สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท ในโรงงานขนาดเล็ก

FACTORS AFFECTING MICROBIAL CONTAMINATION IN THE PRODUCTION OF SET TYPE YOGHURT IN SMALL PLANT

T110614

จริยา นามวงศ์

CHARIYA NAMWONG

วพ. จ184ม 2553

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 110614
วัน,เดือน,ปี - 9 พ.ย. 2553

b. 12255816
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2553

KMITL-2010-AI-M-054-090

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACTORS AFFECTING MICROBIAL CONTAMINATION IN THE PRODUCTION OF SET TYPE YOGHURT IN SMALL PLANT

CHARIYA NAMWONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SANITATION

FACULTY OF AGRO- INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2010

KMITL-2010-AI-M-054-090

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2010

FACULTY OF AGRO- INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ที่มีการปนเปื้อนบนอุปกรณ์ก่อนการฆ่าเชื้อ และมือพนักงานบรรจุระหว่างการปฏิบัติงาน สามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 จุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ได้แก่ *Brevibacillus brevis* และ *Stenotrophomonas maltophilia* กลุ่มที่ 2 จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ได้แก่ *Klebsiella pneumonia* และ *Bacillus cereus* และกลุ่มที่ 3 จุลินทรีย์ในกลุ่ม *Staphylococcus* ได้แก่ *S. warneri* และ *S. haemolyticus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4°C for 21 days. Coliform, *E. coli*, *S. aureus*, yeasts and moulds were not detected in all yoghurt types. Microbial species contaminating in yoghurt production were identified and categorized into three groups. The first group was non-food poisoning bacteria including *Brevibacillus brevis* and *Stenotrophomonas maltophilia.* The second group was food poisoning bacteria including *Klebsiella pneumonia* and *Bacillus cereus*. The last group included *Staphylococcus* spp. such as *S. warneri* and *S. haemolyticus*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....X

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย 1

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.3 วัตถุประสงค์ 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 โยเกิร์ต 3

2.2 คุณค่าทางโภชนาการ..... 5

2.3 ประเภทของโยเกิร์ต 5

2.4 ส่วนผสมในการผลิตโยเกิร์ต.....6

2.5 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต.....8

2.6 จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในนมและผลิตภัณฑ์นม.....12

2.7 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์บนมือผู้ผลิต.....14

2.8 การควบคุมกับทางกฎหมายของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต.....18

2.9 สิ่งสกปรกจากอุตสาหกรรมอาหาร.....19

2.10 การล้างทำความสะอาด.....22

2.11 การฆ่าเชื้อ.....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย หน้า

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....35

3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ.....35

3.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ด้านเคมี 35

3.4 วิธีการทดลอง.....36

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....40

4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานเนยแข็ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา.....40

4.2 การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท.....50

4.3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต.....60

4.4 ชนิดและสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต.....64

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....68

5.1 สรุปผลการทดลอง.....68

5.2 ข้อเสนอแนะ.....69

บรรณานุกรม.....70

ภาคผนวก..... 77

ภาคผนวก ก อาหารเลี้ยงเชื้อ.....78

ภาคผนวก ข วิธีการตรวจวิเคราะห์.....79

ภาคผนวก ค แผ่นเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm.....83

ประวัติผู้วิจัย.....86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบของโยเกิร์ตไขมันต่ำรสธรรมดา.....5

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมจากสัตว์ชนิดต่าง ๆ.....8

2.3 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่นมและของผสมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ต.....10

2.4 ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบบนมือผู้ประกอบการก่อนการล้างมือในอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมด้านอื่น..... ..18

2.5 องค์ประกอบของคราบสิ่งสกปรกที่เกิดจาก Skim milk ในการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ ในระบบ Plate Heat Exchanger ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส.....21

2.6 ปฏิกิริยาของสิ่งสกปรกชนิดต่างๆ ในสารทำความสะอาดแต่ละชนิด.....21

2.7 ปฏิกิริยาของสิ่งสกปรกชนิดต่างๆ ต่อลักษณะพื้นผิวอุปกรณ์แต่ละชนิด.....22

2.8 กลไกในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ของสารฆ่าเชื้อต่างๆ.....32

2.9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพปัจจัยและวิธีการฆ่าเชื้อของสารฆ่าเชื้อประเภทต่างๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารนม.....32

2.10 ปริมาณมาตรฐานของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) บนพื้นผิวที่สัมผัสกับอาหารหลัง การทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ.....34

3.1 การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ในตัวอย่างที่ได้จากกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท.....37

4.1 ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราบน เครื่องมืออุปกรณ์ที่ ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตก่อนและหลังการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ หรือน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส.....52

4.2 จำนวนครั้งที่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราบน เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตก่อนและหลังการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ หรือน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส.....53

4.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราในนม พาสเจอร์ไรส์ปราศจากไขมัน แยมผลไม้ น้ำประปาและถ้วยโยเกิร์ต.....56

4.4 จำนวนครั้งที่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราในนม พาสเจอร์ไรส์ปราศจากไขมัน แยมผลไม้ น้ำประปาและถ้วยโยเกิร์ต.....57

4.5 ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราบนมือ พนักงานในระหว่างการผลิตโยเกิร์ต.....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.6 จำนวนครั้งที่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราบนมือพนักงานในระหว่างการผลิตโยเกิร์ต.....59

4.7 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน.....61

4.8 การจำแนกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีการปนเปื้อนบนอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตก่อนการฆ่าเชื้อและมือพนักงานแผนกบรรจุ.....65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสเป็นกรดแลคติกโดยการเจริญของเชื้อโยเกิร์ต *Strep. Thermophilus* และ *L. bulgaricus*.....4

2.2 สิ่งสกปรกในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์.....20

2.3 การล้างตะกร้า.....25

2.4 ข้อต่อของเครื่องบรรจุ.....25

2.5 การล้างถังเก็บน้ำนมดิบ.....25

2.6 การล้างถังปรับระดับเครื่องบรรจุ.....25

2.7 การล้างทำความสะอาดแบบ CIP.....26

2.8 การตรวจสอบความสะอาดของเครื่องมือและอุปกรณ์.....27

2.9 การฆ่าเชื้อถังรอบบรรจุด้วยน้ำร้อน.....30

2.10 การล้างทำความสะอาดที่มีประสิทธิภาพ สามารถช่วยให้สารฆ่าเชื้อทำงานได้ดี.....33

4.1 แผนผังโรงงานและการติดตั้งเครื่องจักร โรงงานเนยแข็ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา.....42

4.2 กระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา.....43

4.3 การใช้ตะแกรงสำหรับกรองนมและใช้ช้อนฟองนม โดยวางไว้บนหม้อขนาด 15 ลิตรก่อนการนำไปบรรจุ.....46

4.4 การจัดเก็บโยเกิร์ตในห้องเย็น.....46

4.5 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อของระบบพาสเจอร์ไรส์.....48

4.6 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อถังผสมนมด้วยระบบ CIP.....50

4.7 การ swab อุปกรณ์ที่ปลายสายยางที่ปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์ (ก) ถังนมขนาด 40 ลิตร (ข) ถังผสมนม (ค) ปลายท่อถังผสมนม (ง) ตะแกรงสำหรับกรองนม (จ) และหม้อขนาด 15 ลิตร (ฉ) ที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต.....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.8 ลักษณะรูปร่างของแบคทีเรียที่มีการปนเปื้อนในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต (ก) *Brevibacillus brevis* จากมือพนักงานบรรจุ (ข) *Stenotrophomonas maltophilia* และ (ค) *Klebsiella pneumonia* จากตะแกรงกรองนม (ง) *Bacillus cereus* จากถังผสมนม (จ) *Staphylococcus warneri* (ฉ) *S. haemolyticus* (ช) *K. pneumonia* และ (ซ) *B. cereus* จากปลายสายยางปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์ใช้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า.....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

โยเกิร์ต เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ การผลิตโยเกิร์ตมักไม่พบปัญหาในกระบวนการผลิต เนื่องจากน้ำนมที่ใช้เป็นวัตถุดิบผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้ว และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดสูง ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสเป็นกรดแลคติก ทำให้จุลินทรีย์ที่จะทำให้โยเกิร์ตเสื่อมคุณภาพเติบโตไม่ได้ (นรินทร์ ทองศิริ, 2528) แต่ก็สามารถพบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ทนกรด และทนต่ออุณหภูมิห้องเย็นได้ โดยเฉพาะการเสื่อมเสียจากยีสต์และราที่ปนเปื้อน โดยยีสต์จะหมักน้ำตาลในโยเกิร์ตทำให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์และเอธานอล เป็นผลให้ภาชนะบรรจุระเบิด เนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงและมีกลิ่นรสยีสต์ ส่วนเชื้อราสามารถเจริญบนผิวหน้าของโยเกิร์ตได้ โยเกิร์ตที่ผสมผลไม้ มีโอกาสเสื่อมเสียจากยีสต์และเชื้อราได้ง่ายกว่าโยเกิร์ตธรรมดา เนื่องจากเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำตาล (กลูโคสและซูโครส) และเพิ่มโอกาสในการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียได้ (ธีรพร กงบังเกิด, 2546) Ogwaro และคณะ (2002) รายงานว่าเซลล์ของ *Escherichia coli* O157:H7 สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในโยเกิร์ต ที่เกิดการปนเปื้อนข้ามจากวัตถุดิบและในขั้นตอนการพาสเจอร์ไรส์นมที่ไม่ถูกสุขลักษณะ นอกจากนี้ Kasimoglu (2004) ได้ศึกษาจุดวิกฤติที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มและ *E. coli* ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต พบว่าโครงสร้างของอาคารผลิตเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องมีการควบคุมจุดวิกฤติในโรงงาน ซึ่งกรรมวิธีการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้คุณภาพของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไป อาจทำให้คุณประโยชน์ของโยเกิร์ตลดน้อยลงหรืออาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค โดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการปนเปื้อนข้ามของจุลินทรีย์ภายหลังจากการฆ่าเชื้อโดยการให้ความร้อนแล้ว (Bachrouri และคณะ, 2006) ซึ่งอาจปนเปื้อนได้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตโดยเฉพาะหลังกระบวนการหมักและในขั้นตอนการบรรจุ หากไม่มีระบบการควบคุมคุณภาพการผลิตที่ได้มาตรฐาน (จันทิมา จาปะเกษตร์, 2543) ทั้งนี้สาเหตุเนื่องมาจากโรงงานบางแห่งมีกระบวนการผลิต การสุขาภิบาล กระบวนการขนส่งและการเก็บรักษาไม่ดีพอ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกไปนั้นมีคุณภาพไม่ดีและมีความเสี่ยงต่อการบริโภคเชื้อจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่เป็นเชื้อโรคอาหารเป็นพิษ และเป็นเชื้อที่พบได้ทั่วๆไปในอวัยวะส่วนต่างๆของคน คือ *Staphylococcus aureus* หากมีการระบาดของเชื้อชนิดนี้จะบ่งบอกถึงการมีสุขลักษณะที่ไม่ดีของผู้ผลิต เชื้อชนิดนี้เจริญได้ที่ 6.5-46 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะที่สุดในการเจริญคือ 30-37 องศาเซลเซียส เป็นเชื้อที่ทำให้เกิดโรคหลายชนิดรวมทั้ง food borne intoxication และเชื้อจะถูกทำลายโดยการฆ่าเชื้อด้วยระบบพาสเจอร์ไรส์ การปนเปื้อนของเชื้อจึงมักเกิดขึ้นหลังจากอาหารได้ผ่านความร้อนแล้ว (post processing contamination) (จันทิมา จาปะเกษตร์, 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ทในโรงงานขนาดเล็ก จึงเป็นประโยชน์ต่อโรงงานผลิตโยเกิร์ต เพื่อทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีโอกาสปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและมีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ต ทำให้สามารถเฝ้าระวังและป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจเกิดขึ้นได้ในกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและมาตรฐาน สามารถลดต้นทุนที่เกิดจากการสูญเสียลงได้ รวมทั้งเป็นแนวทางในการจัดทำระบบ GMP (Good Manufacturing Practice) และ HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) ที่เป็นระบบมาตรฐานในระดับสากล เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในการผลิตอาหารที่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภคได้อีกด้วย

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม, *E. coli*, *S. aureus* ยีสต์และเชื้อราในเครื่องมืออุปกรณ์ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท มือพนักงาน รวมถึงวัตถุดิบ บรรจุภัณฑ์และผลิตภัณฑ์สุดท้ายในโรงงานผลิตโยเกิร์ตขนาดเล็กแห่งหนึ่ง ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต จากนั้นทำการจำแนกชนิดและสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ทของโรงงานเนยแข็งโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

1.3.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท

1.3.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแบบเซ็ท

1.3.4 เพื่อแยกและจำแนกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีโอกาสปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่มีการปนเปื้อนในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในโรงงานขนาดเล็ก ทำให้สามารถเฝ้าระวังและป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจเกิดขึ้นได้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

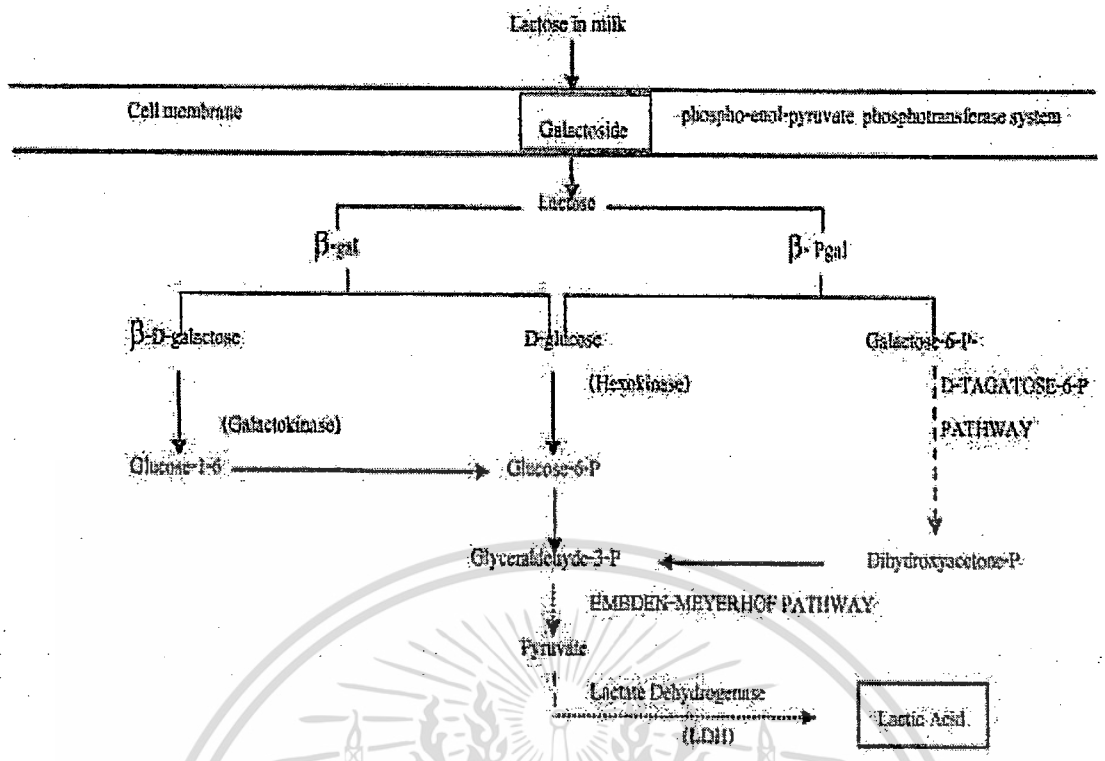
2.1 โยเกิร์ต

โยเกิร์ต เป็นผลิตภัณฑ์นมหมัก (fermented dairy product) ที่ได้จากการนำน้ำนมผ่านกระบวนการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* และ *Lactobacillus* ssp. *bulgaricus* ในอัตราส่วน 1:1 หรือ 2:3 (Spreer, 1998) ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียแลคติก (lactic acid bacteria, LAB) ซึ่งหมายถึงเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมไปเป็นกรดแลคติกในสภาวะปราศจากออกซิเจน ที่อุณหภูมิประมาณ 43±2 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาการสร้างกรดแลคติกจากแลคโตสในนมโดยเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดนี้ สามารถแสดงดังภาพที่ 2.1

