รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การคำนวณระบบแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์นม กรณีศึกษา แผนกออกแบบกระบวนการผลิตอาหารเหลว

Calculation of Heat Exchanger System for Milk Pasteurization A Case Study of Dairy and Beverage Department

นางสาวปาณิสรา ประเสริฐดี

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การคำนวณระบบแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์นม กรณีศึกษา แผนกออกแบบกระบวนการผลิตอาหารเหลว

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวปาณิสรา ประเสริฐดี

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมอาหาร

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ. ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน คุณอังคณา ชินนาบุญ

สถานประกอบการ บริษัท พัฒน์กล จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำเป็นเครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวกในการคำนวณระบบสาธารณูปโภค ความยาวท่อคงอุณหภูมิ และระยะเวลาในการฆ่าเชื้อสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์นม และเพื่อลดความผิดพลาดของคน (Human Error) โดยทำการศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมในการคำนวณขึ้นด้วยโปรแกรมกึ่งสำเร็จรูป และจัดทำแบบประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งาน กลุ่มตัวอย่างคือวิศวกรในแผนกออกแบบกระบวนการผลิตอาหารเหลว จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้คือ แบบประเมินโปรแกรมคำนวณ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์พบว่ารายการประเมินหัวข้อโปรแกรมมีรูปแบบการจัดองค์ประกอบที่ชัดเจน และใช้งานง่าย และภาษาที่ใช้มีความชัดเจน ถูกต้อง เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้โดยง่าย ได้ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ 4.33 คะแนน เป็นหัวข้อประเมินที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ โปรแกรมมีการจัดชุดข้อมูลอย่างเป็นระเบียบ และผู้ใช้สามารถใช้งานโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ 4.27 และ 4.20 คะแนน ตามลำดับ และรายการประเมินหัวข้อโปรแกรมมีความสวยงาม สบายตา ได้ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ 3.87 คะแนน เป็นหัวข้อประเมินที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยทุกรายการประเมินคือ 4.13 คะแนน จัดอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Calculation of Heat Exchanger System for Milk Pasteurization
A Case Study of Dairy and Beverage Department

Student intern name: Miss Panisra Prasertdee

Faculty: Engineering **Department:** Food Engineering

Advisor name: Asst.Prof.Dr. Ekkapong Cheevitsopon

Mentor name: Mrs. Angkana Chinnaboon

Company: Patkol Public Company Limited

ABSTRACT

The cooperative education project aims to create a tool to facilitate and reduce human error about the calculation of utility consumption, holding tube length and sterilization time for milk pasteurization process. First, studying the theories used in calculations. Then, the program will be calculated by using semi-finished program and creating user satisfaction evaluation form. The sample consisted of 15 engineers in the Department of Food and Beverage. The tools used for data analysis was assessments the calculations program and the statistics used for data analysis were mean and standard deviation. The results of the analysis revealed that the program evaluation items have a clear composition style and the language used is clear, accurate, suitable and easily to understand were the highest score evaluated topic, the satisfaction score were 4.33 points. Followed by the program has an organized set of data and users can use the program quickly have an average score of 4.27 and 4.20 points respectively. The program is beautiful and comfortable, with an average satisfaction score of 3.87 points, which is the least evaluated topic. The average satisfaction score of all items is 4.13, which is the most satisfied.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท พัฒน์กล จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึง 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้ความรู้และประสบการณ์การทำงานที่หลากหลาย โครงงานสหกิจนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและความช่วยเหลือจากบุคลากรหลายท่าน ดังนี้

คุณอังคณา ชินนาบุญ ผู้จัดการฝ่ายออกแบบกระบวนการผลิต ผู้ซึ่งให้ความกรุณาเป็นวิศวกรผู้ดูแล ให้ความรู้และคำแนะนำแก่ข้าพเจ้า ให้โอกาสข้าพเจ้าได้ทำงาน ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของเนื้องานและชี้แจงข้อที่ควรแก้ไขและปรับปรุงแก่ข้าพเจ้า

ผศ. ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำ ชี้แนะ และแนะแนวทางเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาขณะฝึกโครงการสหกิจศึกษา จนสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และขอขอบคุณพี่วิศวกรอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ที่คอยดูแล สนับสนุน ให้คำแนะนำและคำปรึกษาทั้งหัวข้อโครงการสหกิจศึกษา ไปจนถึงการใช้ชีวิตในสังคมการทำงาน ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ณ ที่นี้

ปาณิสรา ประเสริฐดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 วิธีการดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 แนวคิดที่ใช้ในการวางแผนงาน 3

2.1.1 การเขียนผังงาน (Flowchart) 3

2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ 5

2.2.1 อัตราการตายของจุลินทรีย์เนื่องจากความร้อน สารเคมี หรือรังสี (Lethal Rate) 6

2.2.2 ความยาวท่อคงอุณหภูมิ (Holding Tube Length) 7

2.2.3 พลังงานที่ใช้ในระบบสาธารณูปโภค (Utility Consumption) 9

2.2.4 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) 13

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 17

3.1 ศึกษากระบวนการทำงานในแผนกออกแบบกระบวนการผลิตเครื่องดื่ม 17

3.2 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา 17

3.3 วางแผนขั้นตอนการดำเนินงาน 19

3.4 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการคำนวณ 19

3.5 วางผังงานในการคำนวณและเขียนโปรแกรม 20

3.6 ทดลองใช้โปรแกรมและจัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน 25

3.7 จัดทำโครงงาน และนำเสนอ 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน **26**
4.1 การคำนวณระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ 27
4.2 การคำนวณความยาวท่อคงอุณหภูมิ 27
4.3 การคำนวณระบบสาธารณูปโภค 30
4.3.1 Regenerative section 30
4.3.2 Heating section 32
4.3.3 Cooling section 35
4.4 คำนวณโดยใช้โปรแกรม 37
4.5 แบบประเมินโปรแกรมคำนวณระบบแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์นม ..39
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ **40**
บรรณานุกรม **41**
ภาคผนวก ก Source Code **43**
ภาคผนวก ข คะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรม **73**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ของผังงาน (Flowchart Symbol) 4
ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน 19
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลที่ใช้ออกแบบกระบวนการ (Input) และผลลัพธ์ที่ต้องการ (Output) 20
ตารางที่ 4.1 รายการสัญลักษณ์ของข้อมูล 26
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรม 39
ตารางที่ ข.1 ลำดับที่และหัวข้อรายการประเมิน 74
ตารางที่ ข.2 คะแนนความพึงพอใจผู้ใช้งานโปรแกรม 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ลักษณะการไหล (สีฟ้า) และ Velocity profile (สีแดง) ของของไหล 8
รูปที่ 2.2 กระบวนการพาสเจอไรซ์ 9
รูปที่ 2.3 การไหลขนานกัน (a) และ การไหลสวนทางกัน (b) 14
รูปที่ 2.4 การไหลที่แตกต่างกันใน cross flow heat exchanger 14
รูปที่ 2.5 Shell and tube heat exchangers 1 shall pass and 1 tube pass (1-1 exchanger) 15
รูปที่ 2.6 Multi-pass flow arrangements in shell-and-tube heat exchangers 15
รูปที่ 2.7 ค่า ΔT_1 และ ΔT_2 ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ (a) ไหลขนานกัน (b) ไหลสวนทางกัน 16
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของแผนกออกแบบกระบวนการผลิตเครื่องดื่ม 18
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานการคำนวณระบบแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์นม 21
รูปที่ 3.3 แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรมในการคำนวณระยะเวลาฆ่าเชื้อ 22
รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรมในการคำนวณความยาวท่อคงอุณหภูมิ 23
รูปที่ 3.5 แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรมในการคำนวณระบบสาธารณูปโภค 24
รูปที่ 4.1 หน้าต่าง GUI ของโปรแกรม 37
รูปที่ 4.2 หน้าต่าง GUI ของโปรแกรมเมื่อทำการกรอก Input 37
รูปที่ 4.3 หน้าต่าง GUI ของโปรแกรมเมื่อทำการกดปุ่ม CALCULATE 38
รูปที่ 4.4 หน้าต่าง GUI ของโปรแกรมเมื่อทำการกดปุ่ม RESET 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการผลิตอาหารและเครื่องดื่มในอุตสาหกรรมอาหาร คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากในอาหารมีจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนการผลิตจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีกระบวนการฆ่าเชื้อ เพื่อทำลายและป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค โดยมีรูปแบบพลังงานที่ใช้หลากหลาย เช่น พลังงานความร้อน ในรูปของน้ำหรือไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูง หรือพลังงานเคมี ในรูปของการใช้สารเคมีเพื่อทำปฏิกริยา เป็นต้น

บริษัท พัฒน์กล จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทผลิตเครื่องจักรในระบบทำความเย็น อีกทั้งยังผลิตเครื่องจักรและโรงงานสำหรับผลิตภัณฑ์ของเหลวประเภทต่าง ๆ เช่น นมพาสเจอไรซ์ นมยูเอชที น้ำผลไม้ เครื่องดื่มชูกำลัง ไปจนถึงยา และเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งบริษัทมีการให้บริการลูกค้าอย่างครบวงจร ตั้งแต่ให้คำปรึกษา ออกแบบกระบวนการผลิต งานวิศวกรรม รวมไปถึงงานก่อสร้างและติดตั้ง

ในการออกแบบกระบวนการผลิต มีการคำนวณพลังงานต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบสาธารณูปโภค ทั้งด้านความร้อนและความเย็น เพื่อหากำลังของเครื่องจักรที่เหมาะสม ปริมาณของน้ำร้อนและน้ำเย็นที่ต้องใช้ในการรองรับการผลิต และคำนวณหาความยาวท่อรักษาระดับและเวลาที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์ผลิตภัณฑ์ ซึ่งวิธีที่ใช้คำนวณมีความหลากหลายแตกต่างกันไปตามความถนัดของบุคลากร เช่น คำนวณด้วยตนเองโดยใช้เครื่องคิดเลข หรือคำนวณผ่านการเขียนสูตรคำนวณในโปรแกรม Excel ที่ตนเองจัดทำขึ้นเพื่อสะดวกในการใช้งาน ซึ่งวิธีคำนวณที่ต่างกัน อาจทำให้ความถูกต้องแม่นยำต่างกันออกไป อีกทั้งความรวดเร็วในการคำนวณก็แตกต่างกันออกไปอีกด้วย จึงเป็นที่มาของการจัดทำโปรแกรมคำนวณดังกล่าว เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับบุคลากร อีกทั้งยังเป็นแนวคิดในการต่อยอดเพื่อพัฒนาสร้างโปรแกรมคำนวณอื่น ๆ ต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อพัฒนาเครื่องมือช่วยคำนวณระบบแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์นม

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณระบบสาธารณูปโภค ความยาวท่อคงอุณหภูมิ ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์นม

2. ศึกษาและออกแบบโปรแกรมการคำนวณโดยใช้โปรแกรมกึ่งสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษากระบวนการทำงานในแผนกออกแบบกระบวนการผลิตเครื่องดื่ม
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา
3. สำรวจและรวบรวมข้อมูลวิธีที่ใช้คำนวณในปัจจุบัน
4. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการคำนวณ
5. ศึกษาและออกแบบโปรแกรมคำนวณโดยใช้โปรแกรมกึ่งสำเร็จรูป
6. ทดลองคำนวณโดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบ และจัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน
7. จัดทำโครงงาน และนำเสนอ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. โปรแกรมคำนวณที่ออกแบบ ใช้งานได้ง่ายและสามารถเป็นต้นแบบในการสร้างเครื่องมือหรือโปรแกรมคำนวณอื่น ๆ ได้

2. โปรแกรมคำนวณที่ออกแบบสามารถเพิ่มความรวดเร็วในการคำนวณ ลดความผิดพลาดของคน และสามารถถ่ายทอดเป็นแนวปฏิบัติสำหรับบุคลากรใหม่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพนักงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและออกแบบโปรแกรมในการคำนวณระบบสาธารณูปโภค ความยาวท่อคงอุณหภูมิ และระยะเวลาในการฆ่าเชื้อสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์นม เพื่อพัฒนาเครื่องมือช่วยคำนวณระบบแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์นม ซึ่งในบทนี้จะประกอบไปด้วยแนวคิดที่ใช้ในการวางแผนงานและทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

แนวคิดที่ใช้ในการวางแผนงาน

1. การเขียนผังงาน (Flowchart)

ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ

1. อัตราการตายของจุลินทรีย์เนื่องจากความร้อน สารเคมี หรือรังสี (Lethal Rate)
2. ความยาวท่อคงอุณหภูมิ (Holding Tube Length)
3. พลังงานที่ใช้ในระบบสาธารณูปโภค (Utility Consumption)
4. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

2.1 แนวคิดที่ใช้ในการวางแผนงาน

2.1.1 การเขียนผังงาน (Flowchart)

ผังงาน (Flowchart) คือ รูปภาพหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เขียนแทนคำอธิบาย ข้อความ หรือคำพูดที่ใช้ในอัลกอริทึม เพราะการใช้คำพูดหรือข้อความอธิบายอาจทำให้เข้าใจขั้นตอนได้ยากกว่าการใช้รูปภาพหรือสัญลักษณ์ ผังงานสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ดังนี้

1. ผังงานระบบ (System Flowchart) คือ ผังแสดงขั้นตอนการทำงานภายในระบบ ระบบงานหมายถึง ส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงาน ทั้งบุคลากร เครื่องจักร อุปกรณ์ และวัสดุ แสดงขั้นตอนการทำงานตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงเสร็จสิ้น มีการระบุกิจกรรมที่ทำในหน่วยงานหรือขั้นตอนนั้น ๆ ซึ่งบางส่วนจะเกี่ยวข้องกับคน บางส่วนเกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ ต้องนำส่วนที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์มาเขียนโปรแกรม และแสดงรายละเอียดการทำงานแยกเป็น Program Flowchart

2. ผังงานโปรแกรม (Program Flowchart) คือ ผังแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานในโปรแกรม แสดงการทำงานในขั้นตอนการรับข้อมูล ประมวลผล และแสดงผล

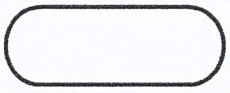
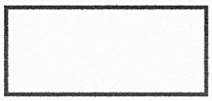
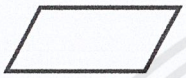
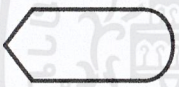
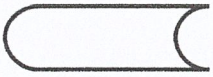
<u>ประโยชน์ของผังงาน</u>

1. สามารถเข้าใจและแยกแยะปัญหาต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น
2. ผู้เขียนโปรแกรมสามารถมองเห็นลำดับการทำงาน รู้ว่าสิ่งใดควรทำก่อนและหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผู้อื่นสามารถเข้าใจลำดับการทำงานได้มากกว่าการอ่านจาก source code

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ของผังงาน (Flowchart Symbol)

สัญลักษณ์	ความหมาย
	Terminator ใช้แสดงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของโปรแกรม
	Process ใช้ในการประมวลผลข้อมูล กำหนดค่า หรือการคำนวณทางคณิตสาตร์
	Input/Output หรือ I/O ใช้ในการรับข้อมูล แสดงผลข้อมูลโดยไม่ระบุอุปกรณ์
	Manual Input ใช้ในการรับข้อมูลจากแป้นพิมพ์
	Decision Symbol ใช้ในการเปรียบเทียบเงื่อนไขหรือตัดสินใจ
	Display ใช้เมื่อต้องการระบุให้แสดงข้อมูลบนจอภาพ
	Document Symbol ใช้เมื่อต้องการระบุให้แสดงข้อมูลบนเครื่องพิมพ์
	Preparation การเตรียมทำงานลำดับถัดไป
	Predefined Process โปรแกรมย่อย หรือโมดูลเริ่มทำงานหลังจากจบคำสั่งในโปรแกรมย่อย แล้วจะกลับมาทำคำสั่งต่อไป
	Online Storage แหล่งเก็บข้อมูลออนไลน์ หรือหน่วยความจำสำรอง
	Connector หรือ On-page Connector จุดเชื่อมผังงานในหน้าเดียวกัน
	Connector หรือ Off-page Connector จุดเชื่อมผังงานที่อยู่หน้าต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ

การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้ออาหารแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ การพาสเจอไรซ์ และการสเตอริไลซ์ ซึ่งแต่ละวิธีมีวัตถุประสงค์เฉพาะ ดังนั้นระดับของความร้อนที่ใช้จึงขึ้นกับวัตถุประสงค์เหล่านั้น ซึ่งในโครงงานนี้มุ่งเน้นศึกษาไปที่การพาสเจอไรซ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) เป็นการใช้ความร้อนในระดับที่ไม่สูงมาก โดยปกติที่ใช้มักจะน้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส สามารถแบ่งวัตถุประสงค์ของการพาสเจอไรซ์ออกตามค่า pH ของอาหาร ดังนี้

1. อาหารที่มีค่า pH สูงกว่า 4.6

การพาสเจอไรซ์มีวัตถุประสงค์เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย (Pathogen) ต่อผู้บริโภค จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบางส่วนอาจเหลือรอดจากการให้ความร้อนแบบนี้ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้การถนอมอาหารแบบอื่นควบคู่ไปด้วยเพื่อป้องกันการเน่าเสีย นั่นคือให้อยู่ภายใต้สภาวะที่จะทำให้การเจริญของจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่เป็นไปได้น้อยที่สุด การถนอมอาหารที่ใช้ควบคู่ไปกับการพาสเจอไรซ์ ได้แก่

- การใช้ความเย็น (Refrigeration)
- การลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เพื่อทำให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น การเติมน้ำตาล การเติมเกลือ เป็นต้น
- การปรับกรด เช่น การใช้กรดเพื่อปรับค่า pH ของหน่อไม้
- การหมักโดยใช้จุลินทรีย์เพื่อแลกเปลี่ยนองค์ประกอบในอาหาร เช่น เปลี่ยนแลคโตสหรือน้ำตาลนมไปเป็นกรดแลคติค ซึ่งทำให้อาหารคงตัวมากขึ้น

อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรส์ขึ้นกับ

- ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ที่ต้องการทำลาย
- ความไวของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อความร้อน

การพาสเจอไรซ์ อาจทำได้ดังนี้

- ใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น (High Temperature Short Time : HTST) ตัวอย่างเช่น การพาสเจอไรซ์นมที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที
- ใช้อุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low Temperature Long Time : LTLT) ตัวอย่างเช่น การพาสเจอไรซ์นมที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

การพาสเจอร์ไรซ์ที่เหมาะสมขึ้นกับอัตราการทำลายจุลินทรีย์ เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยทางด้านคุณภาพ โดยทั่วไปพบว่าการใช้ HTST ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีกว่า LTLT

สภาวะการพาสเจอไรซ์ที่ใช้กับนม ขึ้นกับการใช้ความร้อนในการทำลาย *Coxiella burnetti* ซึ่งเป็น Rickettsia ที่ทำให้เกิดโรค Q Fever ซึ่งเป็นเชื้อที่เป็นอันตรายที่ทนต่อความร้อนได้มากที่สุดที่พบในนมในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อาหารที่มีค่า pH น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6

เนื่องจากเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะต่อการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคและต่อการงอกของสปอร์ จุดมุ่งหมายของการพาสเจอไรซ์อาหารที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.6 ส่วนใหญ่แล้วจึงเพื่อทำลาย Vegetative cell สำหรับน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง เช่น มะนาว การพาสเจอไรซ์ทำเพื่อทำลายยีสต์หรือรา ส่วนพวกเครื่องดื่มที่ได้จากการหมัก เช่น ไวน์ หรือเบียร์ การพาสเจอไรซ์ทำเพื่อทำลายพวกยีสต์แปลกปลอม (Wild yeast)

สำหรับกระบวนการฆ่าเชื้อที่ขึ้นกับจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน ค่า pH ของอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก สปอร์ที่มีความทนทานต่อความร้อนสูงอาจเหลือรอดจากกระบวนการฆ่าเชื้อได้ แต่เนื่องจากอาหารมีค่า pH ต่ำ สปอร์เหล่านี้จึงไม่สามารถเจริญ และไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพหรือทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้น

ที่ค่า pH 4.6 เป็นค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำกว่าค่า pH ต่ำสุด (pH 4.8) เล็กน้อย ที่เชื้อ *Clostridium botulinum* สามารถเจริญและสร้างสารพิษขึ้นได้ จึงต้องมีการระมัดระวังเป็นพิเศษ

2.2.1 อัตราการตายของจุลินทรีย์เนื่องจากความร้อน สารเคมี หรือรังสี (Lethal Rate)

Pasteurization value (P) เป็นเวลาที่อุณหภูมิหนึ่ง ที่ใช้เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์เป้าหมาย (ที่เป็นอันตรายหรือทำให้อาหารเสื่อมเสีย ที่ทนต่อความร้อนได้มากที่สุดที่สามารถเจริญในผลิตภัณฑ์ได้) ในผลิตภัณฑ์อาหารลงจำนวนหนึ่ง เช่น ลดลง 6 log หรือ 6 D (ความสามารถในการทนต่อความร้อนของจุลินทรีย์ D Value หรือ Decimal Reduction Time หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ลง 90% ของที่มีอยู่ที่อุณหภูมิหนึ่ง) โดยใช้ค่า z ที่จำเพาะค่าหนึ่ง กำหนดเฉพาะเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ

กำหนดด้วยสัญลักษณ์ $$P_T^z = Process\ time \quad (2.1)$$

โดย ค่า z คือ จำนวนองศาฟาเรนไฮต์ หรือ องศาเซลเซียสที่ต้องการเพื่อเปลี่ยน TDT curve ไป 1 log cycle หรือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนค่า D ไป 10 เท่า ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามจุลินทรีย์ที่เป็นเป้าหมายที่สามารถเจริญในผลิตภัณฑ์ได้ เช่น ค่า z ของ Vegetative cells มีค่า 5-8 องศาเซลเซียส หรือ ของสปอร์มีค่า 8-12 องศาเซลเซียส (Gaze,2006)

T เป็นอุณหภูมิอ้างอิงที่จุดร้อนช้าสุดในผลิตภัณฑ์ได้รับและคงไว้ตามเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Process time) หรือเป็น Process ที่เทียบเท่า อาจด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่าเป็นเวลานานกว่า หรือ อุณหภูมิสูงกว่าที่เวลาสั้นกว่า

Process time คือ เวลาที่ต้องการที่อุณหภูมิอ้างอิง (หรือเทียบเท่า) เพื่อให้สามารถลดจุลินทรีย์เป้าหมายในผลิตภัณฑ์อาหารลงได้ตามต้องการ

การออกแบบการพาสเจอไรซ์ ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ขึ้นกับความร้อนเพียงอย่างเดียว ปัจจัยที่ใช้ควบคุมร่วมคือค่า pH ของอาหารที่ต้องคุมให้ต่ำกว่า 4.6 ตลอดอายุการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบกระบวนการ ทำได้ดังนี้

1. ออกแบบกระบวนการให้ความร้อนที่ขึ้นกับความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์เป้าหมายและคำนวณเวลาที่ต้องการในการลดจำนวนจุลินทรีย์ลง 6 log (6 D) ที่อุณหภูมิอ้างอิง

2. ทดสอบเพื่อความมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนตามที่ออกแบบไว้โดยใช้สายวัดอุณหภูมิ (Thermocouple หรือ Biological validation technique ที่ใช้ออกแบบ Process) ที่จุดร้อนช้าสุดของผลิตภัณฑ์

3. ถ้าอุณหภูมิที่เลือกไว้ไม่เหมาะสมที่จะใช้ สามารถใช้สมการในการหาค่า Lethal rate หรืออัตราการตายของจุลินทรีย์เนื่องจากความร้อน สารเคมี หรือรังสี เพื่อคำนวณหา Process ที่เทียบเท่าแล้วแสดงในรูปของค่า P

$$L = 10^{(\frac{T-Tref}{z})} \quad (2.2)$$

เมื่อ L คือ Lethal rate (นาที)

T คือ อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าสุด (°C)

T_{ref} คือ อุณหภูมิอ้างอิง (°C)

z คือ ค่า z ที่เลือก (°C)

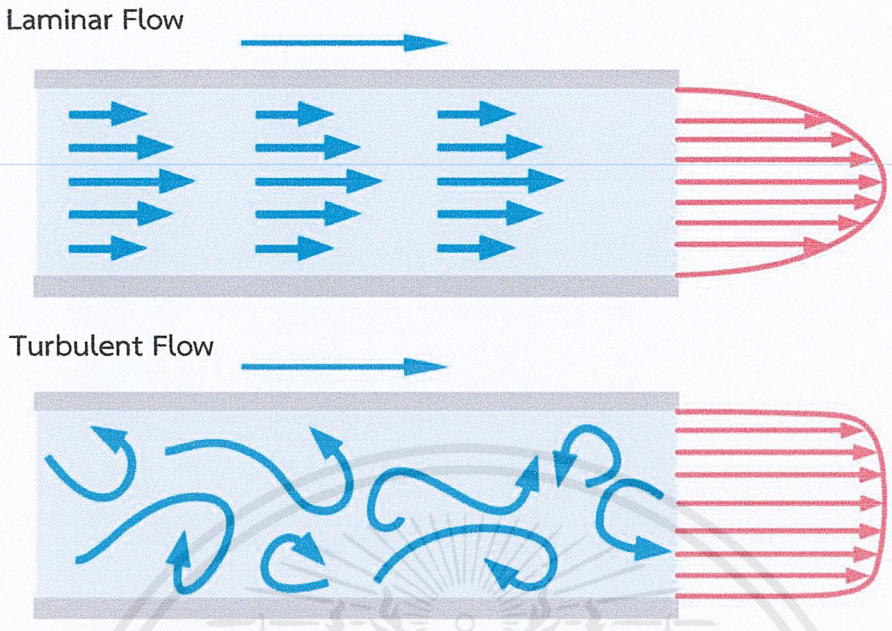
2.2.2 ความยาวท่อคงอุณหภูมิ (Holding Tube Length)

การไหลของของไหลแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การไหลภายนอก (External flow) และการไหลภายใน (Internal flow) ซึ่งในที่นี้เป็นการไหลภายในท่อ

การไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) หรือการไหลแบบสม่ำเสมอ คือ รูปแบบการไหลที่อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่อย่างเป็นระเบียบ ไม่มีการผสมกันระหว่างชั้นของไหล ลักษณะการไหลแบบนี้ โดยทั่วไปเกิดขึ้นกับของไหลที่มีความหนืด (viscosity) สูงและไหลด้วยความเร็วต่ำ หรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่ของไหลไหลผ่านมีขนาดใหญ่มาก ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของไหลที่ไหลภายในท่อ (ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และคณะ, 2555)

การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) หรือการไหลที่ไม่เป็นระเบียบ โดยทั่วไปเกิดขึ้นกับของไหลที่มีค่าความหนืด (viscosity) ต่ำและไหลด้วยความเร็วสูง หรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่ของไหลไหลผ่านมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของไหลที่ไหลภายในท่อ รูปแบบการไหลของของไหลมีทิศทางและความเร็วที่ไม่แน่นอน และมีการผสมกันระหว่างชั้นของไหลในขณะเคลื่อนที่ (ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และคณะ, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ลักษณะการไหล (สีฟ้า) และ Velocity profile (สีแดง) ของของไหล

ที่มา: http://www.usdidactic.com/teaching-lab-equipment/i4320_Zeichnung_Einzelheit_1.htm

จากการทดลองของ Reynold พบว่า การไหลในทอจะมีลักษณะการไหลขึ้นอยู่กับกลุ่มตัวแปรไร มิติที่เรียกว่า Reynold number, Re ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าการไหลของของไหลนั้นเป็นการไหลแบบราบเรียบหรือปั่นป่วน แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

$$Re = \frac{\rho V_{avg} D}{\mu} \tag{2.3}$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

V_{avg} คือ ความเร็วเฉลี่ยของของไหล (m/s)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ (m)

μ คือ ความหนืดสัมบูรณ์ของของไหล (Pa·s)

โดยมีข้อพิจารณาคือ

$Re \leq 2000$	คือ การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow)
$2000 < Re < 4000$	คือ การไหลในช่วง Transition zone
$4000 \leq Re$	คือ การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow)

ความยาวของท่อรักษาระดับอุณหภูมิในกระบวนการพาสเจอไรซ์ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Holding\ tube\ length = V_{max} \times Sterilization\ time \tag{2.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Sterilization time คือ เวลาในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ (s)

V_{max} คือ ความเร็วสูงสุดของของไหล (m/s)

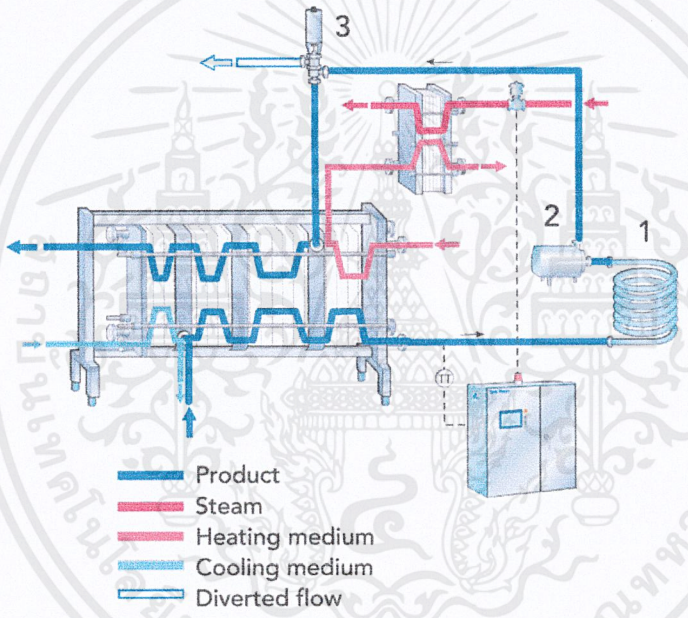
โดยที่ $V_{max} = 2V_{avg}$ สำหรับการไหลแบบราบเรียบ

$V_{max} = 1.2V_{avg}$ สำหรับการไหลแบบปั่นป่วน

2.2.3 พลังงานที่ใช้ในระบบสาธารณูปโภค (Utility Consumption)

<u>กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนในการผลิตนม</u>

หัวใจสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์นมแบบทันสมัย คือ ความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ได้ในทุก ๆ ขั้นตอน การให้ความร้อนน้ำนม และทำให้เย็นลงถือได้ว่าเป็นกระบวนการปกติทั่วไปของโรงงานผลิตนม



รูปที่ 2.2 กระบวนการพาสเจอไรซ์

ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณพลังงานความร้อนในระบบ เป็นไปตามสมการ

$$Q = mc_p\Delta T \tag{2.5}$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อน (kW)

m คือ อัตราการไหลของสาร (kg/s)

c_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg·°C)

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ (°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอาหารประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ คือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ไฟเบอร์ ถ่าน น้ำ และอื่น ๆ สามารถประมาณค่าความจุความร้อนจำเพาะของอาหาร และความหนาแน่นของอาหารได้จากสมการ (ASHRAE Refrigeration Handbook,2002) ดังนี้

โปรตีน (Protein) : $c_{p,pt} = 2.0082 + 1.2089 \times 10^{-3}t - 1.3129 \times 10^{-6}t^2$

