การศึกษาการออกแบบเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

THE STUDY TO DESIGN OF MILK PASTEURIZER WITH ULTRAVIOLET RADIATION

อนุสรณ์ ผิวเหลือง

ANUSORN PHIOLUEANG

ฉัตรกมล พลเทียร

CHATKAMON BHONTHIEN

อัจจิมา วงค์เขน

AUTJIMA WONGKEN

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและอาหาร

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการออกแบบเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

THE STUDY TO DESIGN OF MILK PASTEURIZER WITH ULTRAVIOLET RADIATION

อนุสรณ์ ผิวเหลือง

ANUSORN PHIOLUEANG

ฉัตรกมล พลเทียร

CHATKAMON BHONTHIEN

อัจจิมา วงค์เขน

AUTJIMA WONGKEN

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและอาหาร

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY TO DESIGN OF MILK PASTEURIZER WITH ULTRAVIOLET RADIATION

ANUSORN PHIOLUEANG
CHATKAMON BHONTHIEN
AUTJIMA WONGKEN

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN
MECHANICAL ENGINEERING AND AGRICULTURAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS
2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2022
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาการออกแบบเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต
PROJECT TITLE THE STUDY TO DESIGN OF MILK PASTEURIZER WITH ULTRAVIOLET RADIATION

ชื่อนักศึกษา	นายอนุสรณ์	ผิวเหลือง	**รหัสนักศึกษา** 61512080
	นางสาวฉัตรกมล	พลเทียร	**รหัสนักศึกษา** 61513003
	นางสาวอัจจิมา	วงค์เขน	**รหัสนักศึกษา** 61513009

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล
ปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์			**ลายมือชื่อ**
ผศ.ดร.ปัญญา	แดงวิไลลักษณ์	กรรมการสอบ	
ดร.วิสิทธิ์	เอกวานิช	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.นารถระพี	นาคะวัจนะ	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ปราโมทย์	กุศล	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ 23 พฤษภาคม 2565 เวลา 13.00 – 16.00 น.
สถานที่สอบ สอบแบบออนไลน์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ.2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาการออกแบบเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวเลต
ชื่อนักศึกษา นายอนุสรณ์ ผิวเหลือง **รหัสนักศึกษา** 61512080
นางสาวฉัตรกมล พลเทียร **รหัสนักศึกษา** 61513003
นางสาวอัจจิมา วงค์เขน **รหัสนักศึกษา** 61513009

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกลและวิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต การทดลองได้เริ่มจากการออกแบบและสร้างเครื่องพาสเจอร์ไรส์น้ำนมด้วยหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต เครื่องพาสเจอร์ไรส์นมที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อนำมาทำการทดลองหาอัตราการไหลที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในนม การทดลองได้กำหนดอัตราการไหล 50 100 และ 150 มิลลิลิตรต่อนาที และหลังจาการทดลองให้ตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีการนับเชื้อจุลินทรีย์แบบฮีมาไซโตมิเตอร์ทันที หลังจากนั้นนำผลการทดลองการหาอัตราการไหลที่เหมาะสม มาหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ช่วงเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง สำหรับการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ การทดลองสุดท้ายเป็นการทดลองหาอัตราการไหลที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิหลังกระบวนการพาสเจอรไรส์ ผลการทดลองพบว่าอัตราการไหลที่ดีที่สุดของการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ และการลดลงของอุณหภูมิหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์คือ 50 มิลลิลิตร/นาที ระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์คือ 3 ชั่วโมง

คำสำคัญ: การพาสเจอร์ไรส์นม, รังสีอัลตราไวโอเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title THE STUDY TO DESIGN OF MILK PASTEURIZER WITH ULTRAVIOLET RADIATION

Student Mr. Anusorn Phiolueang **Student ID** 61512080
Miss Chatkamon Bhontien **Student ID** 61513003
Miss Autjima Wongken **Student ID** 61513009

Degree Bachelor of Engineering
Program Mechanical Engineering and Agricultural Engineering
Project Advisor Asst.Prof.Dr.Pramote Kuson

ABSTRACT

This project was the study of ultraviolet pasteurization of milk. The experiments were begun the design and construction of the milk pasteurizer with ultraviolet tube. This project was the study of ultraviolet pasteurization of milk. The milk pasteurizer machine was built the experimental of optimum flow rate to reduce for the total microorganisms count of milk. The experimental setting was the flow rates at 50, 100 and 150 ml/min and after experimental determined immediately the number of microorganisms by using a hemacytometer microorganisms counting method and then take the result experimental to determine optimum time at 1, 2 and 3 hours for the reduction of microorganism content. The final experiment was determined optimum flow rate to reduce the temperature pasteurization. The results found that the flow rate optimization of microorganism content reduction and optimum reduction temperature for pasteurization was 50 ml/min. The optimum time of microorganism content reduction was 3 hours.

Keywords: Milk pasteurization, Ultraviolet radiation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด ความรู้ต่างๆ ตลอดจนขั้นตอน และวิธีการในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ดร.กมลวรรณ ชูชีพ อาจารย์ประจำหลักสูตรนวัตกรรมอาหารและการจัดการ ที่ให้ความกรุณาแนะนำและให้ความรู้เกี่ยวกับการนับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีการนับเชื้อแบบฮีมาไซโตมิเตอร์ และขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาทุกท่านที่ให้คำแนะนำ และสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวกับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

บุคคลที่ขาดมิได้คือ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณ และเป็นที่เคารพรัก ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจแก่คณะผู้จัดทำเสมอ คณะผู้จัดทำขอกราบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง คณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ไม่มากก็น้อยต่อผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับการพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราโอเลต

อนุสรณ์ ผิวเหลือง
ฉัตรกมล พลเทียร
อัจจิมา วงค์เขน
23 พฤษภาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญรูป VIII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา 2
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน 2
1.5 แผนการดำเนินงาน 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 น้ำนมโค
2.2 การพาสเจอร์ไรส์ 3
2.2.1 ความเป็นมา 3
2.2.2 หลักการ 3
2.2.3 วิธีการพาสเจอร์ไรส์ 3
2.2.3.1 วิธีใช้ความร้อนต่ำ – เวลานาน 4
2.2.3.2 วิธีใช้ความร้อนสูง – เวลาสั้น 4
2.2.4 ประโยชน์ 4
2.2.5 คุณภาพหรือมาตรฐานของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ 4
2.3 ทฤษฎีการแลกเปลี่ยนความร้อน 5
2.4 การนับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยฮีมาไซโตมิเตอร์ 5
2.4.1 วิธีการทางกายภาพ 5
2.4.1.1.1 การนับจำนวนรวมโดยการใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ 5
2.4.1.1.2 การวัดความขุ่นโดยใช้สเปกโตรโฟโต 5
2.4.2 วิธีการทางชีวภาพ 6
2.4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการนับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยฮีมาไซโตมิเตอร์ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.4 วิธีการทดลอง 7

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 ผลทดสอบของวิธีการพาสเจอร์ไรซ์นมข้าวโอ๊ตต่อคุณสมบัติการทำโยเกิร์ต 8

2.5.2 ประสิทธิภาพของเครื่องปฏิกรณ์รังสีอัลตราไวโอเลตแบบหลอดขด 8

2.5.3 การประเมินอายุการเก็บรักษาของนมพาสเจอร์ไรส์ในประเทศโอมาน 8

2.5.4 การตรวจสอบความเข้มข้นของอะฟลาทอกซินในน้ำนมดิบและนมพาสเจอร์ไรส์ 10

2.5.5 ผลของการบำบัดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต 10

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 12

3.1 อุปกรณ์ 12

3.1.1 หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต 12

3.1.2 หลอดแก้วกลวงตรง 12

3.1.3 ท่อซิลิโคนเกรดอาหาร 12

3.1.4 ท่อ PVC เส้นผ่านกลาง 9 เซนติเมตร 12

3.1.5 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเกรดอาหาร 12

3.1.6 ปั๊มชนิดรีดท่อสายยาง รุ่น BT100-2J 12

3.1.7 ถังน้ำแข็ง ขนาด 25 ลิตร 12

3.1.9 ปิเปต ขนาดความจุ 1 มิลลิลิตร 12

3.1.10 พาสเจอร์ปิเปต ขนาดความจุ 20 ไมโครลิตร 12

3.1.11 เทอร์โมคัปเปิล แบบ 4 ช่องโพรบ ยี่ห้อ Lutron รุ่น TM-1947SD 12

3.2 ขั้นตอนการทดลอง 17

3.2.1 การทดลองหาอัตราการไหลที่มีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ 17

3.2.2 การทดลองหาระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ทำให้ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ลดลง 18

3.2.3 การทดลองหาอัตราการไหลที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ 18

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ 19

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล 20

4.1 ผลการทดลองการหาอัตราการไหลที่มีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ 20

4.2 ผลการทดลองการหาระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลง 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ผลการทดลองการหาอัตราการไหลที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิหลังการพาสเจอร์ไรส์ 25
4.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ 27
4.4.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 27
4.4.2 จุดคุ้มทุนของเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต 28
4.4.3 ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องพาสเจอร์ไรส์น้ำนมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต 28
4.5 การเปรียบเทียบความคุ้มทุนระหว่างเครื่องพาสเจอร์ไรส์แบบปกติกับเครื่องพาสเจอร์ไรส์ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต 29
4.5.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 29
4.5.2 จุดคุ้มทุนของเครื่องพาสเจอร์ไรส์ 30
4.5.3 ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องพาสเจอร์ไรส์ 30

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 31
5.1 ปัญหาที่พบในการทดลองเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต 31
5.2 ข้อเสนอแนะ 31

เอกสารอ้างอิง 32
ภาคผนวก 34
ประวัติผู้จัดทำ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แผนผังการดำเนินงานการออกแบบเครื่องเครื่องพาสเจอร์ไรส์ด้วยรังสีอัตราไวโอเลต 2

4.1 ผลการทดลองการหาอัตราการไหลที่มีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ 20

4.2 ผลการทดลองการหาระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลง 22

4.3 ผลการทดลองการหาอัตราการไหลที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิหลังการพาสเจอร์ไรส์ 25

