



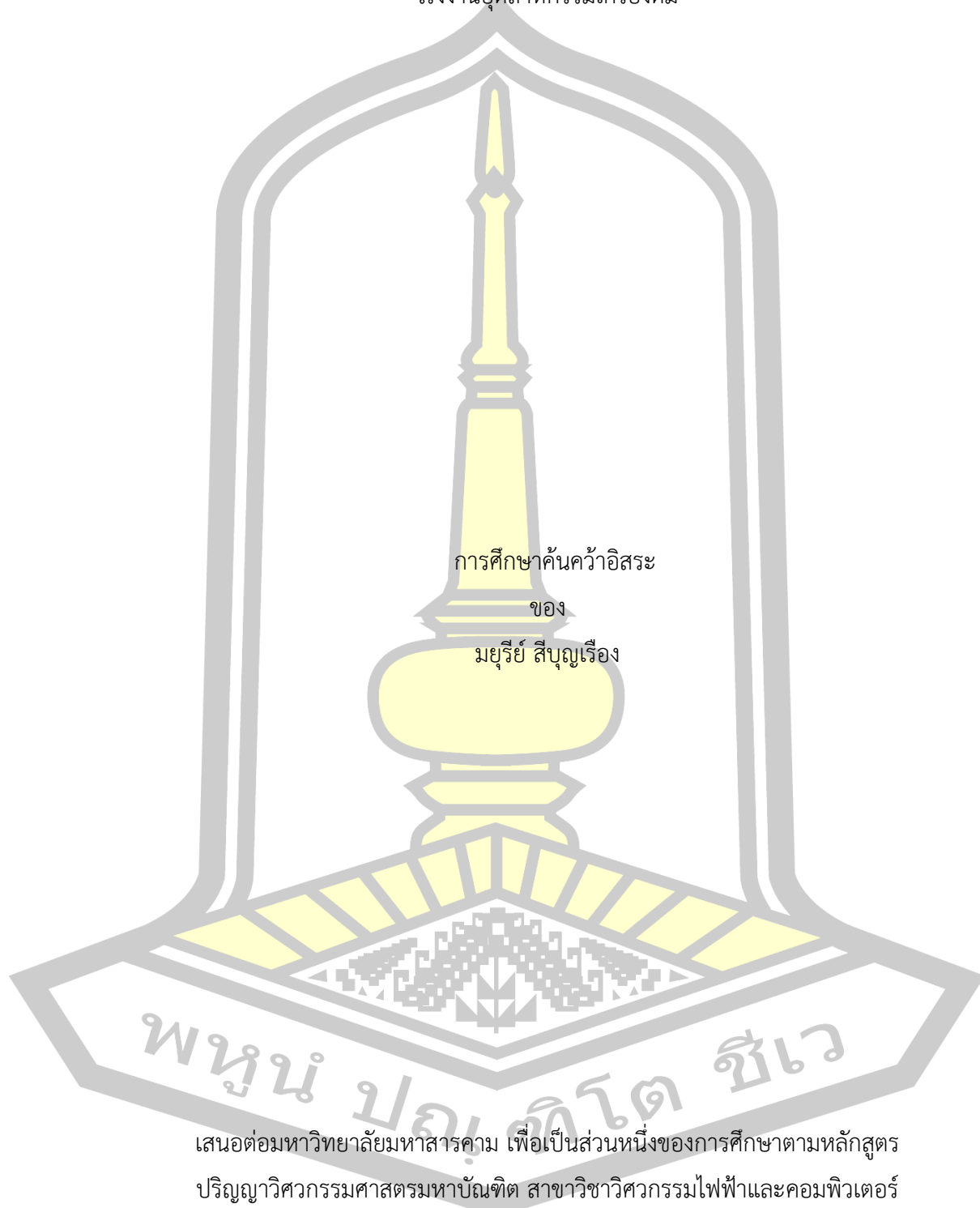
การศึกษาผลของฉากันที่มีต่ออุณหภูมิภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน กรณีศึกษา
โรงงานอุตสาหกรรมเครื่องดัด

การศึกษาค้นคว้าอิสระ
ของ
มยุรีย์ สืบบุญเรือง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
เมษายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การศึกษาลงของฉากกั้นที่มีต่ออุณหภูมิภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน กรณีศึกษา
โรงงานอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม



การศึกษาค้นคว้าอิสระ
ของ
มยุรีย์ สืบบุญเรือง

พูน ปอติโต ชีเว

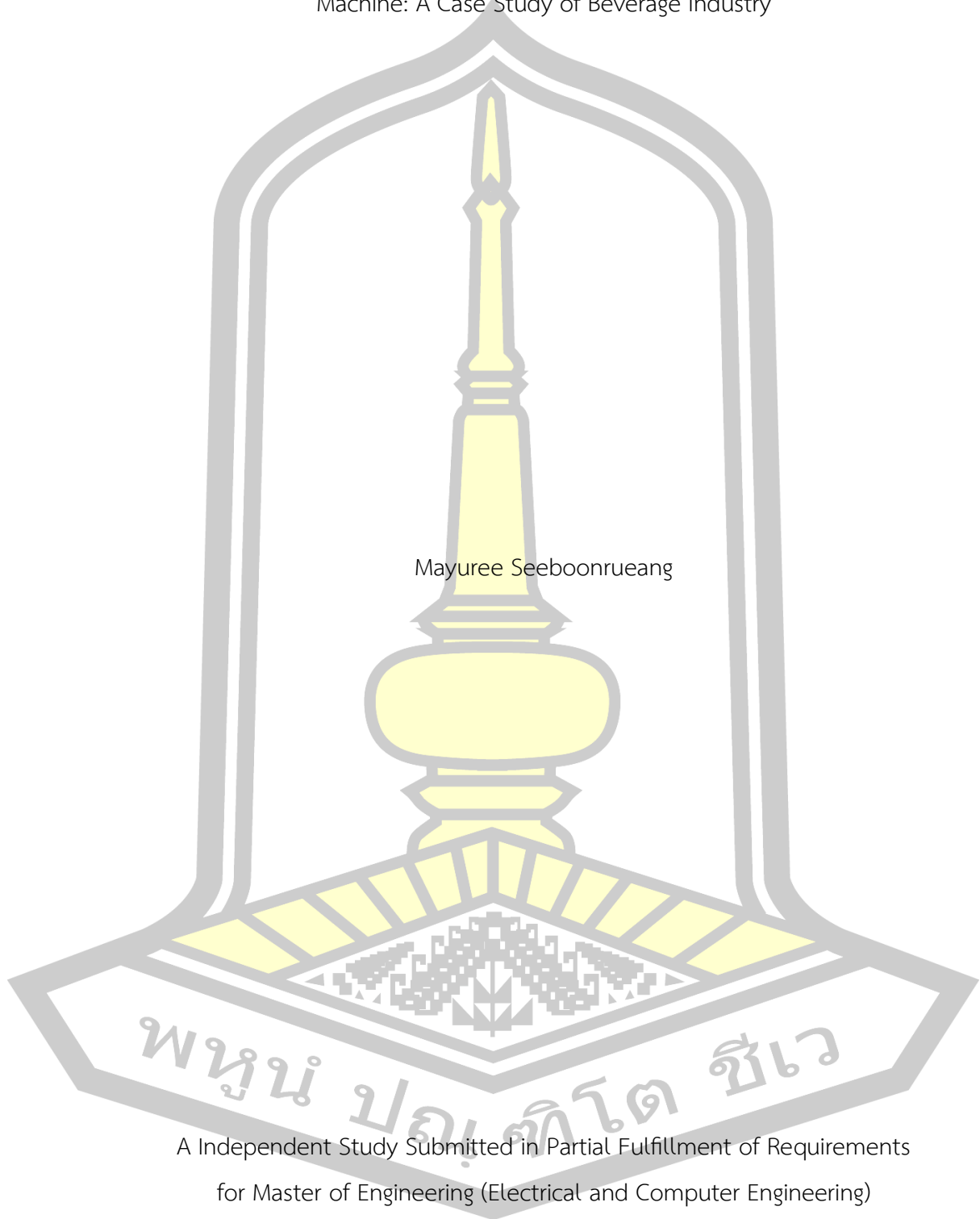
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

เมษายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

A Study on an Effect of a Partition on Temperature in a Heat Tunnel Shrink Wrapping
Machine: A Case Study of Beverage Industry

Mayuree Seeboonrueang



A Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Engineering (Electrical and Computer Engineering)

April 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าอิสระของ
นางสาวมยุรีย์ สีบุญเรือง แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศ. ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล)

กรรมการ

(ผศ. ดร. บัญชา วัฒนะ)

กรรมการ

(ผศ. ดร. นวรัตน์ พิลาดง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

(รศ. ดร. จักรมาส เลาหวนิช)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การศึกษาผลของฉากกันที่มีต่ออุณหภูมิภายในเครื่องพ่นฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม		
ผู้วิจัย	มยุรีย์ สืบบุญเรือง		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล		
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

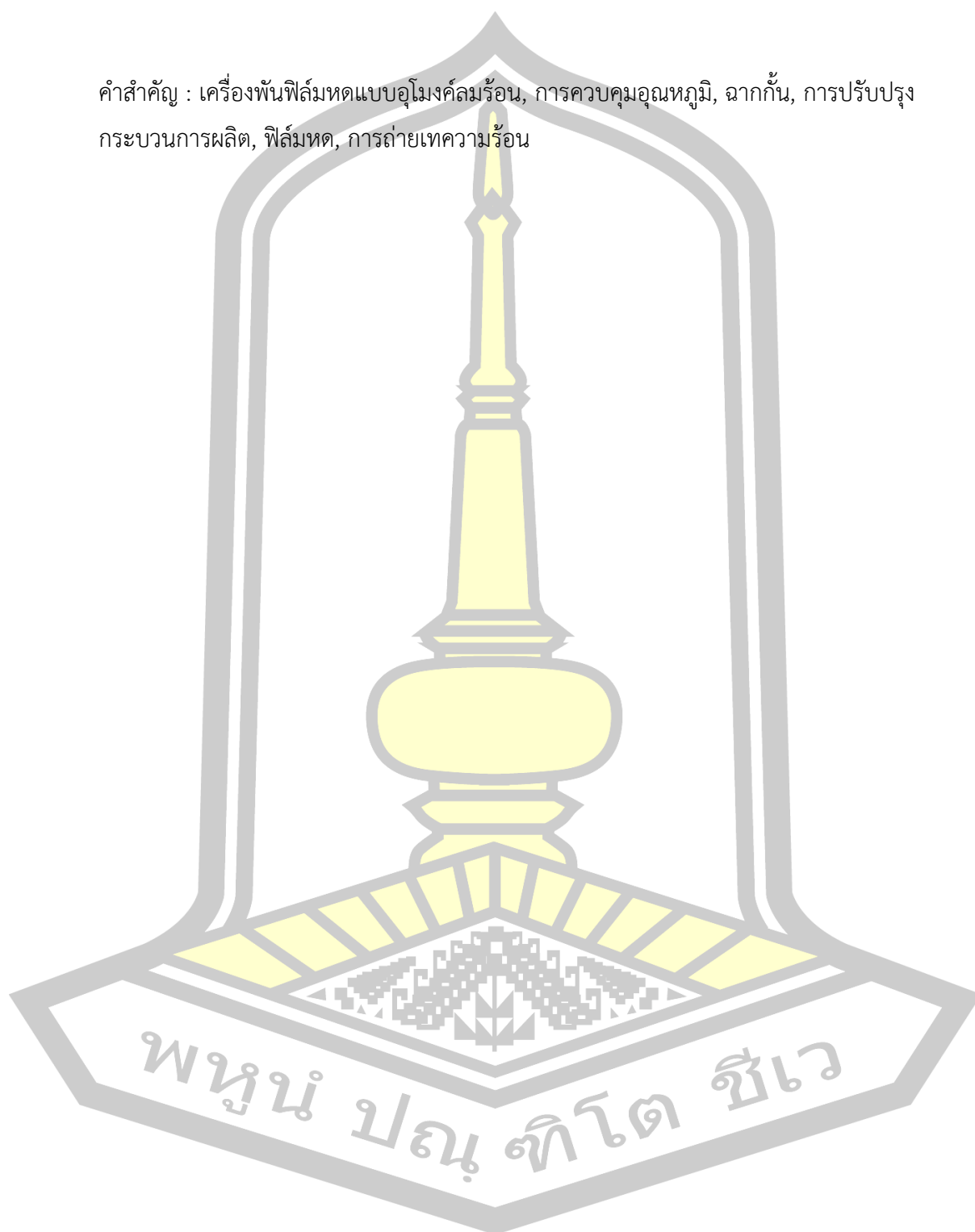
วิทยานิพนธ์เล่มนี้นำเสนอการเปรียบเทียบการกระจายตัวของอุณหภูมิแบบไม่มีฉากกันและติดตั้งฉากกัน เพื่อศึกษาผลของฉากกันที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหดฟิล์มภายในเครื่องพ่นฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน โดยผู้วิจัยทดลองติดตั้งฉากกันแบ่งแยกโซนที่แตกต่างกันสองโซนคือ โซนทำความร้อนและโซนทำความเย็น ฉากกันจะถูกล่างไว้ระหว่างโซนทำความร้อนและโซนความเย็น เพื่อป้องกันอุณหภูมิภายนอกถ่ายเทเข้าสู่ภายในและป้องกันอุณหภูมิภายในถ่ายเทออกจากเครื่องพ่นฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาคำนวณโดยใช้สมการค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนและหลังติดตั้งฉากกัน

ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของฉากกันที่ส่งผลให้เกิดความเบี่ยงเบนของการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเครื่องพ่นฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน พบว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิมียค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบไม่ติดตั้งฉากกันเท่ากับ 6.91 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบติดตั้งฉากกันเท่ากับ 3.91 และก่อนติดตั้งฉากกันมีปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานด้านภาพลักษณ์อยู่ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ หลังการติดตั้งฉากกันแต่คงอุณหภูมิเดิมมีปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานด้านภาพลักษณ์อยู่ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ และหลังปรับอุณหภูมิลดลงมีปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานด้านภาพลักษณ์อยู่ที่ 20 เปอร์เซ็นต์

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบถึงตัวแปรฉากกันส่งผลให้อุณหภูมิภายในตัวเครื่องพ่นฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อนมีความคงที่มากยิ่งขึ้น โดยสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ได้กำหนดไว้และลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากการถ่ายเทของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายในกับอุณหภูมิกายนอกอุโมงค์ความร้อน เนื่องจากอุณหภูมิภายในโซนทำความร้อนใกล้เคียงกับค่าการตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องมากยิ่งขึ้น และสามารถลดปริมาณงานที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์จากฝ่ายประกันคุณภาพ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยสามารถ

นำเสนอเป็นแนวทางสำหรับการควบคุมการกระจายตัวของอุณหภูมิให้สม่ำเสมอ

คำสำคัญ : เครื่องปั่นฟิล์มหดแบบอุโมงค์ลมร้อน, การควบคุมอุณหภูมิ, ฉากกั้น, การปรับปรุงกระบวนการผลิต, ฟิล์มหด, การถ่ายเทความร้อน



TITLE	A Study on an Effect of a Partition on Temperature in a Heat Tunnel Shrink Wrapping Machine: A Case Study of Beverage Industry		
AUTHOR	Mayuree Seeboonrueang		
ADVISORS	Professor Worawat Sa-Ngiamvibool , Ph.D.		
DEGREE	Master of Engineering	MAJOR	Electrical and Computer Engineering
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2024

ABSTRACT

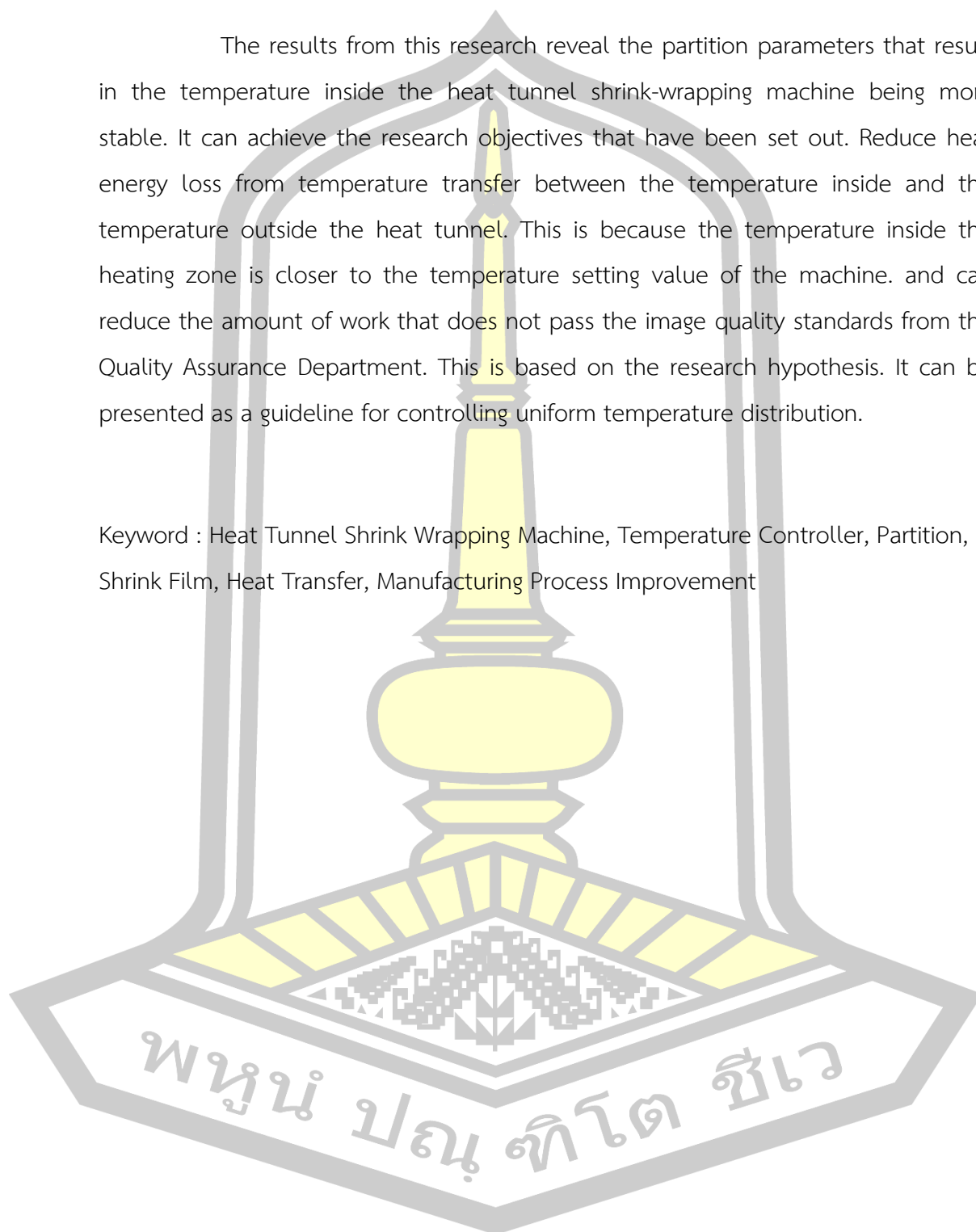
This thesis compares the temperature distribution without partitions and with partitions installed. To study the effect of partitions on the temperature distribution for shrink wrapping inside a heat tunnel shrink wrapping machine. The researchers experimented with installing partitions to separate two different zones: a heating zone and a cooling zone. A partition is placed between the heating zone and the cooling zone. To prevent the outside temperature from transferring into the inside and the inside temperature from transferring out of the heat tunnel, shrink-wrap the machine, which collects data. It is calculated using the standard deviation equation. To compare the temperature before and after installing the partition.

The results show that the response of the partition results in a deviation of the temperature distribution inside the heat tunnel shrink-wrapping machine. It was found that the temperature distribution has a non-stick standard deviation. Set up, the partition is equal to 6.91, and the standard deviation with the partition installed is equal to 3.91. Before installing the partition, there was a quantity of packaging that was non-standard at 30 percent. After installing the partition but maintaining the same temperature, there were many pieces of packaging. The number of non-standard packs was 60 percent, and after adjusting the temperature,

there was 20 percent of non-standard packaging.

The results from this research reveal the partition parameters that result in the temperature inside the heat tunnel shrink-wrapping machine being more stable. It can achieve the research objectives that have been set out. Reduce heat energy loss from temperature transfer between the temperature inside and the temperature outside the heat tunnel. This is because the temperature inside the heating zone is closer to the temperature setting value of the machine. and can reduce the amount of work that does not pass the image quality standards from the Quality Assurance Department. This is based on the research hypothesis. It can be presented as a guideline for controlling uniform temperature distribution.