ไขมัน (Fat) : $c_{p,fat} = 1.9842 + 1.4733 \times 10^{-3}t - 1.3129 \times 10^{-6}t^2$

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) : $c_{p,carb} = 1.5488 + 1.9625 \times 10^{-3}t - 5.9399 \times 10^{-6}t^2$

ไฟเบอร์ (Fiber) : $c_{p,fb} = 1.8459 + 1.8306 \times 10^{-3}t - 4.6509 \times 10^{-6}t^2$

ถ่าน (Ash) : $c_{p,ash} = 1.0926 + 1.8896 \times 10^{-3}t - 3.6817 \times 10^{-6}t^2$

น้ำ (อุณหภูมิ 0 °C ถึง 150 °C) : $c_{p,wt} = 4.1762 - 9.0864 \times 10^{-5}t + 5.4731 \times 10^{-6}t^2$

$$c_{p,prod} = x_{pt}c_{p,pt} + x_{fat}c_{p,fat} + x_{carb}c_{p,carb} + x_{fb}c_{p,fb} + x_{ash}c_{p,ash} + x_{wt}c_{p,wt} \quad (2.6)$$

โปรตีน (Protein) : $D_{pt} = 1.3299 \times 10^{3} - 5.1840 \times 10^{-1}t$

ไขมัน (Fat) : $D_{fat} = 9.2559 \times 10^{2} - 4.1757 \times 10^{-1}t$

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) : $D_{carb} = 1.5991 \times 10^{3} - 3.1046 \times 10^{-1}t$

ไฟเบอร์ (Fiber) : $D_{fb} = 1.3115 \times 10^{3} - 3.6589 \times 10^{-1}t$

ถ่าน (Ash) : $D_{ash} = 2.4238 \times 10^{3} - 2.8063 \times 10^{-1}t$

น้ำ : $D_{wt} = 9.9718 \times 10^{2} + 3.1439 \times 10^{-3}t - 3.7574 \times 10^{-3}t^2$

$$D_{prod} = x_{pt}D_{pt} + x_{fat}D_{fat} + x_{carb}D_{carb} + x_{fb}D_{fb} + x_{ash}D_{ash} + x_{wt}D_{wt} \quad (2.7)$$

เมื่อ $c_{p,total}$ คือ ความจุความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ (kJ/kg·°C)

D_{total} คือ ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ (kg/m^3)

x_{pt} คือ สัดส่วนมวลของโปรตีน

x_{fat} คือ สัดส่วนมวลของไขมัน

x_{carb} คือ สัดส่วนมวลของคาร์โบไฮเดรต

x_{fb} คือ สัดส่วนมวลของไฟเบอร์

x_{ash} คือ สัดส่วนมวลของถ่าน

x_{wt} คือ สัดส่วนมวลของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้ความร้อน (Heating section)

สื่อนำความร้อนที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับนมอาจเป็นน้ำร้อนหรือไอน้ำความดันต่ำ จะไม่นำไอน้ำมาใช้โดยตรงเพราะมีอุณหภูมิแตกต่างกับอุณหภูมิในการทำพาสเจอไรซ์มาก สื่อกลางความร้อนที่ใช้กันมากที่สุดจึงเป็นน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิในการทำพาสเจอไรซ์ประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส โดยจะทำให้น้ำนมมีอุณหภูมิสูงขึ้น และสื่อนำความร้อนจะมีอุณหภูมิลดลง

การคำนวณระบบสาธารณูปโภคในกระบวนการให้ความร้อน

สิ่งที่ต้องการในกระบวนการให้ความร้อน คือ

1. ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผลิตภัณฑ์และน้ำร้อน ซึ่งปริมาณพลังงานความร้อนที่น้ำร้อนให้จะต้องเท่ากับปริมาณพลังงานความร้อนที่ผลิตภัณฑ์ได้รับ และในกรณีเดียวกันพลังงานความร้อนที่ไอน้ำให้จะต้องเท่ากับปริมาณพลังงานความร้อนที่น้ำร้อนได้รับ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = mc_{p,prod}(T_{prod,o} - T_{prod,i}) \quad (2.8)$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อน (kW)

m คือ อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ (kg/s)

$c_{p,prod}$ คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ (kJ/kg·°C)

$T_{prod,i}$ คือ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ก่อนแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำร้อน (°C)

$T_{prod,o}$ คือ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์หลังแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำร้อน (°C)

จะได้พลังงานในหน่วยกิโลวัตต์ (kW) ซึ่งอุปกรณ์ให้กำเนิดความร้อนแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ ประเภทไฟฟ้า เช่น ฮีตเตอร์ และประเภทเครื่องกำเนิดไอน้ำ หรือบอยเลอร์ (Boiler) ซึ่งพลังงานในหน่วยกิโลวัตต์ที่ได้สามารถนำไปเลือกขนาดของฮีตเตอร์ที่ต้องใช้ได้ หรือสามารถนำไปคำนวณหาปริมาณไอน้ำที่ต้องใช้ ณ ความดันใช้งานสำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำได้

2. ปริมาณไอน้ำที่ใช้สำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = m_{st}h_{fg} \quad (2.9)$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อน (kW)

m_{st} คือ อัตราการไหลของไอน้ำ (kg/s)

h_{fg} คือ ค่าความร้อนแฝง (Latent heat) ของไอน้ำ ณ ความดันใช้งาน (kJ/kg)

3. อุณหภูมิของน้ำร้อน ณ ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เป็นการตรวจเช็คอุณหภูมิเพื่อเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสม สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = m_{hw}c_{p,hw}(T_{hw,i} - T_{hw,o}) \quad (2.10)$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อน (kW)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

m_{hw} คือ อัตราการไหลของน้ำร้อน (kg/s)

$c_{p,hw}$ คือ ค่าความจุความร้อนของน้ำร้อน (kJ/kg·°C)

$T_{hw,i}$ คือ อุณหภูมิของน้ำร้อนก่อนแลกเปลี่ยนความร้อน (°C)

$T_{hw,o}$ คือ อุณหภูมิของน้ำร้อนหลังแลกเปลี่ยนความร้อน (°C)

<u>การทำให้เย็น (Cooling section)</u>

หลังจากที่นมมาถึงโรงงานผลิตจะส่งตรงเข้าเครื่องให้ความเย็น ให้ลดลงถึง 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า เพื่อป้องกันการเติบโตของจุลินทรีย์เพียงชั่วคราว ในขั้นต่อมา หลังจากผ่านกรรมวิธีการพาสเจอไรซ์แล้วจะทำให้น้ำนมเย็นลงอีกครั้งที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส

ถ้ามีน้ำเย็นตามธรรมชาติอาจนำมาใช้ในการให้ความเย็นข้างต้นหลังผ่านกรรมวิธีเจอไรซ์ และช่วยรับความร้อนไว้ด้วยหลักการแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้อุณหภูมิของนมเย็นลงสู่ค่าที่ต้องการ และอุณหภูมิของตัวสื่อก็จะร้อนขึ้นอย่างสัมพันธ์กัน ตัวสื่อที่เย็นอาจเป็นน้ำเย็น น้ำแข็ง น้ำทะเล หรือสารละลายแอลกอฮอล์

<u>การคำนวณระบบสาธารณูปโภคในกระบวนการทำให้เย็น</u>

สิ่งที่ต้องการในกระบวนการทำให้เย็น คือ

1. ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผลิตภัณฑ์และน้ำเย็น ซึ่งปริมาณพลังงานความร้อนที่ผลิตภัณฑ์ให้จะต้องเท่ากับปริมาณพลังงานความร้อนที่น้ำเย็นได้รับ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = mc_{p,prod}(T_{prod,i} - T_{prod,o}) \quad (2.11)$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อน (kW)

m คือ อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ (kg/s)

$c_{p,prod}$ คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ (kJ/kg·°C)

$T_{prod,i}$ คือ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ก่อนแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็น (°C)

$T_{prod,o}$ คือ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์หลังแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็น (°C)

จะได้พลังงานในหน่วยกิโลวัตต์ (kW) ซึ่งสามารถนำไปเลือกขนาดของเครื่องทำความเย็นที่เหมาะสมได้

2. อุณหภูมิของน้ำเย็น ณ ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = m_{cw}c_{p,cw}(T_{cw,o} - T_{cw,i}) \quad (2.12)$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อน (kW หรือ kcal/h)

m_{cw} คือ อัตราการไหลของน้ำเย็น (kg/s)

$c_{p,cw}$ คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเย็น (kJ/kg·°C)

$T_{cw,i}$ คือ อุณหภูมิของน้ำเย็นก่อนแลกเปลี่ยนความร้อน (°C)

$T_{cw,o}$ คือ อุณหภูมิของน้ำเย็นหลังแลกเปลี่ยนความร้อน (°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ความร้อนและความเย็นที่นำกลับมาเวียนใช้ได้

ในหลายกรณี ผลิตภัณฑ์จะได้รับความร้อนเป็นอันดับแรกตามกรรมวิธีใดวิธีหนึ่งก่อนจะทำให้เย็นลง เช่น กรรมวิธีพาสเจอไรซ์นม น้ำนมแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส ผ่านกรรมวิธีให้ความร้อนสู่อุณหภูมิพาสเจอไรซ์ 72 องศาเซลเซียส และรักษาระดับความร้อนที่อุณหภูมินี้นาน 15 วินาที และทำให้เย็นลงสู่ 4 องศาเซลเซียส อีกครั้งหนึ่ง

ความร้อนจากนมที่ผ่านการพาสเจอไรซ์จะนำไปใช้อุ่นน้ำนมที่เย็น นมที่เย็นนำเข้าสู่กระบวนการอุ่นขั้นต้นด้วยน้ำนมร้อนที่ถูกส่งออกจากกระบวนการให้ความร้อน ส่งผลให้น้ำนมที่เย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น และน้ำนมที่ร้อนมีอุณหภูมิต่ำลงอย่างสัมพันธ์กัน ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานที่ใช้ทำความร้อนและความเย็นและเรียกว่าเป็นการหมุนเวียนแลกเปลี่ยนความร้อน หรือนิยมเรียกว่าการฟื้นพลังงานกลับมาใช้ ความร้อนปริมาณมาก 94 ถึง 95% ของน้ำนมที่ผ่านการพาสเจอไรซ์สามารถนำกลับมาหมุนเวียนใช้ได้ ซึ่งปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = mc_{p,prod}(T_{prod,o} - T_{prod,i}) \quad (2.13)$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อน (kW)

m คือ อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ (kg/s)

$c_{p,prod}$ คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ (kJ/kg·°C)

$T_{prod,i}$ คือ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ก่อนเข้าสู่ส่วนนำความร้อนกลับมาใช้ (°C)

$T_{prod,o}$ คือ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์หลังเข้าสู่ส่วนนำความร้อนกลับมาใช้ (°C)

2.2.4 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

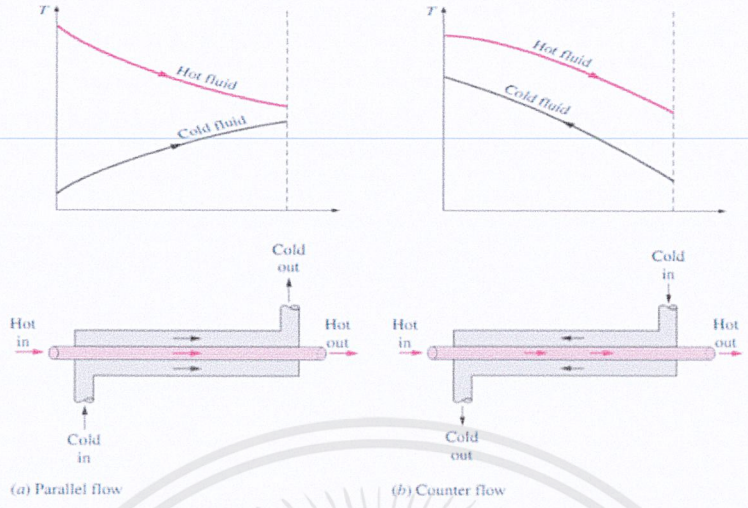
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับถ่ายเทความร้อนจากของไหลชนิดหนึ่งไปยังของไหลอีกชนิดหนึ่ง โดยที่ของไหลไม่จำเป็นต้องผสมกัน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นเครื่องมือที่สำคัญมากอย่างหนึ่งเพราะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในระบบต่าง ๆ ทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างกว้างขวาง

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีหลายแบบ การจำแนกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอาจทำได้โดยอาศัยทิศทางการเคลื่อนที่ของของไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นหลัก โดยทั่วไปแล้วจำแนกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น (Concentric tube or Double pipe)

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้อาจอยู่ในลักษณะท่อสองท่อสวมเข้าด้วยกันดังรูปที่ 2.3 ส่วนการไหลของของไหล อาจไหลสวนทางกัน เรียกว่า counter flow หรือไหลขนานกัน เรียกว่า parallel flow

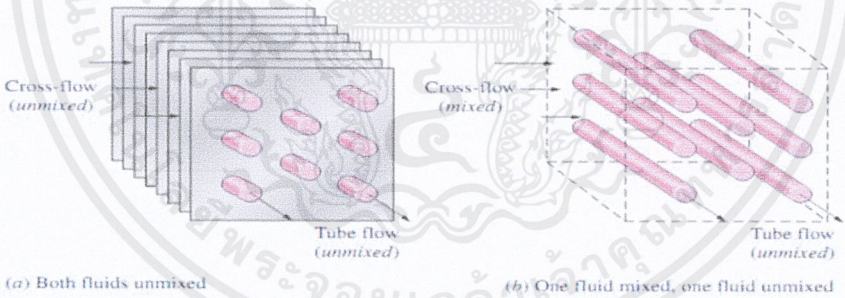
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การไหลขนานกัน (a) และ การไหลสวนทางกัน (b)

2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกัน (Cross flow)

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ ของไหลจะไหลในทิศทางตั้งฉากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 การสร้างนั้นอาจให้อยู่ในลักษณะของไหลเที่ยวเดียว (single pass) หรือ ไหลสองเที่ยว (double pass) หรือมากกว่า

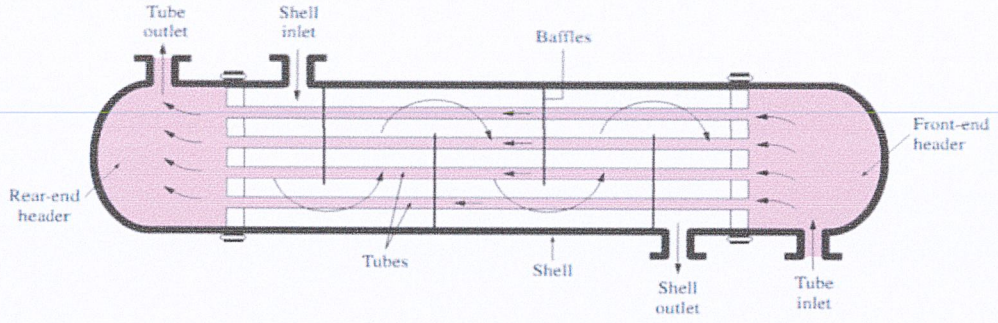


รูปที่ 2.4 การไหลที่แตกต่างกันใน cross flow heat exchanger

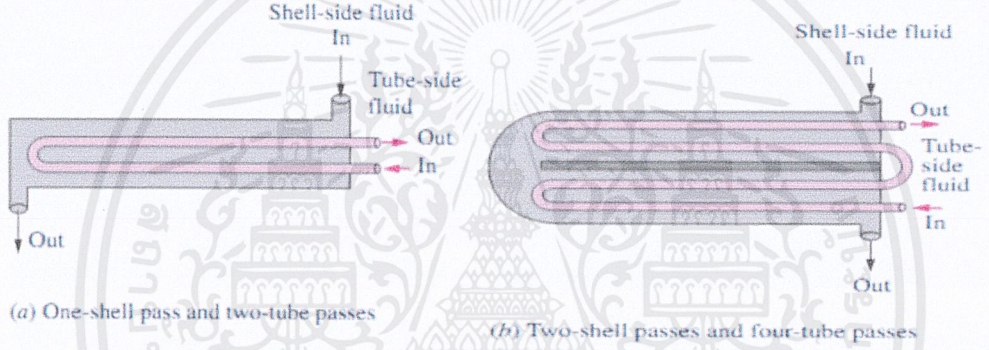
3. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ (Shell and tube)