4.4 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องพาสเจอร์ไรส์น้ำนมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ฮีมาไซโตมิเตอร์และอุปกรณ์ประกอบ	6
2.2 ภาพขยายของตารางที่กำลังขยาย 10 เท่าของฮีมาไซโตมิเตอร์	6
2.3 แสดงขั้นตอนการหยดตัวอย่างลงบนฮีมาไซโตมิเตอร์	7
2.4 เชื้อจุลินทรีย์บนแอ่งของฮีมาไซโตมิเตอร์ ที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์	7
2.5 ภาพขยายที่กำลังขยาย 40 เท่าของฮีมาไซโตมิเตอร์	8
2.6 สมการการคำนวณเชื้อที่ได้จากการนับเชื้อจุลินทรีย์	8
3.1 หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต	12
3.2 หลอดแก้วกลวงตรง	13
3.3 ท่อซิลิโคนเกรดอาหาร	13
3.4 ท่อ PVC	14
3.5 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเกรดอาหาร	14
3.6 ปั๊มชนิดรีดท่อสายยาง	15
3.7 ถังน้ำแข็ง	15
3.8 ฮีมาไซโตมิเตอร์	16
3.9 ปิเปตแก้วแบบตรง	16
3.10 พาสเจอร์ปิเปต	16
3.11 เทอร์โมคัปเปิล แบบ 4 ช่องโพรบ	17
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม	21
4.2 แสดงตัวอย่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบที่ทำการเจือจาง 1 ต่อ 100 มิลลิลิตร ผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40 เท่า	21
4.3 แสดงตัวอย่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่ทำการเจือจาง 1 ต่อ 100 มิลลิลิตร ที่อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที	22
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม	23
4.5 แสดงตัวอย่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบที่ทำการเจือจาง 1 ต่อ 100 มิลลิลิตร ผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40 เท่า	24
4.6 แสดงตัวอย่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ ที่ทำการเจือจาง 1 ต่อ 100 มิลลิลิตร ที่อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	24
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับอุณหภูมิของน้ำนมหลังการพาสเจอร์ไรส์	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

คนไทยดื่มนมน้อยลง เฉลี่ยเพียง 18 ลิตร ต่อคนต่อปี ขณะที่ค่าเฉลี่ยของคนเอเชียจะอยู่ที่ 66 ลิตรต่อคนต่อปี และทั่วโลกเฉลี่ยอยู่ที่ 113 ลิตรต่อคนต่อปี ซึ่งผลการสำรวจพฤติกรรมการดื่มนมของคนไทยในปี 2562 ระหว่างเดือน เมษายน-พฤษภาคม พุทธศักราช 2562 ในประชาชนทุกภูมิภาคของประเทศ จำนวน 1,753 ตัวอย่างนั้น พบว่าในอายุ 3-12 ปี ดื่มนม 88.89 เปอร์เซ็นต์ อายุ 13-20 ปี 44.17 เปอร์เซ็นต์ อายุ 21-35 ปี 41.39 เปอร์เซ็นต์ อายุ 36-50 ปี 38.56 เปอร์เซ็นต์ อายุ 51-60 ปี 35.29 เปอร์เซ็นต์ และอายุมากกว่า 60 ปี 29.96 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าคนไทยในช่วงอายุอายุ 13-20 ปี มีการบริโภคนมลดลงกว่าครึ่ง เมื่อเทียบกับเด็กในวัยอนุบาลและประถมศึกษา ส่วนในกลุ่มผู้สูงวัย 60 ปีขึ้นไป มีสัดส่วนที่ไม่ดื่มนมโคเลยถึง 1 ใน 4 จากผู้ที่เข้าร่วมการสำรวจ กลุ่มผู้ที่ไม่บริโภคนมโคนั้นหันไปดื่มนมถั่วเหลือง 43 เปอร์เซ็นต์ เครื่องดื่มกาแฟ 22 เปอร์เซ็นต์ และนมเปรี้ยว 14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยสาเหตุหลักเกิดจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการดื่มนมและความไม่มั่นใจในคุณภาพของน้ำนมโค ส่งผลให้อัตราการดื่มนมของคนไทยยังคงมีปริมาณน้อยมาก [1]

เนื่องจากประเทศไทยตั้งเป้าที่จะเพิ่มปริมาณการดื่มนมของคนไทยเป็น 25 ลิตรต่อคนต่อปี ภายในปี 2570 โดยจะมีการรณรงค์ให้คนไทยทุกวัยดื่มนมโคเป็นประจำอย่างน้อยวันละ 1-2 แก้ว จากนั้นจึงจะขยับเป้าเป็น 35 ลิตรต่อคนต่อปี [2]

ในปัจจุบันกระบวนการพาสเจอร์ไรส์นั้นมี 2 วิธีด้วยกันคือ การพาสเจอร์ไรส์ด้วยอุณหภูมิต่ำและการพาสเจอร์ไรส์ด้วยอุณหภูมิสูง โดยวิธีการพาสเจอร์ไรส์ด้วยอุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิจะอยู่ที่ 62.8-65.6 องศาเซลเซียส ส่วนวิธีการพาสเจอร์ไรส์ด้วยอุณหภูมิสูงนั้น จะใช้อุณหภูมิอยู่ที่ 71.1 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นได้ว่าแม้จะเป็นการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิต่ำก็ยังยังมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง ซึ่งจะส่งผลให้สีของน้ำนมมีการเปลี่ยนแปลง ทางคณะผู้จัดทำจึงคิดทำโครงงานนนี้ขึ้นเพื่อนำเอารังสีอัลตราไวโอเลตมาใช้ประโยชน์ในการฆ่าเชื้อร่วมกับการพาสเจอร์ไรส์ เพื่อลดการใช้อุณหภูมิความร้อนกับน้ำนมดิบและจะไม่ส่งผลกับสีของน้ำนม [3]

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาวิธีการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการลดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมโคในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์

1.2.2 เพื่อออกแบบและหาประสิทธิภาพเครื่องพาสเจอร์ไรส์น้ำนมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

1.2.3 ศึกษาอัตราการไหลที่มีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 ศึกษาระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ทำให้ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ลดลง

1.2.5 ศึกษาอัตราการไหลที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1.3.1 น้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ด้วยการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตมีเชื้อจุลินทรีย์ลดลงใกล้เคียงกับการพาสเจอร์ไรส์แบบอุณหภูมิต่ำ

1.3.2 น้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำนม

1.3.3 เป็นเครื่องต้นแบบที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตน้ำนมในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ได้

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.4.1 ใช้ทดสอบกับน้ำนมโคจากฟาร์มในรัศมีห่างจากสถาบัน ไม่เกิน 5 กิโลเมตร

1.4.2 ใช้รังสีอัตราไวโอเลตในการพาสเจอร์ไรส์

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงานการออกแบบเครื่องเครื่องพาสเจอร์ไรส์ด้วยรังสีอัตราไวโอเลต

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน									
	2564					2565				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการพาสเจอร์ไรส์น้ำนมและรังสีอัลตราไวโอเลต	←	→								
2.ออกแบบเครื่องพาสเจอร์ไรส์น้ำนม		←	→							
3.สร้างเครื่องพาสเจอร์ไรส์ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต			←	→						
4.ทดลองใช้เครื่องพาสเจอร์ไรส์					←	→				
5.ปรับปรุงแก้ไข							←	→		
6.ทดลองและบันทึกผล							←	→		
7.สรุปผลการทดลอง								←	→	
8.ทำเล่มปริญญานิพนธ์								←	→	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำนมโค

น้ำนมโค คือ น้ำนมที่มีคุณค่าสารอาหาร โปรตีน แคลเซียม วิตามินและแร่ธาตุตามธรรมชาติครบถ้วน และน้ำนมโคที่ดี จะต้องมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนต่ำ ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนนี้จะมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของโซมาติกเซลล์ (Somatic cell) ที่เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาว และเซลล์เยื่อบุผิวภายในเต้านมของแม่วัว จะเป็นตัวบ่งบอกภูมิต้านทานในร่างกายของวัว ถ้าวัวแข็งแรงก็จะมี โซมาติกเซลล์ต่ำให้น้ำนมคุณภาพดีมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนต่ำนั่นเอง [4]

2.2 การพาสเจอร์ไรส์

การพาสเจอไรส์อาหารที่ใช้โดยทั่วไปจะใช้ความร้อน จึงจัดเป็นการแปรรูปด้วยความร้อนวิธีหนึ่ง ซึ่งปกติจะใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส แต่อาจจะใช้กระบวนการอื่นเพื่อการพาสเจอไรส์ได้ เช่น การฉายรังสี การใช้ความดันสูง การให้ความร้อนวิธีโอมห์มิก เป็นต้น [3]

2.2.1 ความเป็นมา

พาสเจอร์ไรส์เป็นการตั้งชื่อเพื่อให้เกียรติแก่นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ หลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur) ซึ่งเป็นคนแรกที่คิดค้นการฆ่าจุลชีพที่แปลกปลอมอยู่ในเหล้าไวน์ระหว่างปี พ.ศ. 2407-2408 โดยการใช้ความร้อนประมาณ 50 - 60 องศาเซลเซียส ซึ่งการค้นพบนี้ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากในการผลิตเครื่องดื่มที่ต้องฆ่าจุลชีพ แต่ใช้อุณหภูมิสูงมากไม่ได้ เพราะจะทำให้รสและกลิ่นเปลี่ยนแปลงและในปี พ.ศ.2434 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ ซอกเลต (Soxhlet) จึงได้นำวิธีการนี้มาใช้กับนมสด [3]

2.2.2 หลักการ

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งเมื่อมีอยู่ในสิ่งใดจะทำให้โมเลกุลของสิ่งนั้นเกิดการเคลื่อนไหว ความร้อนทำให้สารโปรตีนแข็งตัวจับกันเป็นก้อนและหมดฤทธิ์โดยการเร่งปฏิกิริยาทางเคมี ความร้อนจึงทำลายเอนไซม์และสามารถทำลายจุลชีพได้ ณ อุณหภูมิน้ำเดือด แต่มีจุลชีพที่พบบางชนิดสร้างเกราะเรียกว่า "สปอร์" หุ้มตัวเอง ทำให้สามารถต้านทานอุณหภูมิน้ำเดือดได้แต่จะตายเมื่อใช้ความร้อนสูงกว่าอุณหภูมิน้ำเดือดภายในระยะเวลาที่เหมาะสม [3]

2.2.3 วิธีการพาสเจอร์ไรส์

วิธีการพาสเจอร์ไรส์มี 2 วิธีคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.1 วิธีใช้ความร้อนต่ำ – เวลานาน วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 62.8 - 65.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อผ่านความร้อนโดยใช้เวลาตามที่กำหนดแล้ว ต้องเก็บอาหารไว้ในที่เย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 7.2 องศาเซลเซียส กรรมวิธีการนี้นอกจากจะทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคแล้วยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยไขมันชนิดไลเปส (Lipase) ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดกลิ่นหืนในน้ำนมด้วย

2.2.3.2 วิธีใช้ความร้อนสูง - เวลาสั้น วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าวิธีแรก แต่ใช้เวลาน้อยกว่าคืออุณหภูมิ 71.1 องศาเซลเซียสคงไว้เป็นเวลา 15 วินาที อาหารที่ผ่านความร้อนแล้วจะได้รับการบรรจุลงกล่องหรือขวดโดยวิธีปราศจากเชื้อแล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 7.2 องศาเซลเซียส [3]