Keyword : Heat Tunnel Shrink Wrapping Machine, Temperature Controller, Partition, Shrink Film, Heat Transfer, Manufacturing Process Improvement



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้สำเร็จลงด้วยความกรุณาที่ได้รับจาก ศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก โดยได้ให้ความช่วยเหลือทุกด้านและให้คำแนะนำในการแก้ไข ปัญหาต่าง ๆ อีกทั้งยังถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ที่มีค่ามอบให้ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาการศึกษา อยู่ที่นี้ผู้วิจัยขอกราบพระคุณอย่างสูง

ขอบคุณอีกครั้งถึง รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร ซึ่งรับผิดชอบในฐานะ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญชา วัฒนะ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นวรัตน์ พิลาดงพันธ์ รับผิดชอบในฐานะกรรมการ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าเพื่อเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ของผู้วิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้มีส่วนร่วมในการถ่ายทอดความรู้และให้ความ อนุเคราะห์ทั้งในด้านการสอนและการให้เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่าน พี่ ๆ และเพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่มีความกรุณาให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านเอกสารและ ในการให้กำลังใจอย่างต่อเนื่อง

ขอขอบคุณถึงโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องตีตัวอย่างที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการเก็บ ข้อมูลจัดทำวิจัย รวมไปถึงผู้บริหาร ผู้จัดการ ช่าง และพนักงานทุกคนที่ให้ความร่วมช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณทุก ๆ ท่านที่ผู้วิจัยได้กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนามตามประกาศรายชื่อ ณ ที่นี้ ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยเล่มนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่า คณาจารย์ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนทำให้ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องและขอมอบความ กตัญญู กตเวทิตาคุณ แต่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียวและยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษาเพื่อเป็น ประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

มยุรีย์ สีบุญเรือง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ณ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพประกอบ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	2
1.5 สมมติฐานการวิจัย.....	3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้.....	4
1.7 แผนงานวิจัย.....	5
1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
1.8.1 อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม.....	7
1.8.2 เครื่องพันหุ้มฟิล์มแบบอุโมงค์ความร้อน.....	7
1.8.3 ฟิล์มหด.....	7
1.8.4 ฉากกั้น.....	7
บทที่ 2 ปริทัศน์เอกสารข้อมูล.....	8
2.1 อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม.....	8

2.1.1	ภาพรวมของอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม.....	8
2.1.2	แนวโน้มอุตสาหกรรม.....	10
2.2	เครื่องปั่นฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน.....	11
2.2.1	ความหมายเครื่องปั่นฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน.....	11
2.2.2	ประเภทของอุโมงค์หด.....	11
2.2.3	ระบบควบคุม.....	12
2.2.4	หลักการทำงานของเครื่องปั่นฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน.....	13
2.3	การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเครื่องจักร.....	13
2.4	ลักษณะฟิล์มหด.....	15
2.4.1	ฟิล์มหด (Shrink Film).....	15
2.4.2	วัสดุที่ใช้ทำฟิล์มหด.....	15
2.4.3	ประเภทของฟิล์มหด.....	15
2.4.4	ประโยชน์ฟิล์มหด.....	16
2.4.5	ปัจจัยในการเลือก.....	16
2.5	ฉลากกัน.....	16
2.6	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	33
3.1	ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา.....	33
3.1.1	ตัวแปรอิสระ.....	33
3.1.2	ตัวแปรตาม.....	33
3.1.3	ตัวแปรควบคุม.....	33
3.2	ขั้นตอนในการวิจัย.....	33
3.2.1	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	33
3.3	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	36

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	36
3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	39
3.4 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล	40
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	41
3.5.1 แผนภูมิแท่ง	41
3.5.2 แผนภูมิแท่ง เปรียบเทียบบรรทัดฐาน	41
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย	42
4.1 ข้อมูลประสิทธิภาพในการหัดหุ้มฟิล์มแบบไม่มีฉากัน	42
4.2 การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ	43
4.2.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยแผนผังก้างปลา	43
4.2.2 Why - Why Analysis วิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดปัญหา	43
4.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ	45
4.3 ผลของวัดอุณหภูมิก่อนติดตั้งฉากัน	46
4.4 ผลของวัดอุณหภูมิหลังติดตั้งฉากัน	48
4.5 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิก่อนและหลังติดตั้งฉากัน	49
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	54
5.1 สรุปผล	54
5.2 อภิปรายผล	54
5.3 ข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	56
ประวัติผู้เขียน	60

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) แผนงานวิจัยตาราง	5
ตาราง 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	26
ตาราง 3 แบบฟอร์มบันทึกการวัดอุณหภูมิ	36
ตาราง 4 ตัวอย่างการประเมินเพื่อหาค่าระดับความเสี่ยง (RPN).....	38
ตาราง 5 ผลสรุปค่าของระดับความเสี่ยงข้อบกพร่องและผลกระทบของการเกิดบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่าน มาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์	45
ตาราง 6 ผลบันทึกและคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการวัดอุณหภูมิก่อนติดตั้งฉลากกัน	46
ตาราง 7 ผลบันทึกและคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการวัดอุณหภูมิติดตั้งฉลากกัน	48
ตาราง 8 เปรียบเทียบผลบันทึกการวัดอุณหภูมิก่อนและหลังติดตั้งฉลากกัน	50
ตาราง 9 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิก่อนและหลัง ติดตั้งฉลากกัน	51



สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวกับผลของการติดตั้งฉากกันที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping)	3
ภาพประกอบ 2 การบริโภคเครื่องดื่มของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2563	9
ภาพประกอบ 3 ส่วนแบ่งการตลาดเครื่องดื่มประเทศไทยแยกตามปริมาณ ปี พ.ศ. 2563	9
ภาพประกอบ 4 การประมาณการที่นับรายได้ที่เกิดขึ้นของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2564-2567	10
ภาพประกอบ 5 เครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน	11
ภาพประกอบ 6 การไหลเวียนของอากาศร้อน	12
ภาพประกอบ 7 ฟิล์มหด	15
ภาพประกอบ 8 ฉากกันแบ่งแยกโซนที่แตกต่างกัน	16
ภาพประกอบ 9 สนามอุณหภูมิ	17
ภาพประกอบ 10 เส้นโค้งการตอบสนองการควบคุมอุณหภูมิ	18
ภาพประกอบ 11 การกระจายบนพื้นผิวของการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อน (W)	19
ภาพประกอบ 12 โครงสร้างการติดตั้งตะแกรงตาข่าย	19
ภาพประกอบ 13 อุณหภูมิการหุ้มตัวก่อนติดตั้งตะแกรงตาข่าย	20
ภาพประกอบ 14 อุณหภูมิการหุ้มตัวหลังติดตั้งตะแกรงตาข่าย	20
ภาพประกอบ 15 อุณหภูมิที่วัดได้ Film/Container เทียบกับสมการทำนาย	20
ภาพประกอบ 16 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในจุดตรวจสอบ 2 จุด	21
ภาพประกอบ 17 (a) การกระจายอุณหภูมิภายในตัวรถบรรทุกห้องเย็นเมื่อไม่มีม่านอากาศ (b) การกระจายอุณหภูมิภายในตัวรถบรรทุกห้องเย็นโดยมีม่านอากาศเปลี่ยนแปลงความเร็ว 5.4 m/s	22
ภาพประกอบ 18 ประสิทธิภาพของม่านอากาศเฉียง 30 องศา	22

ภาพประกอบ 19 การจำลองสภาวะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน.....	23
ภาพประกอบ 20 การจำลองสภาวะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังทำงาน.....	23
ภาพประกอบ 21 การจำลองสภาวะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริวทั่วไป.....	24
ภาพประกอบ 22 การจำลองสภาวะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริวผึ้ง.....	24
ภาพประกอบ 23 เปรียบเทียบความเร็วลมเมื่อติดตั้งม่านไว้ด้านในและด้านนอก.....	25
ภาพประกอบ 24 ส่วนประกอบของเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping).....	33
ภาพประกอบ 25 แสดงขั้นตอนการหดของฟิล์มหุ้มผลิตภัณฑ์.....	34
ภาพประกอบ 26 ค่ามาตรฐานลักษณะการหุ้มฟิล์มจากขอบภาคถึงหน้าต่างฟิล์ม.....	35
ภาพประกอบ 27 แผนผังก้างปลา.....	37
ภาพประกอบ 28 Why - Why Analysis.....	37
ภาพประกอบ 29 เครื่องวัดอุณหภูมิ Thermal Imager Ti450	39
ภาพประกอบ 30 ออกแบบฉากกัน	40
ภาพประกอบ 31 แผนผังวิธีการดำเนินการทดลอง.....	40
ภาพประกอบ 32 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์กลุ่มตัวอย่างลักษณะการหุ้มฟิล์มก่อนติดตั้งฉากกัน.....	42
ภาพประกอบ 33 การวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์.....	43
ภาพประกอบ 34 การวิเคราะห์ Why - Why Analysis.....	43
ภาพประกอบ 35 กราฟแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อนแบบไม่มีฉากกัน.....	47
ภาพประกอบ 36 กราฟแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อนแบบติดตั้งฉากกัน	49

ภาพประกอบ 37 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิสำหรับการหดหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มแบบ อุโมงค์ความร้อนก่อนและหลังติดตั้งฉากั้น.....	51
ภาพประกอบ 38 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบลักษณะการหุ้มฟิล์ม ก่อนและหลัง ติดตั้งฉากั้น	52



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากสภาพแวดล้อมทางการตลาดในประเทศมีแนวโน้มเติบโตได้ในระดับต่ำตามภาวะเศรษฐกิจที่ฟื้นตัวอย่างค่อยเป็นค่อยไป เนื่องจากกำลังซื้อยังคงเปราะบางตามภาวะชงเซาทางเศรษฐกิจและการแพร่ระบาดของ COVID - 19 ทำให้สภาพแวดล้อมทางการตลาดมีการปรับเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลาเพื่อตอบสนองต่อความจำเป็นและความต้องการของผู้บริโภค

ปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม (Beverage Industry) ในประเทศไทยมีผู้ผลิตรวมทั้งสิ้นประมาณ 420 แห่ง [1] ถือเป็นหนึ่งอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ มีความสำคัญในการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภคและเป็นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ ผู้ประกอบการที่ต้องการจะอยู่รอดจึงจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อให้ได้เปรียบทางการแข่งขันและธุรกิจสามารถดำเนินต่อไป ทั้งนี้ในการให้ได้ว่าซึ่งข้อได้เปรียบทางการแข่งขันผู้ประกอบการจะต้องออกแบบด้านภาพลักษณ์บรรจุภัณฑ์ที่สะดุดตา มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งภาพลักษณ์ส่วนใหญ่อยู่ที่กระบวนการบรรจุ ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อกระบวนการบรรจุคือ คุณภาพฟิล์มหุ้มผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์มีความสมบูรณ์และสวยงาม สามารถดึงดูดสายตาของผู้บริโภค ช่วยสร้างความไว้วางใจให้กับผู้บริโภคโดยสร้างความมั่นใจในความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์และช่วยป้องกันผลิตภัณฑ์ระหว่างขนส่ง

เครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) จึงมีบทบาทสำคัญในกระบวนการนี้ หลักการทำงานของอุโมงค์จะแบ่งออกเป็น 2 โซนคือ โซนทำความร้อน โดยการให้ความร้อนแก่ฟิล์มในรูปแบบของลมร้อน ทำให้ฟิล์มหดตัวและเป็นไปตามรูปร่างของผลิตภัณฑ์เมื่อฟิล์มหุ้มผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่ผ่านอุโมงค์แล้วสายพานจะลำเลียงผลิตภัณฑ์เข้าสู่โซนทำความเย็นที่ใช้ลมเป่าให้กับบรรจุภัณฑ์เพื่อให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว โดยโซนทำความเย็นจะตั้งอยู่ที่จุดทางออกของอุโมงค์ หากอุณหภูมิจากโซนทำความเย็นและอุณหภูมิภายนอกถ่ายเทเข้าสู่อุโมงค์ความร้อนอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ไม่สม่ำเสมอภายในอุโมงค์ความร้อน และอาจเป็นนัยสำคัญต่อกระบวนการหดตัวของฟิล์ม ส่งผลนำไปสู่ความเสียหายของบรรจุภัณฑ์เช่น การหดหุ้มที่ไม่สม่ำเสมอ การบิดเบี้ยวหรือการละลายของฟิล์ม ทำให้บรรจุภัณฑ์มีภาพลักษณ์ไม่สวยงาม รวมไปถึง

ถึงการสูญเสียพลังงานความร้อนภายในอุโมงค์ความร้อน และข้อบกพร่องของบรรจุภัณฑ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ จึงควรมีการป้องกันอุณหภูมิจากโซนทำความเย็นและอุณหภูมิจากภายนอกไม่ให้ถ่ายเทเข้าสู่ภายในและเพื่อป้องกันอุณหภูมิถ่ายเทออกจากตัวเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping)

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะติดตั้งฉากั้น เพื่อศึกษาผลการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหดฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) เปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนและหลังติดตั้งฉากั้น ซึ่งจะทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) นำเสนอเป็นแนวทางสำหรับควบคุมการกระจายตัวของอุณหภูมิให้สม่ำเสมอภายในอุโมงค์ความร้อน เพื่อให้การหดฟิล์มบรรจุภัณฑ์มีคุณภาพดี ลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุ

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

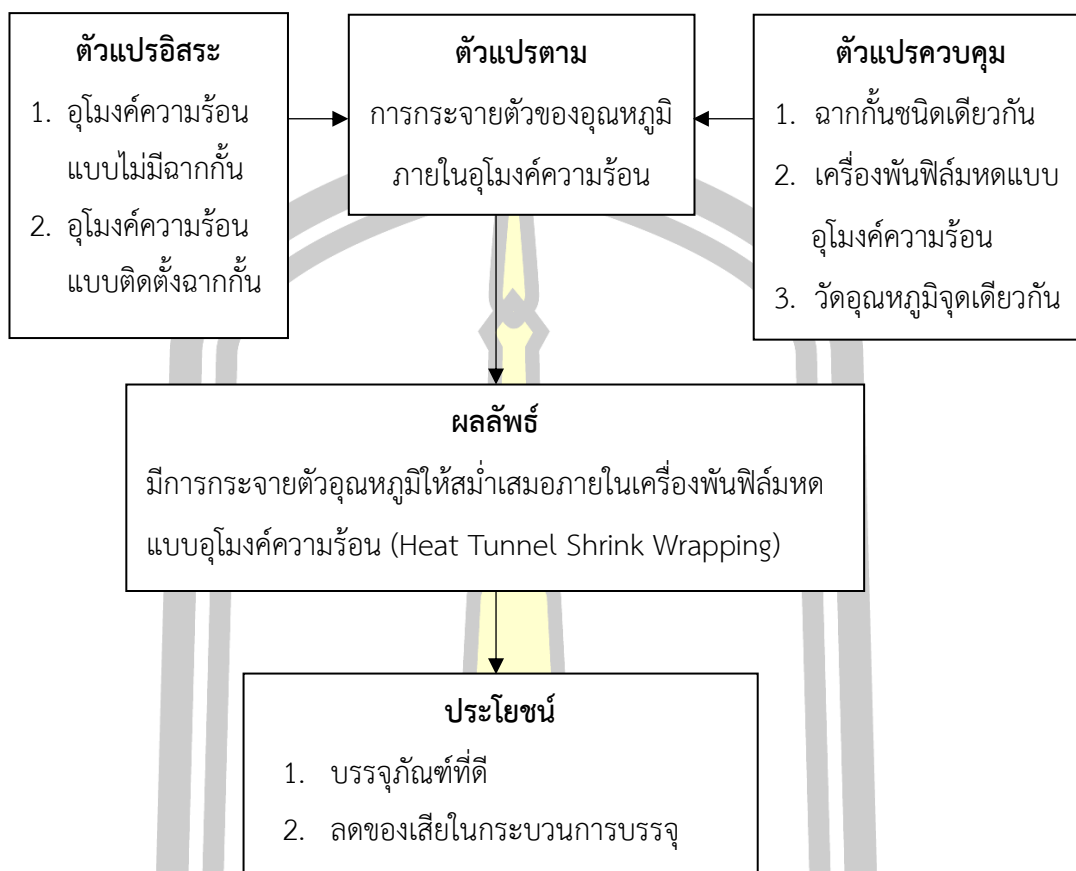
เพื่อศึกษาผลของการติดตั้งฉากั้นที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหดฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Research) ภายในโรงงานอุตสาหกรรมตัวอย่างที่เกี่ยวกับการผลิตเครื่องดื่ม ศึกษาเกี่ยวกับผลของการติดตั้งฉากั้นที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ใช้สำหรับการหดฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) โดยควบคุมอุณหภูมิความร้อนไว้ที่ 170 - 190 องศาเซลเซียส ความเร็วสายพานลำเลียงผลิตภัณฑ์ 8 - 15 วินาที และความเร็วลม 2000 - 20000 CFM จากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ระหว่างก่อนและหลังติดตั้งฉากั้น

1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวกับการติดตั้งฉากั้นที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหดฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวกับผลของการติดตั้งฉากั้นที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุณหภูมิความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping)

1.5 สมมติฐานการวิจัย

1.5.1 ฉากั้นส่งผลให้เกิดความเบี่ยงเบนของการกระจายตัวอุณหภูมิภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุณหภูมิความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping)

1.5.2 เมื่อการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุณหภูมิความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) ที่สม่ำเสมอ ส่งผลให้การหุ้มบรรจุภัณฑ์มีคุณภาพดี เช่น การหุ้มที่เรียบ ไม่เกิดการบิดเบี้ยวหรือการละลายของฟิล์ม

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้

1.6.1 ได้ทราบถึงตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิการหดหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping)

1.6.2 เป็นแนวทางสำหรับควบคุมการกระจายตัวของอุณหภูมิให้สม่ำเสมอภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) เพื่อให้การหดหุ้มบรรจุภัณฑ์มีคุณภาพดี ลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุ

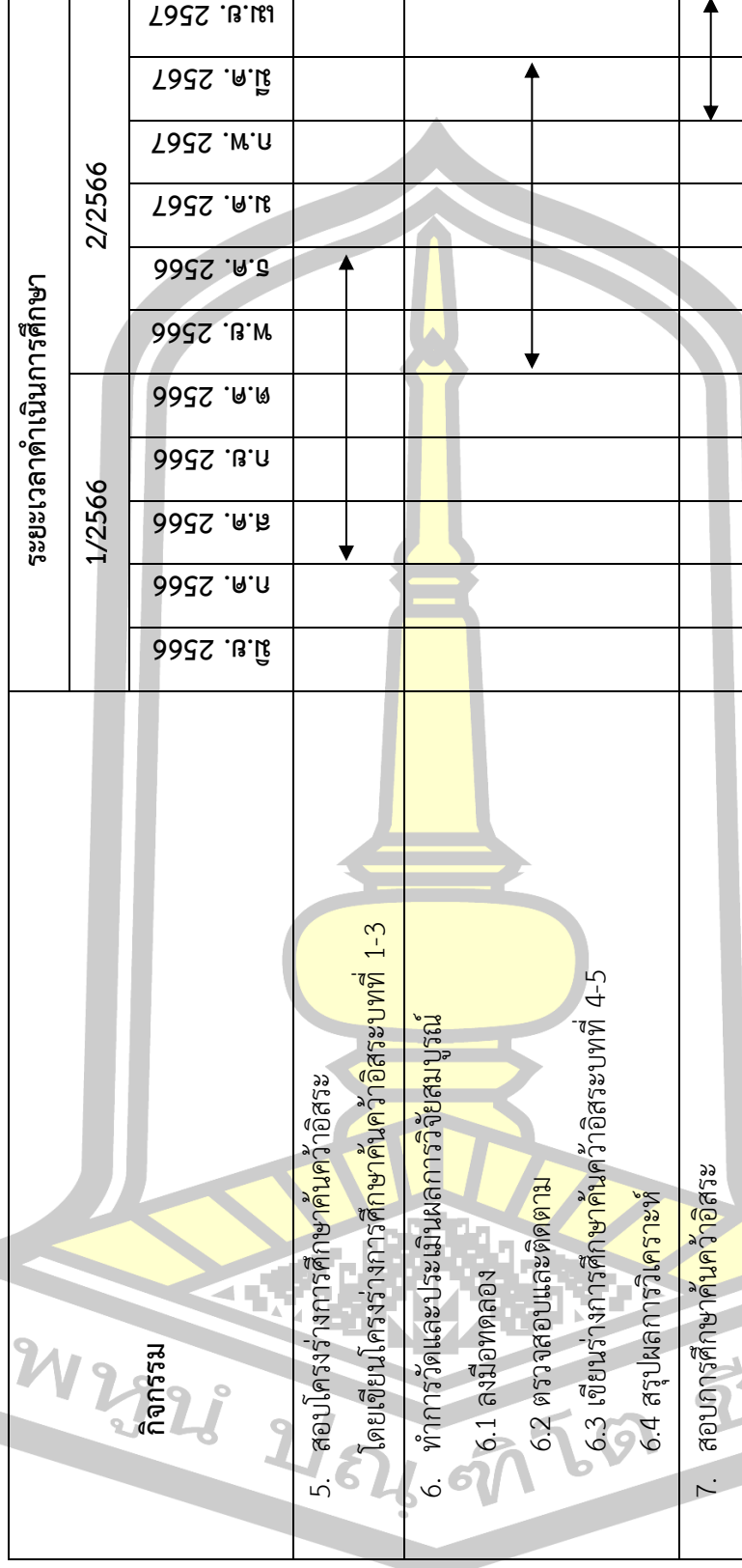


1.7 แผนงานวิจัย

ตาราง 1 แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) แผนงานวิจัยตาราง

กิจกรรม	ระยะเวลาดำเนินการศึกษา											
	1/2566						2/2566					
	ม.ย. 2566	ก.ค. 2566	ส.ค. 2566	ก.ย. 2566	ต.ค. 2566	พ.ย. 2566	ธ.ค. 2566	ก.พ. 2567	ม.ค. 2567	ก.พ. 2567	มี.ค. 2567	เม.ย. 2567
1. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตงานวิจัย	↕	↕										
2. ศึกษาทฤษฎีและงานเกี่ยวข้อง โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร หนังสือ และงานวิจัยที่ตีพิมพ์ เผยแพร่ ในแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ	↕			↕								
3. ศึกษา เก็บข้อมูล และวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา โดยนำข้อมูลที่ได้นมา วิเคราะห์ปัญหาจนได้รูปแบบสำหรับการแก้ปัญหา	↕				↕							
4. กำหนดวิธีการปรับปรุง โดยติดตั้งอุปกรณ์				↕		↕						

ตาราง 1 แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) แผนงานวิจัย (ต่อ)



1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นิยามศัพท์เฉพาะ ไว้ดังนี้

1.8.1 อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม (Beverage Industry) หมายถึง อุตสาหกรรมเครื่องดื่มซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท ประกอบด้วย

1.8.1.1 เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ หมายถึง เบียร์ สุรากลั่น ไวน์ สุราจากผลไม้ รวมทั้งเครื่องดื่มสุราผสมพร้อมดื่ม เป็นต้น

1.8.1.2 เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ หมายถึง น้ำอัดลม เครื่องดื่มที่ปรุงรสน้ำผลไม้ เครื่องดื่มน้ำผลไม้ชนิดอัดลม น้ำหวานชนิดอัดลม และเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์อื่น ๆ เช่น โซดา น้ำหวานเข้มข้น น้ำชาเย็น เครื่องดื่มชูกำลัง และเครื่องดื่มเกลือแร่ เป็นต้น

1.8.2 เครื่องพันหุ้มฟิล์มแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) หมายถึง เครื่องจักรอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการบรรจุภัณฑ์สมัยใหม่ วัตถุประสงค์หลักคือ การใช้ความร้อนเพื่อหดวัสดุบรรจุภัณฑ์ ซึ่งโดยทั่วไปคือฟิล์มรอบ ๆ ผลิตภัณฑ์ กระบวนการนี้เรียกว่า "การห่อแบบหด" หรือ "การหดบรรจุภัณฑ์"

1.8.3 ฟิล์มหด (Shrink Film) หมายถึง วัสดุพลาสติกชนิดหนึ่งที่หดตัวเมื่อถูกความร้อน โดยทั่วไปจะใช้สำหรับบรรจุภัณฑ์และห่อผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อป้องกันบรรจุภัณฑ์เสียหาย

1.8.4 ฉากกั้น (Partition) หมายถึง ใช้เพื่อป้องกันอุณหภูมิจากโซนทำความเย็นและอุณหภูมิจากภายนอกไม่ให้ถ่ายเทเข้าสู่ภายในและเพื่อป้องกันความร้อนถ่ายเทออกจากเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping)



บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

การวิจัยเรื่องการศึกษาผลของฉากกั้นที่มีต่ออุณหภูมิภายในเครื่องพ่นฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- 2.1 อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม
- 2.2 เครื่องพ่นฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน
- 2.3 การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเครื่องจักร
- 2.4 ลักษณะฟิล์มหด
- 2.5 ฉากกั้น
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม

2.1.1 ภาพรวมของอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม

อุตสาหกรรมเครื่องดื่มมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจไทย จัดเป็นอุตสาหกรรมที่การผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้า โดยปัจจุบันเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีศักยภาพในการประกอบกิจการสามารถกำหนดทิศทางของตลาดได้ ซึ่งการประกอบกิจการประเภทเครื่องดื่มมีความจำเป็นในการใช้เงินลงทุนจำนวนมากเพื่อซื้อเครื่องจักรและใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพทันสมัย และมีการควบคุมมาตรฐานด้านอนามัยที่ดีอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานคุณภาพสูง อย่างไรก็ตามการดำเนินธุรกิจดังกล่าวจึงต้องเผชิญกับการแข่งขันที่รุนแรงตลาดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดการขยายตัวของอุตสาหกรรมเชื่อมโยงอื่น ๆ โดยสินค้าเครื่องดื่มสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

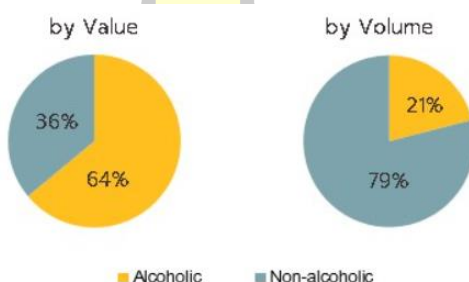
- 1) ประเภทเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เช่น เบียร์ สุรากลั่น ไวน์ สุราจากผลไม้ รวมทั้งเครื่องดื่มสุราผสมพร้อมดื่ม เป็นต้น

2) ประเภทเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์เช่น น้ำอัดลม เครื่องดื่มที่ปรุงรสน้ำผลไม้ เครื่องดื่มน้ำผลไม้ชนิดอัดลม น้ำหวานชนิดอัดลม และเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์อื่น ๆ เช่น โซดา น้ำหวานเข้มข้น น้ำชาเย็น เครื่องดื่มชูกำลัง และเครื่องดื่มเกลือแร่ เป็นต้น [2]

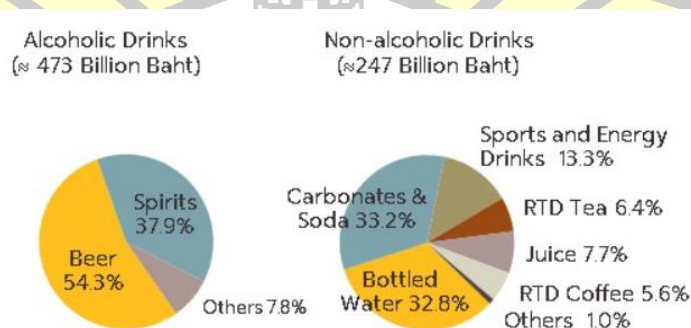
ปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องดื่มในประเทศไทยมีโรงงานที่จดทะเบียนกับกรมโรงงาน อุตสาหกรรมจำนวน 420 แห่ง แบ่งเป็น

- 1) โรงงานผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ 80 แห่ง คิดเป็นสัดส่วน 19 เปอร์เซ็นต์ ของ จำนวนโรงงานผลิตเครื่องดื่มทั้งหมด
- 2) โรงงานเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ 340 แห่ง คิดเป็นสัดส่วน 81 เปอร์เซ็นต์ ของ จำนวนโรงงานผลิตเครื่องดื่มทั้งหมด

ในปี 2563 ตลาดเครื่องดื่มในไทยมีปริมาณการบริโภครวม 1.3 หมื่นล้านลิตร มูลค่า ประมาณ 7.2 แสนล้านบาท แบ่งเป็นตลาดเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ คิดเป็นสัดส่วน 79:21 ในเชิงปริมาณการบริโภคและ 36:64 ในเชิงมูลค่า ดังภาพประกอบ 2 3



ภาพประกอบ 2 การบริโภคเครื่องดื่มของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2563 [1]



ภาพประกอบ 3 ส่วนแบ่งการตลาดเครื่องดื่มประเทศไทยแยกตามปริมาณ ปี พ.ศ. 2563 [1]

เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์มีผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการบริโภคและมูลค่าตลาดสูงสุดคือ น้ำดื่มบรรจุขวด ซึ่งมีสัดส่วนการบริโภค 60.3 เปอร์เซ็นต์และ 32.8 เปอร์เซ็นต์ในเชิงปริมาณและมูลค่าของตลาด เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ทั้งหมดและน้ำอัดลมมีสัดส่วน 24.7 เปอร์เซ็นต์และ 33.2 เปอร์เซ็นต์ในเชิงปริมาณและมูลค่าตามลำดับ

เครื่องดื่มแอลกอฮอล์มีผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการบริโภคและมูลค่าตลาดสูงสุดคือ เบียร์ โดยมีสัดส่วน 71.3 เปอร์เซ็นต์และ 54.3 เปอร์เซ็นต์ในเชิงปริมาณและมูลค่าของตลาดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ทั้งหมด ตามด้วยสุรามีสัดส่วน 26.7 เปอร์เซ็นต์และ 37.9 เปอร์เซ็นต์ในเชิงปริมาณและมูลค่าตามลำดับ

2.1.2 แนวโน้มอุตสาหกรรม

ตลาดในประเทศ ปี 2565 - 2567 อุตสาหกรรมเครื่องดื่มมีแนวโน้มเติบโตในอัตราไม่สูงมากสอดคล้องกับทิศทางเศรษฐกิจที่ฟื้นตัวอย่างค่อยเป็นค่อยไป โดยตลาดเครื่องดื่มเช่น น้ำอัดลม เบียร์ และสุรา จะเผชิญแรงกดดันจากกระแสใส่ใจในสุขภาพมากขึ้นของผู้บริโภค ขณะที่ทางมายังคงมาตรการเพื่อลดการบริโภคเครื่องดื่มกลุ่มที่มีผลข้างเคียงต่อสุขภาพเช่น เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และเครื่องดื่มที่ผสมน้ำตาลปริมาณมาก ตลาดเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์มีแนวโน้มเติบโตกระเตื้องขึ้นหลังจากหดตัวในปี 2564 จากกำลังซื้อที่คาดว่าจะฟื้นตัวตามภาวะเศรษฐกิจ และการขยายตัวของชุมชนเมือง ดังภาพประกอบ 4 [1]

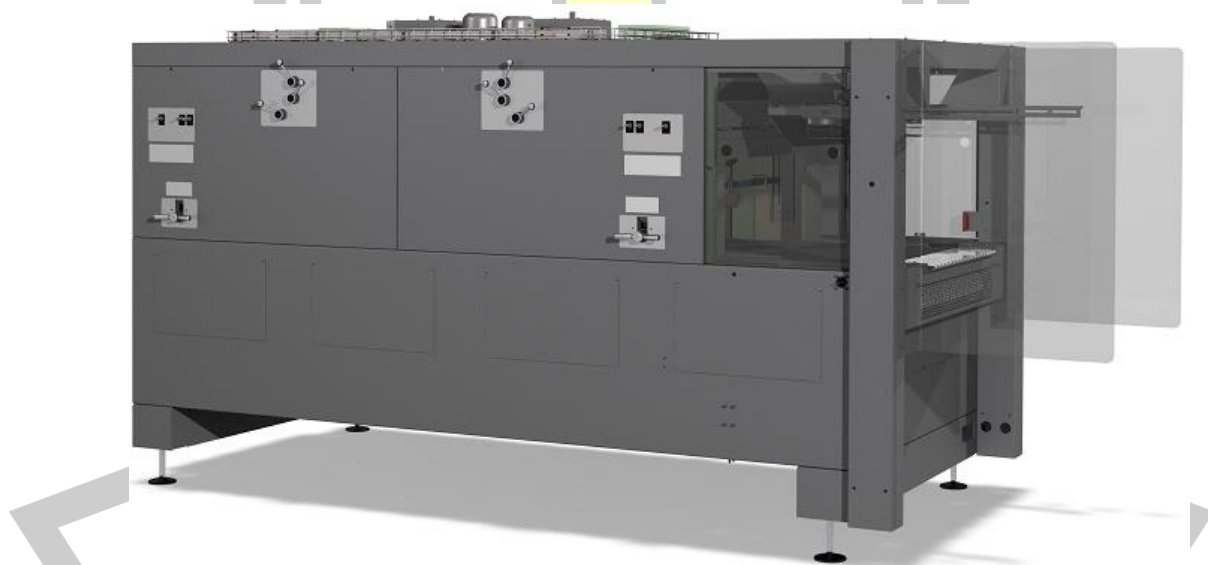


ภาพประกอบ 4 การประมาณการที่นับรายได้ที่เกิดขึ้นของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2564-2567 [1]

2.2 เครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน

2.2.1 ความหมายเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน

เครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน ดังภาพประกอบ 5 เป็นเครื่องจักรอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่ใช้ในอุตสาหกรรมกระบวนการบรรจุภัณฑ์เช่น บรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม ยา เครื่องสำอาง และการค้าปลีก เป็นต้น ได้รับการออกแบบด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิและระบบไหลเวียนอากาศเฉพาะต้องใช้ความร้อนอย่างสม่ำเสมอและแม่นยำ เพื่อหดฟิล์มรอบ ๆ ผลิตภัณฑ์ให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปกระบวนการนี้เรียกว่า "การห่อแบบหด" หรือ "การหดบรรจุภัณฑ์" ใช้ในการปกป้องผลิตภัณฑ์รอยขีดข่วนระหว่างการขนส่งทำให้สินค้าเสียหายได้ ปกป้องผลิตภัณฑ์จากปัจจัยภายนอกเช่น ความชื้น ฝุ่น เป็นต้น ป้องกันการรั่วซึม เพื่อความปลอดภัย ความไว้วางใจของผู้บริโภค และการเพิ่มภาพลักษณ์ที่สวยงามของผลิตภัณฑ์ สามารถช่วยเพิ่มความสามารถทางการตลาดได้ [3]



ภาพประกอบ 5 เครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน [4]

2.2.2 ประเภทของอุโมงค์หด

2.2.2.1 อุโมงค์ความร้อนหดด้วยไอน้ำ ใช้ไอน้ำเป็นแหล่งความร้อนในการหดฟิล์ม มีการกระจายความร้อนที่แม่นยำและสม่ำเสมอ

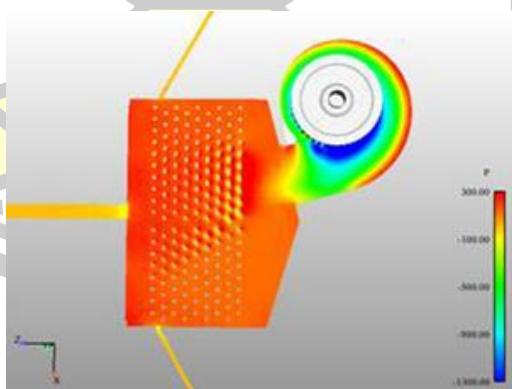
2.2.2.2 อุโมงค์หดแบบอินฟราเรด ใช้รังสีอินฟราเรดเพื่อให้ความร้อนแก่ฟิล์มหด ทำให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการใช้งานที่หลากหลาย

2.2.2.3 อุโมงค์หดด้วยลมร้อน เป่าอากาศร้อนลงบนฟิล์มหด ช่วยให้กระจายความร้อนได้สม่ำเสมอและมีความหลากหลายในแง่ของวัสดุ

2.2.3 ระบบควบคุม

2.2.3.1 การควบคุมอุณหภูมิ ที่แม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ได้อัตราการหดตัวตามที่ต้องการ โดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์หรือฟิล์มเสียหาย ดังนั้นความสามารถในการปรับและรักษาอุณหภูมิที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการเพื่อให้แน่ใจว่าการใช้ความร้อนมีความสม่ำเสมอและแม่นยำ

2.2.3.2 การควบคุมการไหลเวียนของอากาศ อุโมงค์หดของกระบวนการได้รับการออกแบบแบบหมุนเวียนอากาศร้อนภายในอุโมงค์ ดังภาพประกอบ 6 ให้มีองค์ประกอบระบบลมร้อนที่ให้การกระจายความร้อนที่สม่ำเสมอทั่วทั้งความยาวและความกว้างของอุโมงค์ การกระจายความร้อนที่สม่ำเสมอนี้ช่วยให้แน่ใจถึงผลลัพธ์การหดตัวคุณภาพสูง ความยืดหยุ่นสูงสุดด้วยความยาว ความกว้าง ช่องหน้าต่างที่หดตัวด้วยความร้อนจะหดตัวเท่ากันรอบ ๆ ผลิตภัณฑ์ หลีกเลียงรอยยับหรือรอยขีดที่ไม่สม่ำเสมอ ผ่านการตั้งค่าตัวแปรสำหรับความกว้างกำแพงลม ปริมาณความเร็วลม และอุณหภูมิของอากาศช่วยกระจายความร้อนอย่างสม่ำเสมอและสามารถปรับเพื่อให้ได้อัตราการหดตัวและลักษณะที่ต้องการ การควบคุมการไหลเวียนของอากาศที่เหมาะสมยังช่วยป้องกันความร้อนสูงเกินไปและรับประกันการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพประกอบ 6 การไหลเวียนของอากาศร้อน [4]

2.2.3.3 การควบคุมความเร็วสายพานลำเลียง ระบบสายพานลำเลียงภายในอุโมงค์สามารถปรับความเร็วได้ ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมความเร็วที่ผลิตภัณฑ์จะผ่านอุโมงค์ได้

คุณลักษณะนี้จำเป็นสำหรับอัตราการหดตัวที่เหมาะสม เนื่องจากความเร็วของสายพานลำเลียงที่เร็วขึ้น อาจต้องใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือเวลาแฝงของอุโมงค์นานขึ้น การปรับความเร็วสายพานลำเลียงจะควบคุมเวลาการคงตัวภายในอุโมงค์ ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการหดตัว

2.2.4 หลักการทำงานของเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน โดยทั่วไปแล้วอุโมงค์ความร้อนจะทำงานดังนี้

2.2.4.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์ ก่อนที่จะใช้อุโมงค์ความร้อน ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถูกห่อหุ้มไว้ในฟิล์มหดก่อน

2.2.4.2 ระบบสายพานลำเลียง ตอนนี้อนุผลิตภัณฑ์ซึ่งห่อด้วยฟิล์มหดจะถูกวางบนสายพานลำเลียงหรือระบบที่ลำเลียงสินค้าผ่านอุโมงค์ความร้อน

2.2.4.3 การใช้ความร้อน ขณะที่ผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่ผ่านอุโมงค์ ผลิตภัณฑ์จะผ่านโซนที่ให้ความร้อน โซนนี้มีองค์ประกอบระบบลมร้อนที่ใช้ความร้อนแบบควบคุมกับฟิล์มหด ความร้อนทำให้ฟิล์มหดตัวและแน่นตามรูปร่างของผลิตภัณฑ์หรือภาชนะ

2.2.4.4 โซนทำความเย็น หลังจากฟิล์มได้รับความร้อนและหดตัวรอบ ๆ ผลิตภัณฑ์ ฟิล์มจะเข้าสู่โซนทำความเย็นภายนอกอุโมงค์ ซึ่งจะช่วยให้ฟิล์มอยู่ในสภาพหดตัว ทำให้มั่นใจได้ว่าการปิดผนึกแน่นหนา [5]

2.3 การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเครื่องจักร

ความร้อน (Heat) คือ พลังงานที่สามารถถ่ายโอนผ่านขอบเขตของระบบ เมื่ออุณหภูมิระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมมีความแตกต่างกัน โดยมีทิศทางการถ่ายโอนความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและการถ่ายเทพลังงานจะหยุดลงเมื่อเกิดความสมดุลทางความร้อน ดังนั้นความร้อนจึงสามารถนิยามได้ว่า เป็นรูปแบบของพลังงานที่ถ่ายเทระหว่างระบบสองระบบหรือระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิเท่านั้น จากนิยามดังกล่าวจะเห็นได้ว่าจะไม่มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างระบบที่มีอุณหภูมิเดียวกัน ความร้อนดังกล่าวในทางอุณหพลศาสตร์นั้นถือว่าเป็นพลังงานภายใน ซึ่งเป็นคุณสมบัติหนึ่งของระบบ โดยระบบจะไม่มีภาระสะสมความร้อนเอาไว้แต่จะสะสมเป็นพลังงานภายใน โดยค่าพลังงานภายในนั้นมีความสัมพันธ์กับสถานะของระบบ ส่วนความร้อนนั้นจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการระหว่างระบบ โดยกระบวนการที่ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ระบบเรียกว่า กระบวนการให้ความร้อน ส่วนกระบวนการที่ความร้อนที่ถ่ายเทออกจากระบบเรียกว่า กระบวนการคายความร้อน และกระบวนการที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเรียกว่า กระบวนการเอนทาลปีคงที่ [6]

วิธีการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) แบ่งออกเป็น

1) การนำความร้อน (Conduction) หมายถึง กระบวนการที่ความร้อนถ่ายเทโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของอะตอมหรือโมเลกุลในของแข็งไปตามลำดับ

2) การพาความร้อน (Convection) หมายถึง กระบวนการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของของไหล โดยเฉพาะการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวหน้าของวัตถุกับของไหล เรียกว่า การพาความร้อน ในอุปกรณ์สำหรับงานอุตสาหกรรม โดยมากการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลกับผิวของวัตถุ มักจะสำคัญกว่าการถ่ายเทความร้อนภายในตัวของไหลเอง ในที่นี้จะกล่าวถึงการพาความร้อนในลักษณะดังกล่าว การพาความร้อนเกิดขึ้นได้จากการไหลที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ และการไหลที่เกิดจากปั๊มหรือพัดลม เป็นต้น ซึ่งแบบแรกเรียกว่า การพาความร้อนตามธรรมชาติ แบบหลังเรียกว่า การพาความร้อนแบบบังคับ

3) การแผ่รังสี (Radiation) วัตถุทุกชนิดจะแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวและความเข้มค่าหนึ่งจากพื้นผิวอยู่ตลอดเวลา โดยความยาวและความเข้มจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุนั้น การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้เรียกว่า การแผ่รังสีความร้อน หากวัตถุอื่นดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ ก็จะได้รับพลังงานความร้อนทำให้อุณหภูมิของวัตถุสูงขึ้น การถ่ายเทความร้อนในลักษณะนี้เรียกว่า การแผ่รังสี

ปรากฏการณ์การถ่ายเทความร้อน สามารถแบ่งออกเป็นกระบวนการคงที่ และ กระบวนการไม่คงที่ กระบวนการคงที่หมายถึง ในการถ่ายเทความร้อน การกระจายอุณหภูมิภายในตัววัตถุและปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นอยู่กับเวลา ส่วนในกระบวนการไม่คงที่ ปริมาณเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงตามเวลา [7]

สมการการไหลของของไหลที่นำมาใช้แก้ไขปัญหาทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ประกอบด้วย

- 1) สมการอนุรักษ์มวล (Mass Conservation Equation)
- 2) สมการโมเมนตัม (Momentum Equation)
- 3) สมการพลังงาน (Energy Equation)

สมการทั้งหมดจะอยู่ในสมการอนุรักษ์ของการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flows) และ สมการอนุรักษ์ของการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flows) สมการแต่ละสมการจะนำไปแก้ไข ปัญหาการไหลโดยสมการไม่ต่อเนื่อง (Discretized Equation) ที่มาจากการอินทิเกรต (Integrate) ของสมการข้างต้น [8]

2.4 ลักษณะฟิล์มหด

2.4.1 ฟิล์มหด (Shrink Film) คือ พลาสติกที่ได้รับการหลอมละลายด้วยความร้อน แล้วได้รับการเป่าขึ้นรูปหากแผ่นฟิล์มพลาสติกนี้ได้รับความร้อน ณ อุณหภูมิหนึ่งที่ถูกกำหนดไว้ก็จะทำให้ฟิล์มนี้มีการหดตัวเราจึงเรียกว่า ฟิล์มหด [9] ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 ฟิล์มหด [9]

2.4.2 วัสดุที่ใช้ทำฟิล์มหด ผลิตจากวัสดุประเภทโพลิเมอร์ พลาสติก PE หรือโพลิเอทิลีน (Polyethylene) โดยวัสดุ PE แต่ละประเภทจะให้คุณสมบัติความทนทาน ความยืดหยุ่น และสีที่แตกต่างกันไป

ประเภทที่ 1 LDPE (Low - Density Polyethylene) โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ฟิล์มที่มีความหนาแน่นต่ำ รับน้ำหนักได้มาก ขึ้นรูปง่าย สามารถทำให้สีใสได้ และนำไปผลิตเป็นถุงและบรรจุภัณฑ์ได้หลากหลาย

ประเภทที่ 2 LLDPE (Linear Low - Density Polyethylene) โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นฟิล์มหดที่ผลิตจากวัสดุประเภทนี้ มีคุณสมบัติความหนาเท่ากับ LDPE แต่จะมีความยืดหยุ่นสูงกว่า ทนการกระแทกได้ดีกว่า

2.4.3 ประเภทของฟิล์มหด

2.4.3.1 ฟิล์มหดเนื้อขุ่น สำหรับลักษณะของฟิล์มหดเนื้อขุ่นนั้น หลังจากที่ถูกความร้อนแล้วตัวฟิล์มจะหดตัว โดยหลังจากที่ฟิล์มหดตัวเรียบร้อยแล้ว จากฟิล์มก็จะกลายเป็นผิวสัมผัสที่

แข็งแรงและเหนียวมากขึ้น เหมาะสำหรับการใช้ห่อสินค้าที่มีน้ำหนักมาก หรือใช้ในการห่อผลิตภัณฑ์ที่มีหลากหลายชิ้นให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

2.4.3.2 फिल्मใสและเงา फिल्मแบบใสนั้นจะใช้สำหรับเพิ่มความน่าสนใจให้กับตัวผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ดูโดดเด่น สวยงาม ถือเป็นตัวช่วยที่ดี สำหรับผู้ประกอบการที่ต้องการเพิ่มความสะอาดและดูใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์

2.4.4 ประโยชน์ฟิล์มหด

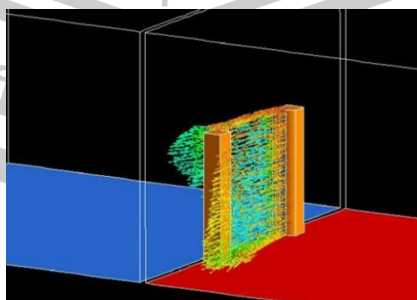
เหมาะสำหรับการนำฟิล์มหดใช้ห่อหุ้มผลิตภัณฑ์ จัดส่งไปยังสถานที่จำหน่าย เพราะจะสามารถป้องกันความเสียหายจากการขนส่ง [10]

2.4.5 ปัจจัยในการเลือก

ปัจจัยในการเลือกใช้ฟิล์มหดให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของฟิล์มหดที่ใช้เป็นหลัก อาทิ ความหนา ความเหนียว ความแข็งแรงของรอยปิดผนึก ความใส อุณหภูมิในการหด เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้อง ควบคุมอุณหภูมิของลมร้อนและระยะเวลาที่ผ่านลมร้อนให้เหมาะสมกับชนิดของฟิล์ม การขาดความพิถีพิถัน ในปัจจัยเหล่านี้ นอกจากจะทำให้เกิดการแตกขาดของฟิล์มหรือการยับย่นแล้ว ยังมีผลให้ผลิตภัณฑ์ขาดความน่าเชื่อถือและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอื่น [11]

2.5 ฉากกั้น

ใช้ป้องกันหรือแบ่งแยกพื้นที่ ในงานวิจัยนี้ใช้เพื่อแบ่งแยกโซนที่แตกต่างกันสองโซน คือ โซนทำความร้อนและโซนทำความเย็น ฉากกั้นจะถูกวางไว้ระหว่างหลังโซนทำความร้อนและหน้าโซนทำความเย็น และใช้เพื่อป้องกันอุณหภูมิจากภายนอกและอุณหภูมิจากโซนทำความเย็นไม่ให้ถ่ายเทเข้าสู่ภายในและเพื่อป้องกันความร้อนถ่ายเทออกจากตัวเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) ดังภาพประกอบ 8

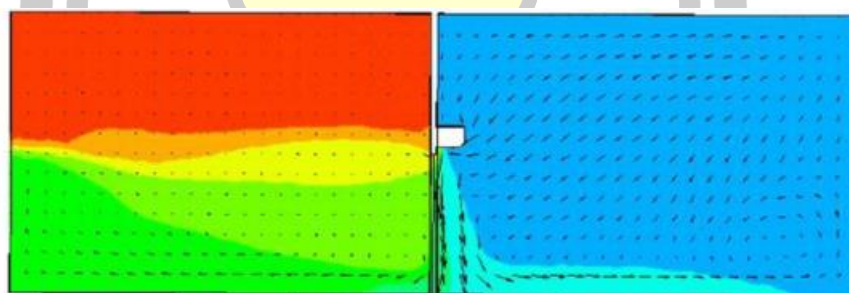


ภาพประกอบ 8 ฉากกั้นแบ่งแยกโซนที่แตกต่างกัน [12]