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ ของไหลชนิดหนึ่งจะอยู่ในเชลล์ และอีกชนิดหนึ่งจะอยู่ในท่อ สำหรับการไหลนั้นจะอยู่ในลักษณะไหลสวนทาง หรือไหลขนานก็ได้ หรือทั้งสองแบบในเครื่องเดียวกันก็ได้ นอกจากนี้อาจออกแบบให้ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกับท่อก็สามารถทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 Shell and tube heat exchangers 1 shall pass and 1 tube pass (1-1 exchanger)



รูปที่ 2.6 Multi-pass flow arrangements in shell-and-tube heat exchangers

การหาอัตราการถ่ายเทความร้อนสำหรับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = UA\Delta T_{lm} \tag{2.14}$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อน (kW)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($kW/m^2 \cdot ^\circ C$)

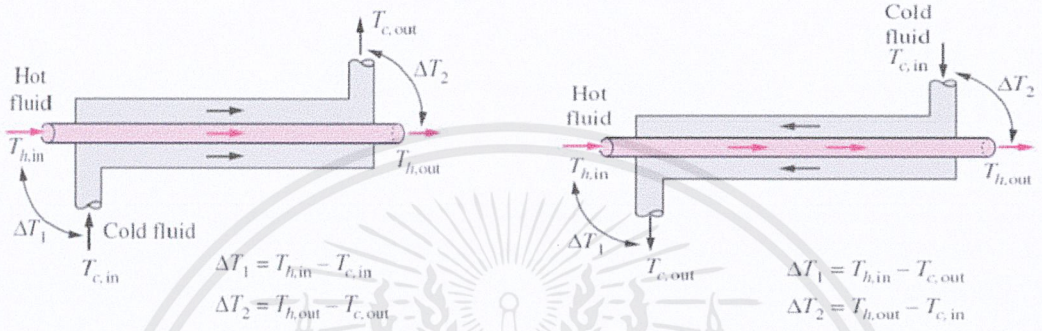
A คือ พื้นที่ของการถ่ายเทความร้อน (m^2)

ΔT_{lm} คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยแบบล็อก (°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยแบบล็อก แบ่งออกตามประเภทการไหลของของไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน คำนวณได้จากสมการ

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (2.15)$$



(a) Parallel Flow Heat Exchanger (b) Counter Flow Heat Exchanger

รูปที่ 2.7 ค่า ΔT_1 และ ΔT_2 ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ (a) ไหลขนานกัน (b) ไหลสวนทางกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะประกอบไปด้วยวิธีการดำเนินงาน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษากระบวนการทำงานในแผนกออกแบบกระบวนการผลิตเครื่องดื่ม
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา
3. วางแผนขั้นตอนการดำเนินงาน
4. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการคำนวณ
5. วางผังงานในการคำนวณและเขียนโปรแกรม
6. ทดลองใช้โปรแกรมและจัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน
7. จัดทำโครงงาน และนำเสนอ

3.1 ศึกษากระบวนการทำงานในแผนกออกแบบกระบวนการผลิตเครื่องดื่ม

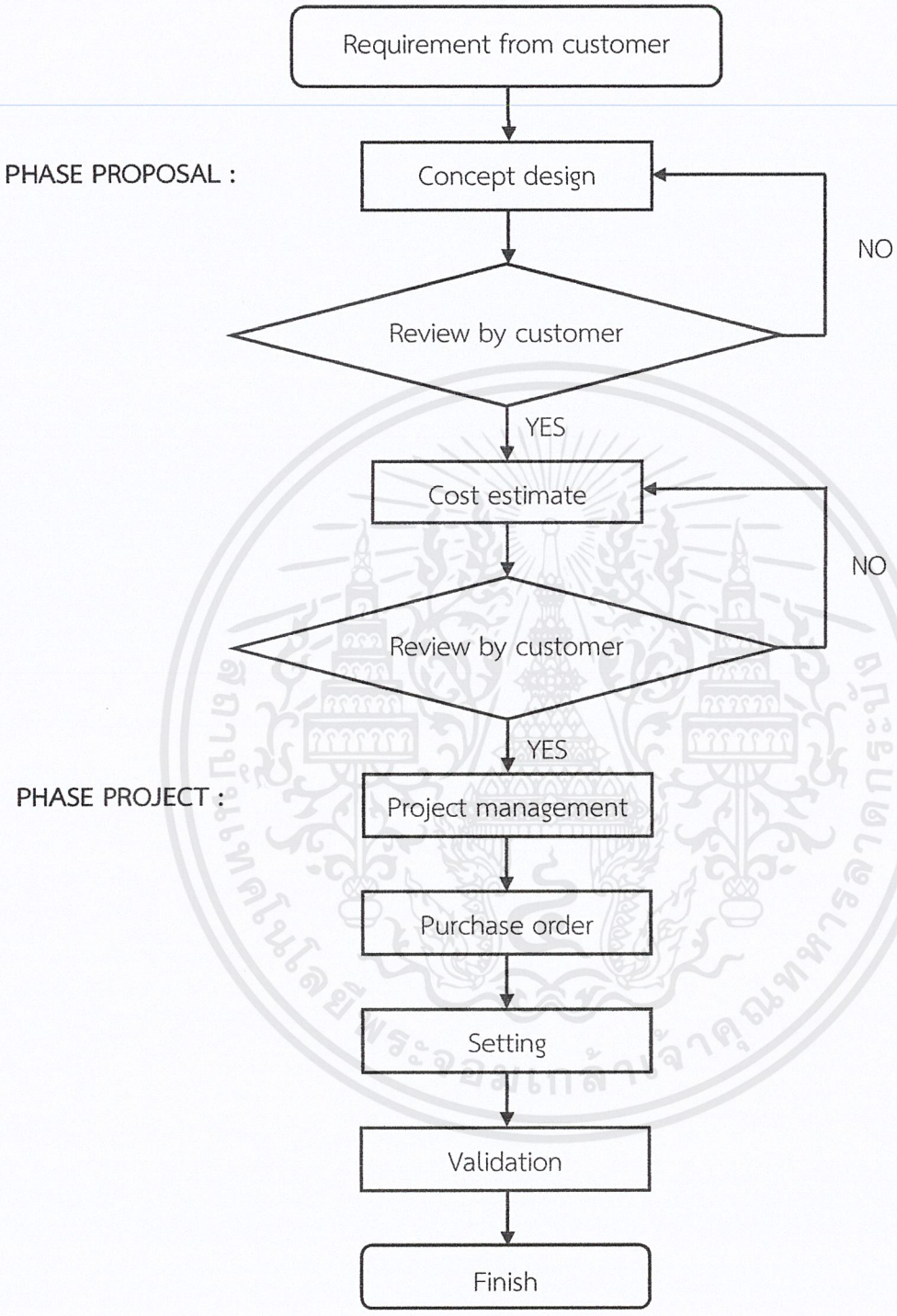
บริษัท พัฒน์กล จำกัด มหาชน เป็นบริษัทผลิตเครื่องจักรทำความเย็น อีกทั้งยังออกแบบและผลิตโรงงานผลิตภัณฑ์ของเหลวประเภทต่าง ๆ เช่น นม น้ำผลไม้ เครื่องดื่มชูกำลัง น้ำดื่มบรรจุขวด รวมไปถึงโรงงานยาและเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งให้บริการอย่างครบวงจรตั้งแต่ให้คำปรึกษา ออกแบบ ติดตั้ง งานก่อสร้างด้านวิศวกรรม ไปจนถึงงานติดตั้ง

แผนกออกแบบกระบวนการผลิตเครื่องดื่มหรือ Daily & Beverage เป็นแผนกที่ออกแบบกระบวนการผลิตอาหารเหลว ซึ่งมีกระบวนการทำงานดังรูปที่ 3.1

3.2 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

ผู้ศึกษาได้ทำการปรึกษากับวิศวกรผู้ดูแล เพื่อทำการกำหนดหัวข้อโครงงาน วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ โดยหัวข้อที่จะดำเนินการ คือ การคำนวณระบบแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์นม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของแผนกออกแบบกระบวนการผลิตเครื่องดื่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วางแผนขั้นตอนการดำเนินงาน

วางแผนการดำเนินงาน โดยมีระยะเวลาในการดำเนินงานตั้งแต่วันที่ 5 สิงหาคม ถึง 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

แผนดำเนินงาน	1/2562					2/2562
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1. ศึกษากระบวนการทำงานในแผนกออกแบบกระบวนการผลิตเครื่องดื่ม						
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา						
3. สำรวจและรวบรวมข้อมูลวิธีที่ใช้คำนวณในปัจจุบัน						
4. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการคำนวณ						
5. ศึกษาและออกแบบโปรแกรมคำนวณโดยใช้โปรแกรม MATLAB						
6. ทดลองใช้โปรแกรมและจัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน						
7. จัดทำโครงงาน และนำเสนอ						

3.4 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการคำนวณ

ศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณโดยอ้างอิงจากมาตฐานต่าง ๆ เช่น ASHRAE refrigeration handbook หรือ Journal of Hygienic Engineering and Design และทำการคำนวณด้วยตนเองโดยใช้เครื่องคิดเลขเพื่อทำความเข้าใจขั้นตอนในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วางผังงานในการคำนวณและเขียนโปรแกรม

จัดการข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลที่ใช้ออกแบบกระบวนการ (Input) และผลลัพธ์ที่ต้องการ (Output) ได้ดังนี้

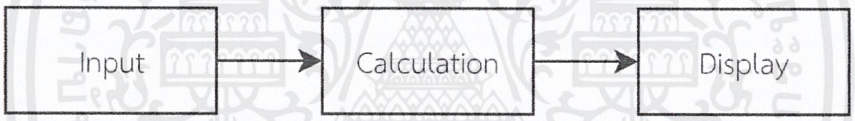
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลที่ใช้ออกแบบกระบวนการ (Input) และผลลัพธ์ที่ต้องการ (Output)

Input	Output
Operation	Holding tube length
- Temp. guard	Sterilization time
- Temp. operate	Utility
- Flow guard	- Heating section
- Flow operate	- Heat load
Food Properties	- Steam flowrate
- % Protein	- Outlet temp. of hot water
- % Fat	- Number of plate
- % Carbohydrate	- Regenerative section
- % Fiber	- Save energy
- % Ash	- Number of plate
- % Water	- Cooling section
- Viscosity	- Cool load
SECTION: Sterilization time	- Outlet temp. of cool water
- z value	- Number of plate
- Temperature	
- Process Time	
SECTION: Holding tube length	
- Outside Diameter	
- Thickness	
SECTION: Utility system	
- Inlet product temp.	
- Homogenization temp.	
- Inlet hot water temp.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Hot water flowrate - Pressure of steam - Inlet cool water temp. - Cool water flowrate - Outlet product temp. - Design factor - Area of plate - Overall heat transfer coefficient - Heating section - Regenerative section - Cooling section	

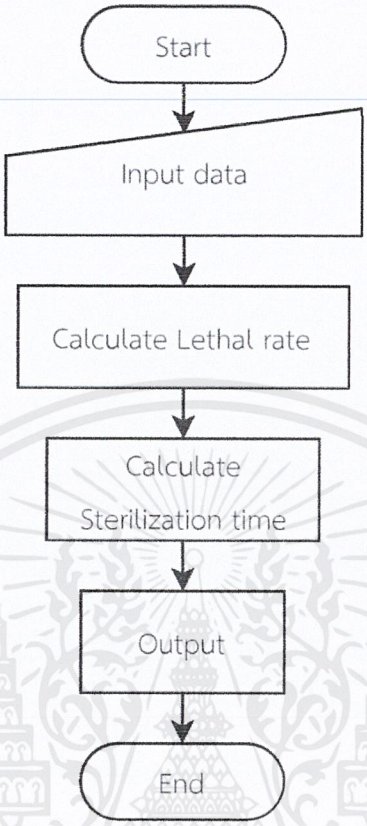
ศึกษาและออกแบบโปรแกรมการคำนวณโดยใช้โปรแกรมกึ่งสำเร็จรูป โดยการทำงานของโปรแกรมเริ่มจากรับข้อมูลที่ต้องการจากผู้ใช้ จากนั้นนำไปคำนวณ และแสดงผลลัพธ์ออกทางหน้าจอ



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานการคำนวณระบบแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์นม

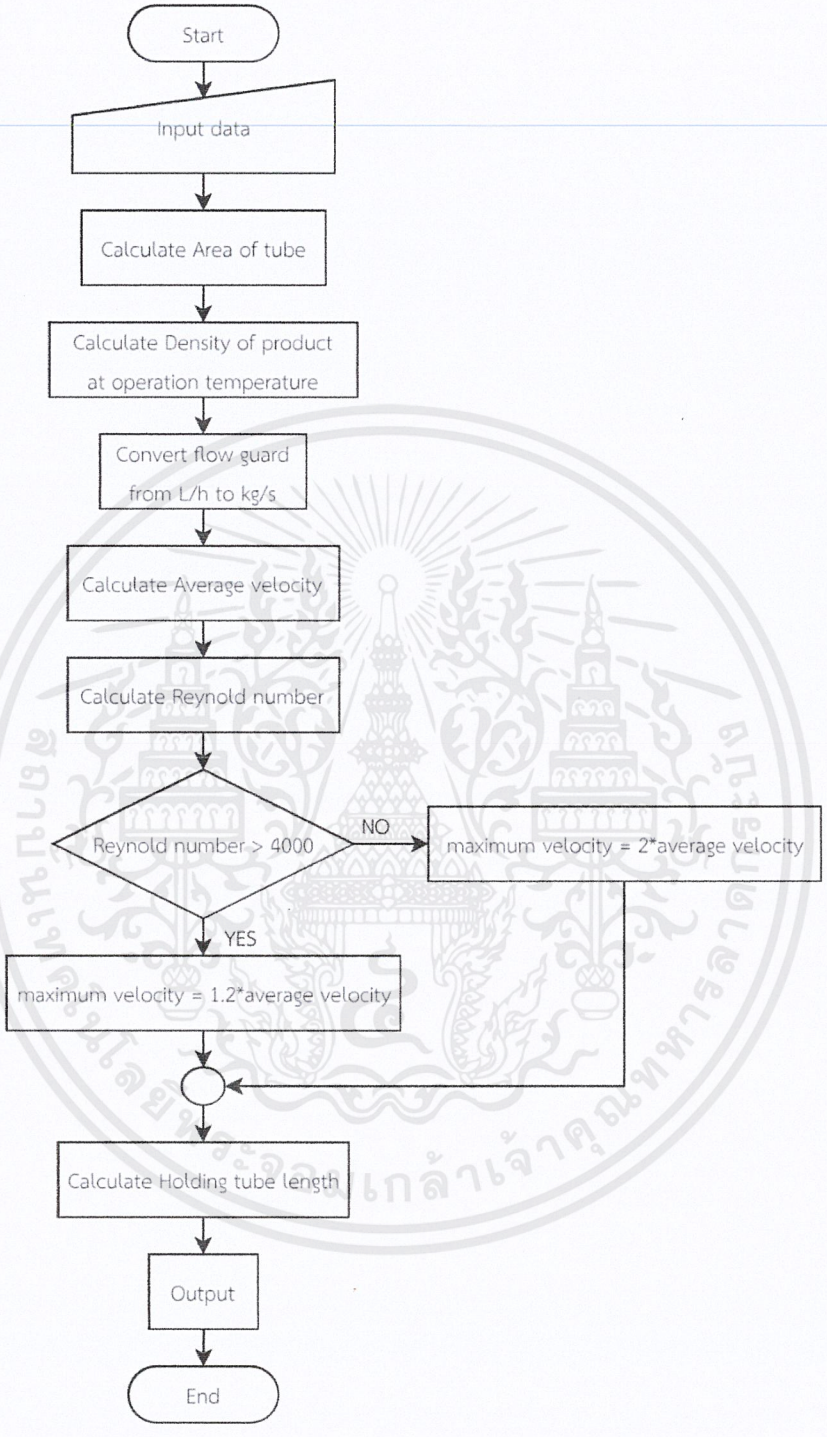
ซึ่งขั้นตอนการคำนวณแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ด้วยกัน คือ การคำนวณระยะเวลาฆ่าเชื้อ การคำนวณความยาวท่อคงอุณหภูมิ และการคำนวณระบบสาธารณูปโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