2.2.4 ประโยชน์

การพาสเจอร์ไรส์เป็นการถนอมอาหารแบบชั่วคราว เพราะสามารถป้องกันไม่ให้จุลชีพเจริญในชั่วระยะเวลาหนึ่ง แต่สารอาหารยังอยู่ครบถ้วนหรือเกือบครบถ้วน ดังนั้นจึงมีประโยชน์ต่ออาหารที่ต้องรับประทานเป็นประจำแต่ไม่เก็บไว้นาน ๆ เช่น นม น้ำผลไม้ ไอศกรีม ก่อนนำไปปั่นแข็งเป็นต้น

สำหรับการเก็บรักษานมพาสเจอร์ไรส์นั้นต้องเก็บไว้ในตู้เย็นเสมอ ส่วนใหญ่ เข้าใจว่านมสดเมื่อได้รับการฆ่าเชื้อแล้วก็ไม่จำเป็นต้องเก็บไว้ในตู้เย็น แต่ความเป็นจริงแล้วความร้อนที่ใช้เพียงแต่ฆ่าเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคเท่านั้น แต่จุลชีพที่ไม่เป็นสาเหตุของโรคยังคงมีอยู่ในน้ำนมและจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วหากไม่เก็บนมไว้ในตู้เย็นนมอาจจะเสียภายใน 1 - 7 วันเท่านั้น ดังนั้นพึงระลึกเสมอว่านมพาสเจอร์ไรส์นั้นต้องเก็บไว้ในตู้เย็นที่มี อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส [3]

2.2.5 คุณภาพหรือมาตรฐานของน้ำนมพาสเจอไรส์

2.2.5.1 มีกลิ่น รส ตามลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ของน้ำนมนั้น

2.2.5.2 มีเนื้อของแข็งทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 8 ของน้ำหนัก สำหรับผลิตภัณฑ์นมชนิดเหลว

2.2.5.3 ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

2.2.5.4 ไม่มีสารที่อาจเป็นพิษ เช่น สารพิษจากจุลินทรีย์ และสารปนเปื้อนในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ได้แก่ สารตกค้างจากยาฆ่าแมลง สารปฏิชีวนะ และอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) เป็นต้น

2.2.5.5 ตรวจพบแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ของน้ำนมชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีการพาสเจอร์ไรส์ 1 มิลลิลิตร ได้ไม่เกิน 10,000 ณ แหล่งผลิต และไม่เกิน 50,000 ตลอดระยะเวลาเมื่อออกจากแหล่งผลิตจนถึงวันหมดอายุการบริโภคที่ระบุบนฉลาก

2.2.5.6 ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม (coliform) ได้ไม่เกิน 100 ในผลิตภัณฑ์นมชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีการพาสเจอร์ไรส์ 1 มิลลิลิตร ณ แหล่งผลิต [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีการแลกเปลี่ยนความร้อน

การแลกเปลี่ยนความร้อนจะเกิดขึ้นได้ในวัตถุ แก้ว หรือของไหล ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันมาสัมผัสกัน โดยมีวิธีการแลกเปลี่ยนความร้อน คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน (สมการที่ 1)

การนำความร้อน คือ การที่ความร้อนถ่ายเทด้วยการอาศัยการเคลื่อนที่ของอะตอมหรือ โมเลกุลในของแข็งไปตามลำดับ

การพาความร้อน หมายถึง การถ่ายเทความร้อนด้วยการอาศัยการเคลื่อนที่ของของไหล โดยเฉพาะ การถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวหน้าของวัตถุกับของไหล ก็เรียกกระบวกการนี้ว่า การพาความร้อน

การแผ่รังสี วัตถุทุกชนิดจะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาว และความเข้มค่าหนึ่งจากพื้นผิวอยู่ตลอดเวลา โดยความยาวและความเข้มจะขึ้นอยู่ที่อุณหภูมิของวัตถุนั้น การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้เรียกว่า การแผ่รังสีความร้อน หากวัตถุอื่นดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ ก็จะได้รับพลังงานความร้อนทำให้อุณหภูมิของวัตถุสูงขึ้น การถ่ายเทความร้อนในลักษณะนี้เรียกว่า การแผ่รังสี
สูตรสมการพื้นฐานของทฤษฎีการแลกเปลี่ยนความร้อน [6]

$$Q = mc\Delta T \qquad (1)$$

โดยที่ Q คือ ค่าพลังงาน (แคลอรี)
m คือ มวลของวัตถุ (กิโลกรัม)
c คือ ค่าความจุความร้อนของวัตถุ (แคลอรีต่อกิโลกรัม องศาเซลเซียส)
ΔT คือ อุณหภูมิของสสารที่เปลี่ยนแปลงไปหรือผลต่างระหว่าง อุณหภูมิสูงสุด - อุณหภูมิต่ำสุดในช่วงที่ให้พลังงาน (องศาเซลเซียส) [7]

2.4 การนับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยฮีมาไซโตมิเตอร์

โดยทั่วไปการนับจำนวนจุลินทรีย์ในตัวอย่างมี 2 วิธี คือ

2.4.1 วิธีการทางกายภาพ

เป็นการนับจำนวนรวมทั้งจุลินทรีย์ที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต มีหลายวิธี เช่น

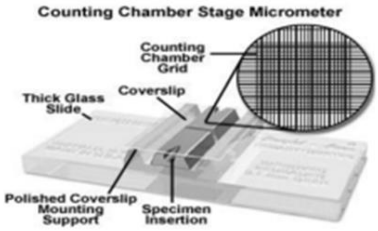
2.4.1.1 การนับจำนวนรวมโดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ (รูปที่ 2.1)

2.4.1.2 การวัดความขุ่นโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

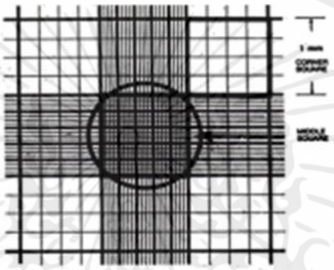
2.4.2 วิธีการทางชีวภาพ

เป็นการนับจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ฮีมาไซโตมิเตอร์และอุปกรณ์ประกอบ



รูปที่ 2.2 ภาพขยายของตารางที่กำลังขยาย 10 เท่า ประกอบด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดใหญ่แต่ละด้านยาว 1 มม. ภายในมีสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็กบรรจุอยู่ 25 ช่อง แต่ละช่องมีเส้น 3 เส้นล้อมรอบ โดยแต่ละด้านยาว 0.2 มม. ภายในมีสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเล็กบรรจุอยู่อีก 16 ช่อง

จากรูปที่ 2.1 ฮีมาไซโตมิเตอร์ มีลักษณะเป็นสไลด์หนาที่มีแอ่ง (รูปที่ 2.2) ซึ่งรู้ความลึกของแอ่งและที่พื้นของแอ่ง จะมีตารางสี่เหลี่ยมซึ่งทราบความกว้าง ความยาวของตารางสี่เหลี่ยม ดังนั้นเมื่อหยดเชื้อจุลินทรีย์ลงไปในแอ่งที่มีกระจกปิดสไลด์ปิดอยู่ ตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า ในสี่เหลี่ยมลูกบาศก์เล็ก ก็จะทำให้สามารถคำนวณหาจำนวนเซลล์ต่อมิลลิลิตรของตัวอย่างได้ โดยการนับเชื้อจุลินทรีย์ใช้กำลังขยายเลนส์ใกล้วัตถุ 40 เท่า และการนับให้นับเฉพาะเซลล์ที่แตะหรือทับด้านบนหรือด้านขวาของสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่จะไม่นับเซลล์ใดก็ตามที่แตะหรือทับด้านล่างและทางซ้ายมือของสี่เหลี่ยมจัตุรัส [8]

2.4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการนับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยฮีมาไซโตมิเตอร์

2.4.3.1 ตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการตรวจสอบ

2.4.3.2 ฮีมาไซโตมิเตอร์

2.4.3.3 สารทำการเจือจางตัวอย่าง ได้แก่ น้ำ 0.90 เปอร์เซ็นต์

2.4.3.4. กล้องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.5 พาสเจอร์ปิเปต

2.4.4 วิธีการทดลอง

2.4.4.1 เจือจางตัวอย่างด้วย น้ำ 0.90 เปอร์เซ็นต์ (มักเจือจาง 2-5 เท่า)

2.4.4.2 วางกระจกปิดสไลด์บนฮีมาไซโตมิเตอร์ ตรงบริเวณที่มีแอ่ง

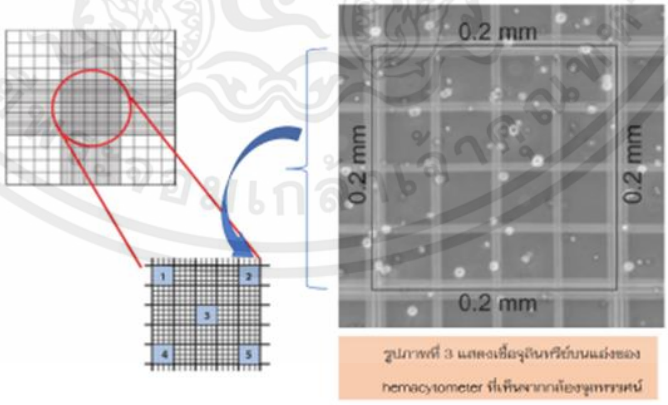
2.4.4.3 ใช้พาสเจอร์ปิเปตดูดตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร ที่เจือจางแล้วหยดไปบนฮีมาไซโตมิเตอร์บริเวณฐานซึ่งเป็นแอ่ง (รูปที่ 2.3)

2.4.4.4 ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้กำลังขยาย 40 เท่า และปรับความเข้มแสง

2.4.4.5 นับจำนวนแบคทีเรียใน 16 ช่อง สี่เหลี่ยมลูกบาศก์เล็ก เวลานับ ถ้ามีเซลล์แตะหรือทับเส้นกรอบของสี่เหลี่ยม ให้นับเซลล์ในช่อง นั้นเฉพาะเซลล์ที่แตะหรือทับด้านบนและเซลล์ที่แตะหรือทับ ด้านขวาเท่านั้น (รูปที่ 2.4)

2.4.4.6 การคำนวณหาจำนวนเซลล์ต่อมิลลิลิตรตัวอย่างเป็นดังนี้

รูปที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการหยดตัวอย่างลงบนฮีมาไซโตมิเตอร์



รูปที่ 2.4 เชื้อจุลินทรีย์บนแอ่งของฮีมาไซโตมิเตอร์ ที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 จากรูปที่ 2.4 ภาพขยายที่กำลังขยาย 40 เท่าในวงกลมที่วาดไว้ซึ่งประกอบด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเล็ก 16 ช่อง

การนับเชื้อจุลินทรีย์ใช้กำลังขยายเลนส์ใกล้วัตถุ 40 เท่า การนับให้นับเฉพาะเซลล์ที่แตะหรือทับด้านบนหรือด้านขวาของสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่จะไม่นับเซลล์ใดก็ตามที่แตะหรือ ทับด้านล่างและทางซ้ายมือของสี่เหลี่ยมจัตุรัส ตัวอย่าง (ในวงกลมรูปที่ 2.5) นับจำนวนเชื้อได้ 0 0 1 1 , 2 2 1 1 , 1 0 1 2 , 1 0 3 1 รวม 17 เซลล์ [8]

สี่เหลี่ยมลูกบาศก์เล็กมีความกว้าง 0.05 มม. ยาว 0.05 มม. chamber ลึก 0.1 มม.