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันอุณหภูมิ การควบคุมอุณหภูมิ การลดการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อน และการกระจายตัวของอุณหภูมิ มีการศึกษาเผยแพร่บทความทางวิชาการไว้อย่างหลากหลายทั้งในและนอกประเทศ โดยงานวิจัยนี้มีแนวคิดศึกษาผลของการติดตั้งฉนวนกันที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) จึงรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

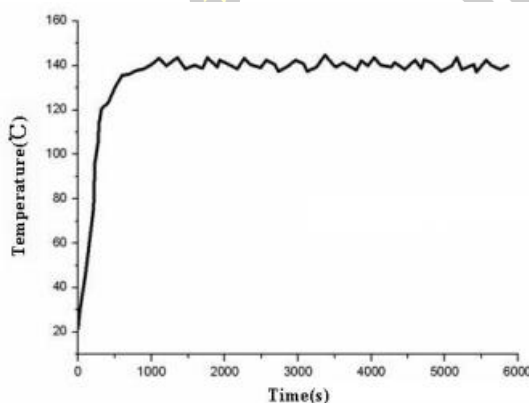
Goncalves JC, Costa JJ, Figueiredo AR, Lopes AM [12] ทำการศึกษาเรื่อง CFD Modelling of Aerodynamic Sealing by Vertical and Horizontal Air Curtains นำเสนอเกี่ยวกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ การปิดผนึกทางเข้าประตูห้องเย็นโดยใช้อุปกรณ์ม่านอากาศ แนวตั้งและแนวนอน (ACD) ที่ติดตั้งภายใน ภายในนอก หรือทั้งสองด้านของประตู โดยการพัฒนาแบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อจำลองกระแสลมปั่นป่วนที่เกิดจากม่านอากาศ ต้องการทราบความเร็วที่เหมาะสมของแรงลมที่จะส่งผลให้เกิดการปิดผนึกสูงสุด ผลลัพธ์เชิงตัวเลขที่ได้จากการจำลองพบว่าเป็นไปได้และสอดคล้องกับการตีความทางกายภาพของปรากฏการณ์การพาความร้อน บ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือของแบบจำลองเชิงตัวเลขที่ใช้ในการศึกษาและม่านอากาศเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการควบคุมอุณหภูมิในห้องเย็น



ภาพประกอบ 9 สนามอุณหภูมิในระนาบแนวตั้ง $Z = 2.9\text{m}$ โดยมีม่านอากาศติดตั้งในห้องเย็น
 $[v_j = 5\text{m/s}, t = 120\text{s}; H_p = 2\text{m}, \Delta T = 25^\circ\text{C}, b_j = 10\text{cm}, \alpha_j = 0^\circ]$ [12]

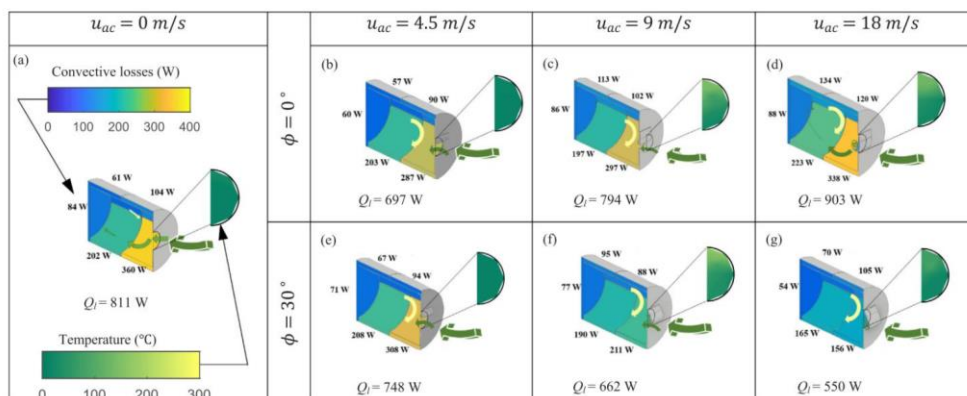
Tang Weiqiang, Wang Fei, Nie Shitao, He Jiazhou [13] ทำการศึกษาเรื่อง The Intelligent Control of Temperature for Packaging Production Systems of Heat Shrink Film นำเสนอเกี่ยวกับวิธีการควบคุมอุณหภูมิการหุ้มด้วยความร้อนในระบบการผลิตบรรจุภัณฑ์อย่างชาญฉลาด ระบบมีความแม่นยำสูง สามารถนำไปสู่การผลิตบรรจุภัณฑ์ที่สม่ำเสมอและเชื่อถือได้

มากขึ้น โดยใช้เทคนิคการควบคุมแบบ Fuzzy เพื่อปรับปรุงคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ฟิล์มหัดด้วยความร้อน รวมฟังก์ชัน 4 อย่างไว้ในระบบ 1. การชดเชยผลป้อนกลับ 2. การวัดประสิทธิภาพ 3. การปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ควบคุม 4. การปรับเปลี่ยนกฎการควบคุม ส่งผลให้เวลาตอบสนองดีขึ้น ลดข้อผิดพลาดในสภาวะคงตัว และเพิ่มคุณภาพการหัดตัวของฟิล์มหัดด้วยความร้อน



ภาพประกอบ 10 เส้นโค้งการตอบสนองการควบคุมอุณหภูมิ [13]

Elham Alipourtarzanagh, Alfonso Chinnici, Graham J. Nathan, Bassam B. Dally [14] ทำการศึกษาเรื่อง Experimental Insights into the Mechanism of Heat Losses from a Cylindrical Solar Cavity Receiver Equipped with an Air Curtain นำเสนอเกี่ยวกับการตรวจสอบประสิทธิภาพของม่านอากาศในการลดการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อนจากตัวรับโพรงทรงกระบอกที่ให้ความร้อนซึ่งทำงานที่มุมเอียงและมุมเอียงคงที่ อุณหภูมิของเครื่องทำความร้อนถูกควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมป้อนกลับ พบว่าการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อนมากที่สุดจากตัวรับช่องทรงกระบอกเกิดขึ้นเหนือพื้นผิวภายในด้านล่างของช่องในทุกกรณี ซึ่งครอบคลุมทั้งระบบการพาความร้อนตามธรรมชาติและแบบบังคับ การเพิ่มความเร็วของม่านอากาศสามารถลดการสูญเสียความร้อนได้มากถึง 60 เปอร์เซ็นต์

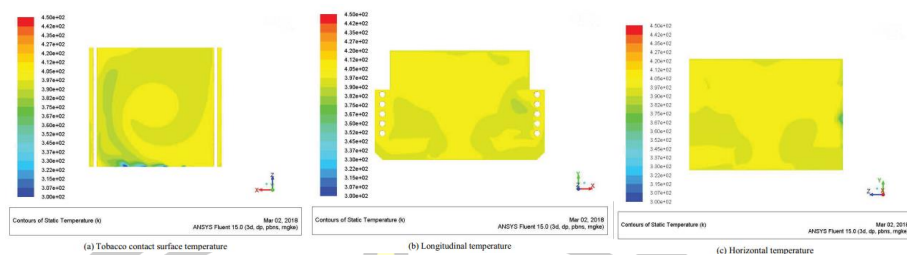


ภาพประกอบ 11 การกระจายบนพื้นผิวของการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อน (W) ที่วัดได้ และอุณหภูมิของอากาศในระนาบรับแสงสำหรับชุดของเงื่อนไข ซึ่งครอบคลุมชุดของมุมการปล่อยผ่านที่แตกต่างกัน 2 ชุด (0 องศา และ 30 องศา) และความเร็วที่แตกต่างกัน 4 ระดับของลมอากาศ (0, 4.5, 9 และ 18 m/s) [$u_m = 6 \text{ m/s}$, $T = 300^\circ\text{C}$, $\theta = 15^\circ$, $\alpha = 0^\circ$] [14]

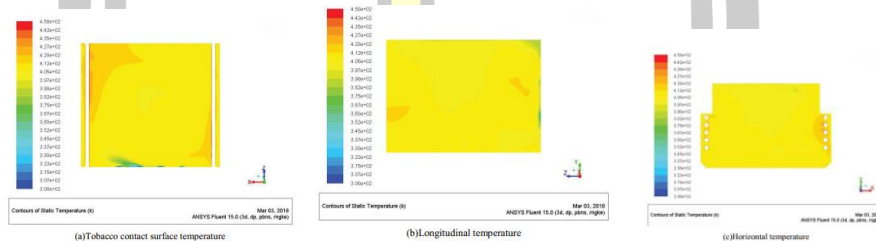
Xudong Yang, Hai Yang, Dong Sun, Mingyang Xu [15] ทำการศึกษาเรื่อง Optimization of Temperature Field of Tobacco Heat Shrink Machine นำเสนอเกี่ยวกับการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมของฟิล์ม PE โดยมุ่งเน้นไปที่ 2 ตัวแปรเท่านั้น (อุณหภูมิการหดตัวของกล่องยาสูบและความสม่ำเสมอของอุณหภูมิภายใน) ใช้แบบจำลอง k - epsilon แบบจำลอง MRF และแบบจำลองของไหล ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าหลังจากติดตั้งโครงสร้างตะแกรงตาข่ายที่ช่องดูดของพัดลมแบบแรงเหวี่ยง ความต้านทานการดูดของพัดลมสามารถเพิ่มขึ้นได้ และความเข้มของกระแสไหลวนที่เกิดจากการหมุนด้วยความเร็วสูงของพัดลมสามารถปรับปรุงได้ สามารถแก้ไขอุณหภูมิที่ไม่สม่ำเสมอของเครื่องได้ ส่งผลลดปัญหาการหดตัวของฟิล์ม



ภาพประกอบ 12 โครงสร้างการติดตั้งตะแกรงตาข่าย [15]

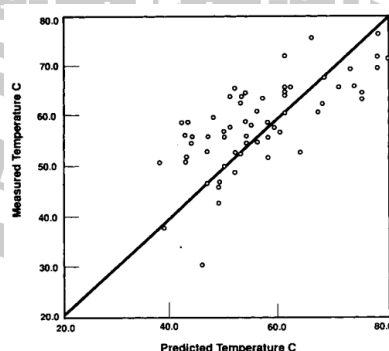


ภาพประกอบ 13 อุณหภูมิการหดตัวก่อนติดตั้งตะแกรงตาข่าย (a) พื้นผิวสัมผัสยาสูบ (b) แนวยาว (c) แนวนอน [15]



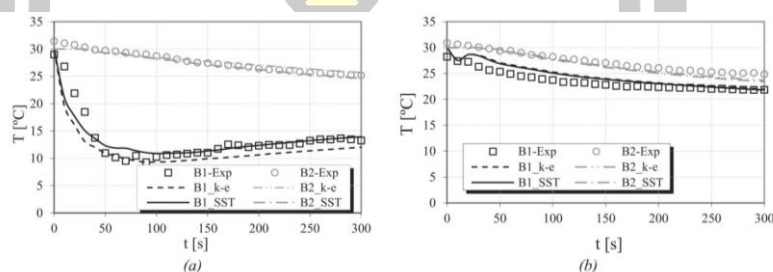
ภาพประกอบ 14 อุณหภูมิการหดตัวหลังติดตั้งตะแกรงตาข่าย (a) พื้นผิวสัมผัสยาสูบ (b) แนวยาว (c) แนวนอน [15]

D. M. Bigg [16] ทำการศึกษาเรื่อง An Investigation of the Shrinkage Behavior of Oriented PVC in a Hot Air Tunnel นำเสนอเกี่ยวกับการวิเคราะห์พฤติกรรมของฟิล์มหด PVC ในเตาอบแบบอุโมงค์ลม การหดตัวที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อฟิล์มได้รับความร้อนสูง วิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของ Nusselt ระหว่างอากาศปั่นป่วนและกระบอก สามารถวิเคราะห์ฟิล์มหดให้เหมาะสม ภาชนะบรรจุ



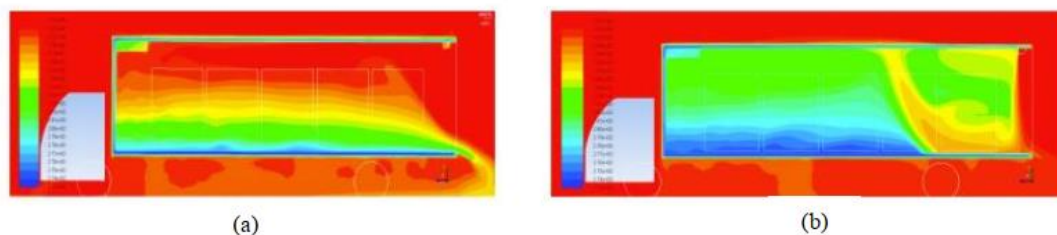
ภาพประกอบ 15 อุณหภูมิที่วัดได้ Film/Container เทียบกับสมการทำนาย [16]

Goncalves JC, Costa JJ, Lopes AM [17] ทำการศึกษาเรื่อง Parametric Study on the Performance of an Air Curtain Based on CFD Simulations - New proposal for Automatic Operation นำเสนอเกี่ยวกับการศึกษาแบบพารามетริกเกี่ยวกับประสิทธิภาพของม่านอากาศที่ติดตั้งเหนือประตูทางเข้าทางออกของห้องเย็น จุดมุ่งหมายคือ หาพารามิเตอร์ทางเรขาคณิตและไดนามิก ได้แก่ ความสูงของประตู ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างห้อง แบบจำลองตัวเลขถูกนำมาใช้เพื่อจำลองการไหลของอากาศ 3 มิติ การไหลแบบปั่นป่วนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาชั่วคราวหลังจากเปิดประตูเปิดและปิดม่านอากาศ ผลกระทบของความปั่นป่วนถูกนำมาพิจารณาด้วยแบบจำลอง k - epsilon แบบจำลอง SST ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า ความเร็วที่ระบายเหมาะสมของม่านอากาศจะเพิ่มขึ้นตามความสูงของประตู รวมถึงความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างทั้งสองด้านของม่านอากาศ



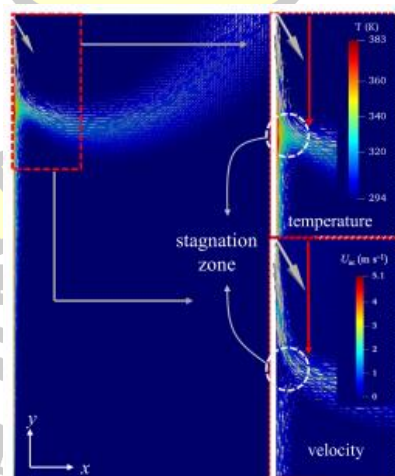
ภาพประกอบ 16 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในจุดตรวจสอบ 2 จุดซึ่งได้จากการทดลองและเชิงตัวเลขโดยใช้แบบจำลองความปั่นป่วน 2 แบบ (k - epsilon และ k - epsilon แบบจำลอง SST): (a) ปิดม่านอากาศ (b) เปิดม่านอากาศ [17]

Ashika Rai, Jining Sun, and Savvas A Tassou [18] ทำการศึกษาเรื่อง Numerical Investigation of the Protective Mechanisms of Air Curtain in a Refrigerated Truck during Door Openings นำเสนอเกี่ยวกับการศึกษาเชิงตัวเลข 3 มิติ เกี่ยวกับพฤติกรรมการไหลของอากาศและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในตัวรถบรรทุกทุกห้องเย็นในช่วงเวลาที่มีและไม่มีม่านอากาศ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการใช่ม่านอากาศในฐานะกลไกการป้องกันความเร็วที่ปล่อยแตกต่างกัน พบว่า ม่านอากาศสามารถป้องกันการพาความร้อนตามธรรมชาติจากการแทรกซึมที่ถูกบังคับเข้าไปในตู้ได้



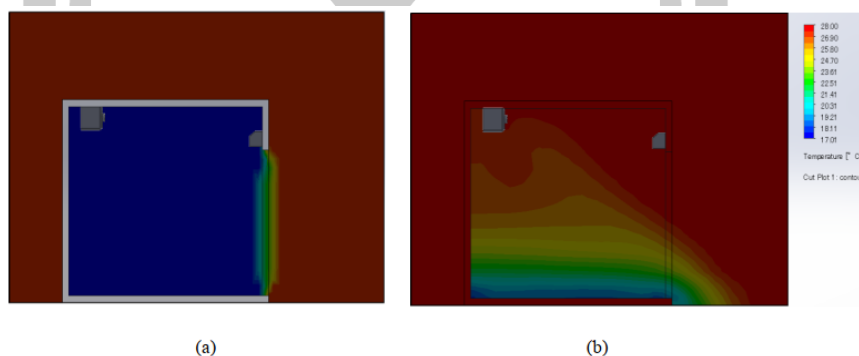
ภาพประกอบ 17 (a) การกระจายอุณหภูมิภายในตัวรถบรรทุกห้องเย็นเมื่อไม่มีม่านอากาศ (b) การกระจายอุณหภูมิภายในตัวรถบรรทุกห้องเย็นโดยมีม่านอากาศเปลี่ยนแปลงความเร็ว 5.4 m/s [18]

Razon Mondal, Juan F. Torres, Graham Hughes, and John Pye [19] ทำการศึกษาเรื่อง Air Curtains for Reduction of Natural Convection Heat Loss from a Heated Plate: a Numerical Investigation นำเสนอเกี่ยวกับการศึกษาการลดการสูญเสียการพาความร้อนโดยใช้ระนาบที่ขัดขวางการไหลลอยตัวที่เกิดจากพื้นผิวที่ให้ความร้อนของเครื่องรับ CSP ภายนอก มีการใช้แผ่น Isothermal flat plate ที่มีความสูง 1.8 เมตร โดยมีม่านอากาศ ซึ่งมีพารามิเตอร์ 4 ตัวที่แตกต่างกัน ได้แก่ ความเร็วและมุม อุณหภูมิของแผ่นและความเอียง ผลการวิจัยพบว่า ม่านอากาศสร้างโซนและลดการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อนเฉพาะที่เกิดจากพื้นผิวเรียบได้

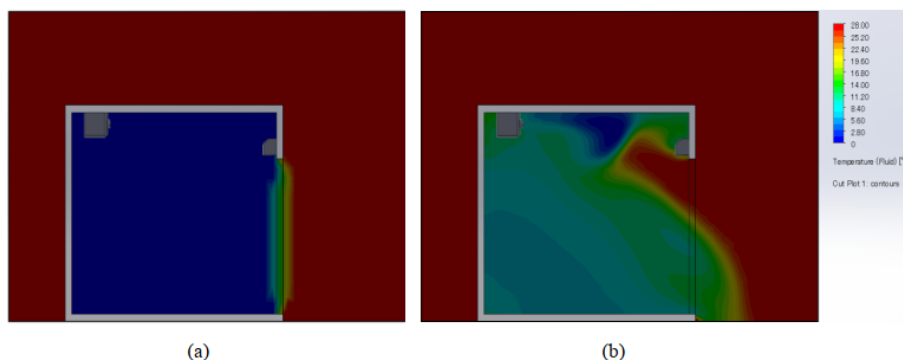


ภาพประกอบ 18 ประสิทธิภาพของม่านอากาศเฉียง 30 องศาอุณหภูมิกับความเร็ว 5.1 m/s [19]

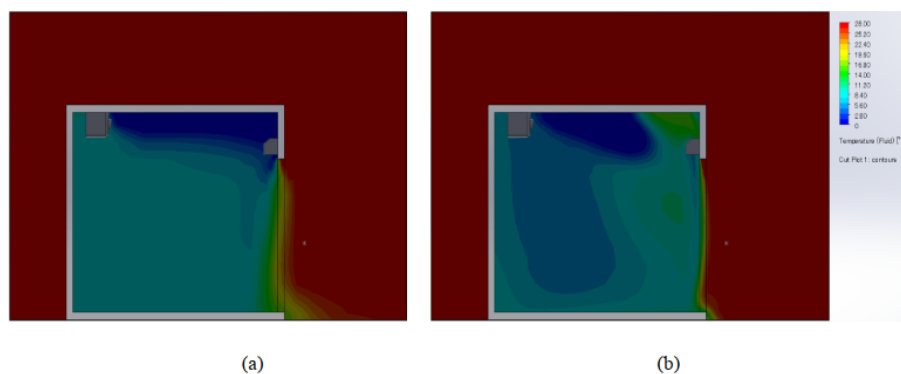
Peem Pongsupat ทำการศึกษาเรื่อง A Study of The Open Refrigerator Air Curtain to Improve Cold Storage Energy Efficiency [20] นำเสนอเกี่ยวกับการจำลองการแทรกซึมของอากาศอุ่นของห้องเย็นจากการนำม่านอากาศประยุกต์ใช้กับห้องเย็น โดยการเปรียบเทียบกันระหว่างห้องเย็นที่ไม่ติดตั้งม่านอากาศกับม่านอากาศที่ใช้กริรวั้วทัวไปและม่านอากาศที่ใช้กริรวั้วฝั้ง ผลจากการจำลองการแทรกซึมของอากาศอุ่นด้วย SolidWorks 2022 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องเย็นและทิศทางการไหลของอากาศ ผลการทดลองเปรียบเทียบกริรวั้วฝั้งพบว่ามีค่าความแตกต่างของการแทรกซึมของอากาศอุ่น โดยกริรวั้วฝั้งจะช่วยลดปั่นป่วนของอากาศภายในห้องเย็นได้มากกว่าแบบกริรวั้วทัวไปจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องเย็นมีความสม่ำเสมอมากกว่า และยังสามารถป้องกันรักษาอุณหภูมิภายในห้องเย็นได้ดีกว่า 10.62 เปอร์เซ็นต์



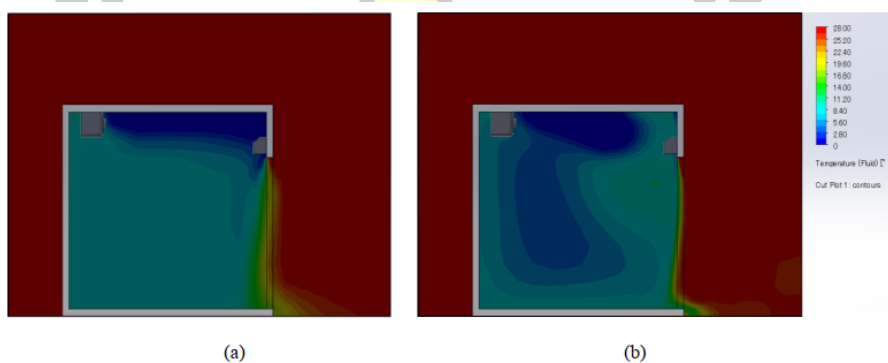
ภาพประกอบ 19 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน(a) 0 วินาที (b) 100 วินาที [20]



ภาพประกอบ 20 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังทำงาน(a) 0 วินาที (b) 5 วินาที [20]

