์ 40 แบบ D-1 Attachment ติดกับลูกกลิ้งยางรองรับไขไก่ โดยระบบลำเสียงเป็นแบบ 2 แถว ระยะทางในการลำเสียงไขไก่ 1 เมตร ใช้มอเตอร์ขนาด $\frac{1}{4}$ แรงม้าในการขับเคลื่อนโซ่ จากการทดสอบพบว่าระบบลำเสียงสามารถลำเสียงไขไก่ได้ 8040 ฟอง/ชั่วโมง ด้วยความเร็ว 0.075 เมตร/วินาที โดยทุกๆระยะ 12 เซนติเมตร ไขไก่จะหมุน 1 รอบ ในการลำเสียงผ่านส่วนพ่นเคลือบไปยังส่วนเป่าแห้งด้วยลมร้อน โดยมีระยะส่วนพ่นเคลือบ 20 เซนติเมตร ระยะทางส่วนเป่าแห้ง 60 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างส่วนพ่นไปยังส่วนเป่าแห้ง 10 เซนติเมตร ซึ่งสุดท้ายจึงได้ระบบลำเสียงที่สามารถลำเสียงนำไขไก่ไปพ่นเคลือบและเป่าแห้งได้สำเร็จ

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ในการออกแบบระบบลำเลียงควรเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับวัสดุที่ใช้ในการลำเลียง เพื่อไม่ให้ไขไก่เกิดความเสียหาย
- ในการออกแบบและพัฒนาควรเพิ่มการควบคุมการทำงานของระบบลำเลียง ส่วนพ่นเคลือบและส่วนเป่าแห้งด้วยโปรแกรม PLC เพื่อให้การควบคุมการทำงานของเครื่องทั้งกระบวนการเป็นระบบเดียวกัน
- ควรเพิ่มฮีตเตอร์และพัดลมเป่าแห้งให้ทั่วและครอบคลุมตลอดระยะทางการลำเลียง เพื่อให้ไขไก่ได้รับลมร้อนในการเป่าแห้งสม่ำเสมอ
- ควรมีระบบล้างไขไก่ก่อนที่จะลำเลียงไขไปยังพ่นเคลือบและเป่าแห้ง เพื่อให้กระบวนการมีความครบและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
- ในการออกแบบและพัฒนากระบวนการทั้งหมดต้องจัดหาสารเคลือบผิวที่รู้คุณสมบัติทางเคมีที่แน่นอน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Food Network solution. **ไข่ไก่**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://goo.gl.s6uhLT>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 21/08/59)
- [2] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. **ไข่ไก่**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://www.acfs.go.th/standard/download/hen_egg.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 21/08/59)
- [3] **จุลินทรีย์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/aid/id77/chicken/4.htm>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 21/08/59)
- [4] Panuwat Suppakul, [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] (วันที่สืบค้นข้อมูล 10/9/59)
- [5] **digital-output relative humidily and temperature sensor/module AM2303**. [ออนไลน์].
เข้าถึงได้จาก : <http://www.adafruit.com/datasheets/DHT22.pdf>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 22/08/59)
- [6] ทีมงานสมาร์ทนิ่ง.2550. **ความรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ บทที่ 1.PIC Microcontroller Learning-BY-Doing ด้วยภาษา C ฉบับรวมเครื่องโปรแกรมและอุปกรณ์ชุด. (หน้า 1-3)** กรุงเทพฯ: สมาร์ทนิ่ง.
(วันที่สืบค้นข้อมูล 23/08/59)
- [7]. **ป๊มลม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.kaowna.co.th/ป๊มลม.html>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 22/08/59)
- [8]. **หัวฉีด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://vigothai.blogspot.com/2010/10/nozzles.html>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 22/08/59)

[9] นักสิทธิ์ คุ้มณาชัย.(2553) . การถ่ายเทความร้อน. ปรับปรุงและพิมพ์ครั้งที่ 3.กรุงเทพฯ. โครงการตำราเรียน สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ (วันที่สืบค้นข้อมูล 22/08/59)

[10] Long,C,& Sayma, N. (2009). **Heat transfer**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://www.leka.lt/sites/default/files/dokumentai/heat-tranfer.pdf>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 23/08/59)

[11] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ปรับทำความร้อนโดยไฟฟ้า. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/5_4_9.html. (วันที่ 23/08/59)

[12] วาต์ โรเตอร์ มอเตอร์ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.gprecision.net/induction-motor-ac->. (วันที่สืบค้นข้อมูล 23/08/59)

[13]. Wound-Rotor.html“Repulsion motor คืออะไร,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

http://eng.sut.ac.th/me/meold/3_2551/435330/sut.ppt, 2010. (20/01/53) มอเตอร์. (วันที่สืบค้นข้อมูล 23/08/59)

[134. มงคล พรหมเทศ. งานไฟฟ้าทั่วไป. กรุงเทพฯ : เอมพันธ์, 2542.

มงคล ทองสงคราม. เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ. กรุงเทพฯ : รามาการพิมพ์, 2535.

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web>.

(วันที่สืบค้นข้อมูล 23/08/59)

[15] ริวิชา ตั้งสันติพร วรพล ตั้งกมลชัยกุล และสุรศักดิ์ พุ่มดนตรี 2555. การออกแบบชุดฝึกกล้ามเนื้อ ปริญญา

นิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย ภาควิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง (วันที่สืบค้นข้อมูล 10/9/59)

[15] Panuwat Suppakul, [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] (วันที่สืบค้นข้อมูล 10/9/59)

[16] Spray Engineering Handbook [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก : http://www.pnr.eu/catalogo_sfoglia/spray-engineering-handbook/spray-engineering-handbook.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 10/10/59)