ดังนั้น สี่เหลี่ยมลูกบาศก์เล็กมีปริมาตร = $0.05 \times 0.05 \times 0.1$ มม.^{3}

ถ้านับจำนวนเซลล์เฉลี่ยต่อสี่เหลี่ยมลูกบาศก์เล็ก = A เซลล์

ปริมาตร $0.05 \times 0.05 \times 0.1$ มม.^{3} มีแบคทีเรีย A เซลล์

ปริมาตร 1000 มม.^{3} มีแบคทีเรีย $\frac{A \times 1000}{0.05 \times 0.05 \times 0.1}$ เซลล์

เนื่องจาก 1 มล. = 1 cc = 1000 มม.^{3}

จำนวนเซลล์ / มล. = $\frac{A \times 1000}{0.05 \times 0.05 \times 0.1}$ x ส่วนกลับของระดับการเจือจาง

(ถ้าตัวอย่างทำการเจือจาง ต้องคูณส่วนกลับของระดับการเจือจางด้วย)

รูปที่ 2.6 สมการการคำนวณเชื้อที่ได้จากการนับเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 ผลทดสอบของวิธีการพาสเจอร์ไรส์นมข้าวโอ๊ตต่อคุณสมบัติการทำโยเกิร์ต

การใช้รังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับการพาสเจอร์ไรส์เพื่อนำมาใช้กับนมข้าวโอ๊ตที่นำมาทำโยเกิร์ต ในการลดเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้ระบบการส่องแสงอัลตราไวโอเลต คือ การพาสเจอร์ไรส์นมข้าวโอ๊ตเพื่อนำมาผลิตโยเกิร์ตด้วยกระบวนพาสเจอร์ไรส์ แบบใช้ความร้อนและแบบใช้รังสีอัลตราไวโอเลต เมื่อนำมาผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์แล้ว รอสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของรสชาติ และเนื้อสัมผัส เป็นเวลา 21 วัน และพบว่า มีการลดลงของเชื้อ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการพาสเจอร์ไรส์ด้วยการใช้ความร้อน [9]

2.5.2 ประสิทธิภาพของเครื่องปฏิกรณ์รังสีอัลตราไวโอเลตแบบหลอดขด เพื่อหยุดการทำงานของ Escherichia coli W1485 และ Bacillus cereus endospores ในน้ำนมโคดิบและนมโคพร่องมันเนยที่แปรรูปในเชิงพาณิชย์

การออกแบบเครื่องเพื่อหา Reynolds (Re) และเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อลำเลียงของเหลวที่มีผลต่อการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการลด Escherichia coli และ Bacillus cereus endospores ในน้ำนมโคดิบ และนมวัวพร่องมันเนยที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้หลอดรังสีอัลตาไวโอเลต ขนาด 1.6 และ 3.2 มิลลิเมตร แต่ละเครื่องมีเวลาพักอยู่ที่ 11.3 วินาที และทำการทดสอบ Reynolds (Re) 4 ระดับ นมแต่ละชนิด แต่ละหลอดมีแบคทีเรีย Escherichia coli และ Bacillus cereus endospores ซึ่ง การลดลงของแบคทีเรียทั้งสอง โดยใช้หลอดขนาด 1.6 มิลลิเมตร ลดลงเยอะกว่าการใช้หลอดขนาด 3.2 มิลลิเมตร [10]

2.5.3 การประเมินอายุการเก็บรักษาของนมพาสเจอร์ไรส์ในประเทศโอมาน

การศึกษานี้บ่งชี้ว่าลักษณะของนมพาสเจอร์ไรส์ทั้งทางกายภาพ เคมี หรือจุลชีววิทยาไม่ได้รับผลกระทบในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 1 5 7 9 และ 12 วัน ที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส ดังนั้นการยืดอายุนมพาสเจอร์ไรส์ที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 วัน นับจากวันที่ผลิตจึงถือเป็นระยะเวลาที่ปลอดภัย แม้ว่าอายุการเก็บรักษา 12 วันจะมีความปลอดภัย แต่ขอแนะนำให้ใช้ 9 วันที่ 5 องศาเซลเซียส เพื่อเป็นการป้องกันความปลอดภัยจากความผันผวนของอุณหภูมิระหว่างการจัดการและการเก็บรักษา วัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้คือการลดการสูญเสียน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เกิดจากอายุการเก็บรักษาที่สั้นโดยการยืดให้นานขึ้น ซึ่งได้รับการพิสูจน์โดยการศึกษาครั้งนี้ทำให้อายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเกือบสองเท่า นักวิจัยระบุข้อเสนอแนะที่คล้ายกันว่านมพาสเจอร์ไรส์มีอายุการเก็บรักษาระหว่าง 10 ถึง 15 วัน เมื่ออุณหภูมิในการจัดเก็บอยู่ระหว่าง 8 ถึง 4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในขณะที่มีการรายงานความเสถียรทางจุลชีววิทยาของนมพาสเจอร์ไรส์แปรผันจาก 36 ถึง 7 วันเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 ถึง 9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 10 ถึง 20 วัน เมื่อเก็บนมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 6.1 องศาเซลเซียส [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การตรวจสอบความเข้มข้นของอะฟลาทอกซินในน้ำนมดิบและนมพาสเจอร์ไรส์

นมและผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะปนเปื้อน AFM1 (Aflatoxin M1) ซึ่งอาจทำให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายเช่น เกิดพิษต่อตับ การกลายพันธุ์ พันธุกรรม สารก่อมะเร็ง พิษต่อระบบประสาท เป็นพิษเช่นเดียวกับภูมิคุ้มกันและเนื้องอก ดังนั้น AFM1 จึงจัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 (สารประกอบก่อมะเร็งในมนุษย์อย่างแน่นอน)

เป็นที่น่าสังเกตว่า AFM1 เป็นสารที่ทนความร้อนได้ เมื่ออยู่ในน้ำนมดิบแล้ว มีโอกาสน้อยที่จะลดลงด้วยการให้ความร้อนตามปกติ เช่น การพาสเจอร์ไรส์ การฆ่าเชื้อ และการบำบัดด้วยอุณหภูมิสูงพิเศษ (UHT) หรือการบำบัดอื่นๆ เช่น การระเหย ความเข้มข้น หรือการอบแห้งในการผลิตผลิตภัณฑ์

จากผลการทดสอบจากกลุ่มประเทศ 199 ประเทศ พบว่าประเทศที่พบ AFM1 มากที่สุดคือประเทศตูนีเซีย และประเทศเม็กซิโก ความเข้มข้นของ AFM1 สูงอยู่ในน้ำนมดิบของควาย และนมพาสเจอร์ไรส์ของโค ความเข้มข้นของ AFM1 ในนมพาสเจอร์ไรส์สูงกว่าน้ำนมดิบบ่งชี้จุดวิกฤตว่า หากน้ำนมดิบปนเปื้อนมาก กระบวนการการพาสเจอร์ไรส์ไม่สามารถลดความเข้มข้นของอะฟลาทอกซินให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นการดำเนินโครงการเริ่มควบคุมจากภายนอก เช่น การจัดหาอาหารสัตว์คุณภาพดีให้กับปศุสัตว์ สามารถลดความเข้มข้นของ AFM1 ในนมได้อย่างมาก ปัจจัยด้านภูมิประเทศ ปัจจัยที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตและปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาพอากาศ ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน อาจทำให้เกิดการปนเปื้อน AFM1 ในอาหารสัตว์ แต่ประเทศไทยของเรา การตรวจพบ AFM1 นั้นยังอยู่ในระดับที่น้อยมากซึ่งไม่ส่งผลต่อสุขภาพมากนัก น้ำนมที่นำมาบริโภคต้องผ่านกระบวนการแปรรูปที่ถูกตามสุขลักษณะและคุณภาพ ตามหลักโภชนาการและสาธารณสุข เพื่อไม่ให้ได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย [12]

2.5.5 ผลของการบำบัดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตในโดสต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาในน้ำนมโค

ในการศึกษานี้ ได้ทำการตรวจสอบเทคโนโลยีที่ไม่ใช้ความร้อนสำหรับการเก็บรักษาโดยใช้รังสีอัลตราไวโอเลต ในการเก็บรักษานมวัว หลังจากการเก็บรักษาด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต จะมีการหาจำนวนจุลินทรีย์ที่พบในน้ำนมดิบและจำนวนในนมยูเอชที เพาะเชื้อก่อโรค สำหรับการเก็บรักษาด้วยเครื่องปฏิกรณ์รังสีอัลตราไวโอเลตที่มีอัตราการไหลผันแปร (5 มิลลิลิตรต่อนาที ถึง 18 มิลลิลิตรต่อนาที) และช่วงอุณหภูมิ (4 – 25 องศาเซลเซียส) ได้รับการออกแบบและข้อมูลถูกจำลองโดยใช้วิธีการการตอบสนองของพื้นผิว หลังการรักษาด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต จำนวนแบคทีเรีย mesophilic aerobic ทั้งหมดลดลง จำนวนเชื้อยีสต์และเชื้อราลดลงในน้ำนมดิบ สำหรับนมยูเอชทีที่เพาะเชื้อก่อโรคเชื้อ Salmonella Typhimurium (ATCC 14028), Listeria monocytogenes (ATCC 19115), Staphylococcus aureus (ATTC 25923) และ Escherichia coli (ATTC 35218) ลดลงเป็นอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากจากการตรวจนับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากการบำบัดด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ในความเข้มแสงที่สูงยังเป็นอันตรายต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของนม จึงจำเป็นต้องใช้รังสีอัตราไวโอเลตและการพาสเจอร์ไรส์ด้วยอุณหภูมิต่ำเป็นทางเลือกแทนการพาสเจอร์ไรส์ของน้ำนมดิบ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต ความยาว 53 เซนติเมตร (รูปที่ 3.1)