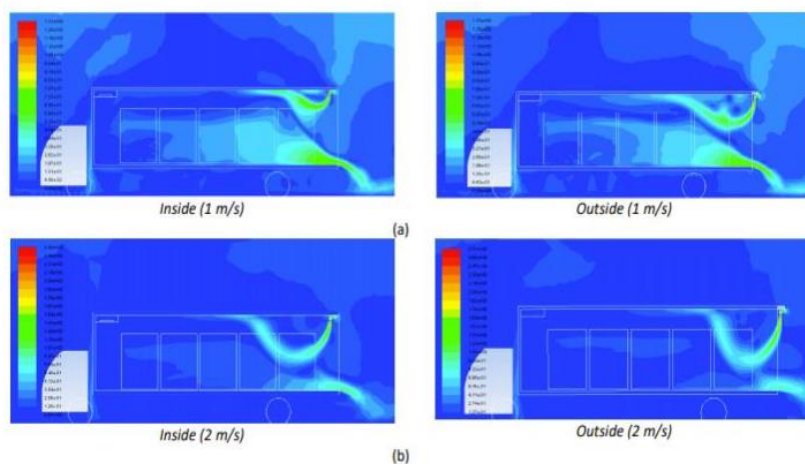


ภาพประกอบ 21 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริวทั่วไป(a) 100 วินาที (b) 5 วินาที [20]



ภาพประกอบ 22 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริวผึ้ง(a) 100 วินาที (b) 5 วินาที [20]

Ashika Rai, Jining Sun, and Savvas A. Tassou. [21] ทำการศึกษาเรื่อง Three-Dimensional Investigation on the Positioning of Air Curtain on its Effectiveness in Refrigerated Vehicles used for Food Distribution นำเสนอเกี่ยวกับการตรวจสอบตำแหน่งม่านอากาศที่แตกต่างกัน 2 ตำแหน่ง ทั้งภายในและภายนอกรถสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพการป้องกันอากาศอุ่นที่ติดตั้งไว้ด้านใน เนื่องจากอากาศอุ่นจากภายนอกจะปะทะกับม่านอากาศที่ติดตั้งอยู่ภายนอกก่อนที่จะเข้ามาในตัวรถห้องเย็น



ภาพประกอบ 23 เปรียบเทียบความเร็วลมเมื่อติดตั้งม่านไว้ด้านในและด้านนอก(a) 1m/s และ (b) 2 m/s [21]

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสาร ทฤษฎี และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับพบว่า การหุดหุ้มที่ดีควรมีลักษณะหุดหุ้มให้แนบชิดติดกับผลิตภัณฑ์พอดิและมีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับประเภทฟิล์มที่ใช้งาน หากอุณหภูมิจากโซนทำความเย็นและอุณหภูมิภายนอกถ่ายเทเข้าสู่ภายในหรือความร้อนถ่ายเทออกจากอุโมงค์ความร้อน อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของอุณหภูมิที่สม่ำเสมอภายในอุโมงค์ความร้อน ซึ่งมีงานวิจัยเกี่ยวกับการป้องกันอุณหภูมิไม่ให้ถ่ายเทเข้าสู่ภายในและป้องกันอุณหภูมิถ่ายเทออกจากอุโมงค์ความร้อน แสดงให้เห็นว่าได้มีการแก้ไขและพัฒนาประสิทธิภาพในการใช้งานเพื่อป้องกันอุณหภูมิ การควบคุมอุณหภูมิ การลดการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อน และการกระจายตัวของอุณหภูมิไว้หลายประเภทเช่น การปิดผนึกทางเข้าทางออกของห้องเย็น รถบรรทุกห้องเย็น เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะติดตั้งฉากกันเพื่อศึกษาผลของการติดตั้งฉากกันที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหุดหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหุดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) ซึ่งจะทำให้การศึกษาตั้งแต่วิธีการทำงานของเครื่องจักร ปัญหาของบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานด้านภาพลักษณ์ที่พบในกระบวนการบรรจุ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และนำมาเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนและหลังติดตั้งฉากกัน นำเสนอเป็นแนวทางสำหรับควบคุมการกระจายตัวของอุณหภูมิให้สม่ำเสมอภายในอุโมงค์ความร้อน

ตาราง 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

Authors (ชื่อผู้แต่ง)	Objective (วัตถุประสงค์)	Scope of study (ขอบเขตงานวิจัย)	Methodology (วิธีการวิจัย)	Major results (ผลลัพธ์)
Goncalves JC, Costa JJ, Figueiredo AR, Lopes AM [12]	เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ การปิดผนึกทางเข้าประตูห้อง เย็นโดยใช้อุปกรณ์ผ่านอากาศ แนวตั้งและแนวนอน (ACD) ที่ติดตั้งภายใน ภายนอก หรือ ทั้งสองด้านของประตู	- เปรียบเทียบการปิดผนึกตาม หลักอากาศพลศาสตร์ของ ทางเข้าประตูของห้องเย็นโดยใช้ การกำหนดค่าต่าง ๆ ของ อุปกรณ์ผ่านอากาศ (ACD) ที่ ติดตั้งภายใน ภายนอก หรือทั้ง สองด้านของประตู ใช้พลศาสตร์ของไหลเชิง คำนวณ (CFD) สำหรับการ จำลองเชิงตัวเลข	แบบจำลองตัวเลข 3 มิติถูกนำมาใช้ โดยใช้รหัสเชิงพาณิชย์ ANSYS CFX (r) เพื่อจำลองกระแสลมปั่นป่วนที่ เกิดจากमानอากาศหลังจากเปิด ประตู แบบจำลองนี้พื้นฐานมาจาก การแก้สมการเฉลี่ยของเรย์โนลด์ส สำหรับการอนุรักษ์มวล โมเมนตัม และพลังงาน และจำลองผลกระทบ ของความปั่นป่วน	ผลลัพธ์เชิงตัวเลขที่ได้จากการ จำลองพบว่าเป็นไปได้และ สอดคล้องกับการตีความทาง กายภาพของปรากฏการณ์การ พาความร้อน บ่งบอกถึงความ น่าเชื่อถือของแบบจำลองเชิงตัว เลขที่ใช้ในการศึกษาและมาน อากาศเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ พลังงาน และการควบคุม อุณหภูมิในห้องเย็น

ตาราง 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

Authors (ชื่อผู้แต่ง)	Objective (วัตถุประสงค์)	Scope of study (ขอบเขตงานวิจัย)	Methodology (วิธีการวิจัย)	Major results (ผลลัพธ์)
Tang Weiqiang, Wang Fei, Nie Shitao, He Jiazhou [13]	ควบคุมอุณหภูมิอย่างชาญฉลาดสำหรับระบบการผลิตบรรจุภัณฑ์ฟิล์มหัตด้วยความร้อน ความร้อน	ทดลองควบคุมดำเนินการโดยใช้เครื่องบรรจุภัณฑ์ฟิล์มหัตด้วยความร้อนที่บรรจุขวดเบียร์แก้ว เส้นใยการทดลองประกอบด้วย ความจุ 100 มิลลิลิตร การจัดเรียงขวด 3 ขวด x 4 เส้น และช่องบรรจุภัณฑ์ฟิล์ม POSF หด ความยาว 3 เมตร	- เทคนิคการควบคุมแบบ Fuzzy รวมฟังก์ชัน 4 อย่างไว้ในระบบ 1. การชดเชยผลป้อนกลับ 2. การวัดประสิทธิภาพ 3. การปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ควบคุม 4. การปรับเปลี่ยนกฎการควบคุม - ตั้งโปรแกรมอัลกอริธึมการควบคุมลงใน PLC (Programmable Logic Controller) และดำเนินการแก้ไขจุดบกพร่องก่อนดำเนินการทดลองควบคุม	แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำสูงและปรับปรุงคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ฟิล์มหัตด้วยความร้อน ข้อผิดพลาดในสภาวะคงตัวของอุณหภูมิการหัตด้วยความร้อนลดลง ส่งผลให้คุณภาพการหัตของฟิล์มเพิ่มขึ้น

ตาราง 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

Authors (ชื่อผู้แต่ง)	Objective (วัตถุประสงค์)	Scope of study (ขอบเขตงานวิจัย)	Methodology (วิธีการวิจัย)	Major results (ผลลัพธ์)
Elham Alipourtarzanagh, Alfonso Chinnici, Graham J. Nathan, Bassam B. Dally [14]	เพื่อพิจารณาผลกระทบของ มุมระบายนและความเร็วผ่าน อากาศที่แตกต่างกันต่อการ สูญเสียความร้อนจากการพา ความร้อน และเพื่อระบุการ วางแนวและความเร็วที่มี ประสิทธิภาพสูงสุดในการลด การสูญเสียความร้อน	ตรวจสอบประสิทธิภาพของท่อ อากาศในการสูญเสียความร้อน จากการพาความร้อนจากตัวรับ ช่องแสงอาทิตย์ทรงกระบอกที่ ทำงานที่มุมเอียงและมุมเอียง คงที่	อุณหภูมิของเครื่องทำความร้อน ถูกควบคุมโดยใช้ตัวควบคุม ป้อนกลับ	พบว่าการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อนมากที่สุดจาก ตัวรับช่องทรงกระบอกเกิดขึ้น เหนือพื้นผิวภายในด้านล่างของ ช่องในทุกกรณี ซึ่งครอบคลุมทั้ง ระบบการพาความร้อนตาม ธรรมชาติและแบบบังคับ การเพิ่มความเร็วมานานอากาศ ทำสามารถลดการสูญเสียความร้อนได้มากถึง 60 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

Authors (ชื่อผู้แต่ง)	Objective (วัตถุประสงค์)	Scope of study (ขอบเขตงานวิจัย)	Methodology (วิธีการวิจัย)	Major results (ผลลัพธ์)
Xudong Yang, Hai Yang, Dong Sun, Mingyang Xu [15]	แก้ปัญหาการหดตัวของฟิล์ม ในเครื่องจักรการหล่อหดยาสูบ เนื่องจากอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ	ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมของ ฟิล์ม PE ศึกษาโดยมุ่งเน้นไปที่ 2 ตัวแปรเท่านั้น (อุณหภูมิการ หดตัวของกล่องยางสูบและความ สม่ำเสมอของอุณหภูมิภายใน)	แบบจำลอง k- epsilon แบบจำลอง MRF แบบจำลองของไหล	สามารถแก้ไขอุณหภูมิที่ไม่ สม่ำเสมอของเครื่องได้ และลด ปัญหาการหดตัวของฟิล์ม
D. M. Bigg [16]	วิเคราะห์พฤติกรรมของฟิล์ม หด PVC ในเตาอบแบบ อุโมงค์ลม	วิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน ของ Nusselt ระหว่างอากาศ ปั่นป่วนและกระบอกสูบ	ทดลองให้ความร้อน 4 จุด บันทึกอุณหภูมิอากาศที่วัดได้และ อุณหภูมิของแก๊ส	สามารถวิเคราะห์ฟิล์มหดให้ เหมาะสมและปรับปรุงคุณภาพ ของฉลากบนภาชนะบรรจุ
Goncalves JC, Costa JJ, Lopes AM [17]	ศึกษาแบบพาราเมตริก เกี่ยวกับประสิทธิภาพของ ม่านอากาศที่ติดตั้งเหนือ ประตูทางเข้าทางออกของ ห้องเย็น	หาพารามิเตอร์ทางเรขาคณิต และไดนามิก ได้แก่ ความสูง ของประตู ความแตกต่างของ อุณหภูมิระหว่างห้อง	ใช้แบบจำลอง k- epsilon แบบจำลอง SST การไหลแบบ ปั่นป่วนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา ชั่วคราวหลังจากเปิดประตู เปิด และปิดม่านอากาศ	ความเร็วที่ระบายเหมาะสมของ ม่านอากาศจะเพิ่มขึ้นตามความสูง ของประตู รวมถึงความแตกต่าง ของอุณหภูมิระหว่างห้องสองด้าน ของม่านอากาศ

ตาราง 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

Authors (ชื่อผู้แต่ง)	Objective (วัตถุประสงค์)	Scope of study (ขอบเขตงานวิจัย)	Methodology (วิธีการวิจัย)	Major results (ผลลัพธ์)
Ashika Rai, Jining Sun, and Savvas A Tassou [18]	การศึกษาเชิงตัวเลข 3 มิติเกี่ยวกับพฤติกรรมการไหลของอากาศและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในตัวบรรทุกห้องเย็นในช่วงเวลาที่มีและไม่มีม่านอากาศ	อุณหภูมิภายในตัวถังบรรทุกแช่เย็นและผลิตภัณฑ์ที่ต่างไว้ที่ 0 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิโดยรอบ 20 องศาเซลเซียส	ติดตั้งม่านอากาศ	ม่านอากาศสามารถป้องกันการความร้อนตามธรรมชาติจากการแทรกซึมที่อุณหภูมิต่ำเข้าไปในตู้
Razon Mondal, Juan F. Torres, Graham Hughes, and John Pye [19]	ศึกษาการลดการสูญเสียการพาความร้อน	พารามิเตอร์ 4 ตัวที่แตกต่างกัน ความเร็วและมุม อุณหภูมิของแผ่นและความเอียง	ใช้แผ่น Isothermal flat plate ที่มีความสูง 1.8 เมตร	ม่านอากาศสร้างโซนและลดการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อนเฉพาะที่เกิดจากพื้นผิวเรียบได้

ตาราง 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

Authors (ชื่อผู้แต่ง)	Objective (วัตถุประสงค์)	Scope of study (ขอบเขตงานวิจัย)	Methodology (วิธีการวิจัย)	Major results (ผลลัพธ์)
Peem Pongsupat (2022) [20]	จำลองการแทรกซึมของ อากาศอุ่นของห้องเย็นจาก การนำม่านอากาศประยุกต์ใช้ กับห้องเย็น	เปรียบเทียบกันระหว่างห้อง เย็นที่ไม่ติดตั้งม่านอากาศกับ ม่านอากาศที่ใช้กักรังผึ้ง และม่านอากาศที่ใช้กักรังผึ้ง	- จำลองการแทรกซึมของอากาศ อุ่นด้วย Solidwork 2022 - ทดลองแบบไม่ติดตั้งม่านอากาศ กับม่านอากาศที่ใช้กักรังผึ้ง และม่านอากาศที่ใช้กักรังผึ้ง	กักรังผึ้งจะช่วยลดปัญหวนของ อากาศภายในห้องเย็นได้มากกว่า แบบกักรังทั่วไปจึงทำให้อุณหภูมิ ภายในห้องเย็นมีความสม่ำเสมอ มากกว่า และยังสามารถป้องกัน รักษาอุณหภูมิภายในห้องเย็นได้ ดีกว่า 10.62 เปอร์เซ็นต์
Ashika Rai, Jining Sun, and Savvas A. Tassou. (2019) [21]	ตรวจสอบตำแหน่งม่าน อากาศที่แตกต่างกัน 2 ตำแหน่ง	ตั้งม่านอากาศภายในและ ภายนอก	ติดตั้งม่านอากาศ	ประสิทธิภาพการป้องกันอากาศ อุ่นที่ติดตั้งไว้ด้านใน เนื่องจาก อากาศอุ่นจากภายนอกจะปะทะ กับม่านอากาศที่ติดตั้งอยู่ภายใน นอกรั้วก่อนที่จะเข้ามาในตัวห้อง เย็น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาผลของการติดตั้งฉากกันที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) ดังนั้นเพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

- 3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา
- 3.2 ขั้นตอนในการวิจัย
- 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

- 3.1.1 ตัวแปรอิสระ
 - 3.1.1.1 อุโมงค์ความร้อนแบบไม่มีฉากกัน
 - 3.1.1.2 อุโมงค์ความร้อนแบบติดตั้งฉากกัน
- 3.1.2 ตัวแปรตาม
 - 3.1.2.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในอุโมงค์ความร้อน
- 3.1.3 ตัวแปรควบคุม
 - 3.1.3.1 ฉากกันชนิดเดียวกัน
 - 3.1.3.2 เครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน
 - 3.1.3.3 วัตถุอุณหภูมิจุดเดียวกัน

3.2 ขั้นตอนในการวิจัย

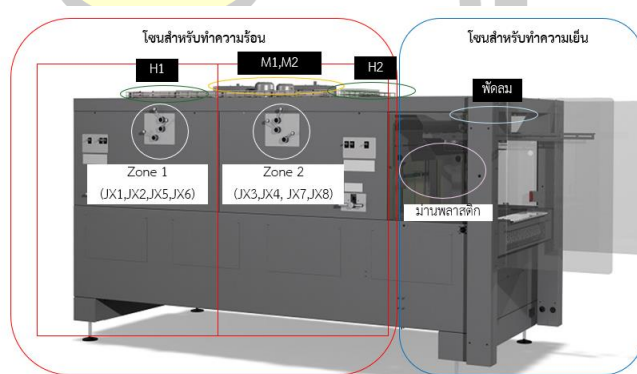
3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1.1 ศึกษาสภาพและกระบวนการทำงานของเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างชัดเจนในแต่ละกระบวนการทำงาน พร้อมทั้งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความสูญเสียที่เกิดขึ้น จากนั้นผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์หาปัญหาที่เกิดขึ้นของเครื่องจักร โดยเลือกปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์ที่เกิดขึ้น

1) ข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องจักร ผู้วิจัยได้ศึกษาส่วนประกอบของเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) ตามภาพประกอบ 24 ประกอบไปด้วย 2 โซน

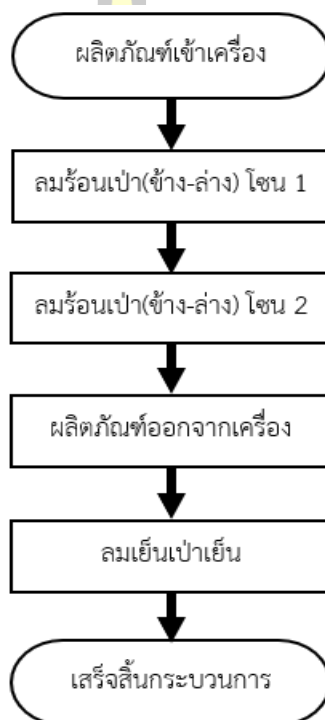
(1) โซนสำหรับทำความร้อน มอเตอร์ (M1,M2) มีหน้าที่ดูดลมร้อนจากเครื่องทำความร้อน (H1,H2) จากนั้นลมร้อนที่ถูกดูดจะปล่อยผ่านเข้าไปตามท่อและออกทางกำแพงลม ซึ่งควบคุมแรงลมได้จากลิ้นปี (Zone 1 JX1,JX2) (Zone 2 JX3, JX4) และควบคุมระยะห่างระหว่างกำแพงกับบรรจุภัณฑ์เพื่อลดหรือเพิ่มพื้นที่ของฟิล์มที่โดนความร้อน (Zone1 JX5,JX6) (Zone 2 JX7,JX8) โดยสามารถกำหนดอุณหภูมิ และความเร็วสายพานได้จากหน้าจอมอนิเตอร์

(2) โซนสำหรับทำความเย็น ม่านพลาสติกมีหน้าที่ป้องกันความร้อนถ่ายเทออก และป้องกันลมเย็นจากพัดลมที่ทำให้ฟิล์มหุ้มบรรจุภัณฑ์เย็นตัวเร็วขึ้นถ่ายเทเข้าอุโมงค์ความร้อน



ภาพประกอบ 24 ส่วนประกอบของเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping)

และใช้แผนภูมิการไหล (Flow Process Chart) เขียนขั้นตอนการหดของฟิล์มหุ้มผลิตภัณฑ์ ตามภาพประกอบ 25 เพื่อผู้วิจัยจะสามารถมองเห็นถึงตัวแปรทั้งหมดที่ส่งผลกระทบต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหดฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) และสามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้อย่างครอบคลุม



ภาพประกอบ 25 แสดงขั้นตอนการหดของฟิล์มหุ้มผลิตภัณฑ์

3.2.1.2 ศึกษาและเก็บข้อมูลกระบวนการบรรจุ ทำการค้นหาปัญหาของบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์ที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการหดฟิล์ม โดยตรวจสอบคุณภาพจากฝ่ายประกันคุณภาพซึ่งพบปัญหาที่เกิดขึ้นคือ การหดฟิล์มที่ไม่สม่ำเสมอ การบิดเบี้ยวหรือการละลายของฟิล์ม

1) ทางโรงงานตัวอย่างได้กำหนดค่ามาตรฐานลักษณะการหุ้มฟิล์มจากขอบเขตถึงหน้าต่างฟิล์มตามภาพประกอบ 26

(1) ฟิล์มที่ได้มาตรฐาน

- (1.1) ความกว้างของหน้าต่างด้านข้าง ฟิล์มหุ้มบรรจุภัณฑ์ต้อง $\geq A$ mm
- (1.2) ความกว้างของหน้าต่างด้านบน ฟิล์มหุ้มบรรจุภัณฑ์ต้อง $\geq B$ mm
- (1.3) ความกว้างของหน้าต่างด้านล่าง ฟิล์มหุ้มบรรจุภัณฑ์ต้อง $\geq C$ mm

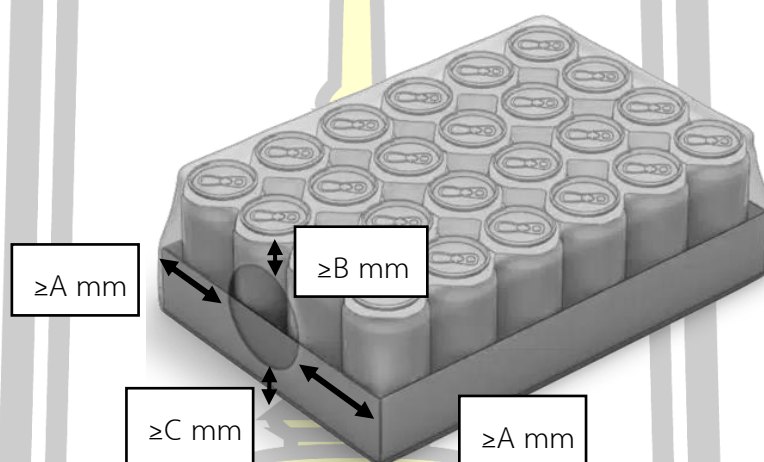
(2) फिल्मที่ไม่ได้มาตรฐาน

(2.1) ความกว้างของหน้าต่างด้านข้าง फिल्मหุ้มบรรจุภัณฑ์ < A mm

(2.2) ความกว้างของหน้าต่างด้านบน फिल्मหุ้มบรรจุภัณฑ์ < B mm

(2.3) ความกว้างของหน้าต่างด้านล่าง फिल्मหุ้มบรรจุภัณฑ์ < C mm

หากค่าการหุ้มฟิล์มจากขอบถาดถึงหน้าต่างต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่โรงงานตัวอย่างกำหนดถือว่าเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์



ภาพประกอบ 26 ค่ามาตรฐานลักษณะการหุ้มฟิล์มจากขอบถาดถึงหน้าต่างฟิล์ม

3.2.1.3 ทำการวัดอุณหภูมิความร้อนที่ใช้ในการหดหุ้มฟิล์มในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) โดยผู้วิจัยจะทำการวัดอุณหภูมิจากกำแพงลมจำนวน 15 ครั้ง มาบันทึกในแบบฟอร์มตามตาราง 3

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตาราง 3 แบบฟอร์มบันทึกการวัดอุณหภูมิ

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิภายในเครื่องแบบ ไม่มีฉากรัด (องศาเซลเซียส)
ครั้งที่ 1	
ครั้งที่ 2	
ครั้งที่ 3	
ครั้งที่ 4	
ครั้งที่ 5	
ครั้งที่ 6	
ครั้งที่ 7	
ครั้งที่ 8	
ครั้งที่ 9	
ครั้งที่ 10	
ครั้งที่ 11	
ครั้งที่ 12	
ครั้งที่ 13	
ครั้งที่ 14	
ครั้งที่ 15	
ผลรวม (Sum Total)	
ค่าเฉลี่ย (Average)	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)	