การผลิตกรด (acidification) เป็นลักษณะเด่นของ LAB โดยการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสไปเป็นกรดแลคติก ทำให้ความเป็นกรดด่างมีค่าลดลง สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (pathogens) และเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย (food spoilages) (Stanley, 1998) ระหว่างการหมักโยเกิร์ตนั้นเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดที่กล่าวข้างต้นจะเจริญแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis)

การเปลี่ยนแปลงของแลคโตสไปเป็นกรดแลคติก เริ่มต้นตั้งแต่การย้ายโมเลกุลของแลคโตสเข้าสู่เซลล์ โดยใช้เอนไซม์ phosphor-enol-pyruvate phosphotransferase system (PEP-PTS) ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์เบต้ากาแลคโตซิเดส (β - galactosidase : β - gal) และเบต้าฟอสฟอกาแลคโตซิเดส (β - phospho-galactosidase : β - pgal) จากเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่ม LAB ทำหน้าที่ไฮโดรไลส์แลคโตสได้เป็นกลูโคส (glucose) กาแลคโตส (galactose) และ/หรือ กาแลคโตส 6 ฟอสเฟต (galactose-6-phosphate) กลูโคสเข้าสู่วัฏจักรของไกลโคลิซิส (glycolysis cycle) ได้เป็นไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นแลคเตท (lactate) โดยอาศัยเอนไซม์แลคเตท ดีไฮโดรจีเนส (lactate-dehydrogenase) (Tamime และ Robinson, 1985 และ Stanley, 1998) ได้เป็นกรดแลคติก กระบวนการหมักของกรดแลคติก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ โฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (homofermentative) ซึ่งเป็นกระบวนการหมักที่ได้แลคเตท และเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกเพียงอย่างเดียว และเฮเตอร์โรเฟอร์เมนเททีฟ (heterofermentative) คือกระบวนการหมักที่ได้แลคเตท ร่วมกับสารประกอบอื่นๆ เช่น เอธานอล อะซิเตท และ/หรือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (David, 1995) เมื่อกระบวนการหมักสิ้นสุด โยเกิร์ตประกอบด้วยกรดแลคติกประมาณ 0.9-1.2 เปอร์เซ็นต์แลคติก หรือความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.2-4.5 ความเป็นกรดดังกล่าวส่งผลให้เคซีนตกตะกอนและจับตัวเป็นลิ่มนม (curd) โยเกิร์ตที่ได้จากกระบวนการหมักมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว (semi-solid) และมีความข้นหนืดเมื่อคนให้เข้ากัน (วรรณา ตั้งเจริญชัย และ ญานิน โอภาสพัฒนกิจ, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสเป็นกรดแลคติกโดยการเจริญของเชื้อโยเกิร์ต *Strep. Thermophilus* และ *L. bulgaricus*

ที่มา : ดัดแปลงจาก Tamime และ Robinson (1985)

Strep. thermophilus และ *L. bulgaricus* สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส ในระยะแรกของการหมัก *Strep. thermophilus* สามารถเจริญได้เร็วกว่า *L. bulgaricus* มีการสร้างกรดแลคติก (lactic acid) กรดอะซิติก (acetic acid) อะซีตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) ไดอะซิติล (diacetyl) และกรดฟอร์มิก (formic acid) สะสมในโยเกิร์ตทำให้ศักย์ออกซิเดชั่นรีดักชั่น (oxidation-reduction potential) เปลี่ยนไป มีผลกระตุ้นให้เกิดการเจริญของ *L. bulgaricus* ซึ่งมีความสามารถในการย่อยโปรตีนได้มากกว่า *Strep. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ย่อยโปรตีนให้กลายเป็นกรดอะมิโนอิสระจำนวนมาก และกรดอะมิโนอิสระเป็นตัวกระตุ้นการเจริญของ *Strep. thermophilus* ถ้ามีกรดอะมิโนอิสระที่มากเกินความต้องการของ *Strep. thermophilus* จะสะสมอยู่ในโยเกิร์ต ทำให้โยเกิร์ตมีกรดอะมิโนอิสระ กรดกลูตามิก (glutamic acid) และโพรลีน (proline) สะสมอยู่ปริมาณมาก (Wood, 1998) ดังนั้นเมื่อบริโภคโยเกิร์ตร่างกายจึงสามารถดูดซึมส่วนของโปรตีนที่อยู่ในรูปของกรดอะมิโนอิสระนี้มาใช้ได้ทันที

แม้ว่า *Strep. thermophilus* และ *L. bulgaricus* จะเป็นกล้าเชื้อที่ให้กลิ่นรสกับโยเกิร์ตและช่วยควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ประจำถิ่นในลำไส้ (Mullan, 2001) ยังมีจุลินทรีย์โพรไบโอติก เช่น Bifidobacteria และ *L. acidophilus* ที่นิยมนำมาใช้เป็นกล้าเชื้อโยเกิร์ตกันมากในปัจจุบัน เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้กลิ่นรสที่ดี ทั้งมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค เช่น เพิ่มความสามารถในการย่อยแลคโตสของผู้ที่ขาดความสามารถในการย่อยแลคโตส (Krasaekoopt และคณะ, 2003) ลดการเกิดเซลล์มะเร็ง (Reddy และคณะ, 1983) และลดโคเลสเตอรอลในเส้นเลือด (Gilliland และ Walker, 1990) เป็นต้น

2.2 คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ต

คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ตในแต่ละประเทศแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณภาพและองค์ประกอบของวัตถุดิบ เช่น น้ำนม ซึ่งมีปริมาณไขมันแตกต่างกันออกไป สามารถแบ่งประเภทของโยเกิร์ตได้ 3 ระดับของไขมัน คือ โยเกิร์ตไขมันเต็ม (full fat yoghurt) ซึ่งมีปริมาณมันไม่ต่ำกว่า 3.5 เปอร์เซ็นต์ โยเกิร์ตลดไขมัน (reduced fat yoghurt) มีปริมาณไขมันอยู่ระหว่าง 1.2-2.0 เปอร์เซ็นต์ และโยเกิร์ตพร่องไขมัน (low fat yoghurt) มีปริมาณไขมันไม่เกิน 0.3 เปอร์เซ็นต์ นอกจากปริมาณไขมันแล้ว ยังได้กำหนดถึงปริมาณของแข็งไม่รวมมันเนย (milk solids non fat, MSNF) ตามมาตรฐาน ไม่ต่ำกว่า 8.5 เปอร์เซ็นต์ (Stanley, 1998) ซึ่ง Tamime และ Robinson (1985) ได้แสดงองค์ประกอบโยเกิร์ตตามมาตรฐาน ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของโยเกิร์ตไขมันต่ำรสธรรมชาติ

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์
ไขมัน	1.66
โปรตีน	10.98
คาร์โบไฮเดรต	3.45
ของแข็งทั้งหมด	5.15
เถ้า	0.75

ที่มา : Tamime และ Robinson (1985)

2.3 ประเภทของโยเกิร์ต

การแบ่งประเภทของโยเกิร์ตสามารถแบ่งได้หลายประเภท เช่น การใช้ปริมาณไขมันเป็นตัวจำแนก หรือการจำแนกตามรสชาติของโยเกิร์ต โดยทั่วไปนิยมจำแนกตามกรรมวิธีการผลิต (Tamime และ Robinson, 1985) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.3.1 โยเกิร์ตแบบคงตัว (set yoghurt) ได้จากการนำนมที่ผสมเชื้อจุลินทรีย์บรรจุในภาชนะถ้วยพลาสติก ทั้งนี้อาจเติมผลไม้หรือแยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อก่อนนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด นำมาเก็บไว้ในห้องเย็นเพื่อรอการจำหน่าย โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะลิ่มเนียนแน่น ผิวหน้าเรียบ คล้ายพุดดิ้ง หรือ เต้าหู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 โยเกิร์ตแบบสวิส (swiss-style yoghurt) หรือเรียกอีกอย่างว่าสเตอร์โยเกิร์ต (stirred yoghurt) ได้จากการนำนมที่ผสมด้วยเชื้อจุลินทรีย์มาบ่มในถังจนได้ปริมาณกรดตามต้องการ จากนั้นทำการกวนลิ่มโยเกิร์ตให้แตกก่อนบรรจุลงในถ้วยพลาสติก อาจผสมผลไม้และน้ำเชื่อมปรุงแต่งรสชาติของโยเกิร์ตก่อนบรรจุ โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะเนียน มีเนื้อผลไม้กระจายอยู่ในโยเกิร์ตอย่างสม่ำเสมอ

2.3.3 โยเกิร์ตพร้อมดื่ม (drinking yoghurt) มีกรรมวิธีการผลิตคล้ายกับโยเกิร์ตแบบสวิส โดยปล่อยให้จุลินทรีย์ผลิตกรดจนได้ปริมาณกรดตามต้องการ ก่อนนำมาผสมกับน้ำผลไม้หรือน้ำเชื่อมในสัดส่วน 1:1 นำมาโฮโมจีไนซ์ให้เป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์และรอการจำหน่าย โยเกิร์ตประเภทนี้มีลักษณะข้นกว่านมสดจึงสะดวกต่อการดื่ม

2.3.4 ไอศกรีมโยเกิร์ต (frozen yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ผลิตได้จากการนำโยเกิร์ตแบบสวิสที่มีปริมาณกรดตามต้องการแล้ว นำมาปั่นและแช่แข็งด้วยเครื่องทำไอศกรีม (ice cream freezer) สามารถเติมกลิ่นรสและผลไม้ก่อนการปั่น ทำให้ได้ไอศกรีมโยเกิร์ตรสชาติแตกต่างกันไป (Bylund, 1995)

2.4 ส่วนผสมในการผลิตโยเกิร์ต

ส่วนผสมในการผลิตโยเกิร์ตแต่ละชนิดมีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ต โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีจำเป็นต้องใช้ส่วนผสมที่มีคุณภาพดีด้วย วัตถุดิบทุกชนิดที่รับเข้าโรงงานจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพและไม่มีสิ่งแปลกปลอม วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ได้แก่ นม เชื้อจุลินทรีย์ สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว ผลไม้ และวัตถุกันเสีย

น้ำนม (milk) เป็นวัตถุดิบหลักของโยเกิร์ต ได้มาจากน้ำนมหรือผลิตภัณฑ์นม เช่น นมผงพร้อมมันเนย หางนมผง หางนมสด หรือหางนมเข้มข้น เวย์ผง เป็นต้น ปัจจุบันนิยมใช้น้ำนมวัวในการผลิต Bonczac และคณะ (2002) ได้ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตจากน้ำนมแพะ (ewe milk) และ Katsiari และคณะ (2002) ได้ผลิตโยเกิร์ตจากนมแกะพบว่า โยเกิร์ตที่ได้จากนมแกะและนมแพะไม่มีความแตกต่างจากโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำนมวัว มีความเป็นกรดไม่แตกต่างกัน สามารถใช้หางนมสดแทนนมสดเพื่อผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำ มีการเติมหางนมผงหรือโปรตีนนมเข้มข้นหรือโปรตีนเวย์ (whey powder) เพื่อให้โยเกิร์ตมีความคงตัว น้ำเวย์ไม่แยกตัวง่ายและทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตดี (Xu และคณะ, 1992) Gonzalez-Martinez และคณะ (2002) กล่าวว่าเมื่อเติมโปรตีนเวย์ในปริมาณ 0.6-4.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้ปริมาณอะเซตัลดีไฮด์ และความหนืดเพิ่มขึ้น การแยกชั้นของเวย์ลดน้อยลง คุณภาพของโยเกิร์ตที่ดีประกอบด้วยหางนมผงและโปรตีนเวย์ในอัตราส่วน 75:25 โดยน้ำหนัก (Tamime และ Robinson, 1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารให้ความหวาน (sweetener) การเติมสารให้ความหวานมีวัตถุประสงค์เพื่อบดบังความเปรี้ยวของโยเกิร์ต ปริมาณสารให้ความหวานที่เติมขึ้นกับชนิดของสารให้ความหวาน ความชอบของผู้บริโภคและผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ข้อกำหนดตามที่กฎหมายระบุ สารให้ความหวานที่นิยมเติมในโยเกิร์ตคือ ซูโครส ซึ่งอาจเป็นผลึกหรือน้ำเชื่อมเข้มข้น ปกติจะเติมในโยเกิร์ตผลไม้หรือโยเกิร์ตปรุงแต่งกลิ่นรสหรือเติมในโยเกิร์ตชนิดหวาน ส่วนโยเกิร์ตที่ให้พลังงานต่ำจะใช้สารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำ เช่น แอสปาแตม (aspartame) โดยจะเติมหลังกระบวนการหมักและเติมในปริมาณเล็กน้อย เนื่องจากแอสปาแตมมีความหวานมากกว่าซูโครสประมาณ 200 เท่า (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ, 2543)

สารให้ความคงตัว (stabilizer) จัดเป็นสารในกลุ่มของไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) หรือกัม (gum) ที่ผลิตได้จากสาหร่ายทะเล เช่น อัลจิเนต (alginate) คาราจีแนน (carrageenan) ยางไม้ เช่น กัมอะราบิค (arabic gum) เปลือกผลไม้ เช่น เพคติน (pectin) จากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม (xanthan gum) หรือ การนำสารธรรมชาติมาผ่านการดัดแปร เป็นต้น สารให้ความคงตัวมีหน้าที่หลายอย่างในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ใช้เป็นสารให้ความหนืดในแยม ไส้ขนมพาย ใช้เป็นสารทำให้อาหารเกิดเป็นเจลที่พบในพุดดิ้งและโยเกิร์ต ช่วยทำให้ไวน์ใส โดยทำหน้าที่เป็น flocculating agent เป็นสารทำให้เกิดเสถียรภาพของอีมัลชั่นในน้ำสลัด และมายองเนส (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ, 2543) การใช้เจลาตินและแป้งดัดแปรเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในปริมาณตั้งแต่ 0.5-1 เปอร์เซ็นต์ เพื่อช่วยปรับปรุงความหนืดและลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต ควบคุมการเกิดเจลของสเตอร์โยเกิร์ต ป้องกันการแยกตัวของน้ำเวย์ สามารถใช้แทนของแข็งในนมและไขมันนมได้ ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง (สุรีย์ นานาสมบัติ, 2539)

ผลไม้ (fruits) นิยมเติมผลไม้หรือแยมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วในโยเกิร์ต การผลิตเซทโยเกิร์ตมีการเติมผลไม้ในขั้นตอนของการบรรจุที่ก้นภาชนะ แต่การผลิตสเตอร์โยเกิร์ตมีการเติมผลไม้หลังการหมักและทำให้เย็นแล้ว ปริมาณผลไม้หรือผลไม้แช่อิ่มหรือแยมจะใช้ในปริมาณ 8-25 เปอร์เซ็นต์ของสูตร แต่ส่วนใหญ่นิยมเติม 10-15 เปอร์เซ็นต์ (วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงสวัสดิ์มานิต, 2532)

วัตถุกันเสีย (preservatives) ได้แก่ เกลือโพแทสเซียม หรือเกลือโซเดียมของกรดซอร์บิก ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราและยีสต์ แต่ไม่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในการผลิตโยเกิร์ต ดังนั้นจึงสามารถเติมก่อนกระบวนการหมักได้ (Tamime และ Robinson, 1985)

เชื้อจุลินทรีย์ (culture) ปัจจุบันนิยมใช้เชื้อจุลินทรีย์ในรูปแบบของของเหลว (liquid) ผงแห้งชนิด freeze-dried และเชื้อที่แช่แข็งชนิด deep-frozen culture concentrate เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตตามมาตรฐานขององค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (United State Food and Drug Administration: USFDA) จะกำหนดไว้เพียง 2 สายพันธุ์คือ *L. bulgaricus* และ *Strep. Thermophilus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต

Tamime และ Robinson (1985) กล่าวถึงกระบวนการผลิตโยเกิร์ตไว้ดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ (Preparation)

วัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตโยเกิร์ต คือ น้ำนมและเชื้อเริ่มต้น น้ำนมคุณภาพดีจะต้องไม่มีหรือมีจุลินทรีย์ในปริมาณต่ำ ปราศจากเอนไซม์ สารเคมี ยาปฏิชีวนะ และฟาจก์ (Bylund, 1995) เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำนมจากสัตว์ชนิดต่างๆ แตกต่างกัน (ตารางที่ 2.2) และมีความผันแปรตามระยะการให้นมและฤดูกาล จึงจำเป็นต้องปรับคุณภาพของน้ำนมก่อนการหมักเพื่อให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีคุณภาพตามมาตรฐาน

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมจากสัตว์ชนิดต่าง ๆ

สปีชีส์	องค์ประกอบทางเคมี				
	น้ำ	ไขมัน	โปรตีน	แลกโทส	เถ้า
Ass	89.0	2.5	2.0	6.0	0.5
Buffalo	82.1	8.0	4.2	4.9	0.8
Camel	87.1	4.2	3.7	4.1	0.9
Cow	87.6	3.8	3.3	4.7	0.6
Goat	87.0	4.5	3.3	4.6	0.6
Mare	89.0	1.5	2.6	6.2	0.7
Reindeer	63.3	22.5	10.3	2.5	1.4
Sheep	81.6	7.5	5.6	4.4	0.9

ที่มา : Tamime และ Robinson (1985)

2. การปรับปริมาณสัดส่วนไขมันและเนื้อนม (Standardization)

การผลิตโยเกิร์ตโดยทั่วไปจะปรับปริมาณไขมันให้อยู่ในช่วง 0.3-5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับชนิดของโยเกิร์ต มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดให้โยเกิร์ตที่ผลิตจากหางนมผง (skim milk yoghurt) มีปริมาณไขมันน้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โยเกิร์ตไขมันปานกลาง (half-fat yoghurt) มีปริมาณไขมัน 0.5-2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโยเกิร์ตที่มีไขมันเต็ม (whole milk yoghurt) มีปริมาณไขมันมากกว่า 3.5 เปอร์เซ็นต์ (Vernan และ Sutherland, 1994) และปรับปริมาณเนื้อนมไม่รวมมันเนย (milk solid non fat : MSNF) ไม่ให้ต่ำกว่า 8.2 เปอร์เซ็นต์ โยเกิร์ตที่พบตามท้องตลาดมีเนื้อนมไม่รวมมันเนยประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 5 เปอร์เซ็นต์ และไขมันไม่ต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มปริมาณเนื้อนมในโยเกิร์ตให้มากขึ้นอาจทำได้โดยการเติมหางนมผงหรือโปรตีนเวย์เข้มข้น การให้ความร้อนกับนม การระเหยน้ำในนมภายใต้ระบบสุญญากาศ หรือการเติมน้ำตาล เป็นต้น (Law,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1997) จุดประสงค์ของการปรับปริมาณเนื้อนมให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มเนื้อ (body) และปรับปรุงเนื้อสัมผัส (texture) ของโยเกิร์ตให้มีความแน่นเนื้อ (firmness) มากขึ้น และลดการเกิดการแยกส่วนของเหลวในโยเกิร์ต (syneresis) แต่หากเพิ่มปริมาณเนื้อมากเกินไปโยเกิร์ตจะจับตัวกันเป็นก้อนเล็กๆ (grittiness) ทำให้เนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตไม่เรียบเนียน (smoothness) (Vernan และ Sutherland, 1994)

3. การเติมสารคงตัว (Stabilizer)

การเติมสารคงตัวในการเตรียมส่วนผสมสำหรับผลิตโยเกิร์ตมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด ลักษณะปรากฏด้านโครงสร้างของเคิร์ด (curd) และป้องกันการแยกชั้นของเวย์ สารคงตัวที่ดีต้องไม่มีกลิ่น มีประสิทธิภาพในช่วงความเป็นกรดด่างต่ำ กระจายตัวได้ดีในอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักนม สารคงตัวที่นิยมใช้ได้แก่ เจลาติน อัลจิเนต คาราจีแนน คาร์บอกซีเมซิลเซลลูโลส เดกซ์แตรน แซนแทนกัม เป็นต้น ปกติปริมาณที่ใช้อยู่ในช่วง 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับชนิดของสารคงตัวและปริมาณของแข็งทั้งหมดในส่วนผสม

4. การเติมสารให้ความหวาน

การเติมสารให้ความหวานมีจุดประสงค์เพื่อลดความเปรี้ยวในโยเกิร์ตชนิดที่มีการเติมผลไม้หรือปรุงแต่งกลิ่นรส ซึ่งต้องคำนึงถึงชนิดของสารให้ความหวานและผลไม้ตามความชอบของผู้บริโภค ผลที่อาจยับยั้งการเจริญของเชื้อเริ่มต้น กฎหมาย และต้นทุนการผลิต โดยปกติปริมาณน้ำตาลที่เติมในส่วนผสมโยเกิร์ตไม่ควรเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากความหวานในผลิตภัณฑ์มาจากน้ำตาลในน้ำนมที่เหลือจากการหมัก น้ำตาลที่มีในผลไม้และน้ำตาลที่เติมในส่วนผสม ถ้าความเข้มข้นของน้ำตาลสูงเกินไปอาจมีผลในการยับยั้งเชื้อเริ่มต้น เนื่องจากผลของ adverse osmotic ของสารให้ความหวานในน้ำนมและผลของวอเตอร์แอคติวิตี (water activity) สารให้ความหวานที่นิยมใช้ ได้แก่ ซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส กลูโคส/กาแลกโตสซีรัป คอร์นซีรัป เป็นต้น

5. การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization)

การทำให้น้ำนมเป็นเนื้อเดียวกันโดยทั่วไปกำหนดสภาวะที่ความดัน 2,000-2,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (20-25 เมกกะปาสคาล) อุณหภูมิ 60-75 องศาเซลเซียส (Tamime และ Robinson, 1999) ขนาดของเม็ดไขมันที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ด้วย การทำให้เป็นเนื้อเดียวกันเป็นการลดขนาด ลดการเกาะกัน (coalescence) และเพิ่มพื้นที่ผิวของเม็ดไขมันจึงสามารถจับกับองค์ประกอบอื่นได้ดีและไม่แยกตัวออกจากองค์ประกอบอื่นๆ โยเกิร์ตที่ผ่านขั้นตอนนี้จึงมีเนื้อสัมผัสที่ดีและมีการแยกส่วนของของเหลวลดลง (Vernan และ Sutherland, 1994) ขนาดของเม็ดไขมันที่เล็กลง ทำให้โยเกิร์ตเกิดการกระจายแสงมากขึ้น โยเกิร์ตจึงมีสีขาวขึ้น (Law, 1997) นอกจากนี้การทำให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันช่วยลดการจับตัวกันเป็นก้อนเล็กๆของโยเกิร์ต (นรินทร์ ทองศิริ, 2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การให้ความร้อน (Heat treatment)

การให้ความร้อนแก่ส่วนผสมน้ำนมโดยการพาสเจอร์ไรส์ เป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตโยเกิร์ต มีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค โดยที่กลิ่นรสของน้ำนมไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากเพิ่มความเข้มข้นของนมแล้วยังมีผลต่อของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต ดังนี้

6.1 ทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคหรือจุลินทรีย์อื่นๆที่ไม่ต้องการ ตารางที่ 2.3 แสดงเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่นมและของผสมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตต่างๆกัน ซึ่งความร้อนที่ใช้มักเพียงพอต่อการทำลายเซลล์จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่อยู่ในนมดิบเท่านั้น แต่สปอร์หรือเอนไซม์ที่ทนความร้อนได้ยังคงมีเหลืออยู่ในนม

6.2 กำจัดอากาศที่มีอยู่ในนม เพื่อให้สภาวะแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อแลคติกมากยิ่งขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดนี้ต้องการอากาศปริมาณน้อย

6.3 เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของนม โดยทำให้โปรตีนของหางนมที่มีอยู่ในนม ได้แก่ พวกอัลบูมินและโกลบูลินที่เสียสภาพธรรมชาติ (denature) แล้วตกตะกอน นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุลเคซีนเกิดเป็นร่างแห (network) ในลักษณะสามมิติขึ้นมาโดยร่างแหนี้จะจับโปรตีนของหางนมแล้วทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีความหนืด (consistency) มากกว่าเดิม (Clunies และคณะ, 1986)

6.4 มีความเหมาะสมสำหรับการเจริญของหัวเชื้อแบคทีเรียแลคติก ที่มีการหมักที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง (40-45 องศาเซลเซียส)

6.5 ทำให้โปรตีนในนมถูกทำลาย (damage) ให้สารย่อยๆ ที่เป็นโมเลกุลเล็กลง (breakdown products) ซึ่งอาจเป็นสารที่เร่งกิจกรรมของหัวเชื้อแบคทีเรียแลคติก

ตารางที่ 2.3 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่นมและของผสมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ต

เวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	กระบวนการ	ผลที่ได้
30 นาที	65	Low temperature long time	ทำลายจุลินทรีย์ได้ 99 เปอร์เซ็นต์
15 วินาที	72	High temperature short time	
30 นาที	85	High temperature long time	ทำลายเซลล์ทั้งหมดและสปอร์บางส่วน
5 นาที	90-95	Very high temperature short time	
20 นาที	110-115	Conventional sterilization (in bottle)	ทำลายเซลล์ทั้งหมดและสปอร์เกือบทั้งหมด
3 วินาที	115	Low temperature UHT	ทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ได้ทั้งหมด
16 วินาที	135	long time UHT	ยกเว้นกระบวนการฆ่าเชื้อแบบยู เอช ทีที่
1-2 วินาที	140	UHT	อุณหภูมิต่ำ
0.8 วินาที	150	UHT French process (ATAD)	

ที่มา : วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงสวัสดิ์มานิต (2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กระบวนการหมัก (Fermentation)

นมที่ผ่านการให้ความร้อนจะต้องทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมแล้วจึงส่งต่อไปยังถังหมัก เพื่อทำการหมักด้วยหัวเชื้อที่เตรียมขึ้น หัวเชื้อโยเกิร์ตประกอบด้วยหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมของ *L.bulgaricus* และ *Strep. thermophilus* ในอัตราส่วนที่เท่ากัน แบคทีเรียเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพากันเมื่อใช้ร่วมกัน ที่เรียกว่า symbiosis โดยปกติจะใช้เชื้อทั้งสองเจริญด้วยกันภายใต้สภาวะที่ควบคุมเพื่อให้ได้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีสมดุลที่ถูกต้อง ทำให้ความเป็นกรดด่างของนมลดลง เกิดตะกอนของเคซีน ซึ่งเป็นโปรตีนหลักในนม เกิดลักษณะก้อนลิ่ม (วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงสวัสดิ์มานิต, 2532)

โดยทั่วไปหัวเชื้อจะใช้ประมาณ 0.5-2 เปอร์เซ็นต์หลังการถ่ายเชื้อแล้วจะทำการบ่ม (incubate) โดยควบคุมอุณหภูมิประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส ประมาณ 4-6 ชั่วโมง หรือจนกว่าค่าความเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตมีค่าประมาณ 4.5 และปริมาณกรดแลคติก 0.85-1.2 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเวลาในการบ่มโยเกิร์ตนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของกล้าเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต และอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม

8. การทำความเย็น (Cooling)

หลังจากบ่มโยเกิร์ตจนครบเวลาที่กำหนดหรือจนได้ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมแล้วทำให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส (Tamime และ Robinson, 1999) เพื่อควบคุมกิจกรรมและเอนไซม์ของกล้าเชื้อไม่ให้มีการสร้างกรดแลคติกต่อไป (Law, 1997) ทำให้ปริมาณกรดแลคติกที่ได้มีค่าคงที่ ซึ่งหากไม่มีการยับยั้งการสร้างกรดจะทำให้ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญของกล้าเชื้อโยเกิร์ต

9. การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรสและสี

การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรสและสีในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความนิยมให้แก่ผู้บริโภค ขึ้นกับชนิดของโยเกิร์ตที่ต้องการ องค์ประกอบที่นิยมใช้ ได้แก่ ผลไม้ สารให้กลิ่นรส สี และสารประกอบอื่น เช่น น้ำผึ้ง มะเขือเทศ กาแฟ และถั่วต่างๆ เป็นต้น โดยการทำให้โยเกิร์ตเย็นลงที่อุณหภูมิประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส แล้วนำไปผสมกับผลไม้หรือสารให้กลิ่นรส จากนั้นจึงบรรจุและเก็บในห้องเย็นเพื่อรอจำหน่าย

10. การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (Storage)

ปกติโยเกิร์ตเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 10 วัน หลังจากนั้นปริมาณกรดในโยเกิร์ตจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีในโยเกิร์ต แม้ว่ากิจกรรมของกล้าเชื้อดังกล่าวต่ำมากแต่ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นมีผลให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเกิดการแยกชั้นของเคิร์ดและเวย์มีผลให้จุลินทรีย์อื่น เช่น ยีสต์และราเจริญได้ (Tamime และ Robinson, 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้แบคทีเรียแลคติกจะถูกทำลายบางส่วน ซึ่งการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกในระหว่างเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขึ้นกับสายพันธุ์และสิ่งแวดล้อม เช่น ระดับความเป็นกรดด่าง อิออนของแมกนีเซียม และอุณหภูมิในการเก็บรักษา โดยระดับความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์สุดท้ายใกล้เป็นกลางแบคทีเรียแลคติกสามารถมีชีวิตรอดสูง ส่วนอุณหภูมิเก็บรักษาเกี่ยวข้องโดยตรงต่อระดับความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ นั่นคือ ที่อุณหภูมิสูงและมีแหล่งคาร์บอนแบคทีเรียสามารถผลิตกรดแลคติก ทำให้ระดับความเป็นกรดด่างลดลง โยเกิร์ตที่มีแมกนีเซียมอิออนและกลูโคสกระบวนการไกลโคไลซีสจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและหยุดลงเมื่อกลูโคสหมดไป ทำให้แบคทีเรียขาดพลังงานในการบำรุงรักษาเซลล์และตายในที่สุด (Tamime และ Robinson, 1999) กรณีที่ผลิตภัณฑ์นมหมักไม่มีน้ำตาลเหลืออยู่เมทาบอลิซึมของโปรตีนเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อการรักษาเซลล์ (Kikuchi และคณะ, 1996) และพบว่าอัตราการสังเคราะห์พลังงานจากอาร์จินีนต่ำกว่ากลูโคส 7.5 เท่า ทำให้การสังเคราะห์พลังงานในการบำรุงรักษาเซลล์เกิดขึ้นช้ากว่าเป็นผลให้แบคทีเรียมีความเสถียรสูง (Tamime และ Robinson, 1999)

2.6 จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในนมและผลิตภัณฑ์นม

แม้ว่าในน้ำนมจะมีระบบทำลายจุลินทรีย์อยู่ตามธรรมชาติ แต่ในน้ำนมก็เป็นอาหารที่ดีสำหรับจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด โดยมีอุณหภูมิเป็นปัจจัยกำหนดการเจริญ น้ำนมดิบที่ไม่ได้ทำให้เย็นจะมีจุลินทรีย์กลุ่ม mesophilic spoilage เจริญอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำนมเกิดการเสื่อมเสีย จุลินทรีย์เหล่านี้ได้แก่ *Enterococcus, Streptococcus, Lactobacillus, Bacillus* และจุลินทรีย์ในกลุ่ม Enterobacteriaceae หรือแม้แต่ในน้ำนมดิบที่แช่เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส (ลาวัณย์ ไกรเดช, 2542) จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำนมและผลิตภัณฑ์นม ได้แก่

2.6.1 *E. coli* O157:H7 เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคท้องร่วงอย่างรุนแรง ในปี ค.ศ. 1982 เริ่มเป็นที่รู้จักครั้งแรกว่าเป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ (Bachrouri และคณะ, 2006) ลักษณะพิเศษที่สำคัญของ *E. coli* O157:H7 คือสามารถมีชีวิตเหลือรอดในสิ่งแวดล้อมที่มีความเป็นกรดได้ หลายครั้งพบว่ามีการระบาดของ *E. coli* O157:H7 ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดสูง เช่น น้ำแอปเปิ้ลหมัก น้ำแอปเปิ้ลเข้มข้น และเนยสด (Lee และ Chen, 2005) ต่อมาได้มีการศึกษาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นในมนุษย์ พบว่าเซลล์ของ *E. coli* O157:H7 สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในโยเกิร์ต (Ogwaro และคณะ, 2002) ที่เกิดการปนเปื้อนข้ามจากวัตถุดิบและขั้นตอนการพาสเจอไรส์นมที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนจาก *E. coli* O157:H7 สู่ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