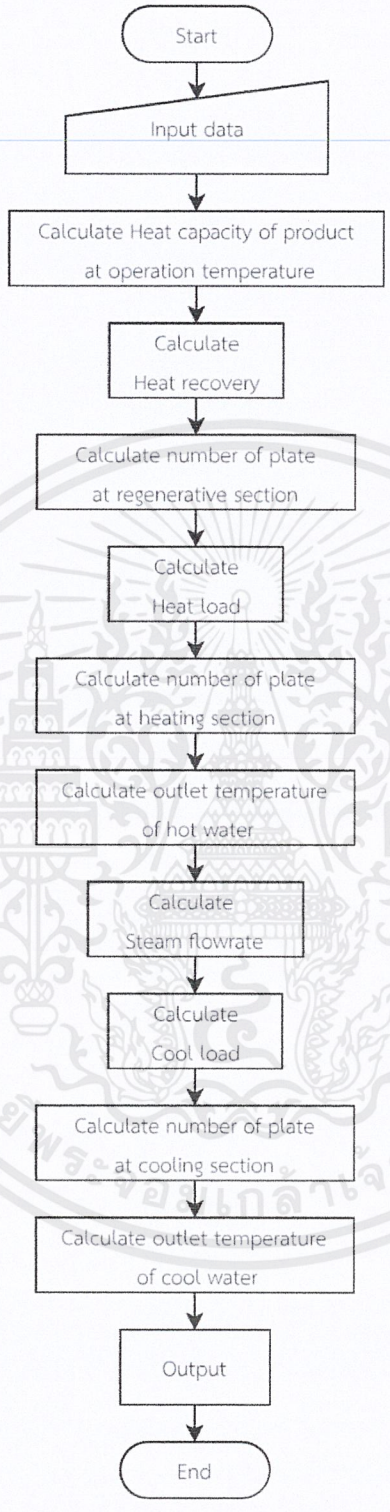
รูปที่ 3.3 แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรมในการคำนวณระยะเวลาฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรมในการคำนวณความยาวท่อคงอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรมในการคำนวณระบบสาธารณูปโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ทดลองใช้โปรแกรมและจัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน

ให้ผู้ใช้งานทดลองใช้โปรแกรมพร้อมทั้งประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน โดยผู้ใช้งาน คือ วิศวกรในแผนกออกแบบกระบวนการผลิตอาหารเหลว โดยมีเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

ระดับคะแนน	5	หมายถึง	พึงพอใจมากที่สุด
ระดับคะแนน	4	หมายถึง	พึงพอใจมาก
ระดับคะแนน	3	หมายถึง	พึงพอใจ
ระดับคะแนน	2	หมายถึง	พึงพอใจน้อย
ระดับคะแนน	1	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล และกำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย $0 \leq x \leq 1.0$	หมายถึง	ความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด
ค่าเฉลี่ย $1.0 < x \leq 2.0$	หมายถึง	ความพึงพอใจระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย $2.0 < x \leq 3.0$	หมายถึง	ความพึงพอใจระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย $3.0 < x \leq 4.0$	หมายถึง	ความพึงพอใจระดับมาก
ค่าเฉลี่ย $4.0 < x \leq 5.0$	หมายถึง	ความพึงพอใจระดับมากที่สุด

3.7 จัดทำโครงงาน และนำเสนอ

ทำการสรุปผลโปรแกรมการคำนวณเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน และนำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะประกอบไปด้วยการคำนวณด้วยตนเองและการคำนวณโดยใช้โปรแกรม เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ โดยข้อมูลที่ใช้ออกแบบกระบวนการ (Input) เป็นข้อมูลจากสถานการณ์จริงที่แผนกเคยออกแบบ

ตารางที่ 4.1 รายการสัญลักษณ์ของข้อมูล

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าที่กำหนดเพื่อใช้ออกแบบกระบวนการ
T_g	อุณหภูมิต่ำสุดของผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับได้	75 °C
T_{op}	อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการผลิต	80 °C
F_g	อัตราการไหลสูงสุดของผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับได้	12,000 L/h
F_{op}	อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการผลิต	10,000 L/h
pt	ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์	3.5%
fat	ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์	4%
carb	ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์	4.7%
fb	ปริมาณไฟเบอร์ในผลิตภัณฑ์	0%
ash	ปริมาณเถ้าในผลิตภัณฑ์	0.8%
wt	ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์	87%
visc	ความหนืดของผลิตภัณฑ์	0.5641 cP
z	z value ของกระบวนการอ้างอิง	7 °C
T_{ref}	อุณหภูมิฆ่าเชื้อของกระบวนการอ้างอิง	72 °C
PCT	ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อของกระบวนการอ้างอิง	0.25 minutes
OD	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อ	25 mm
thick	ความหนาของท่อ	1.25 mm
$T_{prod,i}$	อุณหภูมิขาเข้าของผลิตภัณฑ์	4 °C
T_{homo}	อุณหภูมิ ณ เครื่องโฮโมจิไนซ์	65 °C
$T_{hw,i}$	อุณหภูมิขาเข้าของน้ำร้อน	85 °C
F_{hw}	อัตราการไหลของน้ำร้อน	30,000 L/h
P_{st}	ความดันใช้งานของเครื่องกำเนิดไอน้ำ	3 bar
$T_{cw,i}$	อุณหภูมิขาเข้าของน้ำเย็น	2 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F_{cw}	อัตราการไหลของน้ำเย็น	24,000 L/h
$T_{prod,o}$	อุณหภูมิขาออกของผลิตภัณฑ์	4 °C
df	Design factor	20%
A_{plate}	พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน	0.3342 m^2
U_{heat}	Overall heat transfer coefficient in heating section	4,000 $W/m^2 \cdot °C$
U_{regen}	Overall heat transfer coefficient in regenerative section	4,000 $W/m^2 \cdot °C$
U_{cool}	Overall heat transfer coefficient in cooling section	4,000 $W/m^2 \cdot °C$

4.1 การคำนวณระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ

จากสมการ (2.2) สามารถคำนวณ Lethal Rate ได้ดังนี้

$$L = 10^{\left(\frac{T-Tref}{z}\right)}$$

$$L = 10^{\frac{75-72}{7}}$$

$$= 2.6827 \text{ นาที}$$

หมายความว่า 1 นาทีที่ 75 °C ให้ประสิทธิภาพเท่ากับ 2.6827 นาที ที่ 72 °C

บัญญัติไตรยางศ์: 2.6827 นาทีที่ 72 °C คิดเป็น 1 นาทีที่ 75 °C

0.25 นาทีที่ 72 °C คิดเป็น $\frac{0.25 \times 1}{2.6827}$ = 0.0932 นาทีที่ 75 °C

คิดเป็น 0.0932 นาที x $\frac{60 \text{ วินาที}}{1 \text{ นาที}}$ = 5.592 วินาที ANSWER

4.2 การคำนวณความยาวท่อคงอุณหภูมิ

เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (Inside Diameter) :

ID = Outside Diameter – (2 x thickness)

= 25 – (2 x 1.25)

= 22.5 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ของท่อ (Area) :

$$A = \frac{\pi \times ID^2}{4}$$

$$= \frac{\pi \times (22.5 \times 10^{-3})^2}{4}$$

$$= 3.9761 \times 10^{-4} \ m^2$$

ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ (Density) ที่อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต (80 °C) :

$D_{pt} = 1.3299 \times 10^3 - 5.1840 \times 10^{-1}t$

$= 1.3299 \times 10^3 - 5.1840 \times 10^{-1}(80)$

$= 1288.4280 \ kg/m^3$

$D_{fat} = 9.2559 \times 10^2 - 4.1757 \times 10^{-1}t$

$= 9.2559 \times 10^2 - 4.1757 \times 10^{-1}(80)$

$= 892.1844 \ kg/m^3$

$D_{carb} = 1.5991 \times 10^3 - 3.1046 \times 10^{-1}t$

$= 1.5991 \times 10^3 - 3.1046 \times 10^{-1}(80)$

$= 1574.2632 \ kg/m^3$

$D_{fb} = 1.3115 \times 10^3 - 3.6589 \times 10^{-1}t$

$= 1.3115 \times 10^3 - 3.6589 \times 10^{-1}(80)$

$= 1282.2288 \ kg/m^3$

$D_{ash} = 2.4238 \times 10^3 - 2.8063 \times 10^{-1}t$

$= 2.4238 \times 10^3 - 2.8063 \times 10^{-1}(80)$

$= 2401.3496 \ kg/m^3$

$D_{wt} = 9.9718 \times 10^2 + 3.1439 \times 10^{-3}t - 3.7574 \times 10^{-3}t^2$

$= 9.9718 \times 10^2 + 3.1439 \times 10^{-3}(80) - 3.7574 \times 10^{-3}(80^2)$

$= 973.3842 \ kg/m^3$

จากสมการ (2.7) สามารถคำนวณความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนี้

$D_{prod} = x_{pt}D_{pt} + x_{fat}D_{fat} + x_{carb}D_{carb} + x_{fb}D_{fb} + x_{ash}D_{ash} + x_{wt}D_{wt}$

$= 0.035(1288.4280) + 0.04(892.1844) + 0.047(1574.2632) + 0(1282.2288) +$
$0.008(2401.3496) + 0.87(973.3842)$

$= 1020.8278 \ kg/m^3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนอัตราการไหลสูงสุดของผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับได้จาก L/h เป็น kg/s :

$$F_{g,kg} = \frac{12000 \times 1 \times 10^{-3} \times 1020.8278}{3600}$$

$$= 3.4028 \text{ kg/s}$$

ความเร็วเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ (Average Velocity) :

$$V_{avg} = \frac{F_{g,kg} \times D_{prod}}{A}$$

$$= \frac{3.4028}{1020.8278 \times 3.9761 \times 10^{-4}}$$

$$= 8.3835 \text{ m/s}$$

เปลี่ยนความหนืดของผลิตภัณฑ์จาก cP เป็น Pa·s หรือ kg·s/m :

$$\mu = 0.5641 \times 10^{-3} \text{ kg·s/m}$$

ตรวจสอบลักษณะการไหลโดยใช้ Reynold number :

สามารถพิจารณาการไหลของของไหลว่าเป็นการไหลแบบ Laminar Flow หรือ Turbulent Flow ได้จากสมการ (2.3)

$$Re = \frac{D_{prod} V_{avg} ID}{\mu}$$

$$Re = \frac{1020.8278 \times 8.3835 \times 22.5 \times 10^{-3}}{0.5641 \times 10^{-3}}$$

$$= 341353.4336$$

จะได้ว่า Re > 4000 เป็นการไหลแบบ Turbulent Flow

โดย $V_{max} = 1.2V_{avg}$

$= 1.2 \times 8.3835$

$= 10.0602$ m/s

จากสมการ (2.4) จะคำนวณความยาวท่อคงอุณหภูมิได้ ดังนั้น

$$Holding\ tube\ length = V_{max} \times Sterilization\ time$$

Holding Tube Length = 10.0602 x 5.592

= 56.2566 m ANSWER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การคำนวณระบบสาธารณูปโภค

ความจุความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ (Specific Heat Capacity) ที่อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต (80 °C)

$c_{p,pt} = 2.0082 + 1.2089 \times 10^{-3}t - 1.3129 \times 10^{-6}t^2$

$= 2.0082 + 1.2089 \times 10^{-3}(80) - 1.3129 \times 10^{-6}(80^2)$

$= 2.0965$ kJ/kg·°C

$c_{p,fat} = 1.9842 + 1.4733 \times 10^{-3}t - 4.8008 \times 10^{-6}t^2$

$= 1.9842 + 1.4733 \times 10^{-3}(80) - 4.8008 \times 10^{-6}(80^2)$

$= 2.0713$ kJ/kg·°C

$c_{p,carb} = 1.5488 + 1.9625 \times 10^{-3}t - 5.9399 \times 10^{-6}t^2$

$= 1.5488 + 1.9625 \times 10^{-3}(80) - 5.9399 \times 10^{-6}(80^2)$

$= 1.6778$ kJ/kg·°C

$c_{p,fb} = 1.8459 + 1.8306 \times 10^{-3}t - 4.6509 \times 10^{-6}t^2$

$= 1.8459 + 1.8306 \times 10^{-3}(80) - 4.6509 \times 10^{-6}(80^2)$

$= 1.9626$ kJ/kg·°C

$c_{p,ash} = 1.0926 + 1.8896 \times 10^{-3}t - 3.6817 \times 10^{-6}t^2$

$= 1.0926 + 1.8896 \times 10^{-3}(80) - 3.6817 \times 10^{-6}(80^2)$

$= 1.2202$ kJ/kg·°C

$c_{p,wt} = 4.1762 - 9.0864 \times 10^{-5}t + 5.4731 \times 10^{-6}t^2$

$= 4.1762 - 9.0864 \times 10^{-5}(80) + 5.4731 \times 10^{-6}(80^2)$

$= 4.2040$ kJ/kg·°C

จากสมการ (2.6) สามารถคำนวณค่าความจุความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนี้

$c_{p,prod} = X_{pt}c_{p,pt} + X_{fat}c_{p,fat} + X_{carb}c_{p,carb} + X_{fb}c_{p,fb} + X_{ash}c_{p,ash} + X_{wt}c_{p,wt}$

$= 0.035(2.0965) + 0.04(2.0713) + 0.047(1.6678) + 0(1.9626) +$

$0.008(1.2202) + 0.87(4.2040)$

$= 3.9019$ kJ/kg·°C

4.3.1 Regenerative section

กำหนดให้ประสิทธิภาพของการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่มีค่า 95% และจากสมการ (2.13) สามารถคำนวณพลังงานความร้อนที่นำกลับมาใช้ใหม่ ดังนี้

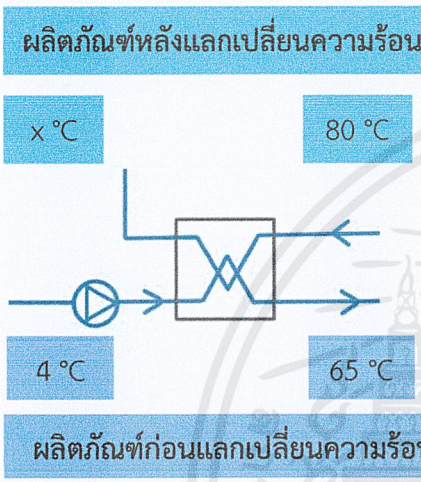
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = F_{g,kg} c_{p,prod} (T_{homo} - T_{prod,i})$$

Q = 0.95 x (3.4028 x 3.9019 x (65 - 4))