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

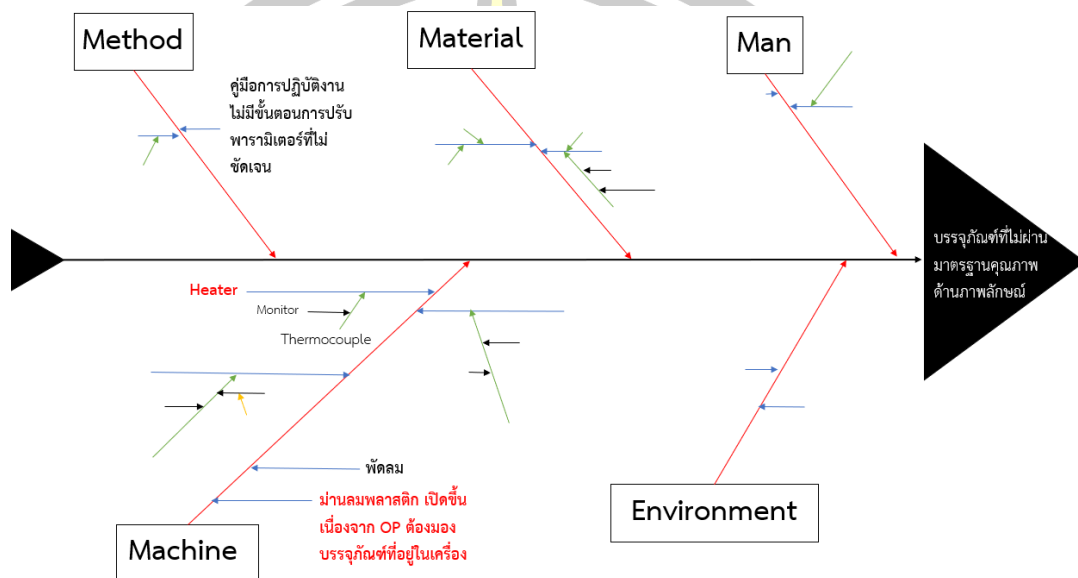
3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วิเคราะห์ข้อมูลเลือกตัวแปร และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยแผนผังก้างปลา

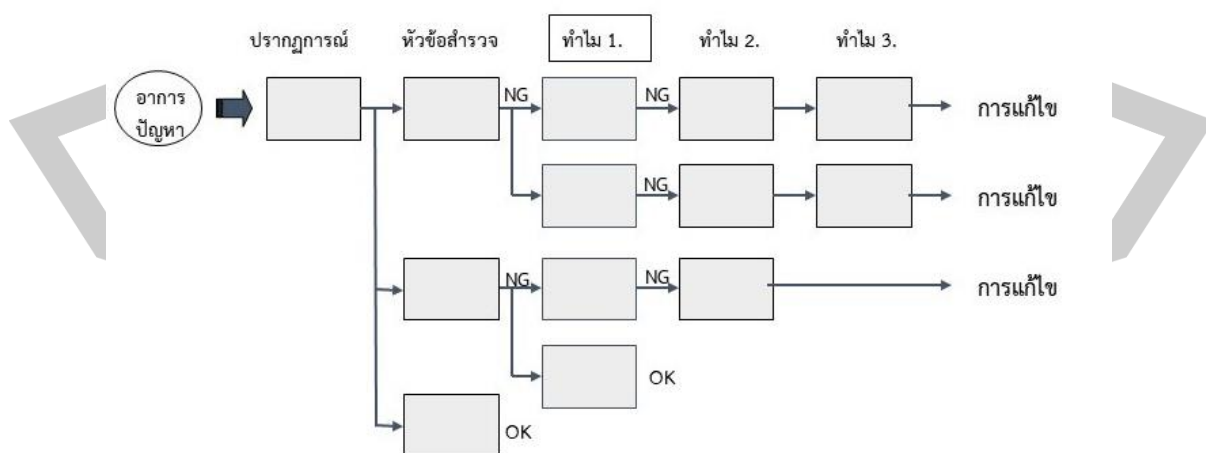
การวิเคราะห์หาสาเหตุของบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์ เริ่มต้นด้วยการระดมสมองร่วมกันจากผู้ที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ ซึ่งประกอบไปด้วยระดับหัวหน้าแผนกบรรจุ หัวหน้าแผนกช่างซ่อมบำรุง หัวหน้าแผนกประกันคุณภาพ ช่าง และ

ผู้ปฏิบัติงาน ร่วมกันหาสาเหตุและรวบรวมปัจจัยทั้งหมดที่อาจจะส่งผลกระทบต่อปัญหา โดยการนำสาเหตุมาใส่ในแผนผังก้างปลา ซึ่งสาเหตุต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นอาจมาจากสิ่งที่เป็นองค์ประกอบหลักในการทำงาน เช่น พนักงาน วัตถุดิบ วิธีการ เครื่องจักรหรือสิ่งแวดล้อม ดังภาพประกอบ 27



ภาพประกอบ 27 แผนผังก้างปลา

3.3.1.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วย Why - Why Analysis ของการเกิดปัญหา เพื่อเลือกตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อการหุ้มฟิล์มภายในอุโมงค์ความร้อน



ภาพประกอบ 28 Why - Why Analysis[22]

3.3.1.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

จากการวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลาและ Why - Why Analysis เพื่อหาสาเหตุของการเกิดปัญหาบกพร่องที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์แล้วนำมาทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มาทำการประเมินหาสาเหตุที่มีความเป็นไปได้ที่ส่งผลกระทบต่อความผิดปกติที่เกิดขึ้นร่วมกับระดับหัวหน้าแผนกบรรจุ หัวหน้าแผนกช่างซ่อมบำรุง หัวหน้าแผนกประกันคุณภาพ ช่าง และผู้ปฏิบัติงาน โดยเริ่มจากทำความเข้าใจหลักเกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรงของผลกระทบ และสามารถคำนวณค่าของตัวเลขที่แสดงถึงระดับความเสี่ยง (Risk Priority Number ; RPN) ให้อยู่ในสมการดังนี้

$$\text{Risk Priority Number; RPN} = S \times O \times D \quad \dots\dots\dots(1)$$

S = ระดับความรุนแรงของผลกระทบของข้อบกพร่อง (Severity)

O = ความถี่ของการเกิดปัญหาและลักษณะข้อบกพร่อง (Occurrence)

D = ความสามารถในการควบคุมและตรวจจับข้อบกพร่อง (Detection)

ตาราง 4 ตัวอย่างการประเมินเพื่อหาค่าระดับความเสี่ยง (RPN)

Function	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN
ข้อบกพร่อง ผลิตภัณฑ์	ค่าการหุ้มฟิล์ม จากขอบถาดถึง หน้าต่างที่ไม่ได้ มาตรฐาน	- ลูกค้ายึดติดกระทบบ						
		ต่อความสวยงาม						
		ภาพลักษณ์						
		- ลูกค้า Complain	4	ระยะ Roll Film ไม่ กึ่งกลาง บรรจุภัณฑ์	3	OP ตรวจสอบ เมื่อเปลี่ยน ม้วนฟิล์ม	8	96

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาแล้วนั้นพบตัวแปรสำคัญที่ทำให้บกพร่องที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์ ดังนั้นจึงควรมีการป้องกันอุดหนุนจากโซนทำความสะอาดและอุดหนุนจากภายนอกไม่ให้ถ่ายเทเข้าสู่ภายในและป้องกันอุดหนุนถ่ายเทออกจากอุโมงค์ความร้อน

3.3.1.4 แผนภูมิแท่งสำหรับเปรียบเทียบบกพร่องที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์และเปรียบเทียบการกระจายตัวของอุดหนุนก่อนและหลังติดฉลากกัน

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.2.1 เครื่องวัดอุณหภูมิ Thermal Imager Ti450 โดยประสิทธิภาพเครื่องวัดอุณหภูมิอยู่ที่ 95 เปอร์เซ็นต์



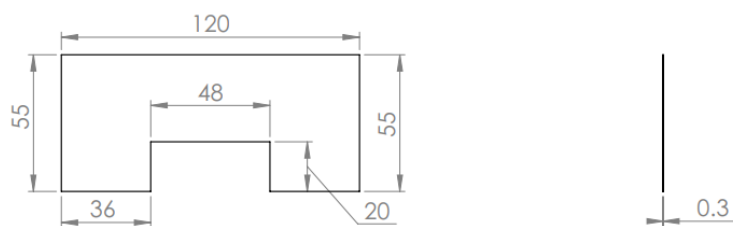
ภาพประกอบ 29 เครื่องวัดอุณหภูมิ Thermal Imager Ti450

3.3.2.2 ฉากกั้น

ขั้นตอนการออกแบบฉากกั้น

- 1) วัดขนาดทางเข้าและออกของเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน เพื่อให้มีความกว้างความสูงที่พอดีและเหมาะสมกับขนาดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งฉากกั้นจะต้องสามารถปิดทางเข้าและออกของเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อนได้พอดี
- 2) รูปทรงของฉากกั้น การออกแบบรูปทรงควรออกแบบตามลักษณะทางเข้าและออกของเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน และลักษณะของผลิตภัณฑ์
- 3) วัสดุของฉากกั้น เลือกใช้ Stainless Steel 304 ไม่เป็นสนิมเพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และสามารถทนความร้อนได้เกิน 200 องศาเซลเซียส เนื่องจากเครื่องพันฟิล์มหดนั้นใช้ความร้อนในการทำให้ฟิล์มหดหุ้มผลิตภัณฑ์

พูน ปณ จิต ชีเว



ภาพประกอบ 30 ออกแบบฉากกัน

3.4 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล

โดยแผนผังวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

กำหนดจุดวัดอุณหภูมิของเครื่องฟ้นฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน

วัดอุณหภูมิแบบไม่มีฉากกัน

วัดอุณหภูมิ แบบติดตั้งฉากกันระหว่างโซนทำความร้อน
และโซนทำความเย็น

วิเคราะห์ข้อมูลผลการกระจายตัวอุณหภูมิของอุโมงค์ลมร้อน
ก่อนและหลังการติดตั้งฉากกัน

สรุปผลการทดลองการติดตั้งฉากกันภายในอุโมงค์ลมร้อน

ภาพประกอบ 31 แผนผังวิธีการดำเนินการทดลอง

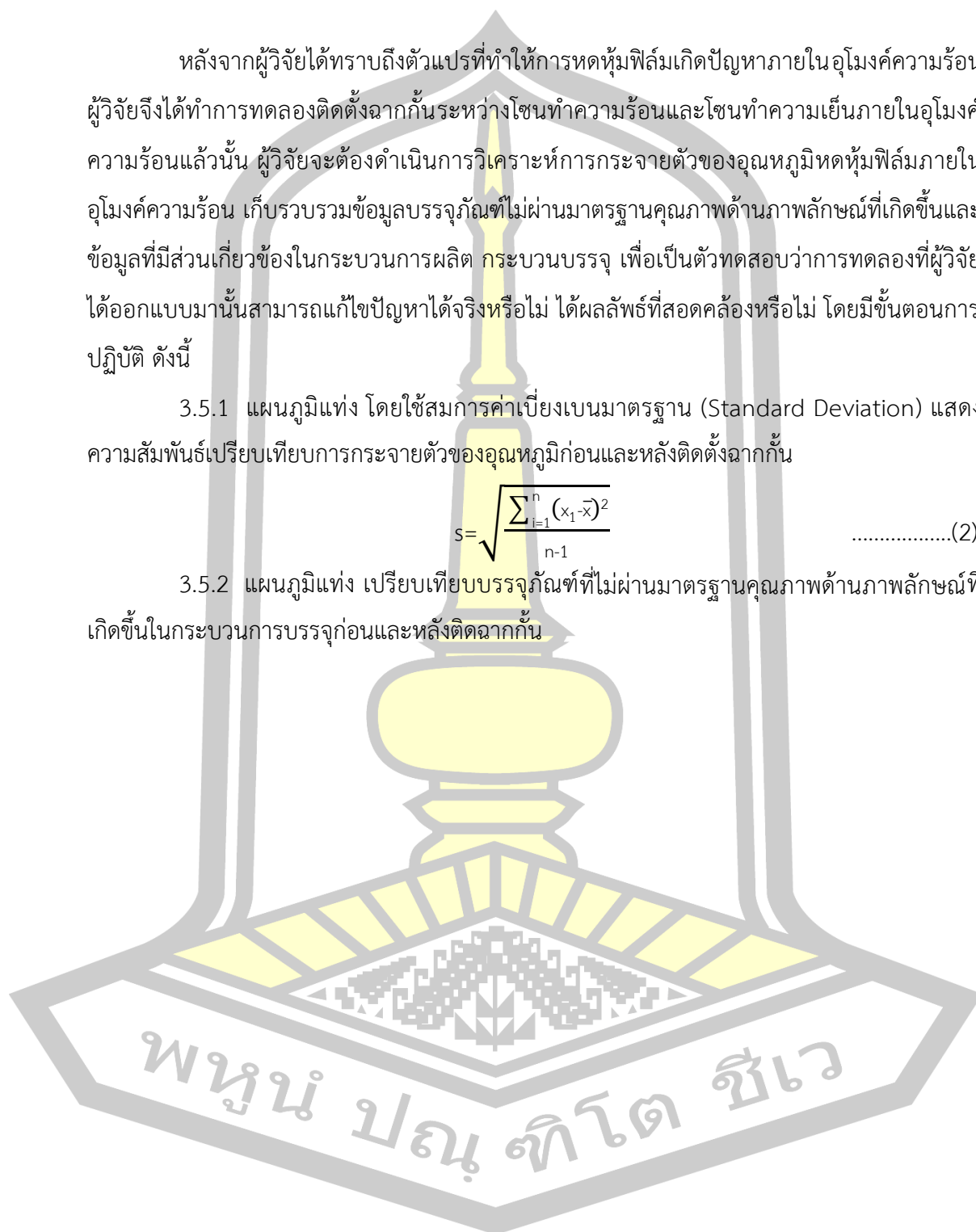
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากผู้วิจัยได้ทราบถึงตัวแปรที่ทำให้การหดหุ้มฟิล์มเกิดปัญหาภายในอุโมงค์ความร้อน ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองติดตั้งฉากั้นระหว่างโซนทำความร้อนและโซนทำความเย็นภายในอุโมงค์ความร้อนแล้วนั้น ผู้วิจัยจะต้องดำเนินการวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิหดหุ้มฟิล์มภายในอุโมงค์ความร้อน เก็บรวบรวมข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์ที่เกิดขึ้นและข้อมูลที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต กระบวนการบรรจุ เพื่อเป็นตัวทดสอบว่าการทดลองที่ผู้วิจัยได้ออกแบบมานั้นสามารถแก้ไขปัญหาได้จริงหรือไม่ ได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องหรือไม่ โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

3.5.1 แผนภูมิแท่ง โดยใช้สมการค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) แสดงความสัมพันธ์เปรียบเทียบการกระจายตัวของอุณหภูมิก่อนและหลังติดตั้งฉากั้น

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

3.5.2 แผนภูมิแท่ง เปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุก่อนและหลังติดตั้งฉากั้น



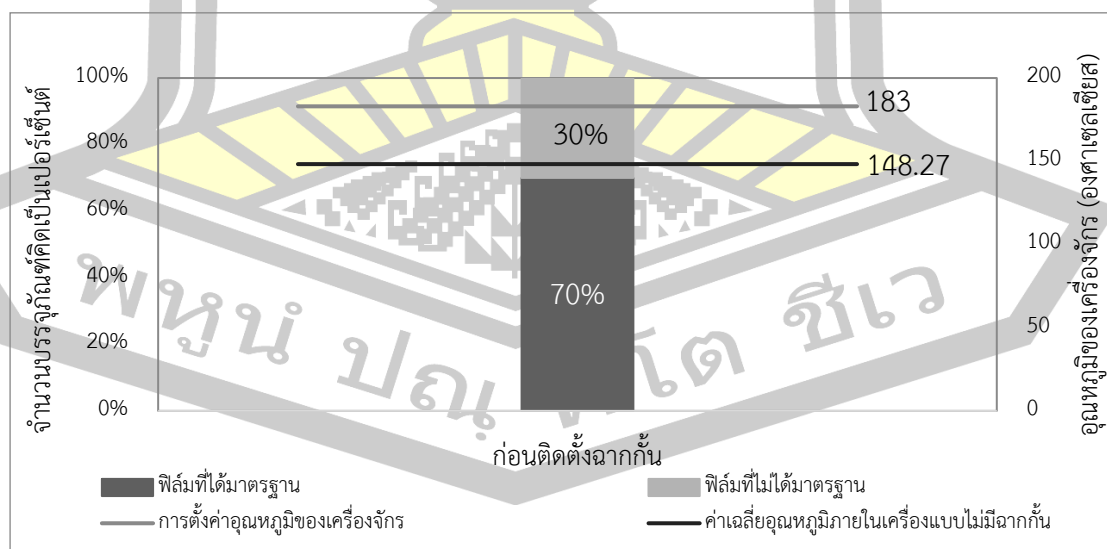
บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

ในงานวิจัยนี้ ได้มีการแก้ไขและพัฒนาประสิทธิภาพในการใช้งานเพื่อป้องกันอุณหภูมิ การควบคุมอุณหภูมิ การลดการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อน และการกระจายตัวของอุณหภูมิ ศึกษาการทดลองเกี่ยวกับการติดตั้งฉนวนกัน สำหรับป้องกันอุณหภูมิไม่ให้ถ่ายเทเข้าสู่ภายในและ ป้องกันอุณหภูมิถ่ายเทออกจากตัวเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) โดยใช้ฉนวนกันแบ่งแยกโซนที่แตกต่างกันสองโซนคือ โซนทำความร้อน และโซนทำความเย็น ฉนวนกันจะถูกติดตั้งไว้ระหว่างโซนทำความร้อนและโซนทำความเย็น ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของฉนวนกัน ส่งผลให้เกิดความเปี่ยงเบนของการกระจายตัวอุณหภูมิภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping)

4.1 ข้อมูลประสิทธิภาพในการหุ้มฟิล์มแบบไม่มีฉนวนกัน

โดยทำการศึกษาข้อมูลในกระบวนการบรรจุ กลุ่มตัวอย่างลักษณะการหุ้มฟิล์มก่อนการติดตั้งฉนวนกัน ประกอบด้วย ฟิล์มที่ได้มาตรฐานคิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ ฟิล์มที่ไม่ได้มาตรฐาน คิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ ตามภาพประกอบ 32

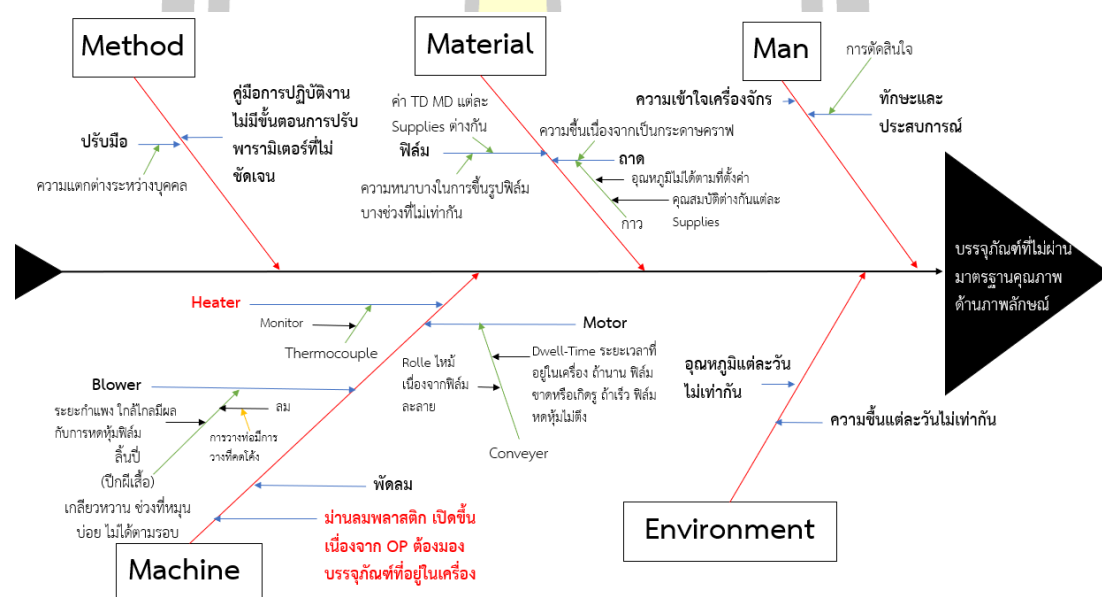


ภาพประกอบ 32 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์กลุ่มตัวอย่างลักษณะการหุ้มฟิล์มก่อนติดตั้งฉนวนกัน

4.2 การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ

4.2.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยแผนผังก้างปลา

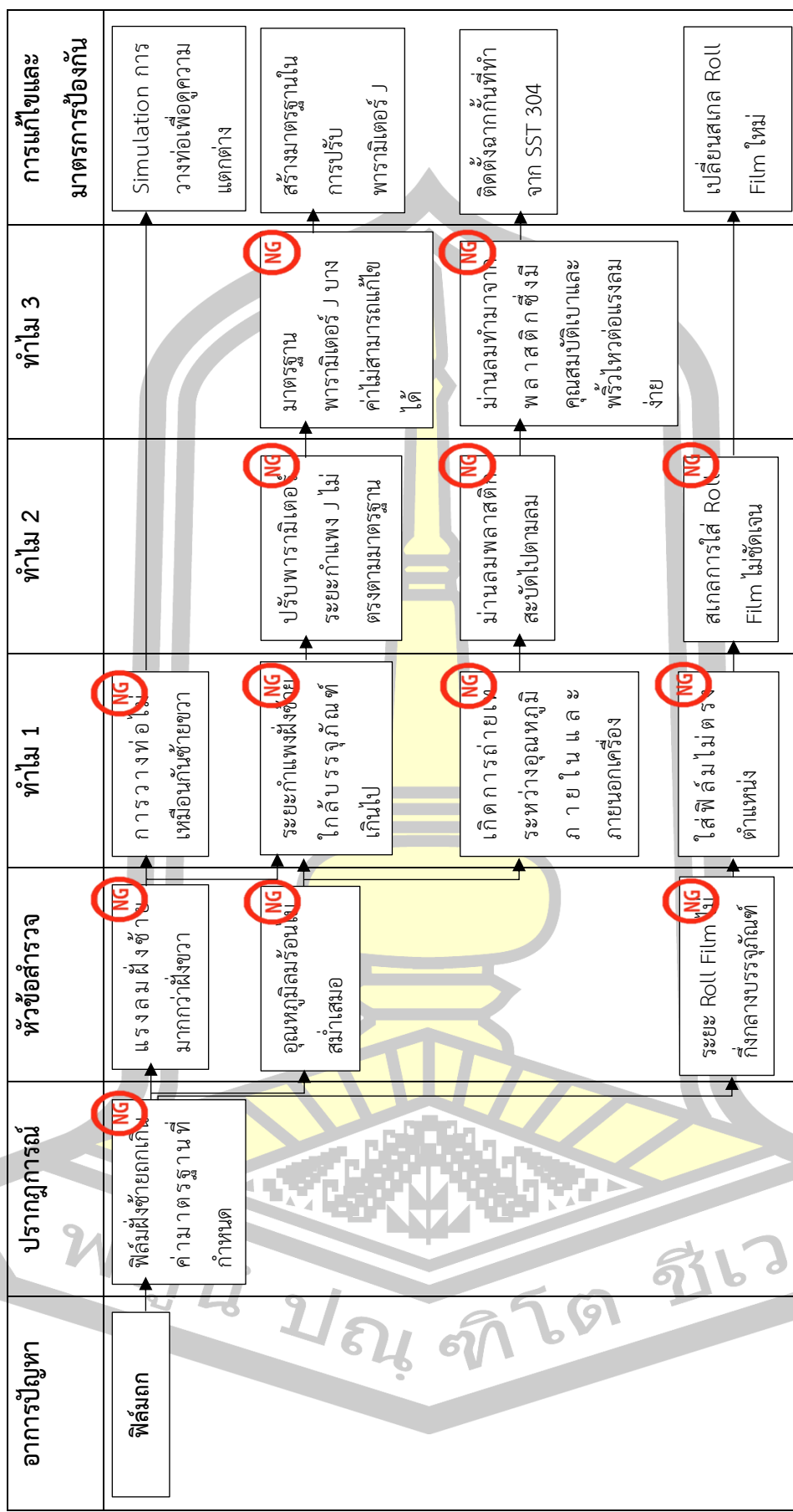
จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานด้านภาพลักษณ์ เพื่อหาสาเหตุของการเกิดปัญหาที่เกิดขึ้น โดยทำการระดมสมองร่วมกันกับระดับหัวหน้าแผนกบรรจุ หัวหน้าแผนกช่างซ่อมบำรุง หัวหน้าแผนกประกันคุณภาพ ช่าง และผู้ปฏิบัติงาน แล้วสร้างเป็นแผนผังก้างปลา โดยการหาสาเหตุและรวบรวมปัจจัยทั้งหมดที่อาจจะส่งผลกระทบต่อปัญหาดังกล่าว ซึ่งสาเหตุต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น อาจมาจากสิ่งที่เป็นองค์ประกอบหลักในการทำงานเช่น พนักงาน วัตถุดิบ วิธีการ เครื่องจักรหรือสิ่งแวดล้อม จากนั้นทำการประเมินสาเหตุที่มีความเป็นไปได้เพื่อคัดเลือกสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น ดังภาพประกอบ 33