2.6.2 *Staphylococcus aureus* ในน้ำนมเกิดได้โดยการปนเปื้อนจากเต้านมที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ หรือปนเปื้อนจากบุคคลที่เกี่ยวข้อง พบเสมอในธรรมชาติ แต่พบได้บ่อยที่ผิวหนังของมนุษย์และสัตว์ และเยื่อจมูก (mucous membrane) เชื้อนี้เจริญได้ที่อุณหภูมิ 4-46 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเจริญคือ 30-37 องศาเซลเซียส เป็นเชื้อที่ทำให้เกิดโรคหลายชนิดรวมทั้ง food

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

borne intoxication และเชื้อจะถูกทำลายโดยการฆ่าเชื้อในระบบพาสเจอไรส์ แต่ถ้า *S. aureus* เจริญในผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปฆ่าเชื้อจำนวนเกิน 10^6 cell/ml ก็จะผลิตสารพิษที่ทำให้เกิดโรคภายในลำไส้ (enterotoxin) (APHA, 1992) ทำให้เกิดอาการของอาหารเป็นพิษ

การเกิดโรคอาหารเป็นพิษเนื่องจากการกินอาหารที่มีสารพิษของ *S. aureus* เรียกว่า สตาฟีโลคอคคัส อินทอกซิเคชั่น (Staphylococcus intoxication) ซึ่งโดยทั่วไปเชื้อจะสามารถสร้างสารพิษได้ต้องมีจำนวนไม่ต่ำกว่า 10^6 โคโลนีต่อกรัมของอาหาร จึงทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้ อาการป่วยที่พบโดยทั่วไปคือ มีน้ำลายมาก วิงเวียนศีรษะ อาเจียน ปวดท้อง และท้องร่วง อาจมีมูกเลือดปน ในกรณีที่เกิดกับเด็กอาจรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ (Reginald และ Gayle, 1995)

2.6.3 ยีสต์ มีทั้งประโยชน์และโทษในอาหาร กระบวนการหมักของยีสต์ มีส่วนสำคัญทางด้านอุตสาหกรรมของอาหารหลายอย่าง เช่น ขนมปัง เบียร์ ไวน์ และน้ำส้มสายชู เป็นต้น การผลิตเอนไซม์ หรืออาหารหลายชนิด ก็ได้จากการเจริญของยีสต์ ในทางตรงกันข้าม ยีสต์จะเป็นโทษเนื่องจากเป็นตัวทำให้อาหารหลายชนิด เช่น กะหล่ำปลีดอง น้ำผลไม้ น้ำเชื่อม น้ำผึ้ง เยลลี่และอื่นๆ เสียหายได้ อาหารที่เกิดจากการเน่าเสียของยีสต์มักมีกลิ่นหมัก มีเมือกและฝ้าเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้า สำหรับเครื่องดื่มจะขุ่นและมีฟองแก๊สเกิดขึ้นและยังมีคุณสมบัติพิเศษคือสามารถใช้เอนไซม์ย่อยกรดอินทรีย์ต่างๆที่ใช้ในการถนอมอาหาร เช่น กรดแลคติก กรดซิตริกและกรดแอซิติกได้ เมื่อยีสต์ใช้กรดต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว กรดจะมีความเข้มข้นลดลงเป็นผลให้อาหารนั้นมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียได้ ยีสต์ที่พบมาก ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* นรินทร์ ทองศิริ (2538) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของยีสต์มีหลายปัจจัยดังนี้

1. อาหาร ยีสต์ต้องการอาหารเพื่อการเจริญเติบโตคล้ายๆกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ยีสต์มีระบบเอนไซม์ทั้งภายในและภายนอกเซลล์ ที่จะย่อยสลายสารอาหารต่างๆให้ได้ตามที่ต้องการเพื่อให้เซลล์ดูดซึมได้เหมือนๆกับแบคทีเรีย

2. ความชื้น ยีสต์ต้องการความชื้นในการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับแบคทีเรีย แต่ความต้องการความชื้นจะน้อยกว่า กล่าวคือ ยีสต์จะสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความชื้นน้อยๆ ซึ่งแม้แต่แบคทีเรียก็ไม่สามารถเจริญได้ เช่น ในน้ำผึ้ง หรือในแยม

3. ความเป็นกรด ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสามารถเจริญเติบโตในสภาพความเป็นกรดได้ดี คือสามารถเจริญได้แม้จะมีความเป็นกรดด่างต่ำถึง 3 และทนได้สูงถึง 7.5 สำหรับความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.5-5.0

4. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่พอเหมาะแก่การเจริญเติบโตของยีสต์อยู่ระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส ยีสต์จะหยุดการเจริญเติบโตถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง และสูงกว่า 47 องศาเซลเซียส

5. ออกซิเจน ยีสต์เจริญเติบโตได้ในสภาวะทั้งที่มีและไม่มีออกซิเจน จึงนับว่าเป็นพวกแฟคคัลเตตีฟ แอนแอโรบิค ถ้าในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับน้ำ แต่ถ้ามีออกซิเจนจะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ เซลล์ของยีสต์จะเจริญได้รวดเร็วกว่าถ้ามีออกซิเจน

2.6.4 รา พบได้ทั่วไปมีรูปร่างลักษณะสีต่างๆกัน มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เซลล์ของรามีรูปร่างติดต่อกันเป็นเส้นใยและสร้างสปอร์ขึ้นที่ปลายของเส้นใย ทำหน้าที่สำหรับขยายพันธุ์ ตัวอย่างของราที่เป็นสาเหตุของอาหารเสียได้แก่ เพนนิซิลเลียม (*Penicillium*) แอสเพอร์จิลลัส (*Aspergillus*) และไรโซพัส (*Rhizopus*) ราถูกทำลายโดยการพาสเจอร์ไรส์ ถ้ามีราอยู่ในผลิตภัณฑ์หลังจากการพาสเจอร์ไรส์แสดงว่ามีการปนเปื้อนเข้าไปทีหลัง ซึ่งราต้องการปัจจัยหลายอย่างในการเจริญ ได้แก่

1. ความชื้น ตามปกติราต้องการความชื้นน้อยกว่า ยีสต์ ถ้าความชื้นในอาหารต่ำกว่า 14 - 15 เปอร์เซ็นต์ เช่นในแป้ง เมล็ดพืช จะสามารถป้องกันหรือยับยั้งการเจริญของราได้

2. อุณหภูมิ ราส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส แต่ราบางชนิดเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 0-10 องศาเซลเซียส และมีราบางชนิดที่เจริญได้ที่อุณหภูมิ 45-48 องศาเซลเซียส

3. ออกซิเจน ตามปกติราต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตในการสร้างโคนิเดียจะต้องใช้ออกซิเจน แต่การเจริญเติบโตของไมซิเลียมไม่ต้องใช้ออกซิเจน

4. ความเป็นกรดด่าง ราเจริญได้ดีในสารอาหารที่มีความเป็นกรดด่างระหว่าง 2-8.5 ซึ่งเป็นช่วงที่ค่อนข้างกว้างมาก แสดงว่าราสามารถเจริญเติบโตได้ดีถึงแม้จะมีสภาพความเป็นกรดสูง และแม้สภาพจะเป็นด่างบ้างก็ยังเจริญได้

5. อาหาร อาหารที่ราเจริญได้ดี ได้แก่ ผลไม้สด น้ำผลไม้ ผัก เนยแข็ง ธัญพืช อาหารหมักเกลือ อาหารแช่แข็ง และอาหารแห้ง ที่เก็บรักษาไม่ถูกต้อง

รา และสปอร์ส่วนใหญ่ จะถูกทำลายด้วยความร้อนชื้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในเวลา 5-10 นาที แต่มีบางสปีชีส์ทนความร้อนได้ดี สปอร์สามารถทนความร้อนได้ดีกว่าไมซีเลียมเล็กน้อย จากการศึกษาพบว่า *Aspergillus, Penicillium, Mucor* บางสปีชีส์จะทนความร้อนได้ดีกว่าราชนิดอื่น การพาสเจอร์ไรส์น้ำนมสามารถทำลายสปอร์ได้ สปอร์ของราจะทนความร้อนแห้งได้ดี จากรายงานต่างๆ พบว่าความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทียังไม่สามารถทำลายสปอร์ของราชนิดที่ทนความร้อนได้เลย ในส่วนของสเคอโรเทียมสามารถทนความร้อนสูงได้บางชนิดถึง 90-100 องศาเซลเซียส ซึ่งมักเป็นเหตุให้อาหารกระป๋องเสียได้ เช่น น้ำผลไม้กระป๋อง พบว่าต้องใช้ความร้อนสูงถึง 82.2 องศาเซลเซียส นาน 1,000 นาที หรือ 300 นาทีที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส จึงจะเพียงพอต่อการทำลายสเคอโรเทียมของ *Penicillium*

2.7 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์บนมือผู้ผลิต

ปัจจุบันพบว่ามีการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อทางเดินอาหารและส่งผลถึงขั้นเสียชีวิต โดยมีสาเหตุมาจากพนักงานผู้ประกอบการไม่ได้ล้างมือและแพร่เชื้อลงสู่อาหารหรือเกิดการปนเปื้อนข้าม (cross contamination) นั้นมีจำนวนเพิ่มขึ้น (ชุติมา วิไลพันธ์, 2545) เนื่องจากมือเป็นส่วนหนึ่งที่ต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมผัสกับอาหารมากที่สุด ดังนั้นถ้ามือสกปรกมาจากสาเหตุต่างๆ เช่น การเดินทาง การทำความสะอาด อุปกรณ์เครื่องมือและมาจับต้องวัตถุดิบและอาหาร การเก็บขยะ หลังจากเข้าห้องน้ำแล้วไม่ได้ล้างมือก่อนการทำงาน จากการทำงานในส่วนของวัตถุดิบที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการปรุงสุกแล้วมาสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ในส่วนที่ปรุงสุกแล้ว หรือผู้ประกอบการขาดความรู้ความเข้าใจถึงความสำคัญของการล้างมือ รวมถึงขั้นตอนการล้างมือที่ไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค หรือเกิดการปนเปื้อนลงในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งส่งผลให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นการล้างมือให้สะอาดเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็น รวมทั้งควรจะต้องล้างมือทุกครั้งก่อนเริ่มปฏิบัติงาน ระหว่างการปฏิบัติงาน และหลังการปฏิบัติงาน หรือทำการล้างทุกครั้งหลังกระทำกิจกรรมต่างๆ ดังที่กล่าวมา (วรรณฤดี เดชพรหม, 2547)

การที่จะได้มาซึ่งอาหารที่ปลอดภัยต่อการบริโภคหรือได้มาตรฐาน และถูกสุขลักษณะนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายประการ เช่น วัตถุดิบที่ใช้ต้องมีคุณภาพ กรรมวิธีการต่างๆ จะต้องมีการออกแบบหรือสร้างถูกต้องตามหลักการสุขาภิบาล พนักงานที่ปฏิบัติงานจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับการจัดการสุขาภิบาลและจะต้องปฏิบัติตนให้ถูกสุขลักษณะ (ศิวาพร ศิวเวช, 2536) ซึ่งสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเกี่ยวกับการสุขาภิบาล คือความสะอาดและพฤติกรรมของคน Marriott (1989) กล่าวว่าสุขวิทยาส่วนบุคคลของพนักงานที่จับต้องและเตรียมอาหารในกระบวนการผลิต เป็นสิ่งสำคัญสำหรับระบบสุขาภิบาล การผลิตอาหารสามารถเป็นแหล่งของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค โดยมีคนเป็นแหล่งสำคัญในการเกิดการปนเปื้อนในอาหาร และ Troller (1993) กล่าวว่าจากการอ้างอิงของ ICMSF ชี้ว่าการระบาดของโรคในปริมาณที่สูงเป็นผลมาจากการถ่ายทอดเชื้อโรคจากคนไปสู่อาหาร

ดังนั้นถ้าหากร่างกายของแต่ละคนได้รับการดูแลให้สะอาดแล้ว การทำให้เกิดการปนเปื้อนกับสิ่งที่เราจะต้องจับต้องจะลดลงไป โดนเฉพาะอย่างยิ่งมือของผู้ปฏิบัติงาน เพราะจะเป็นอวัยวะที่ใช้ในการทำกิจกรรมมากที่สุด ซึ่ง Trickett (1993) กล่าวว่า มือเป็นสิ่งที่สัมผัสโดยตรงกับอาหารในขณะการเตรียม และมักเป็นสิ่งที่นำเชื้อแบคทีเรียไปสู่อาหาร เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนในอาหาร ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีการล้างมือในความถี่ที่เหมาะสม

สำหรับโปรแกรมสุขวิทยาส่วนบุคคลนั้น Troller (1993) ระบุว่า ควรประกอบด้วยการตรวจร่างกายก่อนการรับเข้าทำงาน พร้อมทั้งการให้ความรู้และอบรมพนักงานถึงพื้นฐาน ทัศนคติ และนิสัยเกี่ยวกับสุขวิทยาส่วนบุคคล เพราะโปรแกรมการฝึกอบรมเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพหากมีการนำมาใช้และปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง

Talaro และ Talaro (1996) ได้ศึกษาสรีรวิทยาของผิวหนังมนุษย์พบว่าผิวหนังเป็นอวัยวะที่ใหญ่ที่สุดและเป็นทางเข้าของสิ่งของต่างๆ มากที่สุดในร่างกายมนุษย์ แต่ธรรมชาติของผิวหนังจะมีวิธีที่ป้องกันการผ่านเข้าของแบคทีเรียจากภายนอกร่างกาย จุลินทรีย์ที่พบบนผิวหนังของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ จุลินทรีย์ชั่วคราว (transient microorganisms) และจุลินทรีย์ประจำถิ่น (resident microorganisms) (Lowbury และคณะ, 1963; Nobel และ Pitcher, 1978)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 จุลินทรีย์ประจำถิ่น (Resident microorganisms)

เป็นจุลินทรีย์ที่พบบนผิวหนังเป็นประจำ ส่วนใหญ่อยู่ในชั้นเอพิเดอร์มิส และประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ของจุลินทรีย์ชนิดนี้จะพบอยู่ระหว่างชั้นเอพิเดอร์มิสกับในชั้นรอยแยกของผิวหนังและจะฝังตัวลึกอยู่ในรูของผิว ซึ่งเป็นการยากที่จะกำจัดออกด้วยการล้างมือ เนื่องจากถูกปกป้องโดยน้ำมันที่หลั่งออกมาจากต่อมผลิตน้ำมันที่ช่วยหล่อลื่นอยู่ จึงเป็นการยากที่จะกำจัดจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ออกไปได้ (Nobel และ Pitcher, 1978) จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะพบมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวน 25 ตัวอย่างของการสุ่มตรวจบนผิวหนังภายในระยะเวลาทุกๆ 7 เดือนหรือมากกว่า จุลินทรีย์ที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้จะไม่ใช่จุลินทรีย์ก่อโรค ซึ่งชนิดที่พบมากที่สุดบนมือประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ คือ กลุ่ม Coaggulase negative *Staphylococci*, *Coryne bacterium* และ *Enterobacteriaceae* รวมทั้ง *Propionibacterium* spp., และ *Acinetobacter* spp. (Streere และ Mallison, 1975) นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียชนิดก่อโรค เช่น *S. aureus* ซึ่งปกติพบในโพรงจมูกและผิวหนังคนปกติ โดยพบว่ามีอยู่เพียงประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ (Nobel และ Pither, 1978) แต่อย่างไรก็ตามจะพบ *Staphylococcus epidermidis* ในปริมาณที่มากกว่า *S. aureus* บนผิวหนังของคนที่มีสุขภาพแข็งแรง (Lowbury และคณะ, 1963) การบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนของ *S. aureus* ที่สามารถก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้นั้นจะต้องมีปริมาณของแบคทีเรียดังกล่าวอยู่มากกว่าหรือเท่ากับ 10^6 โคโลนี/กรัมของอาหาร (FDA, 2001) นอกจากนี้ยังพบว่าการที่มีจุลินทรีย์ประจำถิ่นอยู่บนมือจำทำให้เกิดการแข่งขันในการเจริญกับจุลินทรีย์ก่อโรค ซึ่งจะช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคจากมือสู่อาหารได้ (Snelling และคณะ, 1991)

2.7.2 จุลินทรีย์ชั่วคราว (Transient microorganisms)

เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ได้พบอยู่เป็นประจำ จะหลุดจากผิวได้ง่าย และเกิดการปนเปื้อนข้ามไปสู่ผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆได้ง่าย ถ้าผู้ประกอบการอาหารไม่ได้ล้างมืออย่างเพียงพอ โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้พบอยู่บริเวณส่วนบนและภายในชั้นเอพิเดอร์มิสของผิวหนังหรือส่วนอื่นๆ ของร่างกาย หรืออาจเป็นจุลินทรีย์ใด ๆ ที่ผู้ประกอบการอาหารไปสัมผัสเข้าโดยบังเอิญ และเกือบทั้งหมดเป็นกลุ่มที่ก่อโรค ซึ่งกลุ่มใหญ่ที่สุด คือ กลุ่มแบคทีเรียแกรมลบ โดยเฉพาะแบคทีเรียชนิดที่พบในระบบทางเดินอาหาร เช่น *E. coli* และ *Salmonella* spp. เป็นต้น ปริมาณที่พบในระดับปานกลางของแบคทีเรียนี้ปนเปื้อนมาจากวัตถุดิบในการผลิตอาหารหรือจากฟาร์มสัตว์ และจะพบในปริมาณที่สูงจากกลุ่มคนที่ไม่ได้ล้างมือให้สะอาดหลังจากการใช้ห้องน้ำ (Miller และคณะ, 1994) จุลินทรีย์กลุ่มนี้ประกอบด้วย แบคทีเรีย ยีสต์ รา ไวรัส หรือปรสิต และมาได้จากทุกๆ แหล่งที่ร่างกายสามารถสัมผัสได้ รวมทั้งที่พบบนมือ (ฝ่ามือ นิ้วมือ ใต้เล็บมือ) (Nobel และ Pitcher, 1978)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Snyder (1998) รายงานว่า จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคที่พบในกลุ่มนี้นอกจาก *E. coli, Salmonella* spp. และยังพบ *Shigella* spp., *Clostridium perfringens, Giardia lamblia*, Norwalk virus และเชื้อไวรัสตับอักเสบ A การปนเปื้อนของจุลินทรีย์กลุ่มนี้ทุกชนิดที่พบในปริมาณสูงนั้นมาจาก 3 แหล่ง คือ

1. การปนเปื้อนจากอุจจาระบนปลายนิ้วมือหลังจากการใช้ห้องน้ำ หรือทำความสะอาดสิ่งปฏิกูลของสัตว์เลี้ยงภายในบ้าน
2. การปนเปื้อนจากวัตถุดิบ เช่น เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก ปลา ผักและผลไม้ที่ยังไม่ได้ล้าง
3. การปนเปื้อนจากบาดแผลต่างๆ ที่มีการติดเชื้อ

ทั้งนี้ชนิดของจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารจากแหล่งปฏิกูลต่างๆ ที่ปนเปื้อนเข้าสู่มือและสามารถแพร่กระจายจากมือสู่อาหารและน้ำ รวมถึงปริมาณของจุลินทรีย์หรือสารพิษที่ผลิตจากจุลินทรีย์ที่สามารถทำให้เกิดโรคขึ้นได้

Crislay และ Foster (1965) รายงานถึงจุดประสงค์ของการล้างมือของคนงานในโรงงานผลิตอาหาร คือเพื่อลดการปนเปื้อนต่างๆ เช่น ดิน น้ำมันและเศษอาหารบนมือ และลดจุลินทรีย์ก่อโรคที่ปนเปื้อนอยู่ชั่วคราวบนมือ นอกจากนี้ได้มีรายงานพบผู้ป่วยด้วยโรคอาหารเป็นพิษที่เกิดจาก *Staphylococcus* ที่สร้างสารพิษ enterotoxin type A ในงานเลี้ยงแห่งหนึ่งในรัฐฟอร์ลิด้า เมื่อเดือนกันยายน ค.ศ. 1997 ผู้ป่วยทั้งหมดบริโภคแฮม โดยที่แฮมเมื่อผลิตแล้วไม่ได้เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญและสร้างสารพิษออกมาในปริมาณที่ก่อโรคได้ นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่พบอาจมาจากมือของผู้เตรียมและมีดที่ใช้หั่นซึ่งสะอาดไม่เพียงพอ (CDC, 1997) ในอุตสาหกรรมด้านอาหารพบว่าการเกิดโรคระบาดจากอาหารนั้นไม่เพียงแต่ทำให้สุขภาพเสื่อมโทรมเนื่องจากการเจ็บป่วย แต่ยังทำให้สูญเสียเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ได้มีมาตรการรองรับอันตรายของโรคที่เกิดจากอาหาร โดยองค์กร NRA's Education Foundation เสนอหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยของอาหาร (food safety) ภายใต้ชื่อว่า ServSafe โดยแบ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคจากอาหารออกเป็น 3 ประการหลักคือ 1) เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตอาหารไม่เหมาะสม 2) สุขอนามัยส่วนบุคคลไม่ดี และ 3) การปนเปื้อนข้าม ทั้งยังระบุด้วยว่ามือของผู้ประกอบการอาหารเป็นพาหะสำคัญในการแพร่เชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคจากอาหารหรือการปนเปื้อนข้าม เช่นมือของผู้ประกอบการอาหารมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์หลังจากการใช้ห้องน้ำหรือจากวัตถุดิบที่ไม่สะอาดแพร่สู่อาหารสำหรับบริโภค (Taylor, 2000)

ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ที่พบบนมือ คือสภาวะแวดล้อมที่มือได้สัมผัส (Restainol และ Wind, 1990) ซึ่งความแตกต่างของจุลินทรีย์บนมือของผู้ประกอบการด้านอาหาร และกลุ่มที่ไม่ใช่ผู้ประกอบการด้านอาหารนั้น แสดงดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
110614

ตารางที่ 2.4 ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบบนมือผู้ประกอบการก่อนการล้างมือในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมด้านอื่น

ชนิดอุตสาหกรรม (จำนวนผู้ประกอบการ)	จุลินทรีย์ที่พบบนมือผู้ประกอบการ				
	ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (log cfu)	ปริมาณ Enterobacteriaceae (log cfu)	Salmonella (เปอร์เซ็นต์)	*E. coli* (เปอร์เซ็นต์)	*S. aureus* (เปอร์เซ็นต์)
อุตสาหกรรมอาหาร					
ฟาร์มไก่ (14)	6.20	3.53	36	86	100
ฟาร์มโค กระบือ (20)	7.30	3.90	5	100	65
ฟาร์มหมู (20)	6.78	3.38	30	95	95
ฟาร์มไข่ไก่ 1 (20)	6.28	3.59	25	60	55
ฟาร์มไข่ไก่ 2 (20)	5.81	2.08	0	30	70
ปลา (19)	6.28	2.62	0	15	45
โรงงานนมและผลิตภัณฑ์นม (26)	5.81	1.98	0	19	54
อาหารแช่เยือกแข็ง (18)	6.28	2.49	0	50	50
ผักทำแห้ง (14)	5.97	2.34	0	7	29
โรงงานขนมปังกรอบ (28)	6.26	2.34	0	11	46
โรงงานผลิตช็อกโกแลต (28)	5.63	1.76	0	4	29
อุตสาหกรรมด้านอื่น					
โรงงานผลิตผ้าขนสัตว์ (15)	5.31	2.06	0	80	53
โรงงานผลิตแก้ว (14)	5.95	1.74	0	0	64
โรงงานผลิตกระป๋อง (15)	5.68	1.14	0	0	60

ที่มา : ดัดแปลงจาก Dewit (1985)

2.8 การควบคุมกำกับทางกฎหมายของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

2.8.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจัดเป็นนมเปรี้ยว (fermented milk) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 289) พ.ศ. 2548 เรื่อง นมเปรี้ยว ซึ่งมีการกำหนดคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ไว้คือ ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่อนมเปรี้ยว 1 กรัม โดยวิธีเอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number, MPN) ตรวจพบเชื้อราได้ไม่เกิน 100 โคโลนี สำหรับนมเปรี้ยวที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก 1 กรัม ตรวจพบยีสต์ได้ไม่เกิน 100 โคโลนี สำหรับนมเปรี้ยวที่ไม่ได้ใช้ยีสต์ในการหมัก และไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมัก 1 กรัม และไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 มาตรฐานสถานที่ผลิต

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจัดเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้จากน้ำนมของสัตว์ที่นำมาบริโภคในลักษณะที่เป็นนมพร้อมบริโภคชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอร์ไรส์แล้ว จัดเป็นอาหารที่กำหนดวิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหารเป็นการเฉพาะตามที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 298) พ.ศ. 2549 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมพร้อมบริโภคชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2549)

2.8.3 มาตรฐานแยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

แยมที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต ควรมีมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 213) พ.ศ. 2543 เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท โดยกำหนดให้มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 2.8 ถึง 3.5 ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่อแยม เยลลี่ หรือมาร์มาเลด 1 กรัม แล้วแต่กรณี โดยวิธีเอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number, MPN) (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2543)

2.8.4 น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท

น้ำที่ใช้ในโรงงานควรมีคุณภาพตามมาตรฐานน้ำบริโภค ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 135) พ.ศ. 2534 เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท โดยกำหนดคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ว่าต้องไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ไม่พบ *E. coli* โคลิฟอร์มไม่เกิน 2.2 ต่อน้ำบริโภค 100 มิลลิลิตร โดยวิธีเอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number, MPN) (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2534)

2.9 สิ่งสกปรกจากอุตสาหกรรมอาหาร (Deposit formation)

การแบ่งประเภทของสิ่งสกปรก

สิ่งสกปรกในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์มี 3 ประเภท (ภาพที่ 2.2) คือ

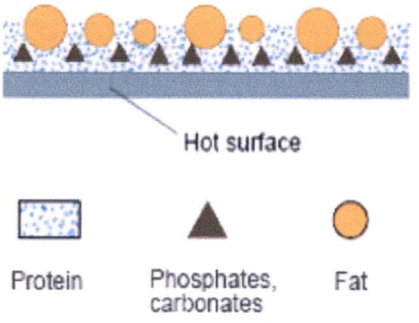
1. ครบไขมัน จะติดอยู่ที่ระดับผิวของน้ำนม ซึ่งอาจขยายต่ำลงมาจากผิวได้ถ้าใบพัดกวนนมหยุดหมุน และระดับของน้ำนมในถังลดต่ำลง

2. คราบโปรตีนและแร่ธาตุในน้ำนมจะติดอยู่ที่ผิวของถังได้ระดับไขมันและจะหนาขึ้นในอุปกรณ์ที่ได้รับความร้อน เช่น ในการพาสเจอร์ไรส์จะทำให้คราบน้ำนมเกาะติดบนผิวของโลหะแน่นยิ่งขึ้น

3. ตะกรันน้ำนมหรือคราบน้ำนมที่ซ้อนกันหลายชั้นจนหนา (milk stone) เกิดจากการสะสมของคราบน้ำนม เกลือจากน้ำกระด้าง และการใช้สารทำความสะอาดที่ไม่เหมาะสม เช่น สารทำความสะอาดที่มีส่วนผสมของคาร์บอเนต เมื่อละลายในน้ำกระด้างจะตกตะกอน ซึ่งตะกรันนมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นจะซ้อนกันเป็นชั้นๆ ในแต่ละชั้นจะมีแบคทีเรียฝังตัวอยู่ ซึ่งเป็นแบคทีเรียพวกที่ทนความร้อนและตะกรันดังกล่าวยังทำให้การถ่ายเทความร้อนไม่ได้ตามที่กำหนดอีกด้วย



ภาพที่ 2.2 สิ่งสกปรกในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์

ที่มา : หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร (2550)

Walstra และคณะ (1999) ได้แบ่งหมวดหมู่ของคราบสิ่งสกปรกจากนมได้ 2 ประเภท

1. คราบสิ่งสกปรกที่มีผลจากอุณหภูมิปานกลาง (80 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้เกิดคราบหินปูน 35 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 50 เปอร์เซ็นต์ คราบดังกล่าวมีลักษณะเป็นก้อนเดิร์ดที่มีสีเหลือง

2. คราบสิ่งสกปรกที่มีผลจากอุณหภูมิสูง (100 องศาเซลเซียส เป็นต้นไป) ส่งผลให้เกิดคราบหินปูน 70 เปอร์เซ็นต์ (ส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมฟอสเฟต) นอกจากนี้ยังอยู่ในรูปของโปรตีนทำให้คราบเกิดการฝังแน่น โดยคราบดังกล่าวมีสีเทา เรียกว่า Milk stone หรือ Scale

2.9.1 กระบวนการเกิดคราบนม

2.9.1.1 อุณหภูมิบนพื้นผิว

เมื่อภาชนะบรรจุน้ำนมได้รับความร้อน ส่งผลให้บริเวณด้านในของภาชนะมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำนม โดยทำให้น้ำนมเกิดเป็นคราบยึดติดแน่นบริเวณพื้นผิวอย่างรวดเร็ว โดยองค์ประกอบของคราบสกปรกในนมที่มีส่วนประกอบที่แตกต่างกันส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การเกิดคราบสกปรกที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.5 ส่วนการเกิดคราบนมใน Plate Heat Exchanger พบว่า เมื่อน้ำนมถูกส่งผ่านมายัง Plate Heat Exchanger อย่างต่อเนื่อง และสัมผัสกับความร้อนทำให้น้ำนมเกิดเป็นคราบยึดติดแน่นภายในบริเวณแผ่น Plate ส่งผลให้ความร้อนที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ในนมมีประสิทธิภาพลดลง เนื่องจากมีคราบสิ่งสกปรกยึดเกาะภายในบริเวณแผ่น Plate อย่างหนาแน่น และในตารางที่ 2.6 แสดงถึงปฏิกิริยาของสิ่งสกปรกชนิดต่างๆ ในสารทำความสะอาดแต่ละชนิด ซึ่งพบว่าสารทำความสะอาดประเภทกรด สามารถทำความสะอาดสิ่งสกปรกจำพวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนินทรีย์สารได้มากที่สุด ในขณะที่สารทำความสะอาดประเภทด่าง สามารถทำความสะอาดสิ่งสกปรกจำพวกอินทรีย์สารได้ดีกว่ากรด

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบของคราบสิ่งสกปรกที่เกิดจาก Skim milk ในการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ในระบบ Plate Heat Exchanger ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส

องค์ประกอบของคราบสิ่งสกปรก (Component)	เปอร์เซ็นต์ของ Dry matter	
	Skim milk	คราบสิ่งสกปรก
Serum	6	34
Casein	31	11
Total salts	8	45
Ca	1.3	16
PO_4 inorganic	2.0	23
Sugars	53	0.0
Other	2	10

ที่มา : Walstra และคณะ (1999)

ตารางที่ 2.6 ปฏิกิริยาของสิ่งสกปรกชนิดต่างๆ ในสารทำความสะอาดแต่ละชนิด

ชนิดของสิ่งสกปรก	ปฏิกิริยาการละลายในตัวทำละลาย	ความยาก-ง่ายในการขจัดคราบ
เกลือ	ละลายในน้ำและกรด	ง่าย-ยาก
น้ำตาล	ละลายในน้ำ	ง่าย
ไขมัน	ไม่ละลายน้ำ ละลายในด่าง	ยาก
โปรตีน	ไม่ละลายน้ำ ละลายในกรดได้เล็กน้อย ละลายในด่าง	ยากมาก

ที่มา: Marriott และ Gravani (2006)

2.9.1.2 การยึดเกาะของสิ่งสกปรกในพื้นผิวอุปกรณ์

ชนิดของโครงสร้างพื้นผิวอุปกรณ์การผลิตมีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีและลักษณะกายภาพของสิ่งสกปรก เช่น แรงตึงผิวหน้า ความเปียก ขนาด รูปร่าง และความหนาแน่น ส่งผลให้การฝังตัวของคราบสิ่งสกปรกมีขนาด รูปร่าง และการฝังแน่นที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ปฏิกิริยาของสิ่งสกปรกชนิดต่างๆ ต่อลักษณะพื้นผิวอุปกรณ์แต่ละชนิด