3.1.2 หลอดแก้วกลวงตรง เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 5 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร ความยาว 50 เซนติเมตร จำนวน 20 หลอด (รูปที่ 3.2)

3.1.3 ท่อซิลิโคนเกรดอาหาร เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ความยาว 25 เซนติเมตร จำนวน 20 เส้น และท่อซิลิโคนเกรดอาหาร เส้นผ่านกลาง 7 มิลลิเมตร ความยาว 1 เมตร จำนวน 2 เส้น (รูปที่ 3.3)

3.1.4 ท่อ PVC เส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ความยาว 70 เซนติเมตร (รูปที่ 3.4)

3.1.5 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเกรดอาหาร (รูปที่ 3.5)

3.1.6 ปั๊มชนิดรีดท่อสายยาง รุ่น BT100-2J (รูปที่ 3.6)

3.1.7 ถังน้ำแข็ง ขนาด 25 ลิตร (รูปที่ 3.7)

3.1.8 ฮีมาไซโตมิเตอร์ (รูปที่ 3.8)

3.1.9 ปิเปต ขนาดความจุ 1 มิลลิลิตร (รูปที่ 3.9)

3.1.10 พาสเจอร์ปิเปต ขนาดความจุ 20 ไมโครลิตร (รูปที่ 3.10)

3.1.11 เทอร์โมคัปเปิล แบบ 4 ช่องโพรบ ยี่ห้อ Lutron รุ่น TM-1947SD ผลิตที่ประเทศไต้หวัน (รูปที่ 3.11)

รูปที่ 3.1 หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต ความยาว 53 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 หลอดแก้วกลวงตรง เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 5 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร ความยาว 50 เซนติเมตร จำนวน 20 หลอด

รูปที่ 3.3 ท่อซิลิโคนเกรดอาหาร เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ความยาว 25 เซนติเมตร จำนวน 20 เส้น และท่อซิลิโคนเกรดอาหาร เส้นผ่านกลาง 7 มิลลิเมตร ความยาว 1 เมตร จำนวน 2 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 ท่อ PVC เส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ความยาว 70 เซนติเมตร

รูปที่ 3.5 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเกรดอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 ปั๊มชนิดรีดท่อสายยาง ยี่ห้อ Longer Pump รุ่น BT100-2J

รูปที่ 3.7 ถังน้ำแข็ง ขนาด 25 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 ฮีมาไซโตมิเตอร์

รูปที่ 3.9 ปิเปตแก้วแบบตรง ขนาด 1 มิลลิลิตร

รูปที่ 3.10 พาสเจอร์ปิเปต ขนาด 20 ไมโครลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 เทอร์โมคัปเปิล แบบ 4 ช่องโพรบ ยี่ห้อ Lutron รุ่น TM-1947SD ผลิตที่ประเทศไต้หวัน

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.1 การทดลองหาอัตราการไหลที่มีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์

3.2.1.1 เตรียมน้ำนมจากฟาร์มลุงป๊อด ในช่วง 09.00 น. จำนวน 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1 ลิตร

3.2.1.2 นำน้ำนมที่ได้มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

3.2.1.3 เตรียมเครื่องพาสเจอร์ไรส์ด้วยการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส โดยให้ไหลผ่านท่อเพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 5 นาที

3.2.1.4 นำน้ำนมตัวอย่างที่ 1 มาพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

3.2.1.5 วัดอุณหภูมิน้ำนมที่ออกจากท่อหลอดแก้วทันทีหลังจากการพาสเจอร์ไรส์

3.2.1.6 เก็บตัวอย่างน้ำนมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรส์ ปริมาณ 10 มิลลิลิตร

3.2.1.7 นำตัวอย่างน้ำนมที่ได้ไปตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทันที

3.2.1.8 ทำการทดลองตั้งแต่ข้อที่ 3.2.1.2 ถึงข้อที่ 3.2.1.7 จำนวน 3 ซ้ำ

3.2.1.9 นำน้ำนมตัวอย่างที่ 2 และ 3 มาพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหล 100 มิลลิลิตรต่อนาทีและ 150 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ตามลำดับ แล้วทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 3.2.1.2 ถึงข้อ 3.2.1.7 จำนวน 3 ซ้ำ ของทุกอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การทดลองหาระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ทำให้ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ลดลง

หลังจากการทดลองการหาอัตราการไหลที่ดีที่สุดที่มีผลต่อการลดลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แล้ว จะนำอัตราการไหลนั้นมาทำการทดลองการทดลองหาระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลง

3.2.2.1 เตรียมน้ำนมจากฟาร์มลุงป๊อด ในช่วง 09.00 น. จำนวน 3 ตัวอย่าง ตัวย่างละ 1 ลิตร

3.2.2.2 นำน้ำนมที่ได้มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

3.2.2.3 เตรียมเครื่องพาสเจอร์ไรส์ด้วยการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส โดยให้ไหลผ่านท่อเพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 5 นาที

3.2.2.4 นำน้ำนมตัวอย่างที่ 1 มาพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหลที่ดีที่สุดจากขั้นตอนการหาอัตราการไหลที่มีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.2.2.5 วัดอุณหภูมิน้ำนมที่ออกจากท่อหลอดแก้วทันทีหลังจากการพาสเจอร์ไรส์

3.2.2.6 เก็บตัวอย่างน้ำนมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรส์ ปริมาณ 10 มิลลิลิตร

3.2.2.7 นำตัวอย่างน้ำนมที่ได้ไปตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทันที

3.2.2.8 ทำการทดลองตั้งแต่ข้อที่ 3.2.2.2 ถึงข้อที่ 3.2.2.7 จำนวน 3 ซ้ำ

3.2.2.9 นำน้ำนมตัวอย่างที่ 2 และ 3 มาพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหลที่ดีที่สุดจากขั้นตอนการหาอัตราการไหลที่มีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ แล้วทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 3.2.2.2 ถึงข้อ 3.2.2.7 จำนวน 3 ซ้ำของทุกระยะเวลาในการทดลอง

3.2.3 การทดลองหาอัตราการไหลที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์

3.2.3.1 เตรียมน้ำนมจากฟาร์มลุงป๊อด ในช่วง 09.00 น. ปริมาณ 1 ลิตร จำนวน 3 ขวด

3.2.3.2 นำน้ำนมที่ได้มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

3.2.3.3 เตรียมเครื่องพาสเจอร์ไรส์ด้วยการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส โดยให้ไหลผ่านท่อเพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 5 นาที

3.2.3.4 นำน้ำนมตัวอย่างที่ 1 มาพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหลและระยะเวาลาที่เหมาะสมที่สุดในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

3.2.3.5 วัดอุณภูมิน้ำนมที่ออกจากท่อหลอดแก้วทันทีหลังการพาสเจอร์ไรส์

3.2.3.6 นำน้ำนมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรส์ไหลผ่านชุดแลกเปลี่ยนร้อนเพื่อลดอุณหภูมิหลังการพาสเจอร์ไรส์ ที่อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที

3.2.3.7 วัดอุณหภูมิน้ำนมที่ออกจากชุดแลกเปลี่ยนความร้อนทันที

3.2.3.8 ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 3.2.3.2 ถึงข้อที่ 3.2.3.5 จำนวน 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.9 นำน้ำนมตัวอย่างที่ 2 มาทำการพาสเจอร์ไรส์โดยทำการเปลี่ยนอัตราการไหลเป็น 100 มิลลิลิตรต่อนาทีและ 150 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ แล้วทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 3.2.3.2 ถึงข้อที่ 3.2.3.5 จำนวน 3 ซ้ำของทุกอัตราการไหล

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

3.3.1 การทดลองนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics version 28.0.0.0 เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี DMRT

3.3.2 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์แบบเป็นกลุ่มด้วยวิธีของดันแคน (Dancan's Multiple Range Test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1. การหาอัตราการไหลไหลที่มีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้อัตราการไหลที่ 50 100 และ 150 มิลลิลิตรต่อนาทีตามลำดับ (ผลการทดลองในหัวข้อ 4.1) 2. การทดลองการหาระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลงในช่วงเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง (ผลการทดลองหัวข้อ 4.2) 3. การทดลองการหาอัตราการไหลที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ (ผลจากการทดลองหัวข้อที่ 4.3)

4.1 ผลการทดลองการหาอัตราการไหลที่มีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการหาอัตราการไหลที่มีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์

อัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อนการพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ย x 10^9 (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์หลังการพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ย x 10^9 (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	อุณหภูมิน้ำนมที่ออกจากท่อหลอดแก้วเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
50	3.36	2.24^a (0.924)	48.7^a (0.252)
100	3.36	3.14^{ab} (0.171)	49.2^a (0.764)
150	3.36	3.18^b (0.168)	48.2^a (0.252)

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยตามหลักอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันในทางสถิติเมื่อวิเคราะห์โดยใช้วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. SD (Standard Deviation) คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

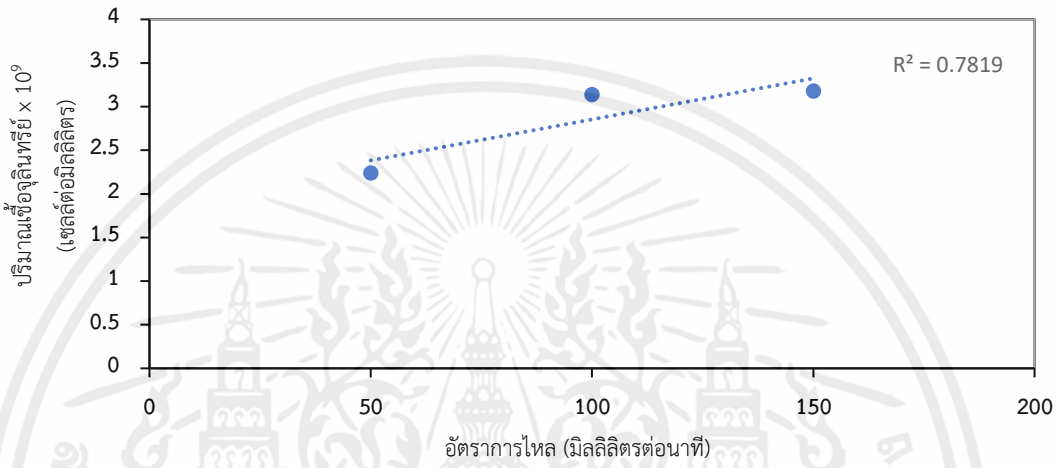
ผลการหาอัตราการไหลที่มีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์พบว่า ในช่วงอัตราการไหลที่ 50 100 และ 150 มิลลิลิตรต่อนาที ซึ่งมีไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี DMRT มีค่า SD อยู่ที่ 0.436 0.17 และ 0.167 ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่า อัตราการไหลที่ 100 มิลลิลิตรต่อนาทีมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์หลังการพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันกับอัตราการไหลที่ 50 และ 150 มิลลิลิตรต่อนาทีในทางสถิติ โดยอัตราการไหล ที่ 50 มิลลิลิตรต่อนาทีมีค่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ยน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.24 x 10^9 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และอัตราการไหล ที่ 150 มิลลิลิตรต่อนาทีมีค่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ยมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.18 x 10^9 เซลล์