= 769.4245 kW ANSWER

คำนวณอุณหภูมิทางออกของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว หลังผ่านการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่



$$Q = F_{g,kg} c_{p,prod} (T_{op} - x)$$

769.4245 = 3.4028 x 3.9019 x (80 - x)

x = 22.05 °C

มีค่าความปลอดภัยในการออกแบบ (Design factor) 20%

คิดเป็น 0.20 x 769.4245 = 153.8849 kW

ดังนั้น พลังงานความร้อนที่นำกลับมาใช้ใหม่ คือ 769.4245 + 153.8849 = 923.3094 kW

จากสมการ (2.14) และ (2.15) สามารถคำนวณจำนวนแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนในส่วน Regenerative section ได้ ดังนี้

$$Q = UA\Delta T_{lm}$$

$$923.3094 \times 10^3 = 4000 \times A \times \frac{(80 - 65) - (22.05 - 4)}{\ln((80 - 65)/(22.05 - 4))}$$

$A = 14.0082\ m^2$

แต่ละแผ่นมีพื้นที่ 0.3342 m^2 ดังนั้นจะต้องใช้ 14.0082/0.3342 = 41.92 หรือ 42 แผ่น ANSWER

เนื่องมาจากการคำนวณแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิโฮโมจีไนซ์เปลี่ยนไป ดังนี้

$$U_{regen} A\Delta T_{lm} = F_{g,kg} c_{p,prod} (T_{homo} - T_{prod,i})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$4000 \times (42 \times 0.3342) \times \frac{(80 - 65) - (22.05 - 4)}{\ln((80 - 65)/(22.05 - 4))} = 3.4028 \times 3.9019 \times 10^3 \times (T_{homo} - 4)$$

$$T_{homo} = 67.61\ ^\circ C$$

4.3.2 Heating section

จากสมการ (2.8) สามารถคำนวณภาระความร้อนได้ ดังนี้

$$Q = F_{g,kg} c_{p,prod} (T_{op} - T_{homo})$$

Q = 3.4028 x 3.9019 x (80 – 67.61)

= 164.5068 kW

มีค่าความปลอดภัยในการออกแบบ (Design factor) 20%

คิดเป็น 0.20 x 164.5068 = 32.9014 kW

ดังนั้น พลังงานความร้อนทั้งหมด คือ 164.5608 + 32.9014 = 197.5072 kW ANSWER

จากสมการ (2.10) สามารถคำนวณอุณหภูมิของน้ำร้อน ณ ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ ดังนี้

$$Q = F_{hw} c_{p,hw} (T_{hw,i} - T_{hw,o})$$

สามารถคำนวณค่าความหนาแน่นของน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 °C ได้จาก (ASHRAE refrigeration handbook (SI),2002)

$D_{hw} = 9.9718 \times 10^2 + 3.1439 \times 10^{-3} t - 3.7574 \times 10^{-3} t^2$

$= 9.9718 \times 10^2 + 3.1439 \times 10^{-3}(85) - 3.7574 \times 10^{-3}(85^2)$

$= 970.3000\ kg/m^3$

เปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำร้อนจาก L/h เป็น kg/s :

$$F_{hw} = \frac{30000 \times 1 \times 10^{-3} \times 970.3000}{3600}$$

$= 8.0858\ kg/s$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถคำนวณค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 °C ได้จาก (ASHRAE refrigeration handbook (SI),2002)

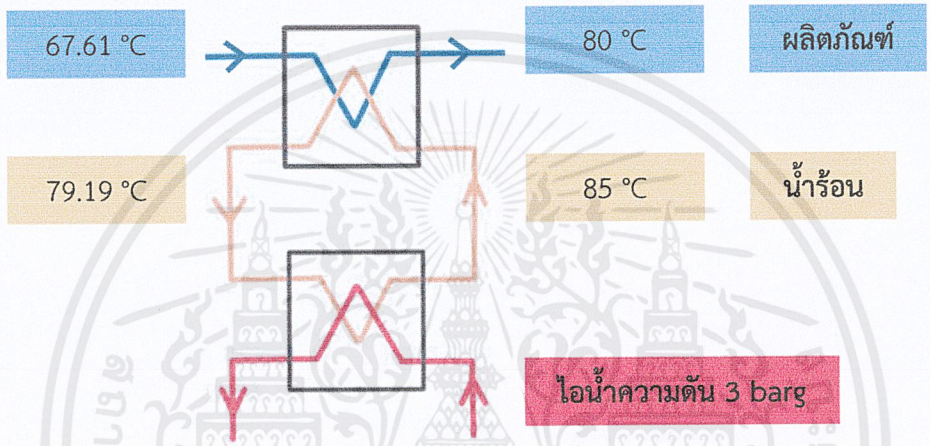
$c_{p,hw}$ $= 4.1762 - 9.0864 \times 10^{-5}t + 5.4731 \times 10^{-6}t^2$

$= 4.1762 - 9.0864 \times 10^{-5}(85) + 5.4731 \times 10^{-6}(85^2)$

$= 4.2080$ kJ/kg·°C

ดังนั้น $197.5072 = 8.0858 \times 4.2080 \times (85 - T_{hw,o})$

$T_{hw,o} = 79.19$ °C



จากสมการ (2.14) และ (2.15) สามารถคำนวณจำนวนแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนในส่วน Heating section ได้ ดังนี้

$$Q = UA\Delta T_{lm}$$

$$197.5072 \times 10^3 = 4000 \times A \times \frac{(85 - 80) - (79.19 - 67.61)}{\ln((85 - 80)/(79.19 - 67.61))}$$

$A = 6.3022$ m^2

แต่ละแผ่นมีพื้นที่ 0.3342 m^2 ดังนั้นจะต้องใช้ 6.3022/0.3342 = 18.86 หรือ 19 แผ่น ANSWER

เนื่องมาจากการคำนวณแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำร้อน ณ ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเปลี่ยนไป ดังนี้

$$U_{heat}A\Delta T_{lm} = F_{hw}c_{p,hw}(T_{hw,i} - T_{hw,o})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$4000 \times (19 \times 0.3342) \times \frac{(85 - 80) - (T_{hw,o} - 67.61)}{\ln((85 - 80)/(T_{hw,o} - 67.61))} = 8.0858 \times 4.2080 \times 10^3 \times (85 - T_{hw,o})$$

$$T_{hw,o} = 79.16\ ^\circ C$$ ANSWER

เนื่องมาจากการคำนวณแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ ณ ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเปลี่ยนไป ดังนี้

$$U_{heat} A \Delta T_{lm} = F_{g,kg} c_{p,prod} (T_{op} - T_{homo})$$

$$4000 \times (19 \times 0.3342) \times \frac{(85 - T_{op}) - (79.16 - 67.61)}{\ln((85 - T_{op})/(79.16 - 67.61))} = 3.4028 \times 3.9019 \times 10^3 \times (T_{op} - 67.61)$$

$$T_{op} = 81.10\ ^\circ C$$

จากสมการ (2.9), (2.14) และ (2.15) สามารถคำนวณปริมาณไอน้ำที่ต้องใช้ได้ ดังนี้

$$U_{heat} A \Delta T_{lm} = m_{st} h_{fg}$$

จากตารางไอน้ำ (W. Wagner et al., 2000)

$h_{f@3bar}$ = 561.4554 kJ/kg

$h_{g@3bar}$ = 2724.8917 kJ/kg

จะได้ $h_{fg@3bar} = h_{g@3bar} - h_{f@3bar}$

= 2724.8917 - 561.4554

= 2163.4363 kJ/kg

ดังนั้น $$4000 \times (19 \times 0.3342) \times \frac{(85 - 81.1) - (79.16 - 67.61)}{\ln((85 - 81.1)/(79.16 - 67.61))} = m_{st} \times 2163.4363 \times 10^3$$

$$m_{st} = 0.0827 \times 3600$$

$$= 297.72\ kg/h$$ ANSWER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 Cooling section

โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วมีอุณหภูมิลดลงเมื่อผ่านส่วน Regenerative มีอุณหภูมิเป็น

$$Q_{prod,before} = Q_{prod,after}$$

$$0.95 \times F_{g,kg}C_{p,prod}(67.61 - 4) = F_{g,kg}C_{p,prod}(81.10 - w)$$

$$w = 20.67\ ^{\circ}C$$

จากสมการ (2.11) สามารถคำนวณภาระความเย็นได้ ดังนี้

$$Q = F_{g,kg}c_{p,prod}(w - T_{prod,o})$$

$Q = 3.4028 \times 3.9019 \times (20.67 - 4)$

$= 221.3340$ kW ANSWER

จากสมการ (2.12) สามารถคำนวณอุณหภูมิของน้ำเย็น ณ ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ ดังนี้

$$Q = F_{cw}c_{p,cw}(T_{cw,o} - T_{cw,i})$$

สามารถคำนวณค่าความหนาแน่นของน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 2 °C ได้จาก (ASHRAE refrigeration handbook (SI),2002)

$D_{cw} = 9.9718 \times 10^{2} + 3.1439 \times 10^{-3}t - 3.7574 \times 10^{-3}t^{2}$

$= 9.9718 \times 10^{2} + 3.1439 \times 10^{-3}(2) - 3.7574 \times 10^{-3}(2^{2})$

$= 997.1713$ kg/m^3

เปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเย็นจาก L/h เป็น kg/s :

$$F_{cw} = \frac{24000 \times 1 \times 10^{-3} \times 997.1713}{3600}$$

$= 6.6478$ kg/s

สามารถคำนวณค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 2 °C ได้จาก (ASHRAE refrigeration handbook (SI),2002)

$c_{p,cw} = 4.1762 - 9.0864 \times 10^{-5}t + 5.4731 \times 10^{-6}t^{2}$

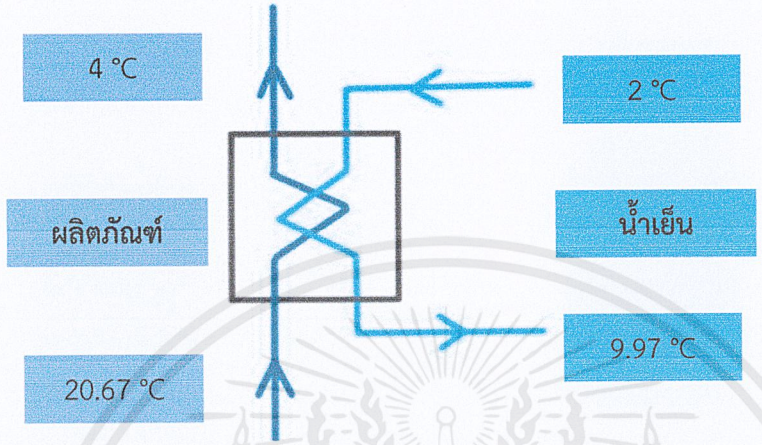
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= 4.1762 - 9.0864 \times 10^{-5}(2) + 5.4731 \times 10^{-6}(2^2)$

$= 4.1760$ kJ/kg·°C

ดังนั้น $221.3340 = 6.6478 \times 4.1760 \times (T_{cw,o} - 2)$

$T_{cw,o} = 9.97$ °C



จากสมการ (2.14) และ (2.15) สามารถคำนวณจำนวนแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนในส่วน Cooling section ได้ ดังนี้

$$Q = UA\Delta T_{lm}$$

$$221.3340 \times 10^3 = 4000 \times A \times \frac{(20.67 - 9.97) - (4 - 2)}{\ln((20.67 - 9.97)/(4 - 2))}$$

$A = 10.6666$ m^2

แต่ละแผ่นมีพื้นที่ 0.3342 m^2 ดังนั้นจะต้องใช้ $10.6666/0.3342 = 31.92$ หรือ 32 แผ่น ANSWER

เนื่องมาจากการคำนวณแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำเย็น ณ ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเปลี่ยนไป ดังนี้

$$U_{cool}A\Delta T_{lm} = F_{cw}c_{p,cw}(T_{cw,o} - T_{cw,i})$$

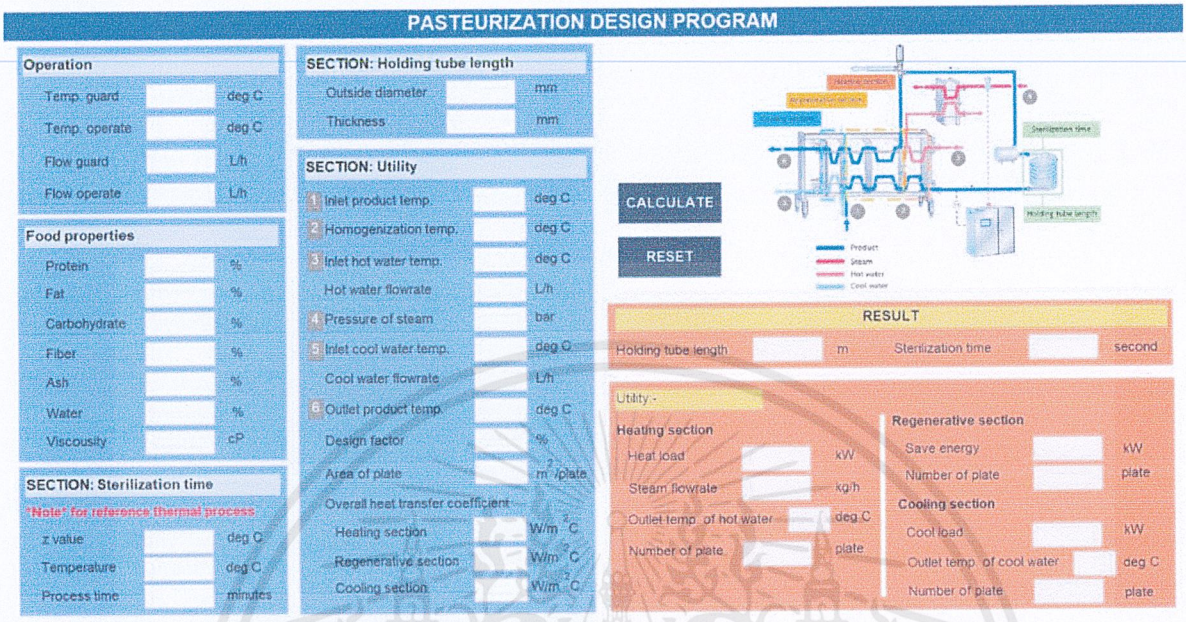
$$4000 \times (32 \times 0.3342) \times \frac{(20.67 - T_{cw,o}) - (4 - 2)}{\ln((20.67 - T_{cw,o})/(4 - 2))} = 6.6478 \times 4.1760 \times 10^3 \times (T_{cw,o} - 2)$$