ชนิดของอุปกรณ์	ชนิดของสิ่งสกปรก	การทำปฏิกิริยา/การใช้สารทำความสะอาด	ข้อจำกัด
ไม้	ไขมันและน้ำมัน	ยากแก่การทำความสะอาด; ทำความสะอาดโดยใช้ด่าง และทำลายโดยใช้สารกัดกร่อน	ไม่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากไม่ถูกสุขลักษณะ จึงนิยมใช้สแตนเลสโพลีเอททิลีน และยางไม้แทนการใช้ไม้
เหล็ก	สนิม	ทำความสะอาดโดยใช้กรดที่มีส่วนผสมของคลอรีน	เนื่องจากพื้นผิวก่อให้เกิดสนิม จึงมีการเคลือบด้วยสังกะสีหรือดีบุก และควรใช้สารทำความสะอาดที่มีค่า pH เป็นกลาง
คอนกรีต		ก่อให้เกิดการกัดกร่อนโดยกรดในอาหารและส่วนประกอบในสารทำความสะอาด	พื้นผิวมีความหนา ไม่ก่อให้เกิดสนิม และยากต่อการทำความสะอาดโดยกรด จึงมีการใช้สารทำความสะอาดประเภทกรดเฉพาะสำหรับการทำความสะอาดพื้นผิวคอนกรีต
แก้ว		เรียบ ทะลุผ่านไม่ได้ ก่อให้เกิดการกัดกร่อนโดยด่างแก่	ทำความสะอาดโดยด่างที่มีค่า pH เป็นกลาง
พื้นผิวที่ทาสี		ก่อให้เกิดการกัดกร่อนโดยด่างแก่	ควรใช้สีที่อนุญาตให้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร
ยาง		ไม่เป็นรูและไม่ดูดซึมน้ำ ไม่ก่อให้เกิดการกัดกร่อนโดยด่าง แต่มีการกัดกร่อนโดยกรดแก่และตัวทำละลายอินทรีย์	เกิดการโค้ง บิดงอ และพื้นผิวอาจเกิดการทู่
สแตนเลส		ไม่ก่อให้เกิดการกัดกร่อน พื้นผิวเรียบและไม่ก่อให้เกิดรู ไม่ก่อให้เกิดการออกซิเดชั่นเมื่อพื้นผิวมีอุณหภูมิสูง ง่ายต่อการทำความสะอาด	แพงและอาจมีการใช้น้อยลงในอนาคต ก่อให้เกิดการกัดกร่อนโดยสารจำพวกฮาโลเจน (Chlorine, Iodine และ Fluorine)

ที่มา: Marriott และ Gravani (2006)

2.10 การล้างทำความสะอาด

การทำความสะอาด คือ การขจัดคราบอาหารที่เป็นสาเหตุทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ และขจัดคราบสิ่งสกปรกที่ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพลดลง โดยการทำความสะอาดอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมต้องเริ่มต้นมาจากการออกแบบอุปกรณ์การผลิต เช่น พื้นผิวเรียบ ไม่มีจุด Dead ends รวมไปถึงการออกแบบสายการผลิต (Walstra และคณะ, 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์ของการล้างทำความสะอาด

1. ลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

2. เพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ ถ้าการทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ไม่สามารถกำจัดคราบสกปรกออกได้หมด คราบสกปรกนั้นจะเกาะอยู่ที่พื้นผิวของเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ ทำให้การฆ่าเชื้อทำได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ

3. เป็นการบำรุงรักษาเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ (หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร, 2550)

2.10.1 คุณสมบัติ และหน้าที่ (The Role of cleaning media) ของสารทำความสะอาดเครื่องมือ/อุปกรณ์ในโรงงานผลิตอาหาร

สารชะล้างหรือสารทำความสะอาด (Detergents) หมายถึง สารหรือส่วนผสมของสารที่ช่วยในการล้างทำความสะอาด โดยออกฤทธิ์ 4 ทาง คือ

2.10.1.1 สารทำให้เปียก (Wetting agent)

2.10.1.2 สารทำให้เกิดการละลาย (Solubilizers)

2.10.1.3 สารทำให้เกิดอิมัลชั่น (Emulsion)

2.10.1.4 สารทำให้เกิดการกระจายตัว (Dispersants) ทำให้สารตกค้างละลายหรือหลุดออกมา

Marriott และ Gravani (2006) กล่าวว่า สารทำความสะอาด คือ สารที่ถูกสร้างขึ้นมาโดยองค์ประกอบที่หลากหลาย หลักการทำงานขององค์ประกอบในสารทำความสะอาด คือ การทำให้แรงตึงผิวบนผิวหน้าของน้ำลดลง ดังนั้นเมื่อมีการขัดล้างจึงสามารถขจัดคราบสิ่งสกปรกบริเวณพื้นผิวอุปกรณ์

สารทำความสะอาดที่แพร่หลายทางการค้าทั่วไป มีส่วนประกอบที่ทำให้น้ำได้ซึมเข้าไปชำระล้างสิ่งสกปรกที่เกาะอยู่ตามผิวหน้าของเครื่องมือเครื่องใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ บางกรณีน้ำเพียงอย่างเดียวก็เพียงพอที่จะทำความสะอาดได้อย่างดี ถ้าใช้แรงเข้าช่วยสารทำความสะอาดก็จะช่วยลดแรงที่ต้องใช้ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้น สารทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องใช้ในการผลิตอาหาร โดยทั่วไปแล้วมักเป็นส่วนผสมของสารประกอบเชิงซ้อนทางเคมี เศษอาหารและคราบสิ่งสกปรกเป็นแหล่งสารอาหารที่สำคัญในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งจะถูกทำลายในระหว่างที่มีการทำความสะอาด ดังนั้นในสารทำความสะอาดส่วนใหญ่จึงมีสารประกอบ Chlorinated และ Sanitizers (น้ำยาทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ) โดยอาศัยพลังงานกล (Mechanical energy) ในการทำลายจุลินทรีย์ ในกระบวนการทำความสะอาด Sanitizers ได้ถูกนำมาใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ (Marriott และ Gravani, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 หลักการทำความสะอาด มี 4 ขั้นตอน ดังนี้ (วันชัย ศรีทองคำ, 2547)

2.10.2.1 นำน้ำยาทำความสะอาดมาสัมผัสกับสิ่งสกปรก เพื่อชำระล้างสิ่งสกปรก โดยอาศัยคุณสมบัติที่เป็นตัวให้เปียก (Wetting) และตัวแทรกซึม (Penetrating) ของน้ำยาซักฟอก

2.10.2.2 แทนที่สิ่งสกปรกของเครื่องมือ เครื่องใช้ และทำให้สะอาด โดยการทำให้ไขมันรวมตัวกับด่าง ย่อยโปรตีน และละลายเกลือแร่ให้หลุดลอยไปจากผิวหน้านั้น

2.10.2.3 ทำให้สิ่งสกปรกกระจายตัว โดยการทำให้แขวนลอย หรือป้องกันการจับตัวเป็นฝ้า

2.10.2.4 ป้องกันสิ่งสกปรกจับตัวกันใหม่บนผิวหน้าที่สะอาด โดยคุณสมบัติที่เป็นตัวชะล้างที่ดีของสารทำความสะอาด

2.10.3 วิธีการล้างทำความสะอาดที่นิยมใช้กันทั่วไป (หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร, 2550)

2.10.3.1 การล้างทำความสะอาดด้วยมือ (Manual cleaning)

วิธีนี้เหมาะสำหรับการล้างทำความสะอาดภายนอกของเครื่องจักร ถัง อุปกรณ์และชิ้นส่วนเล็กๆ ที่ถอดล้างได้ เช่น วาล์ว และข้อต่อ โดยใช้อุปกรณ์ช่วยล้างที่เหมาะสม เช่น แปรงขนอ่อน ดังภาพที่ 2.3-2.6

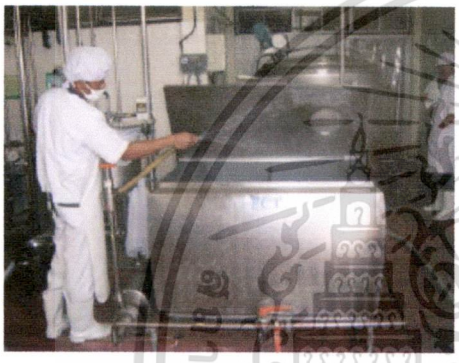
ข้อจำกัดของวิธีการนี้คือ ไม่สามารถใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงและอุณหภูมิสูงได้ เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานอาจได้รับอันตรายจากสารเคมี และเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและแรงงาน เครื่องมือและอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการล้างทำความสะอาดด้วยมือ ได้แก่

1. วาล์ว ข้อต่อ ไส้กรองในระบบท่อให้ถอดล้างตามความถี่ที่เหมาะสม
2. ส่วนรับน้ำนมดิบ เช่น ภายนอกของถังเก็บน้ำนมดิบ อ่างรองรับน้ำนมดิบ อ่างสำหรับชั่งน้ำนม
3. ถังเก็บน้ำนมดิบชนิด Farm cooling tank : เป็นถังลดอุณหภูมิ โดยใช้ความเย็น ดังนั้นจึงไม่ควรทำความสะอาดโดยใช้อุณหภูมิสูง วิธีที่เหมาะสมคือ การล้างทำความสะอาดด้วยมือ โดยใช้อุปกรณ์ เช่น ฟองน้ำล้างในถังเก็บน้ำนมดิบ
4. ส่วนปรุงผสม เช่น ภายนอกถังปรุงผสม อุปกรณ์ตักส่วนผสม เช่น น้ำตาล หรือผงโกโก้ และถังพลาสติก
5. ส่วนพาสเจอร์ไรส์ เช่น ถังปรับระดับน้ำนม
6. ส่วนบรรจุ เช่น ภายนอกเครื่องบรรจุ หัวบรรจุสำหรับเครื่องบรรจุขวดแบบอัตโนมัติ และถังปรับระดับของเครื่องบรรจุ

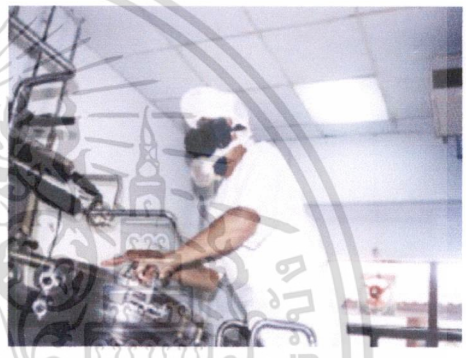
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.3 การล้างตะกร้า
(ที่มา : หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร, 2550)

ภาพที่ 2.4 ข้อต่อของเครื่องบรรจุ
(ที่มา : หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร, 2550)



ภาพที่ 2.5 การล้างถังเก็บน้ำนมดิบ
(ที่มา : หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร, 2550)



ภาพที่ 2.6 การล้างถังปรับระดับเครื่องบรรจุ
(ที่มา : หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร, 2550)

2.10.3.2 การล้างทำความสะอาดแบบ Cleaning out of place (COP)

เป็นการถอดเครื่องจักรและอุปกรณ์ออกเป็นชิ้นส่วน แล้วนำมาล้างด้วยสารทำความสะอาด โดยการขัดถูด้วยแปรงหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสม และฆ่าเชื้อด้วยการแช่ในสารฆ่าเชื้อหรือน้ำร้อน ณ บริเวณที่จัดไว้เพื่อใช้ล้างสารเคมี

วิธีนี้ใช้สำหรับการล้างเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่สามารถถอดล้างได้ เช่น ท่อที่มีความยาวไม่มากนัก ข้อต่อ และวาล์ว การล้างโดยวิธีนี้สามารถใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงและน้ำที่มีอุณหภูมิสูงได้ (น้ำร้อน 70-100 องศาเซลเซียส) ทำให้ประหยัดเวลาและแรงงาน แต่ต้องมีอุปกรณ์เสริมคือ อ่างสแตนเลสและปั๊ม ข้อควรระวังคือ การปนเปื้อนระหว่างการขนย้ายเครื่องมือทั้งก่อนและหลังทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดด้วยวิธี COP มีดังนี้

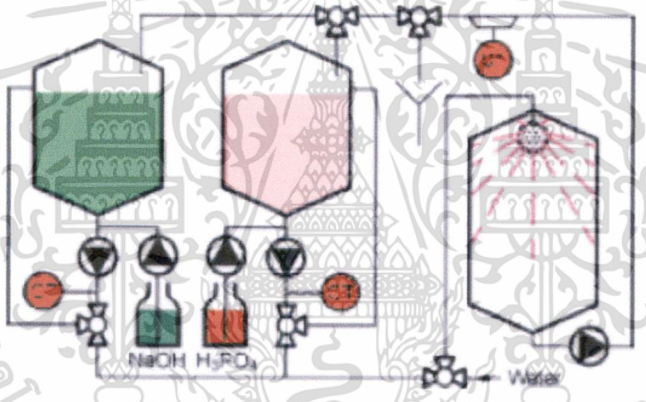
1. ล้างคราบสกปรกต่างๆ ออกด้วยน้ำก่อน (Pre-rinse)

2. ล้างด้วยสารเคมี (Chemical wash) โดยการแช่ในอ่างสแตนเลสที่มีระบบปั๊มทำให้สารเคมีที่ใช้ทำความสะอาดเคลื่อนไหวตลอดเวลา เพื่อขัดสีคราบสกปรกออกทั้งภายในและภายนอกได้ในเวลาเดียวกัน

3. ล้างออกด้วยน้ำสะอาด (Post Rinse) และผึ่งให้แห้ง หรือแช่ในสารฆ่าเชื้อ เมื่อต้องการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

2.10.3.3 การล้างทำความสะอาดแบบ Cleaning in place (CIP)

เป็นวิธีการทำความสะอาดที่ใช้กับเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ไม่สามารถถอดล้างได้ หรือในส่วนที่ไม่สามารถล้างได้อย่างทั่วถึง วิธีนี้นิยมใช้ในการล้างท่อ ปั๊ม ถังขนาดใหญ่ เครื่องพาสเจอร์ไรส์ เครื่องโฮโมจีไนส์ และเครื่องบรรจุ ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การล้างทำความสะอาดแบบ CIP

ที่มา : หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร (2550)

2.10.4 การตรวจสอบความสะอาดของเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์

ต้องมีการสุ่มตรวจความสะอาดของเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ทุกครั้งก่อนทำการฆ่าเชื้อ เพื่อให้การฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพมากขึ้น (ภาพที่ 2.8) โดยมีเกณฑ์การตรวจสอบดังนี้

1. ความสะอาด : พื้นผิวภายในและภายนอกต้องสะอาด ไม่มีคราบนม สารทำความสะอาด ตะไคร่น้ำ เชื้อรา เศษพลาสติก ใยขัด หรือสิ่งสกปรกใดๆ

2. กลิ่น : ต้องไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า เหม็นเปรี้ยว หรือกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์โดยเฉพาะบริเวณซีลยาง ยูเนี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำค้างท่อ : ต้องไม่พบน้ำค้างท่อภายในเครื่อง ระบบท่อ หรือบริเวณต่างๆ ของเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์

ภาพที่ 2.8 การตรวจสอบความสะอาดของเครื่องมือและอุปกรณ์
ที่มา : หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร (2550)

2.10.5 ปัจจัยที่เกี่ยวกับการนำแรงจากภายนอกมาใช้ในการทำความสะอาด (หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร, 2550)

การทำความสะอาดจะได้ผลดีขึ้นถ้าเพิ่มแรงจากภายนอกให้สูงขึ้น ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิหรือแรงที่ใช้จะขึ้นอยู่กับสภาวะของการใช้ จึงจำเป็นต้องคัดเลือกสภาวะที่ให้ผลดีแต่ประหยัด

2.10.5.1 อุณหภูมิ : เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการทำความสะอาด การเพิ่มอุณหภูมิมีผลทำให้

1. ลดความเหนียวของแรงตึงระหว่างสิ่งสกปรกกับผิวหน้า
2. ลดความหนืดและเพิ่มการไหลของของเหลว
3. เพิ่มการละลายของตัวถูกละลาย
4. เร่งปฏิกิริยาเคมี

อุณหภูมิที่เหมาะจะสลายไขมัน ทำให้คราบโปรตีนหลุดจากเครื่องมือ เครื่องใช้ในการผลิตอาหาร ควรอยู่ระหว่าง 32-85 องศาเซลเซียส ถ้าต่ำกว่า 32 องศาเซลเซียส ไขมันจะคงอยู่ในสภาพของแข็ง ถ้าสูงกว่า 85 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงเกาะระหว่างโปรตีนกับผิวหน้าเพิ่มสูงขึ้น อุณหภูมิต่ำสุดในการทำความสะอาดสิ่งสกปรกจากอาหาร ควรสูงกว่าจุดหลอมเหลวของไขมันในอาหารนั้นประมาณ 3 องศาเซลเซียส (วันชัย ศรีทองคำ, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำใช้ในการทำความสะอาดต้องมีอุณหภูมิแตกต่างกันในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. น้ำอุ่นสำหรับล้างขั้นแรก ควรมีอุณหภูมิ 38-46 องศาเซลเซียส