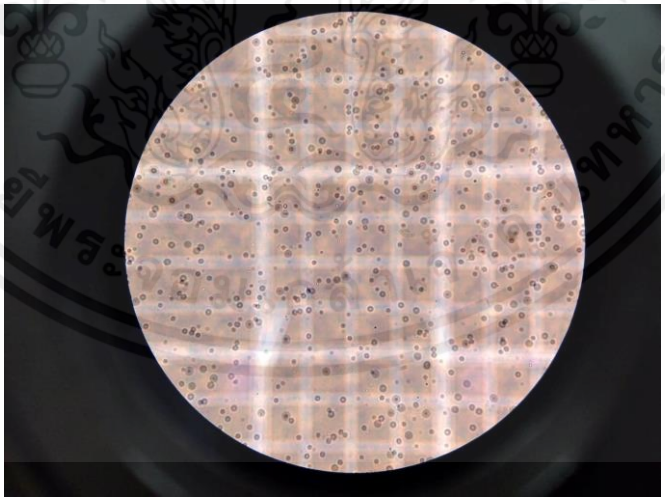
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 4.2) จึงถือได้ว่าอัตราการไหลที่ 50 มิลลิลิตรต่อนาทีเหมาะสมที่สุดในการพาสเจอร์ไรส์เมื่อเทียบกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำนมดิบ (รูปที่ 4.3)

เมื่อนำผลจากการทดลองมาพล็อตกราฟ พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้น (รูปที่4.1) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำนมดิบ ที่อัตราการไหลเพิ่มขึ้นจะทำให้มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.7819

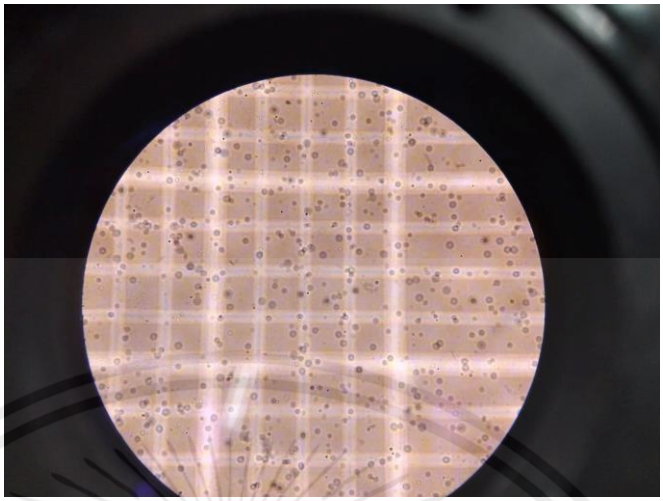


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม



รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบที่ทำการเจือจาง 1 ต่อ 100 มิลลิลิตร ผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่ทำการเจือจาง 1 ต่อ 100 มิลลิลิตร ผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40 เท่า ที่อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

4.2 ผลการทดลองการหาระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลง

จากการทดลองที่ 4.1 จะได้อัตราการไหลที่เหมาะสมแก่การพาสเจอร์ไรส์คืออัตราการไหลที่ 50 มิลลิลิตรต่อนาที

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการหาระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลง

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อนการพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ย x 10^9 (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์หลังการพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ย x 10^9 (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	อุณหภูมิน้ำนมที่ออกจากท่อหลอดแก้วเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
1	3.67	2.14^a (0.041)	49^a (0.321)
2	3.67	1.60^b (0.101)	48.6^a (0.577)
3	3.67	1.42^c (0.073)	48.3^a (0.721)

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยตามหลักอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันในทางสถิติเมื่อวิเคราะห์โดยใช้วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

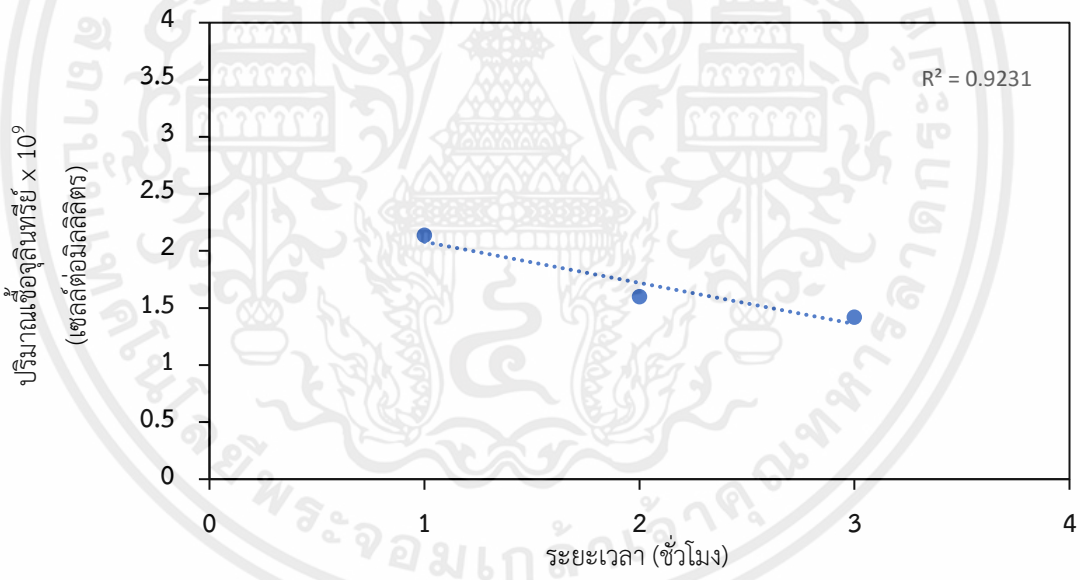
2. SD (Standard Deviation) คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการหาระยะเวลาที่ดีที่สุดที่ทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลง พบว่า ในช่วงเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์หลังการพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ยอยู่ที่ 2.14 1.60 และ 1.42 มีค่า SD เท่ากับ 0.041 0.101 และ 0.073 ตามลำดับ

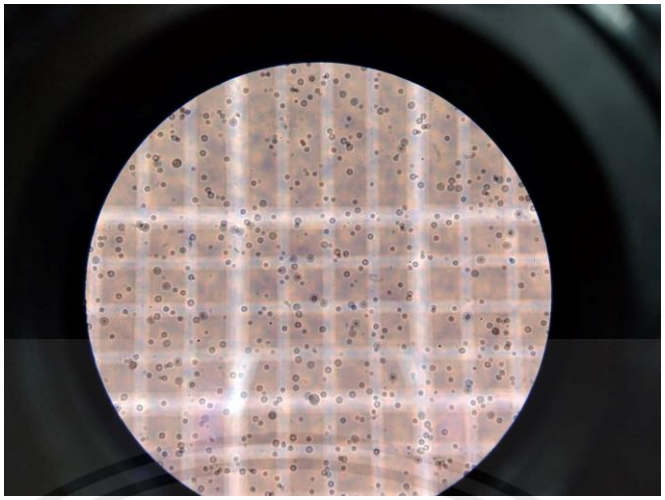
จากการทดลองนี้พบว่า ที่เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมงมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์หลังการพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ยที่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยระยะเวลา 1 ชั่วโมง มีค่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ยมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.14×10^9 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ยน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.42×10^9 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จึงถือได้ว่าระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมคือ 3 ชั่วโมง (รูปที่ 4.5) เมื่อเทียบกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำนมดิบ (รูปที่ 4.6)

เมื่อนำผลจากการทดลองมาพล็อตกราฟ มีแนวโน้มลดลงแบบเชิงเส้น (รูปที่4.4) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อของจุลินทรีย์ของน้ำนมดิบ ที่ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นจะทำให้มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมที่ลดลง โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9231

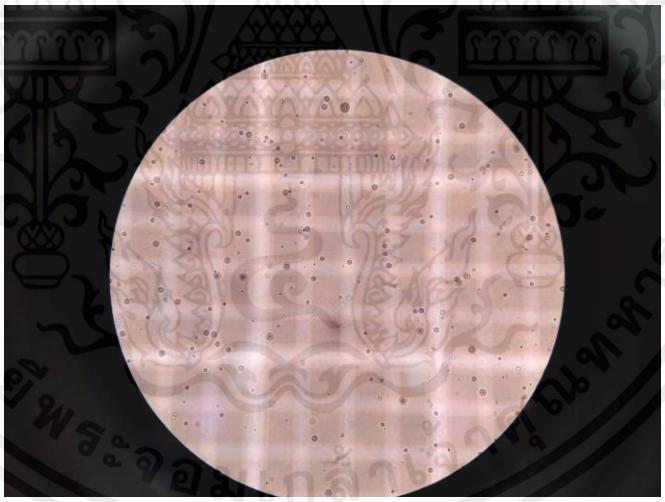


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงตัวอย่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบที่ทำการเจือจาง 1 ต่อ 100 มิลลิลิตร ผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40 เท่า



รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ ที่ทำการเจือจาง 1 ต่อ 100 มิลลิลิตร ที่อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองการหาอัตราการไหลที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์

จากขั้นตอนการทดลองที่ 3.2.1 จะนำอัตราการไหลข้างต้นมาทดลองการหาอัตราการไหลที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิหลังกระบวนการการพาสเจอร์ไรส์

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการหาอัตราการไหลที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิหลังการพาสเจอร์ไรส์

อัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที)	อุณหภูมิของน้ำนมก่อนผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิของน้ำนมหลังผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิของน้ำนมที่เปลี่ยนแปลงเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	ค่าของค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย (แคลอรี)
50	48.7[a] (0.751)	1.8[b] (0.058)	46.9[a] (0.265)	24.371
100	48.6[a] (0.577)	2.1[b] (0.2)	46.5[a] (0.416)	24.179
150	48.9[a] (0.321)	3.7[a] (0.436)	45.2[b] (0.603)	23.555

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยตามหลักอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันในทางสถิติเมื่อวิเคราะห์โดยใช้วิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. SD (Standard Deviation) คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลจากการหาอัตราการไหลที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ พบว่าในอัตราการไหลที่ 50 100 และ 150 มิลลิลิตรต่อนาที ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ มีอุณหภูมิของน้ำนมหลังผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 1.8 2.1 และ 3.7 มีค่า SD เท่ากับ 0.058 0.2 และ 0.436 และมีอุณหภูมิของน้ำนมที่เปลี่ยนแปลงเฉลี่ยอยู่ที่ 46.9 46.5 และ 45.2 มีค่า เท่ากับ 0.265 0.416 และ 0.603 ตามลำดับ