$T_{cw,o} = 9.99$ °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

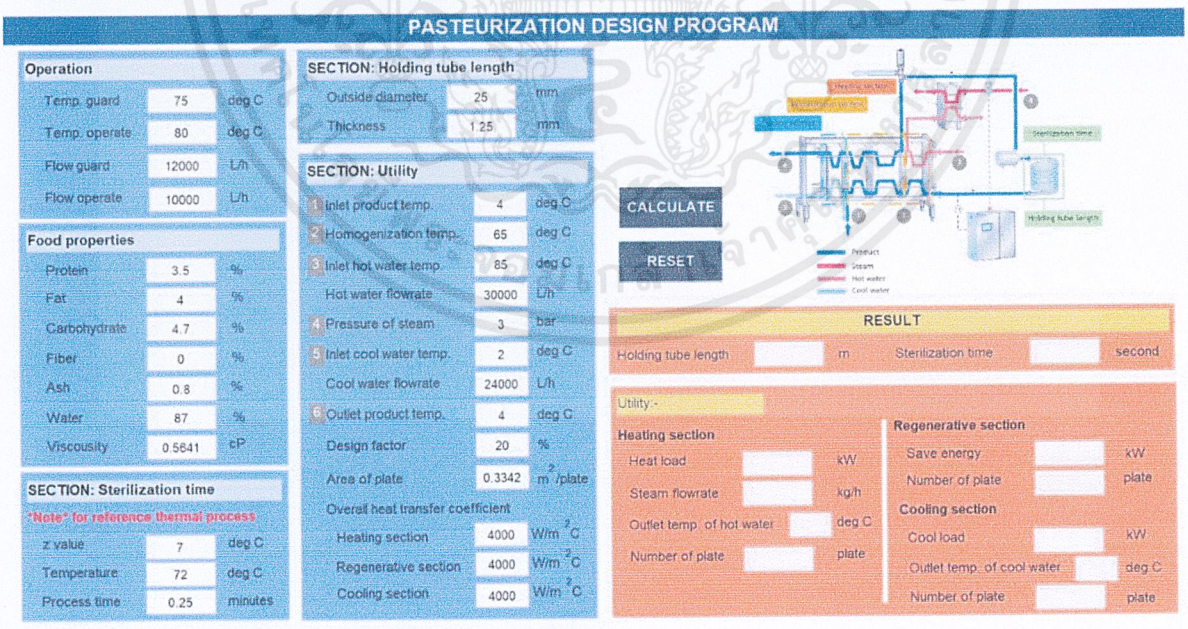
4.4 คำนวณโดยใช้โปรแกรม

ทำการเขียนโปรแกรม GUI (Graphical User Interface) บนโปรแกรมกึ่งสำเร็จรูป



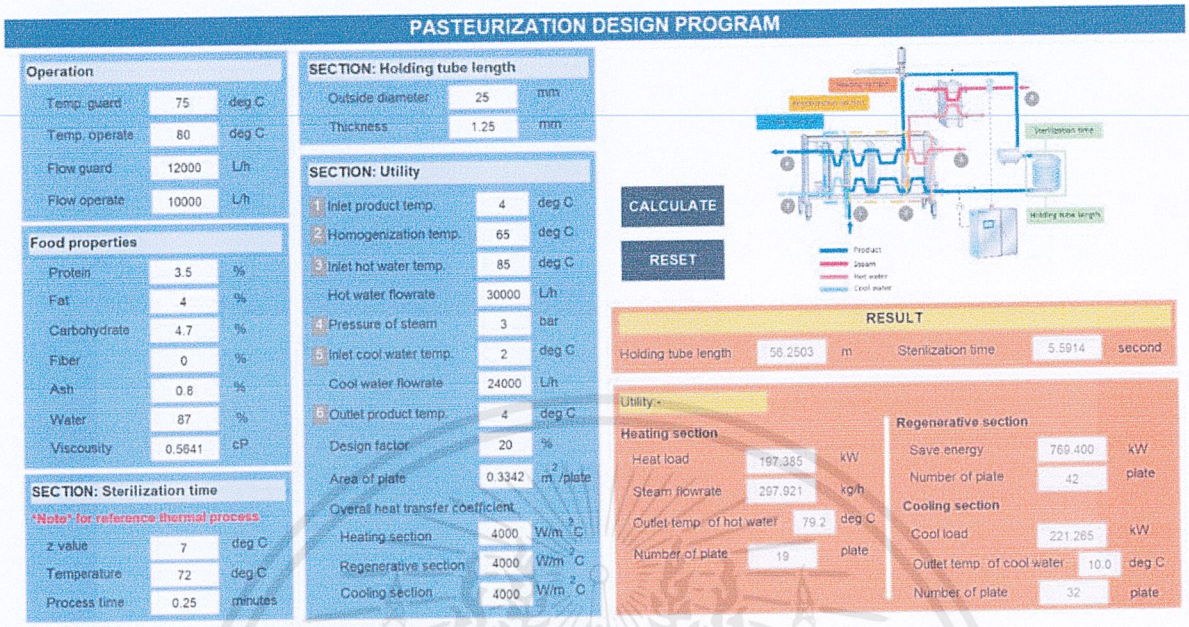
รูปที่ 4.1 หน้าต่าง GUI ของโปรแกรม

จากนั้นกรอกข้อมูลที่ใช้ออกแบบกระบวนการ (Input) และกดปุ่ม CALCULATE เพื่อคำนวณ



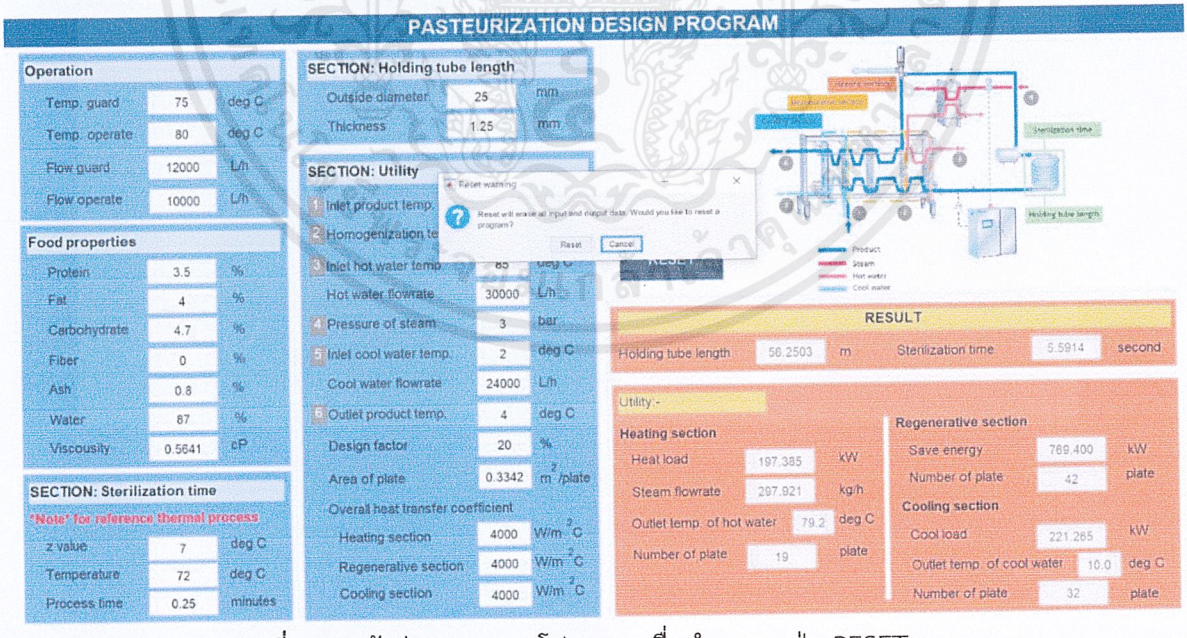
รูปที่ 4.2 หน้าต่าง GUI ของโปรแกรมเมื่อทำการกรอก Input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 หน้าต่าง GUI ของโปรแกรมเมื่อทำการกดปุ่ม CALCULATE

สามารถทำการแก้ไข Input โดยแก้ไข ณ ข้อมูลที่ต้องการแก้ไข หรือกดปุ่ม RESET เพื่อล้างทุกข้อมูล Input และ Output ได้



รูปที่ 4.4 หน้าต่าง GUI ของโปรแกรมเมื่อทำการกดปุ่ม RESET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 แบบประเมินโปรแกรมคำนวณระบบแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับกระบวนการพาสเจอไรซ์นม

จัดทำแบบประเมินโปรแกรมด้วย Google Form จากผู้ประเมินทั้งหมด 15 คน โดยมีรายการประเมินและคะแนนเฉลี่ย ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรม

รายการประเมิน	เฉลี่ย	SD	ระดับคุณภาพ
1. โปรแกรมมีรูปแบบการจัดองค์ประกอบที่ชัดเจนและใช้งานง่าย	4.33	0.49	พึงพอใจมากที่สุด
2. ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน ถูกต้อง เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้โดยง่าย	4.33	0.72	พึงพอใจมากที่สุด
3. โปรแกรมมีความสวยงาม สบายตา	3.87	0.74	พึงพอใจมาก
4. โปรแกรมมีการจัดชุดข้อมูลอย่างเป็นระเบียบ	4.27	0.70	พึงพอใจมากที่สุด
5. รูปแบบหน้าจอ การแบ่งหน้าและสัดส่วนข้อมูลมีความสอดคล้องกัน ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน	4.07	0.80	พึงพอใจมากที่สุด
6. ขนาดของตัวอักษรมีการแสดงผลที่ชัดเจน	3.93	0.46	พึงพอใจมากที่สุด
7. ผู้ใช้สามารถเรียนรู้โปรแกรมได้ด้วยตนเอง	4.07	0.88	พึงพอใจมากที่สุด
8. ผู้ใช้สามารถใช้งานโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว	4.20	0.68	พึงพอใจมากที่สุด
9. โปรแกรมช่วยลดระยะเวลาการคำนวณเมื่อเทียบจากวิธีคำนวณแบบเดิม	4.07	0.59	พึงพอใจมากที่สุด
รวม	**4.13**	**0.67**	**พึงพอใจมากที่สุด**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

จากผลค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมพบว่า ผลการศึกษาความพึงพอใจโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.67 ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด โดยเมื่อพิจารณาแต่ละส่วนพบว่า หัวข้อการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ โปรแกรมมีรูปแบบการจัดองค์ประกอบที่ชัดเจน และใช้งานง่าย และภาษาที่ใช้มีความชัดเจน ถูกต้อง เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้โดยง่าย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.33 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 และ 0.72 ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด รองลงมาได้แก่ โปรแกรมมีการจัดชุดข้อมูลอย่างเป็นระเบียบ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.27 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.70 ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ส่วนหัวข้อการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ โปรแกรมมีความสวยงาม สบายตา โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.87 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74 ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

ในประเด็น “โปรแกรมมีรูปแบบการจัดองค์ประกอบที่ชัดเจน และใช้งานง่าย” และ “ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน ถูกต้อง เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้โดยง่าย” ผู้ประเมินมีความพึงพอใจต่อประเด็นนี้มากกว่าประเด็นอื่น อาจเป็นเพราะมีการจำแนกข้อมูลที่ต้องป้อน (Input) แยกออกจากกันเป็นส่วนที่ชัดเจน ทำให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลได้อย่างสะดวก อีกทั้งใช้ภาษาที่สื่อความหมายได้ชัดเจน ซึ่งผู้ใช้งานมีความรู้และความเข้าใจในด้านนี้อยู่แล้ว ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้โดยง่าย

ในประเด็น “โปรแกรมมีความสวยงาม สบายตา” ผู้ประเมินมีความพึงพอใจน้อยกว่าประเด็นอื่น อาจเป็นเพราะพื้นที่ในการแสดงส่วนติดต่อกับผู้ใช้มีจำกัด ต้องแสดงทั้งส่วนรับเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) ทำให้ต้องพยายามจัดสรรพื้นที่ให้เพียงพอ ส่งผลให้หน้าตาโปรแกรมมีความอัดแน่น ไม่สบายตาแก่ผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. กุสุมา เลาะเด. 2560. **การประเมินผลการใช้งานโปรแกรมเรียนรู้ภาษาอังกฤษด้วยตนเอง "SPEEXX": กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์**. วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2560.
2. บริษัท เต็ดตรา แพ้ค (ประเทศไทย) จำกัด. 2557. **องค์ประกอบต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตนม**. คู่มือการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์นม. (หน้า 101).
3. ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ผศ.ดร.นวภัทรา หนูนาค และ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์. 2555. **Laminar flow / การไหลแบบราบเรียบ**. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1037/laminar-flow-การไหลแบบราบเรียบ. (เข้าถึงเมื่อ 25 กันยายน 2562).
4. ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ผศ.ดร.นวภัทรา หนูนาค และ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์. 2555. **Turbulent flow / การไหลแบบปั่นป่วน**. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1005/turbulent-flow-การไหลแบบปั่นป่วน. (เข้าถึงเมื่อ 25 กันยายน 2562)
5. วรรณพร เจริญแสนสวย. 2557. **การเขียน Flowchart**. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://stwannaporn.wordpress.com/2014/06/29/การเขียนผังงาน-flowchart/. (เข้าถึงเมื่อ 17 กันยายน 2562).
6. ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2557. **การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization)**. การฝึกอบรมหลักสูตร "ผู้กำหนดการกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน" (Process Authority). (หน้า. 2-3 – 2-4).
7. ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2557. **Pasteurization value (ค่า P)**. การฝึกอบรมหลักสูตร "ผู้กำหนดการกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน" (Process Authority). (หน้า. 5-19 – 5-21).
8. ASHRAE refrigeration handbook (SI). 2002. Thermal Property Models for Food Components.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Prabhakar Kanade, Asaithambi Subramani. **Hygienic design aspects of pasteurizer to assure effective pasteurization of milk.** Journal of Hygienic Engineering and Design. Review paper UDC 637.141.3:006.83. 19-29.
10. W. Wagner et al., **"The IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam"**. ASME J. Eng. Gas Turbines and Power, 122, 150-182 (2000).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Source Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
gui_Singleton = 0;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @pastuerize1_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @pastuerize1_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before pastuerize1 is made visible.
function pastuerize1_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to pastuerize1 (see VARARGIN)

% Choose default command line output for pastuerize1
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
axes(handles.axes1)
matlabImage = imread('C:\Users\Acer\Desktop\1.coop\editcal ver1\edit.jpg'); % insert image
image(matlabImage)
axis off
axis image
set ( gcf, 'Color', [1 1 1] ) % set background color
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% UIWAIT makes pastuerize1 wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = pastuerize1_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes when figure1 is resized.
function figure1_SizeChangedFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to figure1 (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

function Tg_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tg (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Tg as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Tg as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Tg_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tg (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
 function Top_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to Top (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Top as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Top as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Top_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Top (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Fg_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Fg (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Fg as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Fg as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Fg_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Fg (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function Fop_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to Fop (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Fop as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Fop as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Fop_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Fop (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function pt_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pt (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of pt as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of pt as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function pt_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pt (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function fat_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to fat (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of fat as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of fat as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function fat_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to fat (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function carb_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to carb (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of carb as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of carb as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function carb_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to carb (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function fb_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to fb (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of fb as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of fb as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function fb_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to fb (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function ash_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to ash (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of ash as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of ash as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function ash_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to ash (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function wt_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to wt (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of wt as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of wt as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function wt_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to wt (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function visc_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to visc (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of visc as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of visc as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function visc_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to visc (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function z_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to z (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of z as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of z as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function z_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to z (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Tref_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tref (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Tref as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Tref as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Tref_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tref (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function PCT_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to PCT (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of PCT as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of PCT as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function PCT_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to PCT (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function OD_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to OD (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of OD as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of OD as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function OD_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to OD (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function thick_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to thick (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of thick as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of thick as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function thick_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to thick (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Tprodi_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tprodi (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Tprodi as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Tprodi as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Tprodi_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tprodi (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function Thomo_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to Thomo (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Thomo as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Thomo as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Thomo_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Thomo (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Thwi_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Thwi (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Thwi as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Thwi as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Thwi_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Thwi (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Fhw_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to Fhw (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Fhw as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Fhw as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Fhw_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Fhw (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Pst_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Pst (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Pst as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Pst as a double