2. น้ำสำหรับใช้ร่วมกับน้ำยาทำความสะอาด ควรมีอุณหภูมิ 49-77 องศาเซลเซียส

3. น้ำเย็นสำหรับล้างครั้งสุดท้าย ควรมีอุณหภูมิ 7-13 องศาเซลเซียส

2.10.5.2 ความเร็ว หรือแรงที่ใช้ : การใช้แรงช่วยทำความสะอาดตามซอกมุม ต้องใช้ในรูปของการไหลของของเหลวภายใต้แรงดัน เช่น ในการทำความสะอาดแบบ COP หรือ CIP (วันชัย ศรีทองคำ, 2547)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำความสะอาด (Marriott และ Gravani, 2006)

1. ระยะเวลา
2. แรงขัด
3. ความเข้มข้นของน้ำยาทำความสะอาด
4. อุณหภูมิ
5. น้ำที่ใช้ในการเตรียมสารทำความสะอาด
6. ผู้ปฏิบัติงาน
7. ชนิดของคราบสิ่งสกปรก
8. วัสดุที่ใช้ในการทำพื้นผิวอุปกรณ์

2.11 การฆ่าเชื้อ (Disinfection หรือ Sanitizing)

หมายถึง การทำลายจุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่ภายในระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ เพื่อป้องกันไม่ให้ปนเปื้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ โดยจะต้องทำการฆ่าเชื้อก่อนกระบวนการผลิต และทิ้งไว้ได้นานไม่เกิน 4 ชั่วโมง ถ้าเกิน 4 ชั่วโมงต้องทำการฆ่าเชื้อใหม่อีกครั้งก่อนการผลิต (หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร, 2550)

การฆ่าเชื้อมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์บริเวณพื้นผิวอุปกรณ์และเป็นการป้องกันการปนเปื้อนสู่ผลิตภัณฑ์ระหว่างที่มีการผลิตและการบรรจุ ซึ่งน้ำยาทำความสะอาดไม่สามารถทำลายปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ได้ทั้งหมด แต่สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่อาจส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์และความปลอดภัยของผู้บริโภค เนื่องจากสารประกอบในสารฆ่าเชื้อมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และกรณีที่มีสิ่งสกปรกในปริมาณมากควรผสมสารทำความสะอาดและน้ำยาฆ่าเชื้อ อย่างไรก็ตาม การใช้สารทำความสะอาดบางชนิด เช่น ด่างแก่ หรือกรดไนตริกมีคุณสมบัติซึ่งเป็นสารทำความสะอาดและมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อด้วย ส่วนการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อเพียงชนิดเดียวในกรณีที่มีจุลินทรีย์ตกค้างในปริมาณไม่มาก และการทำความสะอาดมีประสิทธิภาพเพียงพอ โดยนิยมฆ่าเชื้ออุปกรณ์ เครื่องมือการผลิตก่อนทำการผลิต การใช้ความร้อน หรือสารฆ่าเชื้อทางเคมีถูกนำมาใช้ในการฆ่าเชื้อ โดยการใช้ความร้อน มีการให้ความร้อนในรูปแบบของน้ำร้อนและไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อน ในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมกับอุปกรณ์แต่ละชนิด ไอน้ำร้อนในการฆ่าเชื้อมีประโยชน์ในด้านลดปัญหาเรื่องการระบายน้ำ ส่งผลให้เครื่องจักรไม่มีความเปียกชื้น ดังนั้นจึงลดปัญหาการเสี่ยงต่อการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้การฆ่าเชื้อโดยการใช้ความร้อนมีข้อดี คือไม่หลงเหลือสารทำความสะอาดและฆ่าเชื้อภายหลังการทำความสะอาด (หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร, 2550)

2.11.1 วิธีการฆ่าเชื้อที่ใช้กันมากในโรงงานนม ได้แก่

2.11.1.1 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Thermal sanitizing)

จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคสามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อน ยกเว้นกลุ่มที่สร้างสปอร์ซึ่งต้องใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อสูงมาก ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนนี้ขึ้นอยู่กับความสะอาดของพื้นผิว วัสดุของพื้นผิว ลักษณะและการออกแบบพื้นผิว

ความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ความร้อนชื้น (Moist heat) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 การฆ่าเชื้อโดยใช้น้ำร้อน (Hot water) อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส เวลาหมุนเวียนนาน 10-20 นาที ตัวอย่างการใช้น้ำร้อนในการฆ่าเชื้ออุปกรณ์การผลิตนม แสดงในภาพที่ 2.9

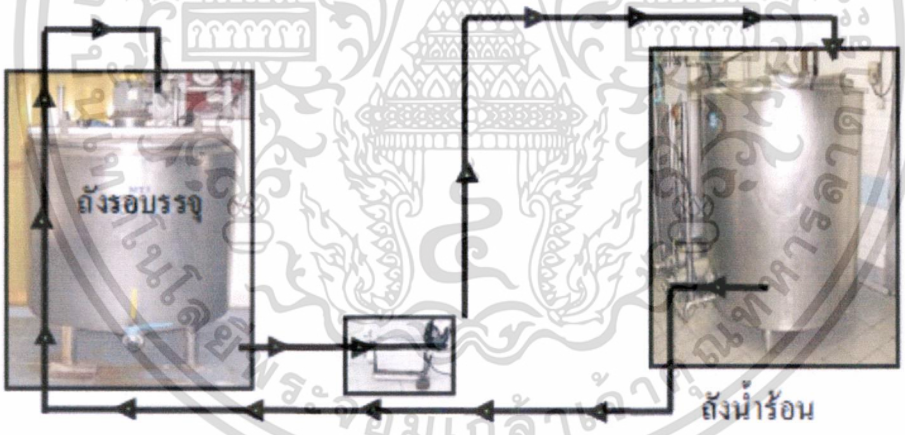
การใช้น้ำร้อนในการฆ่าเชื้อเป็นวิธีที่สะดวก และมีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ใกล้เคียงกับการใช้สารต้านการเจริญของจุลินทรีย์ (Antimicrobial) ไม่กัดกร่อนพื้นผิวอุปกรณ์ นิยมใช้ในอุปกรณ์การผลิตนมพาสเจอร์ไรส์โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 77 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 5 นาที ในขณะที่ International Dairy Federation ให้ข้อเสนอแนะในการใช้ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที และองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (United States Food and Drug Administration: US.FDA) ได้ออกข้อบังคับ (21 CFR 129.80) ในการใช้น้ำร้อน โดยมีอุณหภูมิสูงกว่า 77 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 15 นาทีขึ้นไป หรือ 94 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาทีขึ้นไป แต่ข้อจำกัดในการใช้การฆ่าเชื้อโดยวิธีนี้คือ ทำให้เกิดความล่าช้าในการใช้พลังงานสนับสนุน เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีการใช้พลังงานความร้อน (Heat) การคงสถานะความร้อน (Hold) และการทำความเย็น (Cool down) และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อ พบว่าการใช้ความร้อนทำให้เกิดฟิล์มและหินปูนหรือเป็นสาเหตุทำให้คราบสิ่งสกปรกที่ตกค้างยึดติดกับบริเวณผิวหน้าอุปกรณ์มากยิ่งขึ้น ทำให้ยากแก่การทำความสะอาดและฆ่าเชื้อได้เฉพาะอุปกรณ์ที่มีความยาวไม่มากจึงฆ่าเชื้อได้ไม่ทั่วถึงในบริเวณที่ยากแก่การทำความสะอาด เช่น บริเวณด้านหลังประเก็น ภายในอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นช่องรูและรอยแยก นอกจากนี้ยังสูญเสียค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานความร้อนสูง (Marriott และ Gravani, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การฆ่าเชื้อโดยใช้ไอน้ำ อุณหภูมิที่ใช้สูงกว่า 93 องศาเซลเซียส เวลาหมุนเวียนนาน 5 นาที ข้อด้อยของการฆ่าเชื้อโดยใช้ไอน้ำคือ พื้นผิวที่ต้องการฆ่าเชื้ออาจได้รับความร้อนไม่เพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์

2. ความร้อนแห้ง (Dry Heat)

เป็นการฆ่าเชื้อโดยใช้ลมร้อน อุณหภูมิที่ใช้อย่างน้อย 82 องศาเซลเซียส เวลาหมุนเวียนนาน 20 นาที การใช้ความร้อนชื้นจะมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสูงกว่าการใช้ความร้อนแห้ง เพราะความร้อนชื้นจะทำลายโปรตีนโปรตีนในตัวจุลินทรีย์ให้สูญเสียสภาพธรรมชาติ (Denaturation) ทำให้ไม่สามารถดำรงชีพต่อไปได้ ส่วนการใช้ความร้อนแห้งจะมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อต่ำกว่า จึงต้องใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานกว่า ดังนั้นจึงนิยมใช้ไอน้ำหรือน้ำร้อนในการฆ่าเชื้อ ซึ่งมีข้อดีคือ ไม่กัดกร่อน ไม่มีสารเคมีตกค้าง และสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ สำหรับพื้นผิวที่มีพื้นที่มาก มักจะฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนร่วมกับสารฆ่าเชื้อ Fablan และคณะ (1942) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อในอุปกรณ์การผลิตไอศกรีม ได้แก่ น้ำร้อน ไอน้ำร้อน และคลอรีน พบว่า คลอรีนสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ไอน้ำร้อน และน้ำร้อน ตามลำดับ



ภาพที่ 2.9 การฆ่าเชื้อถังรอบรรจุด้วยน้ำร้อน

ที่มา : หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร (2550)

2.11.1.2 การฆ่าเชื้อด้วยสารเคมี (Chemical sanitizing)

การฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีส่วนใหญ่มีการใช้สารในกลุ่มฮาโลเจน เช่น คลอรีน หรือไอโอดีน โดยใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ 1 นาทีเป็นต้นไป การฆ่าเชื้อในอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่และมีการใช้พลังงาน มีการเตรียมสารฆ่าเชื้อในภาชนะเฉพาะและมีการลำเลียงสารฆ่าเชื้อไปตามระบบท่อโดยมีการใช้ปั๊ม หรือระบบการไหลเวียน ซึ่งต้องใช้แรงดันในการกระจายสารฆ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อไปตามท่อ สำหรับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กและไม่ได้ใช้พลังงานเข้ามาเกี่ยวข้อง มีการฆ่าเชื้อโดยการแช่อุปกรณ์ในน้ำยาฆ่าเชื้อ โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 2 นาที หลังจากนั้นจึงเทน้ำยาทิ้งและผึ่งให้แห้ง และภาชนะในระบบปิดขนาดใหญ่ เช่น ถังหรือหม้อมีการฆ่าเชื้อโดยการฉีดพ่นจากด้านบนเป็นระยะเวลา 5 นาที เป็นต้นไป ซึ่งไม่เกิดความยุ่งยากและฆ่าเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ กรณีที่อุปกรณ์ในระบบเปิดที่มีขนาดใหญ่ เช่น ถังหมักเนยแข็ง สามารถฆ่าเชื้อได้โดยการใช้แปลงในการขัดล้างโดยพนักงาน ซึ่งควรพิจารณาใช้ให้เหมาะสมในแต่ละส่วนงาน เนื่องจากสารฆ่าเชื้อแต่ละชนิดมีจุดเด่นและจุดด้อยต่างๆ กันไป

ปัจจัยที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมี

1. อุณหภูมิ : ต้องใช้อุณหภูมิให้ถูกต้องกับชนิดของสารฆ่าเชื้อที่ใช้ เช่น ถ้าใช้ Peracetic acid จะต้องใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส มิฉะนั้นสารฆ่าเชื้อจะสลายตัวเป็นน้ำทำให้ไม่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ ถ้าใช้คลอรีนอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส จะเป็นอันตรายต่อระบบหายใจ

2. เวลาในการฆ่าเชื้อ : ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ว่ามีโอกาสปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และชนิดของจุลินทรีย์มากน้อยเพียงใด หรือเป็นอุปกรณ์ที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนหลังการฆ่าเชื้อ (Recontaminated) หรือไม่

3. ความเข้มข้นของสารเคมี : ความเข้มข้นสูงขึ้น ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะมากขึ้น

4. ความเป็นกรดด่าง (pH) : ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสารเคมีบางชนิดขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดด่าง เช่น สารแระกอบคลอรีน และไอโอดีน เมื่อค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะลดลง

5. ความกระด้างของน้ำ : มีผลกับสารประกอบ Quaternary ammonium เมื่อความกระด้างมากขึ้น ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะลดลง

คุณสมบัติของสารฆ่าเชื้อที่ดี

1. ไม่เป็นพิษ
2. ไม่ทำให้เกิดการสึกกร่อนของพื้นผิวที่ใช้
3. ไม่มีผลต่อกลิ่น รส และสีของอาหาร
4. มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้หลายชนิด

นอกจากนี้สารฆ่าเชื้อบางชนิดสลายตัวได้ง่าย จึงใช้ได้ครั้งเดียวและเตรียมใหม่ทุกครั้งก่อนที่จะใช้ โดยผู้ใช้ควรศึกษาข้อมูลจากผู้ขายให้ถี่ถ้วนและปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ขาย โดยสารฆ่าเชื้อชนิดต่างๆ มีกลไกในการทำลายจุลินทรีย์ดังตารางที่ 2.8 และมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพปัจจัยและวิธีการฆ่าเชื้อของสารฆ่าเชื้อประเภทต่างๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมนม ตารางที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 กลไกในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ของสารฆ่าเชื้อต่างๆ

ไอน้ำ/ความร้อน	คลอรีน	ไอโอโดฟอร์
ความร้อนชื้น - ทำให้โปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์สูญเสียธรรมชาติ หรือจับตัวเป็นก้อน ความร้อนแห้ง -ทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์แห้งตายและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น	เป็นสารออกซิไดซ์ (Oxidizing agent) ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ เอนไซม์ และโปรตีนต่างๆ ในเซลล์ของจุลินทรีย์	เป็นสารออกซิไดซ์ (Oxidizing agent)ทำลายเอนไซม์และโปรตีนต่างๆ ในเซลล์ของจุลินทรีย์

ที่มา : หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร (2550)

ตารางที่ 2.9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพปัจจัยและวิธีการฆ่าเชื้อของสารฆ่าเชื้อประเภทต่างๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารนม

วิธีการ/สารฆ่าเชื้อคุณลักษณะ	น้ำร้อน/ไอน้ำ	คลอรีน	สารประกอบประเภทกรด
ประสิทธิภาพต่อเชื้อจุลินทรีย์			
- แกรมบวก	ดี	ดี	ดี
- แกรมลบ	ดี	ดี	ดี
- สปอร์	ดี	ดี	มีผลกับสปอร์บางชนิด
ผลของน้ำกระด้าง	-	ไม่มี	มีผลเล็กน้อย
ความเสถียรในน้ำ	-	ไม่เสถียร	เสถียร
ผลของสิ่งสกปรกตกค้างที่เป็นสารอินทรีย์	ไม่มี	มีผล (มาก)	มีผล (ต่ำ)
ความกัดกร่อน	ไม่มี	มี	มี (เล็กน้อย)
ระคายเคืองผิวหนัง	ไม่มี	มี	มี
ราคา	แพง	ถูก	ปานกลาง

ที่มา : หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร (2550)

2.11.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของสารฆ่าเชื้อ

2.11.2.1 อุณหภูมิ

จุลินทรีย์จะถูกทำลายได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียสขึ้นไป จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคจะเริ่มถูกทำลายอย่างรวดเร็ว

2.11.2.2 ความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อ

ความเข้มข้นยิ่งสูงจะทำให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อเพิ่มมากขึ้น แต่มีผลทำให้ผิวหนังระคายเคือง เป็นพิษ และทำให้พื้นผิวสึกกร่อน แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นต่ำเกินไป จะทำให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2.3 ระยะเวลาในการสัมผัส

ระยะเวลานานจะทำลายจุลินทรีย์ได้มากขึ้น แต่เสียเวลาในการปฏิบัติงาน โดยถ้าพื้นผิวมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์มาก และสารฆ่าเชื้อทำงานช้า ก็ต้องใช้เวลาในการสัมผัสนาน

2.11.2.4 ความสะอาดของพื้นผิว

สารฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพลดลง หากพื้นผิวที่ต้องการทำความสะอาดมีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก (Soils) มาก จึงควรใช้สารฆ่าเชื้อกับพื้นผิวที่ทำความสะอาดแล้วเท่านั้น

2.11.2.5 ความเป็นกรดด่าง (pH)