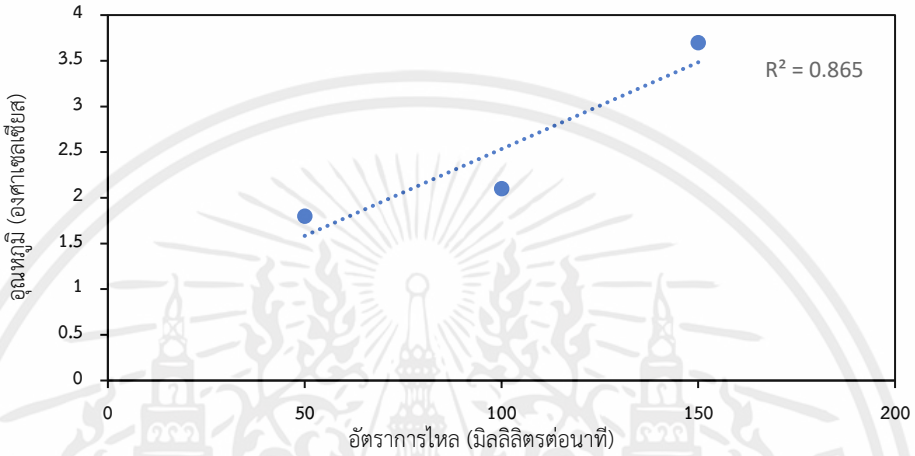
จากการทดลองนี้พบว่า อัตราการไหลที่ 50 และ 100 มิลลิลิตรต่อนาที มีอุณหภูมิของน้ำนมหลังผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเฉลี่ยและอุณหภูมิของน้ำนมที่เปลี่ยนแปลงเฉลี่ยไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

ในการหาอัตราการไหลที่เหมาะสมต่อในการลดอุณหภูมิหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์นี้จะพบว่าทั้ง 3 อัตราการไหลที่นำมาทดลอง มีอุณหภูมิที่ลดลงตามกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข [3] ที่ต้องมีการลดอุณหภูมิน้ำนมลงทันทีหลังจากกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ ให้อยู่ในอุณหภูมิที่ 5 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่านั้น เพื่อให้สอดคล้องกับการหาอัตราการไหลที่เหมาะสมที่สุดที่มีผลต่อการลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเชื้อจุลินทรีย์ จึงถือว่าอัตราการไหลที่ 50 มิลลิลิตรต่อนาทีเหมาะสมที่สุด เพื่อความต่อเนื่องในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์

เมื่อนำผลจากการทดลองมาพล็อตกราฟ พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้น เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ (รูปที่ 4.7) ที่อัตราการไหลเพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิของน้ำนมหลังผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้น มีค่า R^2 เท่ากับ 0.865



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับอุณหภูมิของน้ำนมหลังผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 4.4 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องพาสเจอร์ไรส์น้ำนมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

รายการ	ราคา (บาท)
1. ท่อแก้ว	900
2. PVC	180
3. หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต	520
4. ท่อซิลิโคน	170
5. บัลลาสต์สำหรับหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต	450
6. ปั๊มชนิดรีดท่อสายยาง	24,080
7. ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน	770
8. ถังน้ำแข็ง	100
รวม	27,170

4.4.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

กำหนดให้เครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต (P) มีค่า 27,170 บาท มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาเครื่อง และอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 6.75 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

มูลค่าซาก (S) = 0.1P = 0.1 x 27,170 = 2,717

ค่าเสื่อมราคา (D) = (P-S)/L = (27,170 - 2,717)/10 = 2,445 บาท/ปี

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R) = ((P+S)/2) x 1

= ((27,170+2,717)/2) x 0.0675 = 1,009 บาท/ปี

ต้นทุนคงที่ (FC) = ค่าเสื่อมราคา (D) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)

= 2,445 + 1,009 = 3,454 บาท/ปี

กำหนดให้อัตราค่าจ้างแรงงานรายวัน วันละ 315 (กำหนดจากอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำในจังหวัดชุมพร) จำนวนคนทำงาน 1 คน ทำงานปีละ 360 วัน และค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.2484 บาท ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง สิ้นเปลืองค่าไฟรวม (ปั๊มและหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต) วันละ 0.68 หน่วย ค่าบำรุงรักษาเครื่องเฉลี่ยวันละ 5 บาท

ค่าจ้างแรงงาน (W) = 315 x 360 = 113,400 บาท/ปี

ค่าไฟฟ้า (E) = (0.68x360) x 3.2484 = 796 บาท/ปี

ค่าบำรุงรักษา (M) = 5 x 365 = 1,825 บาท/ปี

ต้นทุนผันแปร (VC) = ค่าจ้างแรงงาน (W) + ค่าไฟฟ้า (E) + ค่าบำรุงรักษา (M)

= 113,400 + 796 + 1,825

= 116,021 บาท/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC) = ต้นทุน (FC) + ต้นทุนผันแปร (VC)

= 3,454 + 116,021

= 119,475 บาท/ปี

4.4.2 จุดคุ้มทุนของเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

กำหนดให้ค่าจ้างใช้เครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต 0.05 บาทต่อมิลลิลิตร และภายในระยะเวลา 1 ปี เครื่องทำงาน 360x8 = 2,880 ชั่วโมง สามารถพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตได้ 3,000 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ฉะนั้นเครื่องจะสามารทำงานได้ 8,640,000 มิลลิลิตรต่อปี

จุดคุ้มทุน (BEPS) = ต้นทุนคงที่ (36,000 บาทต่อเดือน หรือ 432,000 บาทต่อปี)

4.4.3 ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องพาสเจอร์ไรส์น้ำนมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

จากรายได้การรับจ้างใช้เครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต 0.05 บาทต่อมิลลิลิตร และ 1 ปี เครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต พาสเจอร์ไรส์นมได้ 8,640,000 มิลลิลิตร จึงมีรายได้ 0.05 x 8,640,000 = 432,000 บาทต่อปี

ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP) = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC) / กำไร (P)

กำไร (P) = รายได้ (R) - ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)

= 432,000 - 119,475

= 312,526 บาท

ดังนั้น

ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP) = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC) / กำไร (P)

= 27,170 / 312,526

= 0.087 ปี หรือประมาณ 1 เดือน

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ถ้าในการสร้างเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ราคา 27,170 บาท รับจ้างพาสเจอร์ไรส์นมโดยคิดเป็นเงิน 0.05 บาทต่อมิลลิลิตร จุดคุ้มทุนอยู่ที่การผลิต 432,000 บาทต่อปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 1 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การเปรียบเทียบความคุ้มทุนระหว่างเครื่องพาสเจอร์ไรส์แบบปกติกับเครื่องพาสเจอร์ไรส์ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

ตัวอย่างเครื่องที่จะนำมาเปรียบเทียบคือ เครื่องพาสเจอร์ไรซ์แบบแก๊ส 2 ถัง 100L ทำจาก SUS 304 Food G.only รหัสสินค้า 30.50.000 บริษัทเบสท์ ฮาร์ดแวร์ จำกัด ราคา150,000 บาท [14]

4.5.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเครื่อง

เครื่องพาสเจอร์ไรส์ (P) มีค่า 150,000 บาท มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาเครื่อง และอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 6.75 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

มูลค่าซาก (S) = 0.1P = 0.1 x 150,000 = 15,000

ค่าเสื่อมราคา (D) = (P-S)/L = (150,000 – 15,000)/10 = 13,500 บาท/ปี

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R) = ((P+S)/2) x 1

= ((150,000 + 15,000)/2) x 0.0675 = 5,569 บาท/ปี

ต้นทุนคงที่ (FC) = ค่าเสื่อมราคา (D) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)

= 13,500 + 5,569 = 19,069 บาท/ปี

กำหนดให้อัตราค่าจ้างแรงงานรายวัน วันละ 315 (กำหนดจากอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำในจังหวัดชุมพร) จำนวนคนทำงาน 1 คน ทำงานปีละ 360 วัน และค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.2484 บาท ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง สิ้นเปลืองค่าไฟรวม (ปั๊มและหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต) วันละ 0.2 หน่วย ค่าบำรุงรักษาเครื่องเฉลี่ยวันละ 35 บาท

ค่าจ้างแรงงาน (W) = 315 x 360 = 113,400 บาท/ปี

ค่าไฟฟ้า (E) = (0.2 x 360) x 3.2484 = 234 บาท/ปี

ค่าบำรุงรักษา (M) = 35 x 365 = 12,775 บาท/ปี

ต้นทุนผันแปร (VC) = ค่าจ้างแรงงาน (W) + ค่าไฟฟ้า (E) + ค่าบำรุงรักษา (M)

= 113,400 + 234 + 12,775

= 126,409 บาท/ปี

ดังนั้น

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC) = ต้นทุน (FC) + ต้นทุนผันแปร (VC)

= 19,069 + 126,409

= 145,478 บาท/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 จุดคุ้มทุนของเครื่องพาสเจอร์ไรส์

กำหนดให้ค่าจ้างใช้เครื่องพาสเจอร์ไรส์ 0.05 บาทต่อมิลลิตร และภายในระยะเวลา 1 ปี เครื่องทำงาน 360 x 8 = 2,880 ชั่วโมง สามารถพาสเจอร์ไรส์ได้ 150,000 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ฉะนั้นเครื่องจะสามารทำงานได้ 432,000,000 มิลลิลิตรต่อปี

จุดคุ้มทุน (BEPS) = ต้นทุนคงที่ (1,800,000 บาทต่อเดือน หรือ 21,600,000 บาทต่อปี)

4.5.3 ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องพาสเจอร์ไรส์

จากรายได้การรับจ้างใช้เครื่องพาสเจอร์ไรส์ 0.05 บาทต่อมิลลิลิตร และ 1 ปี เครื่องพาสเจอร์ไรส์ พาสเจอร์ไรส์ได้ 432,000,000 มิลลิลิตร จึงมีรายได้ 0.05 x 432,000,000 = 21,600,000 บาทต่อปี

ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP) = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง(MC) / กำไร (P)

กำไร (P) = รายได้ (R) - ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)

= 21,600,000 - 145,478

= 21,454,522 บาท

ดังนั้น

ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP) = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC) / กำไร (P)