 % --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Pst_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Pst (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function Tcwi_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to Tcwi (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Tcwi as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Tcwi as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Tcwi_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tcwi (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Fcw_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Fcw (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Fcw as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Fcw as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Fcw_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Fcw (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Tprodo_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to Tprodo (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Tprodo as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Tprodo as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Tprodo_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tprodo (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function df_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to df (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of df as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of df as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function df_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to df (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function Aplate_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to Aplate (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Aplate as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Aplate as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Aplate_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Aplate (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Uheat_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Uheat (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Uheat as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Uheat as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Uheat_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Uheat (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function Uregen_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to Uregen (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Uregen as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Uregen as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Uregen_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Uregen (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Ucool_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Ucool (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Ucool as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Ucool as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Ucool_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Ucool (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function Qheat_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to Qheat (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Qheat as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Qheat as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Qheat_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Qheat (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function mst_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to mst (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of mst as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of mst as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function mst_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to mst (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function Thwo_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to Thwo (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Thwo as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Thwo as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Thwo_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Thwo (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function plateh_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to plateh (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of plateh as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of plateh as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function plateh_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to plateh (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function TubeL_Callback(hObject, eventdata, handles)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% hObject    handle to TubeL (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of TubeL as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of TubeL as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function TubeL_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to TubeL (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function SterTime_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to SterTime (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of SterTime as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of SterTime as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function SterTime_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to SterTime (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function Qregen_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Qregen (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Qregen as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Qregen as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Qregen_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Qregen (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function plater_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to plater (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of plater as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of plater as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function plater_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to plater (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end

function Qcool_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Qcool (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Qcool as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Qcool as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Qcool_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Qcool (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function platec_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to platec (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of platec as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of platec as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function platec_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to platec (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function Tcwo_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tcwo (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of Tcwo as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of Tcwo as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function Tcwo_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Tcwo (see GCBO)
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in cal.
function cal_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to cal (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% input Operation
Tg = str2double(get(handles.Tg,'string'));
Top = str2double(get(handles.Top,'string'));
Fg = str2double(get(handles.Fg,'string'));
Fop = str2double(get(handles.Fop,'string'));
% input Food Properties
pt = str2double(get(handles.pt,'string'));
fat = str2double(get(handles.fat,'string'));
carb = str2double(get(handles.carb,'string'));
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
fb = str2double(get(handles.fb,'string'));
ash = str2double(get(handles.ash,'string'));
wt = str2double(get(handles.wt,'string'));
visc = str2double(get(handles.visc,'string'));
% input Holding Tube Length
OD = str2double(get(handles.OD,'string'));
thick = str2double(get(handles.thick,'string'));
% input Sterilization Time
z = str2double(get(handles.z,'string'));
Tref = str2double(get(handles.Tref,'string'));
PCT = str2double(get(handles.PCT,'string'));
% input Utility
Tprodi = str2double(get(handles.Tprodi,'string'));
Thomo = str2double(get(handles.Thomo,'string'));
Thwi = str2double(get(handles.Thwi,'string'));
Fhw = str2double(get(handles.Fhw,'string'));
Pst = str2double(get(handles.Pst,'string'));
Tcwi = str2double(get(handles.Tcwi,'string'));
Fcw = str2double(get(handles.Fcw,'string'));
Tprodo = str2double(get(handles.Tprodo,'string'));
df = str2double(get(handles.df,'string'));
Uheat = str2double(get(handles.Uheat,'string'));
Uregen = str2double(get(handles.Uregen,'string'));
Ucool = str2double(get(handles.Ucool,'string'));
Aplate = str2double(get(handles.Aplate,'string'));
%==========================================================================

% cal Lethal Rate
L = 10^((Tg-Tref)/z) ; % minute
TimeTg = (1*PCT)/L ; % minute
SterTime = TimeTg*60 ; % sec

% Density of product at Temp Operate (Top)
Dpt = (1.3299*(10^3))-((5.1840*(10^-1))*Top) ; % kg/m^3
Dfat = (9.2559*(10^2))-((4.1757*(10^-1))*Top) ; % kg/m^3
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dcarb = (1.5991*(10^3))-((3.1046*(10^-1))*Top) ; % kg/m^3
Dfb = (1.3115*(10^3))-((3.6589*(10^-1))*Top) ; % kg/m^3
Dash = (2.4238*(10^3))-((2.8063*(10^-1))*Top) ; % kg/m^3
Dwt = (9.9718*(10^2))+((3.1439*(10^-3))*Top)-((3.7574*(10^-3))*(Top^2)) ; % kg/m^3
Dprod = ((pt/100)*Dpt)+((fat/100)*Dfat)+((carb/100)*Dcarb)+((fb/100)*Dfb)+((ash/100)*Dash)+((wt/100)*Dwt) ;
% kg/m^3

% change Flow guard L/h to kg/s
Fgkg = (Fg*(10^-3)*Dprod)/3600 ; % kg/s

% cal Holding Tube Length
ID = OD - (2*thick) ; % mm inside diameter
A = (pi*((ID*(10^-3))^2))/4 ; % m^2
Vavg = Fgkg/(Dprod*A) ; % m/s
% cP to Pa.s (1 cP = 10^(-3) Pa/s)
Nre = (Dprod*(ID*(10^-3))*Vavg)/(visc*(10^-3)) ;
if Nre < 4000 % laminar flow
    Vmax = 2*Vavg ;
else % Nre > 4000 is turbulent flow
    Vmax = 1.2*Vavg ;
end
TubeL = Vmax*SterTime ; % m

% cal Utility Consumption
% Cp product at Temp Operate(Top)
Cppt = 2.0082+((1.2089*(10^-3))*Top)-((1.3129*(10^-6))*(Top^2)) ; % kJ/kg.C
Cpfat = 1.9842+((1.4733*(10^-3))*Top)-((4.8008*(10^-6))*(Top^2)) ; % kJ/kg.C
Cpcarb = 1.5488+((1.9625*(10^-3))*Top)-((5.9399*(10^-6))*(Top^2)) ; % kJ/kg.C
Cpfb = 1.8459+((1.8306*(10^-3))*Top)-((4.6509*(10^-6))*(Top^2)) ; % kJ/kg.C
Cpash = 1.0926+((1.8896*(10^-3))*Top)-((3.6817*(10^-6))*(Top^2)) ; % kJ/kg.C
Cpwt = 4.1762-((9.0864*(10^-5))*Top)+((5.4731*(10^-6))*(Top^2)) ; % kJ/kg.C
Cpprod =
((pt/100)*Cppt)+((fat/100)*Cpfat)+((carb/100)*Cpcarb)+((fb/100)*Cpfb)+((ash/100)*Cpash)+((wt/100)*Cpwt) ;
% kJ/kg.C
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% Regenerative section
% 1.Save energy efficiency of system is 95%
Qregen = 0.95*Fgkg*Cpprod*(Thomo-Tprodi) ; % kW
% design factor
Qr1 = Qregen ; % kW
Qr2 = df/100*(Qregen) ; % kW
Qrtotal = Qr1+Qr2 ; % kW
% find Tout for cal in Temp log mean
Tout = Top - (Qregen/(Fgkg*Cpprod)) ; % deg C
% 2.find plate (design)
Adregen = ((Qrtotal*10^3)/Uregen)*((log((Top-Thomo)/(Tout-Tprodi)))/((Top-Thomo)-(Tout-Tprodi))) ; % m^2
platedr = Adregen/Aplate ; % num of plate at regen section
plater = ceil(platedr) ; % lowest plate can use
% find new Thomo from design factor (Thomod)
syms Thomod
eqn1 = Uregen*plater*Aplate*(((Top-Thomod)-(Tout-Tprodi))/log((Top-Thomod)/(Tout-Tprodi))) ==
Fgkg*Cpprod*(10^3)*(Thomod-Tprodi);
Thomod = double(solve(eqn1,Thomod))

% Heating section
% 1.Heat load
Qh1 = Fgkg*Cpprod*(Top-Thomod) ; % kW
% design factor
Qh2 = df/100*(Qh1) ; % kW
Qheat = Qh1+Qh2 ; % kW
% change Hot water flowrate L/h to kg/s
Dhw = (9.9718*(10^2))+((3.1439*(10^-3))*Thwi)-((3.7574*(10^-3))*(Thwi^2)) ; % kg/m^3
Cphw = 4.1762-((9.0864*(10^-5))*Thwi)+((5.4731*(10^-6))*(Thwi^2)) ; % kJ/kg.C
Fhwkg = (Fhw*(10^-3)*Dhw)/3600 ; % kg/s
% find Thwod for cal in Temp log mean (design)
Thwod = Thwi - (Qheat/(Fhwkg*Cphw)) ; % deg C
% 2.find plate (design)
Adheat = ((Qheat*10^3)/Uheat)*((log((Thwi-Top)/(Thwod-Thomod)))/((Thwi-Top)-(Thwod-Thomod))) ; %
m^2
platedh = Adheat/Aplate ; % num of plate at heat section
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
plateh = ceil(platedh) ; % lowest plate can use
% 3.find new Thwo from design factor (Thwo)
syms Thwo
eqn2 = Uheat*plateh*Aplate*(((Thwi-Top)-(Thwo-Thomod))/log((Thwi-Top)/(Thwo-Thomod))) ==
Fhwkg*Cphw*(10^3)*(Thwi-Thwo);
Thwo = double(solve(eqn2,Thwo))
% find new Top from design factor (Topd)
syms Topd
eqn3 = Uheat*plateh*Aplate*(((Thwi-Topd)-(Thwo-Thomod))/log((Thwi-Topd)/(Thwo-Thomod))) ==
Fgkg*Cpprod*(10^3)*(Topd-Thomod);
Topd = double(solve(eqn3,Topd))
% 4.steam flowrate
hg = XSteam('hV_p',Pst) ; % kJ/kg
hf = XSteam('hL_p',Pst) ; % kJ/kg
hfg = hg - hf ; % kJ/kg
syms mst1
eqn4 = Uheat*plateh*Aplate*(((Thwi-Topd)-(Thwo-Thomod))/log((Thwi-Topd)/(Thwo-Thomod))) ==
mst1*(10^3)*hfg;
mst1 = double(solve(eqn4,mst1)) % kg/s
mst = mst1*3600 ; % L/h

% Cooling section
% find Tprod after regen
w = Topd-(0.95*(Thomod-Tprodi)); % deg C
% 1.Cool load
Qcool = Fgkg*Cpprod*(w-Tprodi) ; % kW
% change Hot water flowrate L/h to kg/s
Dcw = (9.9718*(10^2))+((3.1439*(10^-3))*Tcwi)-((3.7574*(10^-3))*(Tcwi^2)) ; % kg/m^3
Cpcw = 4.1762-((9.0864*(10^-5))*Tcwi)+((5.4731*(10^-6))*(Tcwi^2)) ; % kJ/kg.C
Fcwkg = (Fcw*(10^-3)*Dcw)/3600 ; % kg/s
% find Tcwod for cal in Temp log mean (design)
Tcwod = Tcwi+(Qcool/(Fcwkg*Cpcw)) ; % deg C
% 2.find plate (design)
Adcool = ((Qcool*10^3)/Ucool)*((log((w-Tcwod)/(Tprodo-Tcwi)))/((w-Tcwod)-(Tprodo-Tcwi))) ; % m^2
platedc = Adcool/Aplate ; % num of plate at cool section
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
platec = ceil(platedc) ; % lowest plate can use
% find new Tcwo from design factor (Tcwo)
syms Tcwo
eqn5 = Ucool*platec*Aplate*(((w-Tcwo)-(Tprodo-Tcwi))/log((w-Tcwo)/(Tprodo-Tcwi))) ==
Fcwkg*Cpcw*(10^3)*(Tcwo-Tcwi);
Tcwo = double(solve(eqn5,Tcwo))

%=========================================================================
% Result

% result of Sterilization Time
set(handles.SterTime,'string',sprintf('%.4f',SterTime)) ;

% result of Holding Tube Length
set(handles.TubeL,'string',sprintf('%.4f',TubeL)) ;

% result of Utility Consumption
% Regenerative Section
set(handles.Qregen,'string',sprintf('%.3f',Qregen)) ;
set(handles.plater,'string',plater) ;

% Heating Section
set(handles.Qheat,'string',sprintf('%.3f',Qheat)) ;
set(handles.mst,'string',sprintf('%.3f',mst)) ;
set(handles.Thwo,'string',sprintf('%.1f',Thwo)) ;
set(handles.plateh,'string',plateh) ;

% Cooling Section
set(handles.Qcool,'String',sprintf('%.3f',Qcool)) ;
set(handles.Tcwo,'String',sprintf('%.1f',Tcwo)) ;
set(handles.platec,'string',platec) ;

% --- Executes on button press in reset.
function reset_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to reset (see GCBO)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
choice = questdlg('Reset will erase all input and output data. Would you like to reset a program?', ...
                  'Reset warning', ...
                  'Reset','Cancel','Cancel');

if choice == 'Reset'
    % clear input data
    set(handles.Tg,'string','');
    set(handles.Top,'string','');
    set(handles.Fg,'string','');
    set(handles.Fop,'string','');
    set(handles.pt,'string','');
    set(handles.fat,'string','');
    set(handles.carb,'string','');
    set(handles.fb,'string','');
    set(handles.ash,'string','');
    set(handles.wt,'string','');
    set(handles.visc,'string','');
    set(handles.z,'string','');
    set(handles.Tref,'string','');
    set(handles.PCT,'string','');
    set(handles.OD,'string','');
    set(handles.thick,'string','');
    set(handles.Tprodi,'string','');
    set(handles.Thomo,'string','');
    set(handles.Thwi,'string','');
    set(handles.Fhw,'string','');
    set(handles.Pst,'string','');
    set(handles.Tcwi,'string','');
    set(handles.Fcw,'string','');
    set(handles.Tprodo,'string','');
    set(handles.df,'string','');
    set(handles.Aplate,'string','');
    set(handles.Uheat,'string','');
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    set(handles.Uregen,'string','');
    set(handles.Ucool,'string','');
    % clear output data
    set(handles.SterTime,'string','');
    set(handles.TubeL,'string','');
    set(handles.Qheat,'string','');
    set(handles.mst,'string','');
    set(handles.Thwo,'string','');
    set(handles.plateh,'string','');
    set(handles.Qregen,'string','');
    set(handles.plater,'string','');
    set(handles.Qcool,'string','');
    set(handles.Tcwo,'string','');
    set(handles.platec,'string','');
end
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
คะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ลำดับที่และหัวข้อรายการประเมิน

ลำดับที่	รายการประเมิน
1.	โปรแกรมมีรูปแบบการจัดองค์ประกอบที่ชัดเจน และใช้งานง่าย
2.	ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน ถูกต้อง เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้โดยง่าย
3.	โปรแกรมมีความสวยงาม สบายตา
4.	โปรแกรมมีการจัดชุดข้อมูลอย่างเป็นระเบียบ
5.	รูปแบบหน้าจอ การแบ่งหน้าและสัดส่วนข้อมูลมีความสอดคล้องกัน ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน
6.	ขนาดของตัวอักษรมีการแสดงผลที่ชัดเจน
7.	ผู้ใช้สามารถเรียนรู้โปรแกรมได้ด้วยตนเอง
8.	ผู้ใช้สามารถใช้งานโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว
9.	โปรแกรมช่วยลดระยะเวลาการคำนวณเมื่อเทียบจากวิธีคำนวณแบบเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 คะแนนความพึงพอใจผู้ใช้งานโปรแกรม

คนที่	หัวข้อรายการประเมิน									เฉลี่ย	SD
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.		
1	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3.67	0.50
2	4	4	5	3	3	4	4	5	4	4.00	0.71
3	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4.22	0.44
4	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4.56	0.53
5	5	4	4	4	3	4	5	5	3	4.11	0.78
6	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4.33	0.50
7	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4.67	0.50
8	4	3	4	4	5	4	2	3	4	3.67	0.87
9	4	4	3	3	4	4	4	4	5	3.89	0.60
10	5	5	3	4	4	3	3	4	3	3.78	0.83
11	4	5	3	5	4	4	3	4	4	4.00	0.71
12	4	3	4	4	4	4	5	5	4	4.11	0.60
13	4	5	3	5	3	3	4	4	4	3.89	0.78
14	4	5	5	5	5	4	4	5	4	4.56	0.53
15	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4.44	0.53
เฉลี่ย	4.33	4.33	3.87	4.27	4.07	3.93	4.07	4.20	4.07	4.13	
SD	0.49	0.72	0.74	0.70	0.80	0.46	0.88	0.68	0.59	0.67	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้