ภาพประกอบ 33 การวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์

4.2.2 Why - Why Analysis วิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดปัญหา

หลังจากที่ผู้วิจัยได้หาสาเหตุที่มีผลกระทบต่อกระบวนการบรรจุ ซึ่งเกิดจากพนักงาน วัตถุดิบ วิธีการ เครื่องจักรหรือสิ่งแวดล้อม ที่ค้นพบในกระบวนการบรรจุ ได้ระบุปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาเพื่อวิเคราะห์ และหาแนวทางการแก้ไขปัญหา



ภาพประกอบ 34 การวิเคราะห์ Why - Why Analysis

จากภาพประกอบ 34 จากแผนภาพ Why - Why Analysis ทำการวิเคราะห์ปัญหาเรื่องฟิล์มถกที่เกินค่ามาตรฐาน โดยมีหัวข้อสำรวจ 3 สาเหตุคือ การวางท่อลมไม่เหมือนกันทั้งสองฝั่งทำให้เกิดแรงลมที่ออกมาจากฝั่งซ้ายและฝั่งขวาไม่เท่ากัน อุณหภูมิลมร้อนไม่สม่ำเสมอที่เกิดจากพารามิเตอร์ J บางค่าไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ และมานลมพลาสติกสะบัดทำให้เกิดการถ่ายเทระหว่างอุณหภูมิภายในกับภายนอกอุโมงค์ความร้อน และระยะ Roll Film ไม่กึ่งกลางบรรจุภัณฑ์ซึ่งเกิดจากสเกลการใส่ Roll Film ไม่ชัดเจนทำให้ใส่ฟิล์มไม่ตรงตำแหน่ง

4.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

หลังจากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาและ Why - Why Analysis ทำให้ได้สาเหตุที่ร่วมกันประเมินแล้วว่ามีส่วนที่ส่งผลกระทบต่อบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์ จากนั้นนำมาทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) โดยร่วมกันลงคะแนนระดับความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่องต่าง ๆ

ผลสรุปการประเมินการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของการเกิดบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์ มีค่าของระดับความเสี่ยง (Risk Priority Number) ดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลสรุปค่าของระดับความเสี่ยงข้อบกพร่องและผลกระทบของการเกิดบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์

Function	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN
ข้อบ่งชี้ ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์	ค่าการหุ้มฟิล์ม จากขอบขาดถึง หน้าตาที่ไม่ได้ มาตรฐาน	- ลูกค้ายู้สึกกระทบ ต่อความสวยงาม ภาพลักษณ์	6	แรงลมฝั่ง ซ้ายมากกว่า ฝั่งขวา	7	ปรับระยะ กำแพงลม	10	420
		- ลูกค้า Complain	6	อุณหภูมิลม ร้อนไม่ สม่ำเสมอ	9	ไม่มี	10	540
			4	ระยะ Roll Film ไม่ กึ่งกลาง บรรจุภัณฑ์	3	OP ตรวจสอบ เมื่อเปลี่ยน ม้วนฟิล์ม	8	96

จากการสรุปผลการวิเคราะห์คุณลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ได้สรุปนำสาเหตุที่มีค่าของระดับผลคะแนนความเสี่ยง (Risk Priority Number) สูงสุด มาดำเนินการหาวิธีป้องกัน อุณหภูมิจากโซนทำความเย็นและอุณหภูมิจากภายนอกไม่ให้ถ่ายเทเข้าสู่ภายในและป้องกันอุณหภูมิถ่ายเทออกจากอุโมงค์ความร้อน โดยออกแบบการทดลองติดตั้งฉากั้นเพื่อศึกษาผลของการติดตั้งฉากั้นที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหุ้มแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping)

4.3 ผลของวัดอุณหภูมิก่อนติดตั้งฉากั้น

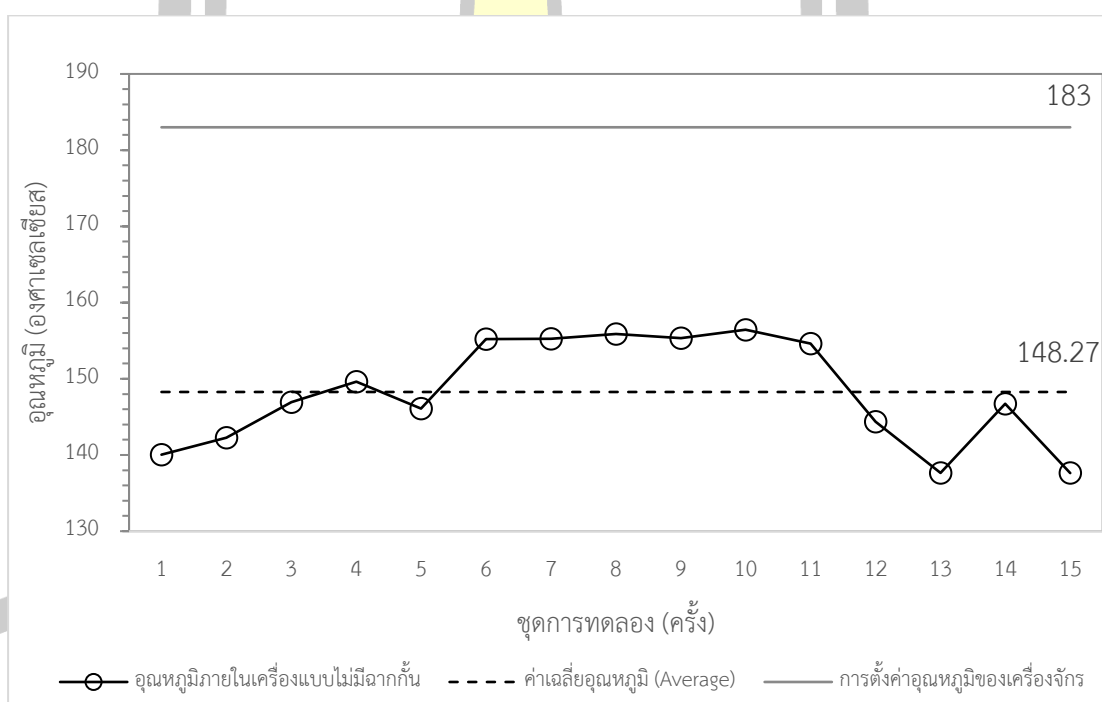
ผู้วิจัยทำการวัดอุณหภูมิก่อนติดตั้งฉากั้นในจุดเดียวกันจากกำแพงลมจำนวน 15 ครั้ง แล้วนำมาบันทึกและคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแบบฟอร์มตามตาราง 6

ตาราง 6 ผลบันทึกและคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการวัดอุณหภูมิก่อนติดตั้งฉากั้น

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิภายในเครื่องแบบไม่มีฉากั้น (องศาเซลเซียส)
ครั้งที่ 1	140.04
ครั้งที่ 2	142.26
ครั้งที่ 3	146.92
ครั้งที่ 4	149.60
ครั้งที่ 5	146.10
ครั้งที่ 6	155.22
ครั้งที่ 7	155.27
ครั้งที่ 8	155.87
ครั้งที่ 9	155.33
ครั้งที่ 10	156.44
ครั้งที่ 11	154.64
ครั้งที่ 12	144.38
ครั้งที่ 13	137.65

ตาราง 6 ผลบันทึกและคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการวัดอุณหภูมิก่อนติดตั้งฉนวนกัน (ต่อ)

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิภายในเครื่องแบบ ไม่มีฉนวนกัน (องศาเซลเซียส)
ครั้งที่ 14	146.74
ครั้งที่ 15	137.63
ผลรวม (Sum Total)	2224.09
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (Average)	148.27
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)	6.91



ภาพประกอบ 35 กราฟแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหัตแบบอุโมงค์ความร้อนแบบไม่มีฉนวนกัน

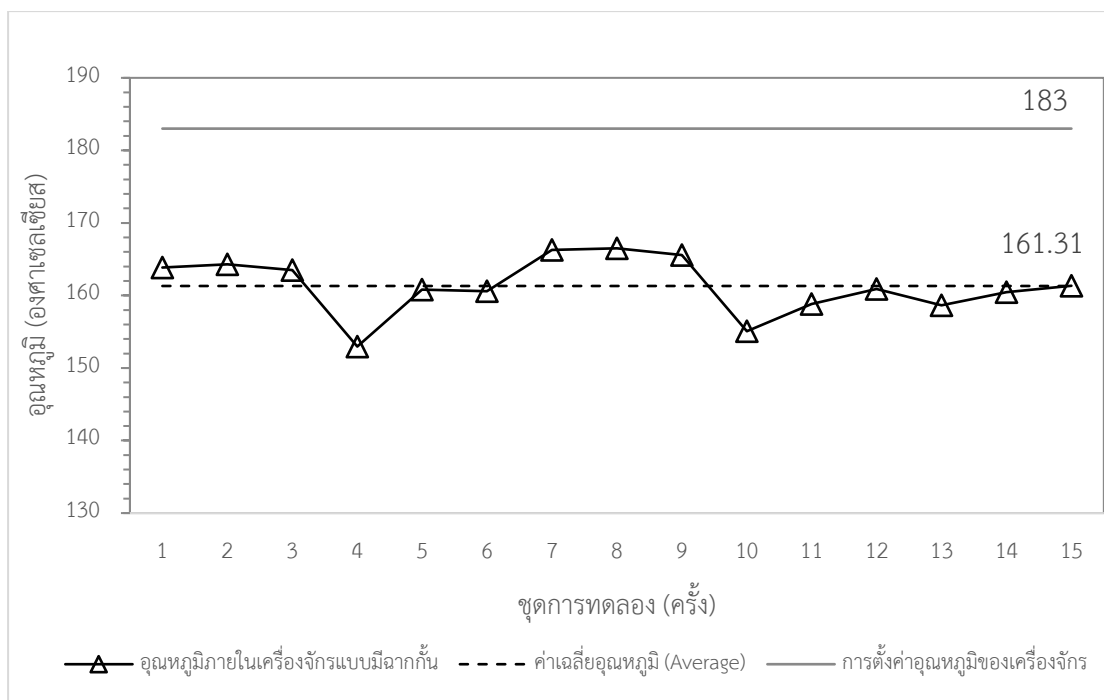
จากการวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิแบบไม่มีฉนวนกัน นำมาคำนวณโดยใช้สมการค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยพบว่ามีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของแบบไม่มีฉนวนกัน เท่ากับ 6.91

4.4 ผลของวัดอุณหภูมิหลังติดตั้งฉากัน

ผู้วิจัยทำการวัดอุณหภูมิหลังติดตั้งฉากันที่ติดตั้งไว้ระหว่างโซนทำความร้อนและโซนทำความเย็น วัดในจุดเดียวกันจากกำแพงลมจำนวน 15 ครั้ง แล้วนำมาบันทึกและคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแบบฟอร์มตาราง 7

ตาราง 7 ผลบันทึกและคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการวัดอุณหภูมิติดตั้งฉากัน

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิภายในเครื่องแบบติดตั้งฉากัน (องศาเซลเซียส)
ครั้งที่ 1	163.87
ครั้งที่ 2	164.30
ครั้งที่ 3	163.49
ครั้งที่ 4	152.96
ครั้งที่ 5	160.82
ครั้งที่ 6	160.60
ครั้งที่ 7	166.26
ครั้งที่ 8	166.50
ครั้งที่ 9	165.58
ครั้งที่ 10	155.08
ครั้งที่ 11	158.80
ครั้งที่ 12	160.89
ครั้งที่ 13	158.63
ครั้งที่ 14	160.46
ครั้งที่ 15	161.35
ผลรวม (Sum Total)	2419.59
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (Average)	161.31
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)	3.91



ภาพประกอบ 36 กราฟแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อนแบบติดตั้งฉากั้น

จากการวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิแบบติดตั้งฉากั้น นำมาคำนวณโดยใช้สมการค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยพบว่ามีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของแบบติดตั้งฉากั้น เท่ากับ 3.91

4.5 เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิก่อนและหลังติดตั้งฉากั้น

หลังจากผู้วิจัยทำการวัดอุณหภูมิแล้วนำมาทำการเปรียบเทียบเพื่อแสดงความแตกต่างของการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อนของอุณหภูมิก่อนและหลังติดตั้งฉากั้น แล้วนำมาบันทึกในแบบฟอร์มตามตาราง 8

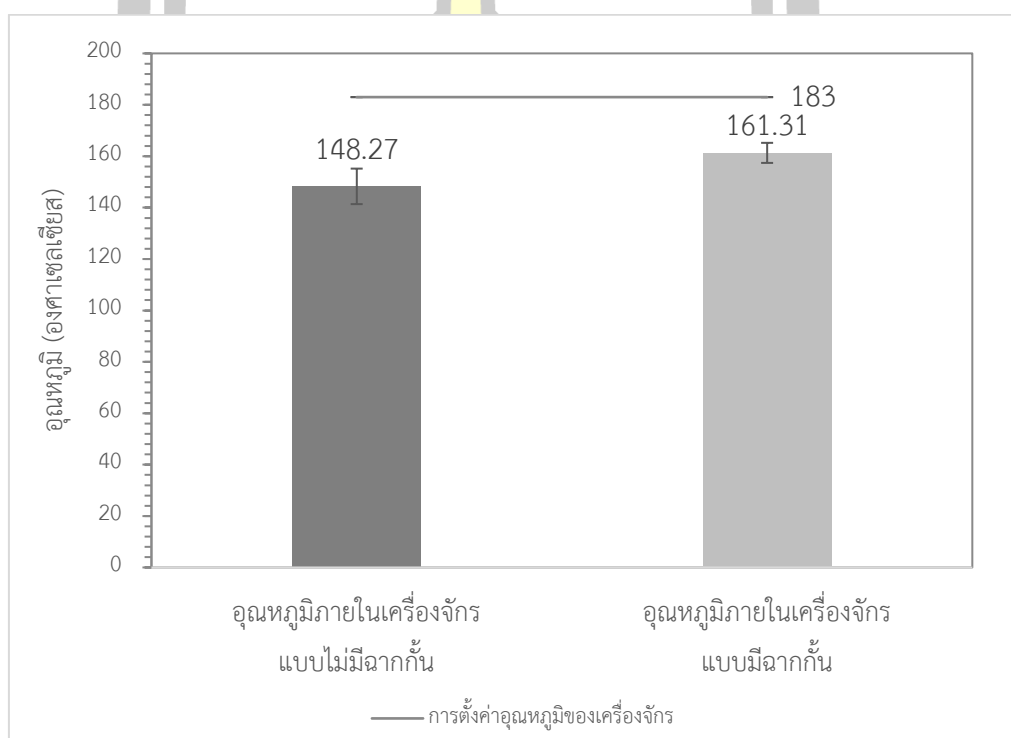
ตาราง 8 เปรียบเทียบผลบันทึกการวัดอุณหภูมิก่อนและหลังติดตั้งฉนวนกัน

ชุดการทดลอง	อุณหภูมิภายในเครื่องแบบ ไม่มีฉนวนกัน (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิภายในเครื่องแบบ ติดตั้งฉนวนกัน (องศาเซลเซียส)
ครั้งที่ 1	140.04	163.87
ครั้งที่ 2	142.26	164.30
ครั้งที่ 3	146.92	163.49
ครั้งที่ 4	149.60	152.96
ครั้งที่ 5	146.10	160.82
ครั้งที่ 6	155.22	160.60
ครั้งที่ 7	155.27	166.26
ครั้งที่ 8	155.87	166.50
ครั้งที่ 9	155.33	165.58
ครั้งที่ 10	156.44	155.08
ครั้งที่ 11	154.64	158.80
ครั้งที่ 12	144.38	160.89
ครั้งที่ 13	137.65	158.63
ครั้งที่ 14	146.74	160.46
ครั้งที่ 15	137.63	161.35
ผลรวม (Sum Total)	2224.09	2419.59

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตาราง 9 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิก่อนและหลังติดตั้งฉากัน

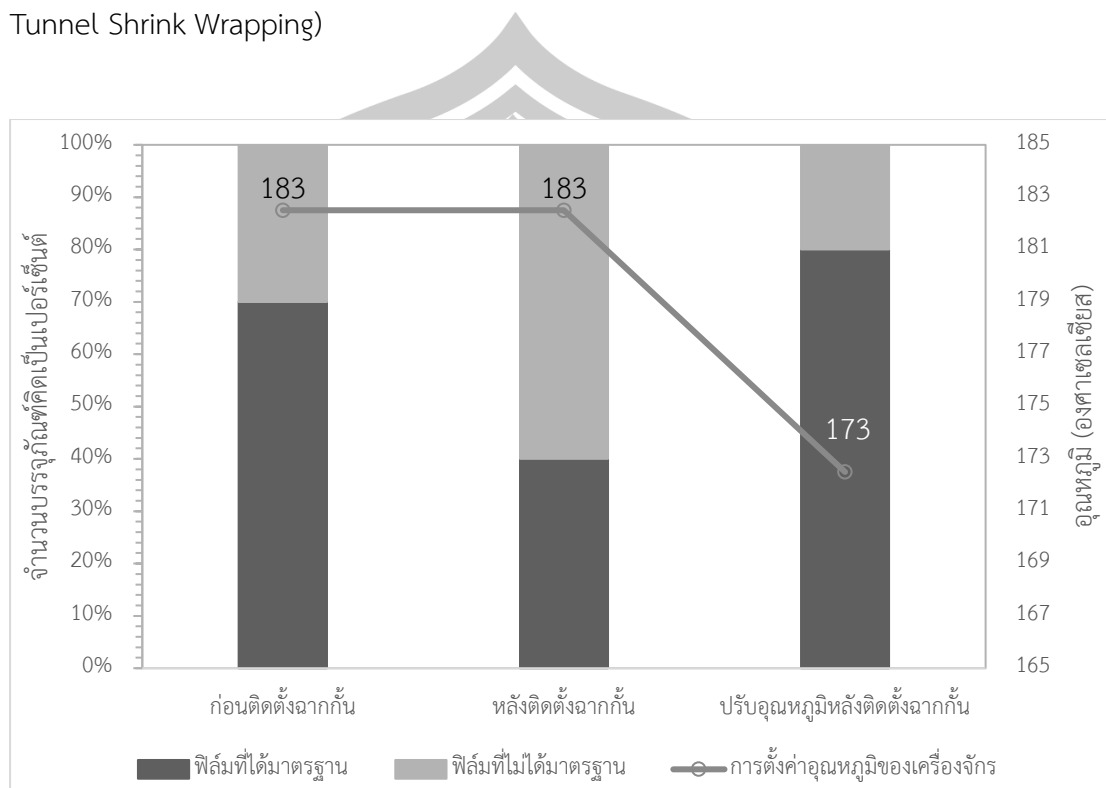
ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (Average)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)
อุณหภูมิภายในเครื่องแบบไม่มีฉากัน (องศาเซลเซียส)	148.27	6.91
อุณหภูมิภายในเครื่องแบบไม่มีฉากัน (องศาเซลเซียส)	161.31	3.91



ภาพประกอบ 37 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิสำหรับการหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อนก่อนและหลังติดตั้งฉากัน

จากการวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิแบบไม่มีฉากันและติดตั้งฉากัน นำมาคำนวณโดยใช้สมการค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยพบว่ามีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของแบบไม่มีฉากันเท่ากับ 6.91 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของแบบติดตั้งฉากันเท่ากับ 3.91 แสดงให้เห็นว่า ฉากันเป็นตัวแปรที่ส่งผลให้เกิด

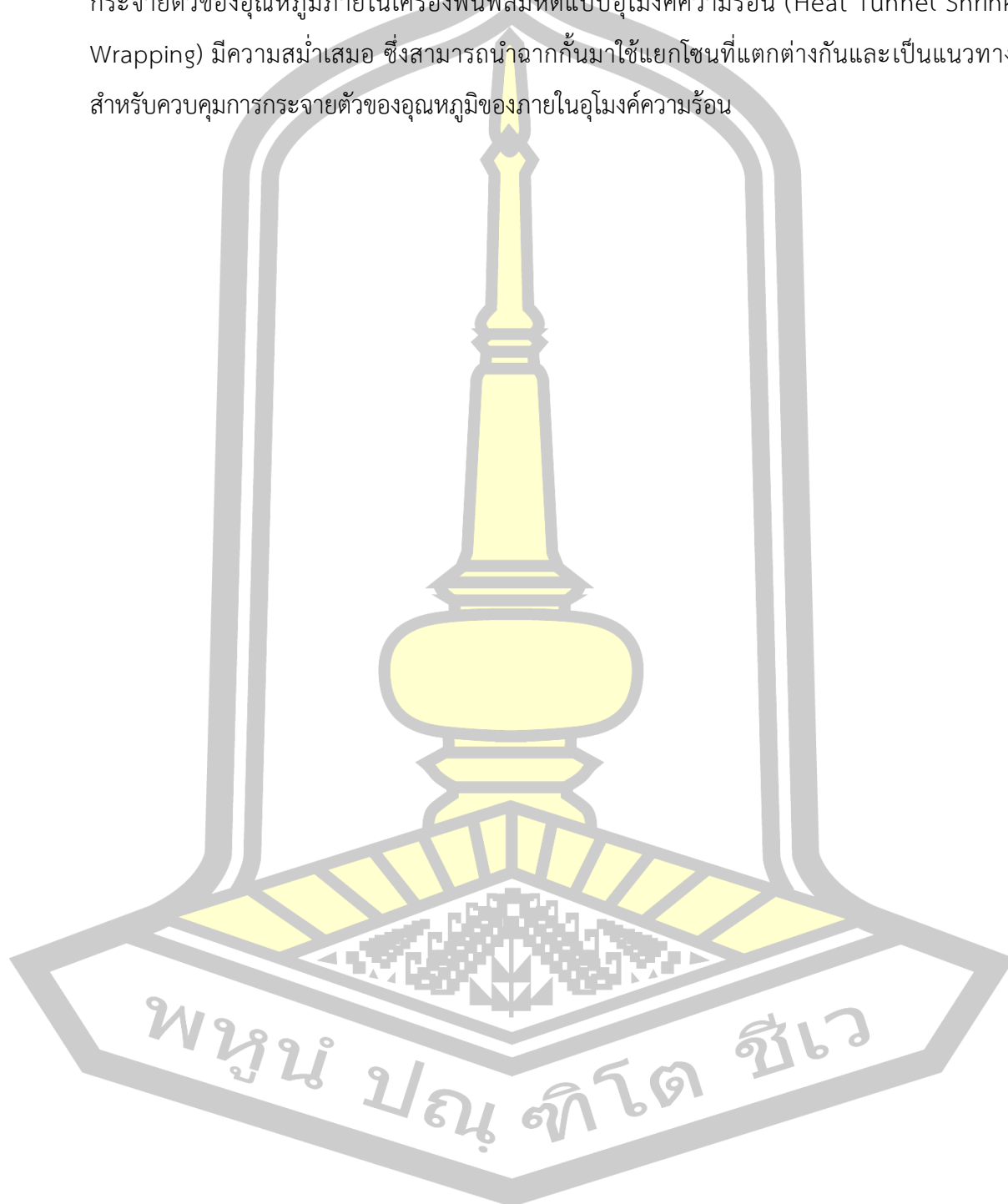
ความเบี่ยงเบนของการกระจายตัวอุณหภูมิภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping)