= 150,000 / 21,454,522

= 0.007 ปี หรือประมาณ 3 วัน

จากการเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนระหว่างเครื่องพาสเจอร์ไรส์กับเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตของโครงงานฉบับนี้ จะเห็นได้ว่าเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตยังที่กำลังการผลิตต่ำ ทำให้จุดคุ้มทุนการผลิตน้อยกว่าเครื่องพาสเจอร์ไรส์ ถึง 4.17 เท่า และมีระยะเวลาในการคืนทุนนานกว่าถึง 10 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัตราไวโอเลตที่อัตราการไหล 50 100 และ 150 มิลลิลิตรต่อนาที และการหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ช่วงเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง พบว่าที่อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาทีที่เวลา 3 ชั่วโมง มีผลต่อการลดลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุด เนื่องด้วยเป็นอัตราการไหลที่ช้าและใช้เวลานาน ทำให้น้ำนมดิบได้รับรังสีอัตราไวโอเลตนานเช่นกัน ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบก่อนการพาสเจอร์ไรส์ที่มีจำนวนเฉลี่ย 3.67×10^9 เซลล์ต่อมิลลิลิตรนั้นลดลงซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 1.42×10^9 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เมื่อเทียบกับการใช้อัตราการไหลที่ 100 และ 150 มิลลิลิตรต่อนาที ถึงแม้จะมีอัตราการไหลที่ช้ากว่าแต่ก็สามารถลดจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าเช่นกัน

5.1 ปัญหาที่พบในการทดลองเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

จากการดำเนินการศึกษาการพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตพบปัญหาที่เกิดขึ้นดังนี้

ในน้ำนมหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ ยังมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มากกว่ามาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข [5] กำหนดไว้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรเปลี่ยนกำลังวัตต์หรือเพิ่มความเข้มแสงของหลอดรังสีอตราไวโอเลต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

5.2.3 เนื่องจากการใช้นำร้อนในการฆ่าเชื้อภายในท่อหลอดแก้วและชุดแรกเปลี่ยนความร้อน ทำให้มีน้ำตกค้างอยู่ภายใน จึงควรปล่อยนมที่ไหลออกมาก่อนสักระยะหนึ่ง เพราะอาจจะให้น้ำนมมีการผสมกับน้ำ อาจจะส่งผลต่อการลดลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์หลังการพาสเจอร์ไรส์ได้

5.2.4 การเพิ่มจำนวนหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตอาจจะมีส่วนช่วยให้ลดระยะเวลาในการพาสเจอร์ไรส์ให้น้อยลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรุงเทพธุรกิจ. (2562). **ไทยดื่มนมต่ำกว่าทั่วโลก 6 เท่า**. เข้าถึงเมื่อ สิงหาคม 2564. เข้าถึงได้จาก https://www.thaihealth.or.th/Content/48996-+--zไทยดื่มนมต่ำกว่าทั่วโลก6เท่า.html.

[2] ผู้จัดการออนไลน์. (2564). **รณรงค์วันดื่มนมโลกปันน้ำใจให้นมน้อง**. เข้าถึงเมื่อ สิงหาคม 2564.เข้าถึงได้จาก https://www.thaihealth.or.th/Content/54683-+--z.html

[3] สมโภช เปลี่ยนบางยาง. **การพาสเจอร์ไรส์**. เข้าถึงเมื่อ กันยายน 2564 เข้าถึงได้จาก https://www.nectec.or.th/schoolnet/library/snet4/cell/past.html.

[4] Foremost Thailand. (2560). **นมโคแท้ 100% มีสารอาหารและประโยชน์อะไรบ้าง**. เข้าถึงเมื่อ กันยายน 2564. เข้าถึงได้จาก https://www.foremostthailand.com.

[5] ราชกิจจานุเบกษา (ฉบับที่ 352). (2556). **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ผลิตภัณฑ์ของนม**. เข้าถึงเมื่อ พฤษภาคม 2565 เข้าถึงได้จาก http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P352.pdf

[6] กระทรวงพลังงาน. **หลักการเบื้องต้นของการถ่ายเทความร้อน**. เข้าถึงเมื่อ มกราคม 2565 เข้าถึงได้จาก http://www2.dede.go.th/bhrd/old/file_handbook.html.

[7] บริษัทไทยเฟล็กซ์อีควิปเม้นท์จำกัด. **ทฤษฎีการแลกเปลี่ยนความร้อน**. เข้าถึงเมื่อ มกราคม 2565 เข้าถึงได้จาก https://www.bangkokheatexchanger.com.

[8] กมลวรรณ ชูชีพ. (2565). การนับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยฮีมาไซโตมิเตอร์. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาจุลชีววิทยา. หลักสูตรนวัตกรรมอาหารและการจัดการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

[9] Hande Demïr, Meric Simsek, Gülşah Yıldırım. (2021). Effect of oat milk pasteurization type on the characteristics of yogurt. **LWT – Food Science and Technology** 135 (2021) 11027.

[10] Ruplal Choudhary, Srinivasarao Bandla, Dennis G. Watson, John Haddock, Amer Abughazaleh, Bhaskar Bhattacharya. (2021). Performance of coiled tube ultraviolet reactors to inactivate Escherichia coli W1485 and Bacillus cereus endospores in raw cow milk and commercially processed skimmed cow milk. **Journal of Food Engineering** 107 (2021) 14-20.

[11] M. Al-Farsi, I. Al-Gharibi, A. Al-Abri, A. Al-Humaimi, F. Al-Nabhani, H. Al-Hashmi, K. Al-Sarmi,S. Al-Shibli . Evaluating the shelf-life of pasteurized milk in Oman. **Heliyon** 7 (2021) e06555.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] Inass Mollayusefian, Vahid Ranaei, Zahra Pilevar, Marina M.S. Cabral-Pinto, Ali, Rostami, Amene Nematolahi, Khaled MohamedKhedher, Van NamThai, Yadolah Fakhri,Amin Mousavi Khaneghah (2021).,The concentration of aflatoxin M1 in raw and pasteurized milk: A worldwide systematic review and meta-analysis. **Trends in Food Science & Technology** 115 (2021) 22-30.

[13] Azize Atik, Tuncay Gumus. (2021). The effect of different doses of UV-C Treatment on microbiological quality of bovine milk. **LWT-Food science and Technology** 136 (2021) 110322.

[14] บริษัท เบสท์ ฮาร์ดแวร์ จำกัด. **เครื่องพาสเจอร์ไรซ์แบบแก๊ส 2 ถัง 100L**. เข้าถึงเมื่อ 25 พฤษภาคม 2565 เข้าถึงได้จาก https://www.besthardwares.com/aboutus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงอัตราการไหลที่มีผลต่อการลดลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์หลังการพาสเจอร์ไรส์ ในระยะเวลา 30 นาที

อัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที)	ครั้งที่	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อนการพาสเจอร์ไรส์ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์หลังการพาสเจอร์ไรส์ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	อุณหภูมิน้ำนมที่ออกจากท่อหลอดแก้ว (องศาเซลเซียส)
50	1	3.36	2.42	48.7
	2	3.36	2.58	48.5
	3	3.36	2.42	49
100	1	3.36	3.09	48.5
	2	3.36	3.12	49
	3	3.36	2.81	50
150	1	3.36	2.91	48.2
	2	3.36	2.88	48.5
	3	3.36	3.68	48
ค่าเฉลี่ย		3.36	2.88	48.7

ตารางที่ 2 แสดงเวลาที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ครั้งที่	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อนการพาสเจอร์ไรส์ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์หลังการพาสเจอร์ไรส์ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	อุณหภูมิน้ำนมที่ออกจากท่อหลอดแก้ว (องศาเซลเซียส)
50	1	3.67	2.24	48.8
	2	3.67	2.26	49.3
	3	3.67	2.32	48.7
100	1	3.67	1.62	48.9
	2	3.67	1.75	48.9
	3	3.67	1.82	47.9
150	1	3.67	1.4	47.5
	2	3.67	1.37	48.5
	3	3.67	1.51	48.9
ค่าเฉลี่ย		3.67	1.80	48.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงอัตราการไหลในการลดอุณหภูมิหลังการพาสเจอร์ไรส์

อัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที)	ครั้งที่	อุณหภูมิก่อนผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิหลังผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (องศาเซลเซียส)	ค่าของค่าพลังงานความร้อน (แคลอรี)
50	1	48.7	1.9	46.8	24.3
	2	47.2	1.8	46.7	24.3
	3	48	1.8	47.2	24.5
100	1	47.9	1.9	46	23.9
	2	48.9	2.3	46.6	26.2
	3	48.9	2.1	46.8	24.3
150	1	49.3	3.5	45.8	23.8
	2	48.7	3.4	45.3	23.6
	3	48.8	4.2	44.6	23.2
ค่าเฉลี่ย		48.49	2.54	46.2	24.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายอนุสรณ์ ผิวเหลือง
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 4 กันยายน พ.ศ. 2542
ภูมิลำเนา	จังหวัดกระบี่
ที่อยู่	71/2 ตำบลคลองท่อมเหนือ อำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลาย ปีการศึกษา 2560 (วิทย์-คณิต) โรงเรียนคลองท่อมราษฎร์รังสรรค์ จังหวัดกระบี่
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2564 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- รางวัลชนะเลิศอันดับ 1 Popular Senior Project Awards ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอัจจิมา วงค์เขน
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ.2542
ภูมิลำเนา	จังหวัดนครศรีธรรมราช
ที่อยู่	8/346 ถ.สะพานยาว หมู่ 9 ตำบลโพธิ์เสด็จ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (อาหารและโภชนาการ) ปีการศึกษา 2560 จากวิทยาลัยอาชีวศึกษานครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกลแขนงวิศวกรรมเกษตรและอาหาร) ปีการศึกษา 2564 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- รางวัลชนะเลิศอันดับ 1 Popular Senior Project Awards ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
- ได้ร่วมการประชุมวิชาการโครงงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 26 ประจำปี 2563 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ได้ร่วมการประชุมวิชาการโครงงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 28 ประจำปี 2565 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลภาคตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวฉัตรกมล พลเทียร
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ.2543
ภูมิลำเนา	จังหวัดตรัง
ที่อยู่	271/1 หมู่ 4 ตำบลน้ำผุด อำเภอเมือง จังหวัดตรัง

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2560 จากโรงเรียนวิเชียรมาตุ จังหวัดตรัง
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกลแขนงวิศวกรรมเกษตรและอาหาร) ปีการศึกษา 2564 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- รางวัลชนะเลิศอันดับ 1 Popular Senior Project Awards ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
- ได้ร่วมการประชุมวิชาการโครงงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 26 ประจำปี 2563 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ได้ร่วมการประชุมวิชาการโครงงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 28 ประจำปี 2565 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลภาคตะวันออก
- ผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการและระดับคะแนนดีเยี่ยมด้าน “การใช้โปรแกรม SolidWorks ช่วยในการออกแบบงานทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้