ภาพประกอบ 38 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบลักษณะการหุ้มฟิล์ม ก่อนและหลัง ติดตั้งฉากัน

จากภาพประกอบ 38 เปรียบเทียบลักษณะการหุ้มฟิล์มก่อนและหลังติดตั้งฉากัน ทางผู้วิจัยได้ทำการหาสาเหตุและหาวิธีป้องกันอุณหภูมิไม่ให้ถ่ายเทเข้าสู่ภายในและป้องกันอุณหภูมิถ่ายเทออกจากเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) โดยศึกษาการทดลองเกี่ยวกับการติดตั้งฉากัน พบว่าก่อนติดตั้งฉากันมีปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานด้านภาพลักษณ์อยู่ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ หลังการติดตั้งฉากันแต่คงอุณหภูมิเดิมส่งผลให้มีปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานด้านภาพลักษณ์อยู่ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการกระจายตัวของอุณหภูมิมีความเสถียรเพิ่มขึ้นจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของอุณหภูมิที่ลดลงจาก 6.91 เป็น 3.91 ซึ่งการใช้อุณหภูมิเดิมก่อนการติดตั้งฉากันส่งผลให้ภายในอุโมงค์ความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้นจาก 148.27 องศาเซลเซียสเป็น 161.31 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เกิดปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานด้านภาพลักษณ์เพิ่มขึ้นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงปรับอุณหภูมิลดลงส่งผลให้มีปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานด้านภาพลักษณ์ลดลงเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ จากก่อนการ

ปรับอุณหภูมิหลังการติดตั้งฉากั้น ซึ่งหลังปรับอุณหภูมิลดลงมีปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านมาตรฐานด้านภาพลักษณ์เพิ่มขึ้นโดยประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์จากก่อนการติดตั้งฉากั้น แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) มีความสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถนำฉากั้นมาใช้แยกโซนที่แตกต่างกันและเป็นแนวทางสำหรับควบคุมการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในอุโมงค์ความร้อน



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลของปัญหาที่เกิดขึ้นได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูล นำเครื่องมือแผนผังก้างปลา, Why - Why Analysis, ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงให้เห็นถึงสาเหตุที่ทำให้บรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานด้านภาพลักษณ์ โดยมีสาเหตุมาจากการเกิดอุณหภูมิจากโซนทำความเย็นและอุณหภูมิจากภายนอกถ่ายเทเข้าสู่ภายในและอุณหภูมิถ่ายเทออกจากอุโมงค์ความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) เกิดความแปรปรวน

ผลลัพธ์จากการศึกษาผลของฉากกันที่มีต่ออุณหภูมิภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน พบว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิหลังการติดตั้งฉากกันระหว่างโซนทำความร้อนและโซนทำความเย็น ส่งผลให้อุณหภูมิภายในตัวเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อนมีความคงที่มากยิ่งขึ้น โดยสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ได้กำหนดไว้ ภายหลังการติดตั้งฉากกันมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในอุโมงค์ความร้อนใกล้เคียงกับพารามิเตอร์ของเครื่องจักรมากยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากการถ่ายเทของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายในกับอุณหภูมิภายนอกอุโมงค์ และสามารถลดปริมาณงานที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์จากฝ่ายประกันคุณภาพซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย

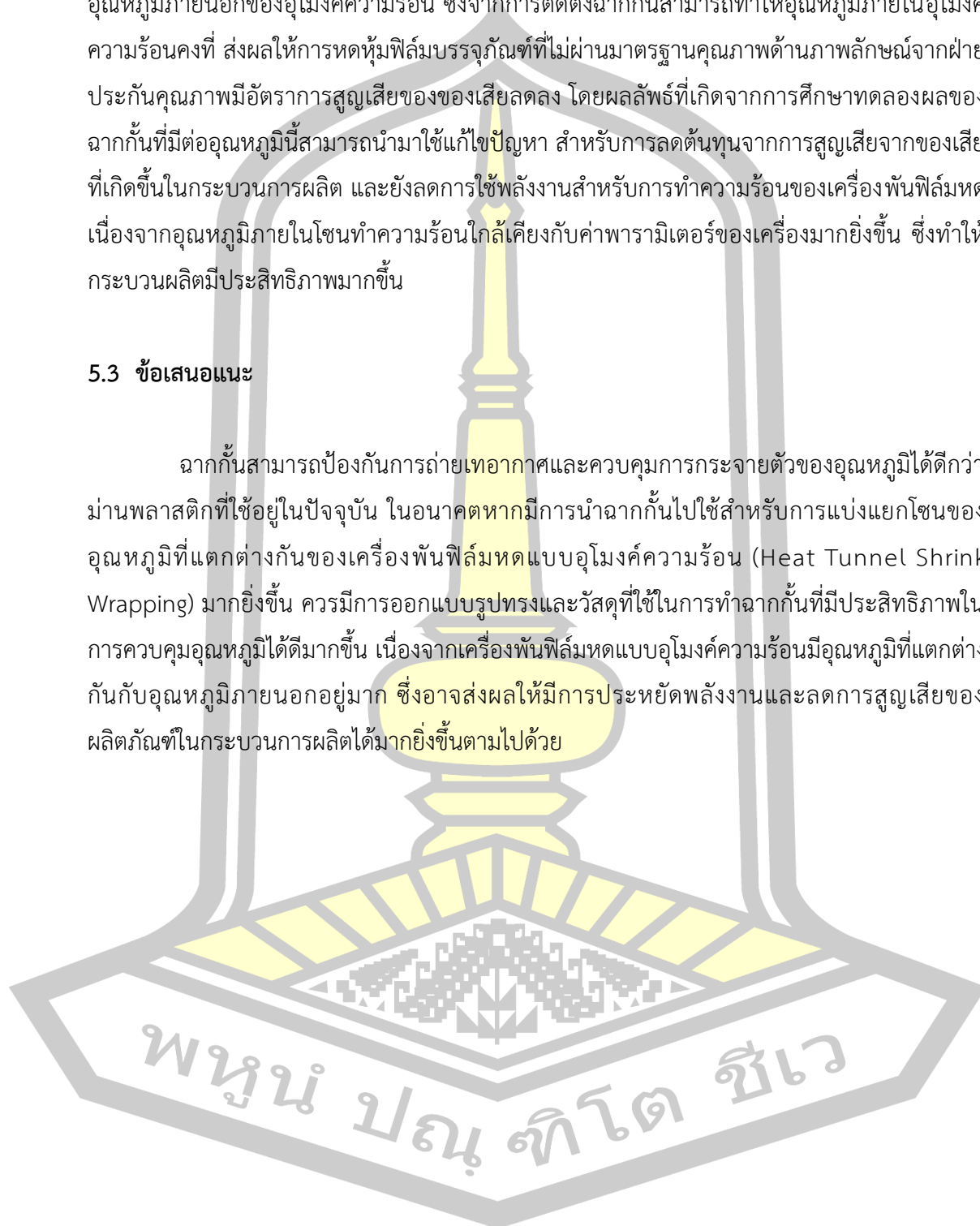
5.2 อภิปรายผล

ผลลัพธ์จากการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นของการทดลองติดตั้งฉากกัน เพื่อศึกษาผลของการติดตั้งฉากกันที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับการหุ้มฟิล์มภายในเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) พบว่ามีการกระจายตัวของอุณหภูมิหลังการติดตั้งฉากกันระหว่างโซนทำความร้อนและโซนทำความเย็นดีกว่าแบบไม่มีการติดตั้งฉากกัน โดยการติดตั้งฉากกันส่งผลให้อุณหภูมิจากโซนทำความร้อนมีความเสถียรและคงที่มากขึ้น เนื่องจากการติดตั้งฉากกันสามารถป้องกันการกระจายตัวของอุณหภูมิระหว่างโซนทำความร้อนและโซนทำความเย็น

และยังลดการสูญเสียอุณหภูมิภายในโซนทำความร้อนของเครื่องพันฟิล์มหดที่กระจายตัวออกมายังอุณหภูมิภายนอกของอุโมงค์ความร้อน ซึ่งจากการติดตั้งฉากันสามารถทำให้อุณหภูมิภายในอุโมงค์ความร้อนคงที่ ส่งผลให้การหดหุ้มฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพด้านภาพลักษณ์จากฝ่ายประกันคุณภาพมีอัตราการสูญเสียของของเสียลดลง โดยผลลัพธ์ที่เกิดจากการศึกษาทดลองผลของฉากันที่มีต่ออุณหภูมินี้สามารถนำมาใช้แก้ไขปัญหา สำหรับการลดต้นทุนจากการสูญเสียจากของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และยังลดการใช้พลังงานสำหรับการทำความร้อนของเครื่องพันฟิล์มหด เนื่องจากอุณหภูมิภายในโซนทำความร้อนใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องมากยิ่งขึ้น ซึ่งทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

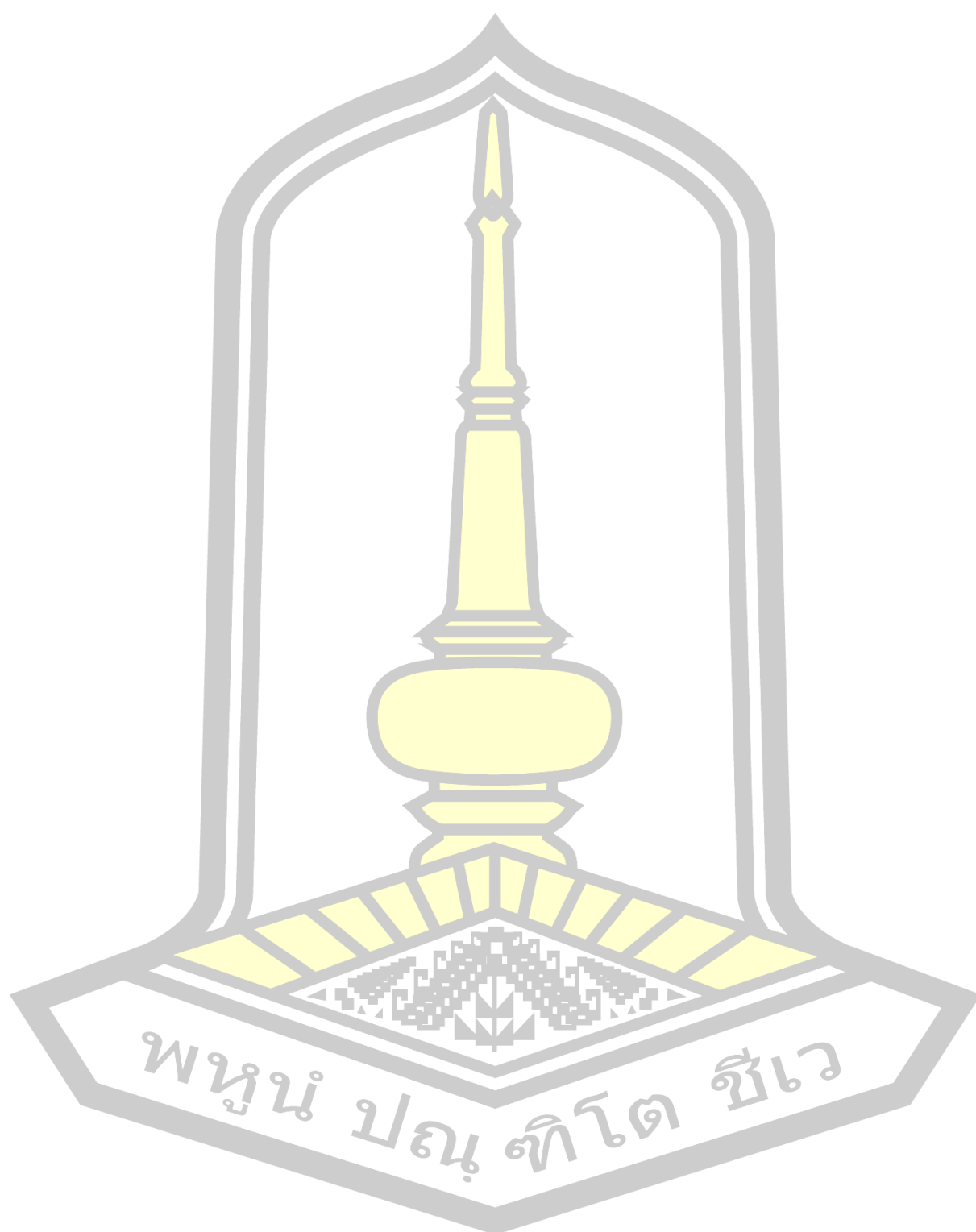
ฉากันสามารถป้องกันการถ่ายเทอากาศและควบคุมการกระจายตัวของอุณหภูมิได้ดีกว่า ม่านพลาสติกที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ในอนาคตหากมีการนำฉากันไปใช้สำหรับการแบ่งแยกโซนของอุณหภูมิที่แตกต่างกันของเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อน (Heat Tunnel Shrink Wrapping) มากยิ่งขึ้น ควรมีการออกแบบรูปทรงและวัสดุที่ใช้ในการทำฉากันที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิได้ดีมากขึ้น เนื่องจากเครื่องพันฟิล์มหดแบบอุโมงค์ความร้อนมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันกับอุณหภูมิภายนอกอยู่มาก ซึ่งอาจส่งผลให้มีการประหยัดพลังงานและลดการสูญเสียของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตได้มากยิ่งขึ้นตามไปด้วย

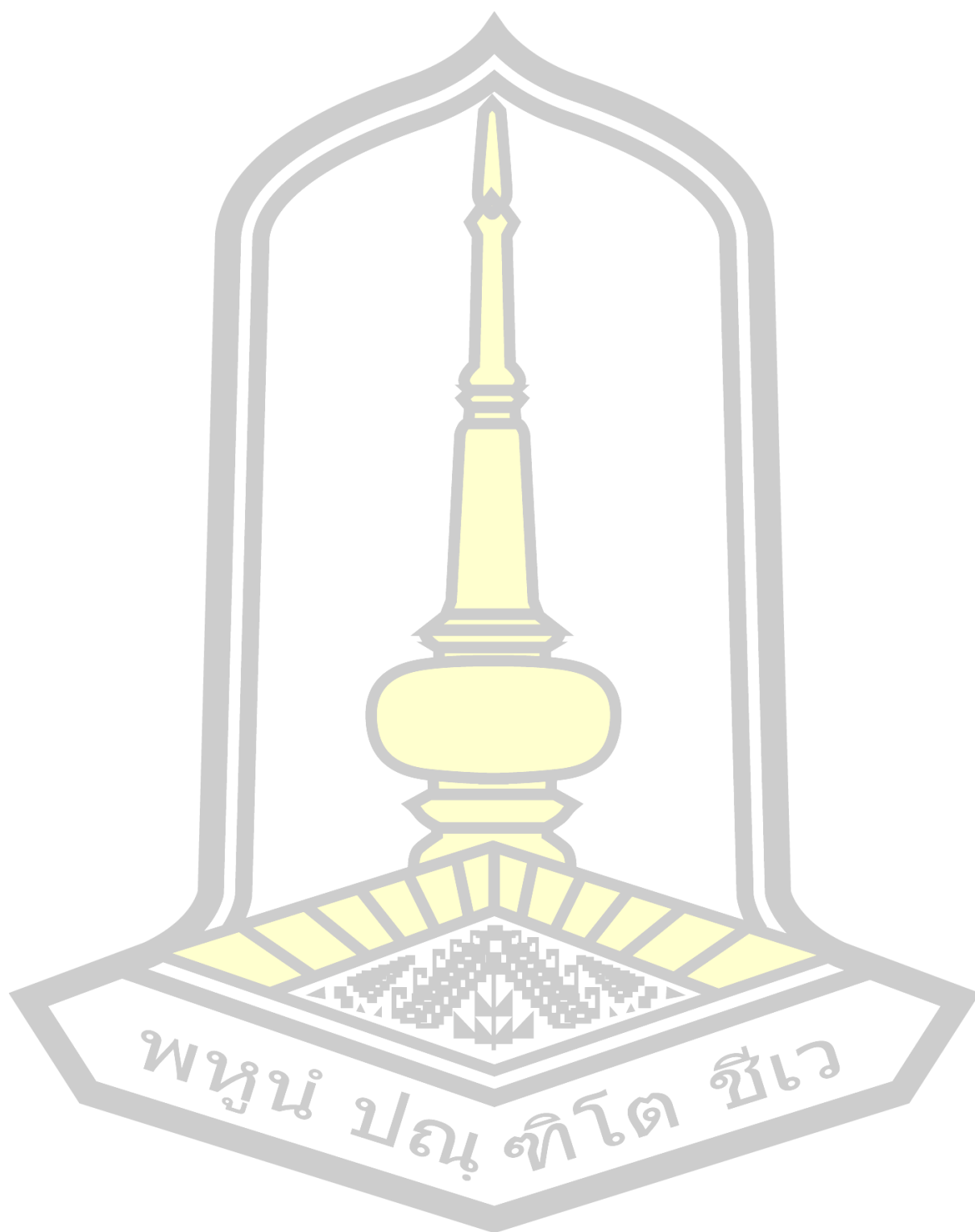


บรรณานุกรม

- [1] ว. ยงพิศาลภพ. "แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมปี 2565-2567: อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม." <https://www.krungsri.com> (accessed 23 สิงหาคม, 2566).
- [2] "คู่มือ Lean Management for Environmental สำหรับอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม," มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, นนทบุรี, 2555.
- [3] <https://bandmainfo.com/>. "What is the work of a shrink tunnel machine?" <https://www.quora.com/What-is-the-work-of-a-shrink-tunnel-machine> (accessed August,18 2023).
- [4] "Innopack Kisters ST shrink tunnel," ed: KSH Group.
- [5] "Food Packaging Technology," *Packaged Food Quality and Shelf Life*, vol. 12, no. SHRINK PACKAGING AND STRETCHWRAPPING. [Online]. Available: <https://gcwgandhinagar.com/econtent/document/15869375632FSTHC0201Packaging2.pdf>.
- [6] อ. สุขแสงพนมรุ่ง, "การศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนโดยการพาของครีบท่งทรงกระบอก," pp. 67-68, 2545.
- [7] "ตอนที่ 2 บทที่ 4 หลักการเบื้องต้นของการถ่ายเทความร้อน," in ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน(ผชพ) ด้านความร้อน, pp. 1-2.
- [8] พ. วงศ์บุญมา and ร. ด. อ. ผดุงศิลป์, "การศึกษาการไหลเวียนของอากาศและการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ," วารสารบัณฑิตวิทยาลัย ฉบับที่ 3 ประจำเดือนเมษายน - กรกฎาคม, pp. 250-251, 2565.
- [9] acepackaging. "<https://acepackaging.co.th/what-is-shrink-film/>." <https://acepackaging.co.th/what-is-shrink-film/> (accessed 25 กรกฎาคม, 2566).
- [10] A. P. OK. "allprintok." <https://www.allprintok.co.th/shrink-film> (accessed 28 กรกฎาคม, 2566).
- [11] p o s t b o x 2 0 1 6 . "<https://www.postbox2016.com/>." <https://www.postbox2016.com/article> (accessed 1 สิงหาคม, 2566).
- [12] G. JC, C. JJ, F. AR, and L. AM, "CFD modelling of aerodynamic sealing by vertical and horizontal air curtains," *Energy and buildings*, vol. 52, pp. 153-160, 2012 Sep.

- [13] W. Tang , F. Wang, N. Shitao, and H. Jiazhou, "The Intelligent Control of Temperature for Packaging Production Systems of Heat Shrink Film," *In 2010 International Conference on E-Business and E-Government*, pp. 5582-5585, 2010 May 7.
- [14] A. E, C. A, N. GJ, and D. B, "Experimental insights into the mechanism of heat losses from a cylindrical solar cavity receiver equipped with an air curtain," *Solar Energy*, vol. 201, no. 22, pp. 314-322, 2020 May 1.
- [15] X. Yang, H. Yang, D. Sun, and M. Xu, "Optimization of temperature field of tobacco heat shrink machine," in *AIP Conference Proceedings*, 2018, vol. 1971, no. 1: AIP Publishing.
- [16] B. DM, "An investigation of the shrinkage behavior of oriented PVC in a hot air tunnel " *Advances in Polymer Technology: Journal of the Polymer Processing Institute*, vol. 10, no. 2, pp. 101-110, 1990
- [17] J. Gonçalves, J. Costa, and A. Lopes, "Parametric study on the performance of an air curtain based on CFD simulations-New proposal for automatic operation," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 193, p. 103951, 2019.
- [18] A. Rai, J. Sun, and S. A. Tassou, "Numerical investigation of the protective mechanisms of air curtain in a refrigerated truck during door openings," *Energy Procedia*, vol. 161, pp. 216-223, 2019.
- [19] R. Mondal, J. F. Torres, G. Hughes, and J. Pye, "Air curtains for reduction of natural convection heat loss from a heated plate: A numerical investigation," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 189, p. 122709, 2022.
- [20] ภ. พ. ส. พัฒน์, "ศึกษา ม่าน อากาศ ของ ตู้ เย็น แบบ เปิด เพื่อ ปรับปรุง ประสิทธิภาพ การ ใช้ พลังงาน ของ ห้อง เย็น," มหาวิทยาลัย สงขลา นครินทร์, 2022.
- [21] A. Rai, J. Sun, and S. A. Tassou, "Three-dimensional investigation on the positioning of air curtain on its effectiveness in refrigerated vehicles used for food distribution," *Energy Procedia*, vol. 161, pp. 224-231, 2019.
- [22] M. H. Ogura, หนังสือ *Why-Why Analysis*.





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวมยุรีย์ สืบบุญเรือง
วันเกิด 23 มกราคม พ.ศ.2543
สถานที่เกิด อำเภอวังหิน จังหวัดศรีสะเกษ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 2/2 หมู่ 4 ตำบลกฤษณา อำเภอขุนขันธ์ จังหวัดศรีสะเกษ 33140
ตำแหน่งหน้าที่การงาน นักศึกษา
ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2560 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษา โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จังหวัดศรีสะเกษ
พ.ศ. 2564 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
พ.ศ. 2566 ศึกษาต่อระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยมหาสารคาม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

พูน ปณ จิโต ชีเว