การใช้สารฆ่าเชื้อที่ความเป็นกรดด่างไม่เหมาะสม จะทำให้ประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อลดลง

2.11.2.6 ความกระด้างของน้ำ

ความกระด้างของน้ำยิ่งสูง จะยิ่งลดประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ ทั้งนี้ขึ้นกับประเภทของสารฆ่าเชื้อนั้นๆ ด้วย

2.11.3 การสร้างฟิล์มชีวภาพของเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิว

ฟิล์มชีวภาพจะช่วยป้องกันตัวจุลินทรีย์ ทำให้สารฆ่าเชื้อไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจึงลดลง การป้องกันการสร้างฟิล์มชีวภาพบนพื้นผิวสามารถทำได้โดยออกแบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้ล้างทำความสะอาดง่าย และใช้สารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมดังภาพที่ 2.10

ภาพที่ 2.10 การล้างทำความสะอาดที่มีประสิทธิภาพ สามารถช่วยให้สารฆ่าเชื้อทำงานได้ดี
ที่มา : หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร (2550)

2.11.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ

เป็นการตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่ภายหลังการฆ่าเชื้อเครื่องมือเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่สัมผัสกับน้ำนม เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ ซึ่งโดยมากจะตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และ *E. coli* ซึ่งวิธีการทดสอบต้องเป็นแบบปลอดเชื้อเพื่อป้องกันการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์จากภายนอก วิธีการทดสอบที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.4.1 Swab test

เป็นการตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้การเช็ดด้วยสำลีพันปลายไม้ซึ่งอบฆ่าเชื้อแล้วและชุบน้ำยาริงเจอร์ (Ringer solution) ก่อนเช็ดลงบนพื้นผิวที่กำหนดด้วยลวดตาราง ซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเช่นกัน จากนั้นนำไปเพาะเชื้อ เพื่อตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่ภายหลังการฆ่าเชื้อ ซึ่งปริมาณมาตรฐานของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ตารางที่ 2.10 แสดงค่าปริมาณมาตรฐานของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) บนพื้นผิวที่สัมผัสกับอาหารหลังการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 2.10 ปริมาณมาตรฐานของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) บนพื้นผิวที่สัมผัสกับอาหารหลังการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ

จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC)	ระดับความสะอาด
1 cfu / ตารางเซนติเมตร	ดีมาก
2-10 cfu / ตารางเซนติเมตร	ดี
11-100 cfu / ตารางเซนติเมตร	ใช้ไม่ได้ (ควรทำความสะอาดและฆ่าเชื้อใหม่)
101-1000 cfu / ตารางเซนติเมตร	ใช้ไม่ได้อย่างยิ่ง

ที่มา : สุวิมล กีรติพิบูล (2543)

2.11.4.2 Rinse test

เป็นการตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้น้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วและทราบปริมาตรแน่นอนไหลผ่านผิวเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับน้ำนม จากนั้นเก็บน้ำกลั่นนั้นไปวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ซึ่งต้องทราบปริมาตรที่แน่นอน เพื่อให้สามารถเทียบหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้

หมายเหตุ: ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่ควรเกิน 100 โคโลนี/100 ตารางเซนติเมตร และต้องไม่พบโคลิฟอร์มและ *E. coli* (สุวิมล กีรติพิบูล, 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 กล้องจุลทรรศน์	Olympus, Japan
3.1.2 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	Gragon, Thailand
3.1.3 เครื่องวัดพีเอช	Hanna Instrument, U.S.A
3.1.4 ตู้เขี่ยเชื้อ	Dwyer, U.S.A
3.1.5 ตู้บ่มเพาะเชื้อ	Memmert, Germany
3.1.6 ตู้อบฆ่าเชื้อ	Thermo, Germany
3.1.7 โถสุญญากาศ	Merck, Germany
3.1.8 แผ่นดูดซับออกซิเจน	Merck, Germany
3.1.9 ไม้พันสำลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อ	3M, U.S.A
3.1.10 วอร์เท็กซ์ มิกเซอร์	Bohemia, U.S.A
3.1.11 หม้อนึ่งอบความดันไอ	Tomy, Japan
3.1.12 อ่างน้ำไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิได้	Memmert, Germany

3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

3.2.1 Agar	Oxoid, England
3.2.2 Man Rogosa Sharpe (MRS Broth)	Merck, Germany
3.2.3 Petrifilm *E. coli* / Coliform count	3M Petrifilm™, U.S.A
3.2.4 Petrifilm Staph Express	3M Petrifilm™, U.S.A
3.2.5 Phosphate Buffer Saline (PBS)	Oxoid, England
3.2.6 Plate count agar (PCA)	Oxoid, England
3.2.7 Potato Dextrose Agar (PDA)	Oxoid, England

3.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ด้านเคมี

3.3.1 ชุดสีย้อมแกรม	Clinag, Thailand
3.3.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์	Merck, Germany
3.3.3 ฟีนอล์ฟทาลีน 1 เปอร์เซ็นต์	Carlo Erba Reagents, Italy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 แอลกอฮอล์	งานผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา, กรุงเทพฯ

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท

ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของสถานที่ผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท โรงงานเนยแข็ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา โดยศึกษาข้อมูลทั่วไป กระบวนการผลิต การล้างทำความสะอาด และการตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิต โดยเข้าทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2551-พฤษภาคม พ.ศ. 2552 โดยเก็บข้อมูลจากการเดินสำรวจโรงงาน สอบถามจากพนักงานที่ปฏิบัติงาน และศึกษาเอกสารกระบวนการผลิต รวมทั้งบันทึกกระบวนการผลิตของโรงงาน

3.4.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท

3.4.2.1 การเก็บตัวอย่าง

1. เก็บตัวอย่างด้วยวิธี swab test ตามวิธี APHA (1992) บนอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตก่อนและหลังการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำหรือน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที จำนวน 6 ตำแหน่ง คือ

1.1 ปลายสายยางที่ปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์จำนวน 1 เส้น โดยการ swab บริเวณพื้นผิวด้านในรอบวงสายยาง เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ความลึก 2.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ตัวอย่าง

1.2 ถังนม 40 ลิตร โดยการ swab บริเวณพื้นผิวภายในถังนมพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร จำนวน 3 จุดที่แตกต่าง คือ ส่วนบน กลาง และส่วนล่างของถัง โดยเลือกสุ่มจุดที่เก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันในแต่ละครั้ง

1.3 ภายในถังผสมนม โดยการ swab บริเวณพื้นผิวภายในถังผสมนมพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตรจำนวน 3 จุดที่แตกต่าง คือ ส่วนบน กลาง และส่วนล่างของถัง โดยเลือกสุ่มจุดที่เก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันในแต่ละครั้ง

1.4 ปลายท่อถังผสมนม โดยการ swab ในบริเวณพื้นผิวด้านใน รอบวงปลายท่อถังผสมนม เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 เซนติเมตร ความลึก 2.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ตัวอย่าง

1.5 ตะแกรงสำหรับกรองนมโดยการ swab บริเวณพื้นผิวทั้ง 2 ด้านบริเวณด้านละ 25 ตารางเซนติเมตร จำนวนด้านละ 2 จุดที่แตกต่าง คือ บริเวณตรงกลาง และส่วนขอบของตะแกรง รวมเป็น 4 จุด โดยเลือกสุ่มจุดที่เก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันในแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 หม้อ 15 ลิตรสำหรับใส่นม โดยการ swab บริเวณพื้นผิวด้านในถังพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตรจำนวน 2 จุดที่แตกต่าง คือ ส่วนกลาง และส่วนล่างของถังโดยเลือกสุ่มจุดที่เก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันในแต่ละครั้ง

2. เก็บตัวอย่างถ้วยโยเกิร์ต ขนาด 150 กรัม จำนวน 3 ถ้วยต่อครั้ง ที่จัดเรียงไว้ภายในห้องบรรจุ ด้วยวิธี rinse test ตามวิธีการของ Marshall (1993)

3. เก็บตัวอย่างนมปราศจากไขมันจากถังนม 40 ลิตร โดยเก็บใส่ขวดเก็บตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4. เก็บตัวอย่างแยม ได้แก่ แยมสตรอเบอร์รี่ แยมผลไม้รวม และวุ้นมะพร้าวจากกล่องบรรจุที่แบ่งออกจากถุงก่อนนำไปบรรจุลงถ้วยในแต่ละวัน โดยแต่ละตัวอย่างเก็บใส่ขวดเก็บตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

5. เก็บตัวอย่างน้ำประปาที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดเครื่องมืออุปกรณ์ก่อนการผลิต ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวดเก็บตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

6. เก็บตัวอย่างบนถุงมือพนักงานด้วยวิธี swab test ทั้งด้านซ้ายและขวา ในขั้นตอนการตักแยมใส่ถ้วย จำนวน 2 คน และขั้นตอนการบรรจุจำนวน 2 คน รวมเป็น 4 คน ในขณะกำลังปฏิบัติงานกะบ่ายในแต่ละแผนกไม่เกิน 1 ชั่วโมง โดยการ swab บริเวณถุงมือข้างละ 25 ตารางเซนติเมตร ตามวิธีการของ APHA (1992)

3.4.2.2 การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์

ทำการเจือจางตัวอย่างทั้งหมด จากข้อ 1 - 6 ด้วยสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์ (phosphate buffer) นำสารละลายเจือจางที่ได้ มาตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli*, *S. aureus*, ยีสต์และรา ดังตารางที่ 3.1 และภาคผนวก ข

ตารางที่ 3.1 การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ในตัวอย่างที่ได้จากกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท

การวิเคราะห์จุลินทรีย์	อาหารเลี้ยงเชื้อ	สภาวะที่ใช้ในการบ่ม	เอกสารอ้างอิง
จุลินทรีย์ทั้งหมด	Plate count agar (PCA)	37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง	APHA (1992)
โคลิฟอร์ม และ *E. coli*	3M Petrifilm *E. coli* / Coliform count (EC)	37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง	Curiale และคณะ (1989)
S. aureus	3M Petrifilm Staph Express	37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง	Silbernagel และคณะ (2003)
ยีสต์และรา	Potato dextrose agar (PDA)	32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง	APHA (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.3 การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องบรรจุโยเกิร์ต

ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอากาศ ยีสต์และราในห้องบรรจุโยเกิร์ตตามวิธีการของนันทพร บุญเนาว์ (2544) โดยห้องบรรจุมีขนาดความกว้าง 3.5 เมตร ยาว 2.8 เมตร มีการควบคุมอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียสโดยใช้เครื่องปรับอากาศ และมีการฆ่าเชื้อด้วยหลอดยูวี ที่เปิดทุกวันหลังเลิกงานเวลาประมาณ 16.00 น. และปิดในตอนเช้าเวลาประมาณ 6.00 น. การตรวจสอบทำในเวลาก่อนการบรรจุโยเกิร์ตในช่วงบ่ายเวลาประมาณ 13.30 น. โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) และ Potato dextrose agar (PDA) วางบริเวณโต๊ะบรรจุที่ลมจากเครื่องปรับอากาศตกมาถึง โดยเปิดฝาจานเพาะอาหารเลี้ยงเชื้อทิ้งไว้ เป็นเวลา 15 นาที ปิดฝา แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง รายงานผลโดยการนับจำนวนโคโลนีต่อหน่วยพื้นที่ต่อเวลา

3.4.2.4 การวิเคราะห์ผล

นำผลการตรวจวิเคราะห์ในข้อ 3.4.2.2 มาวิเคราะห์ผลด้านสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแบบเซ็ท

3.4.3.1 การเก็บตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหลังการบ่มจากห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จำนวน 4 รส ได้แก่ รสธรรมชาติ รสสตรอเบอร์รี่ รสผลไม้รวม และรสวุ้นมะพร้าว รสละ 10 ถ้วย จำนวน 40 ถ้วย นำตัวอย่างทั้งหมดไปจัดเก็บในห้องเย็น 4 องศาเซลเซียส ทำการเก็บตัวอย่างโยเกิร์ตที่ 0, 1, 7, 14 และ 21 วัน นำมาตรวจวิเคราะห์ทางด้านเคมีและจุลินทรีย์

3.4.3.2 การตรวจวิเคราะห์ด้านเคมี

ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง โดยใช้เครื่องวัดพีเอช และไตเตรทหาเปอร์เซ็นต์กรด (titratable acidity) ตามวิธีของ APHA (1992) ดังภาคผนวก ก

3.4.3.3 การตรวจวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์

นำโยเกิร์ตมาทำการเจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์(phosphate buffer) ระดับความเข้มข้น 10^{-4}, 10^{-5} และ 10^{-6} นำมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม, *E. coli*, *S. aureus*, ยีสต์และรา ดังตารางที่ 3.1 และปริมาณแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในสภาวะไม่มีออกซิเจน (Chr. Hansen, 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.4 การวิเคราะห์ผล

นำผลการตรวจวิเคราะห์ด้านเคมีในข้อ 3.4.3.2 และจุลินทรีย์ในข้อ 3.4.3.3 มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.4 การแยกและจำแนกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท

3.4.4.1 การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี swab test บนอุปกรณ์ ตามวิธีในข้อ 3.4.2.1 นำมาตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีในข้อ 3.4.2.2

3.4.4.2 การแยกเชื้อบริสุทธิ์

ทำการคัดเลือกจุลินทรีย์ที่ได้จากข้อ 3.4.4.1 ที่มีลักษณะโคโลนีแตกต่างกันนำมาแยกเชื้อให้บริสุทธิ์โดยวิธี streak plate บนอาหาร Plate count agar (PCA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ได้โคโลนีเดี่ยว เขี่ยเชื้อบริสุทธิ์ที่ได้ลงบนผิวหน้าเอียงของหลอดอาหาร Plate count agar (PCA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.4.4.3 การศึกษาลักษณะทางสัญฐานวิทยาของจุลินทรีย์

ทำการตรวจดูลักษณะทางสัญฐานวิทยาของเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้ด้วยการย้อมสีแบบแกรม นำไปส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1,000 เท่า เพื่อดูแกรม ลักษณะของเซลล์และการจัดเรียงตัวของจุลินทรีย์

3.4.4.4 การจำแนกสายพันธุ์

นำเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้ไปจำแนกชนิดและสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข จังหวัดนนทบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานเนยแข็ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

4.1.1 ข้อมูลทั่วไป (โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา, 2551)

โรงงานเนยแข็ง ตั้งอยู่ภายในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา พระราชวังดุสิต ถ.ราชวิถี แขวงสวนจิตรลดา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2530 ในวโรกาสเฉลิมพระชนมพรรษาห้ารอบและพระราชพิธีรัชมังคลาภิเษกของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดาได้สร้างอาคารโรงเนยแข็งเพื่อเฉลิมพระเกียรติ โดยมีบริษัทสหกรณ์ ซี.ซี. ฟรีสแลนด์ ประเทศเนเธอร์แลนด์ น้อมเกล้าฯ ถวายเครื่องมือผลิตเนยแข็ง ซึ่งสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีได้พระราชทานชื่อเนยแข็งที่ผลิตว่า "เนยแข็งมหามงคล" มี 2 ชนิด ได้แก่ เกาด้า (Gouda) และเช็ดด้า (Cheddar) และในปี พ.ศ. 2532 รัฐบาลเดนมาร์กได้น้อมเกล้าฯ ถวายชุดเครื่องพาสเจอร์ไรส์และโฮโมจิไนส์สำหรับผลิตนมปราศจากไขมัน ส่วนในปี พ.ศ. 2542 ในวโรกาสเฉลิมพระชนมพรรษาหกรอบ ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา ได้ต่อเติมอาคารโรงเนยแข็งส่วนใหม่เพิ่มขึ้นเพื่อเป็นการเฉลิมพระเกียรติเรียกว่า "อาคารเฉลิมพระเกียรติหกรอบ 1 พ.ศ. 2542" ปัจจุบันโรงงานเนยแข็งมีการปรับปรุงโครงสร้างอาคารผลิตใหม่ เพื่อให้เหมาะสมถูกต้องตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิต (GMP) แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2553

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์นมของโรงเนยแข็งมีหลายชนิด อาทิ เนยแข็งปรุงแต่ง (processed cheese) ชนิดแผ่น เนยแข็งชนิดทา เนยแข็งพร้อมขนมปังกรอบ และเนยสด นอกจากนี้ยังมีการผลิตไอศกรีมรสกาแฟ ช็อกโกแลต วานิลลา และสตรอเบอร์รี่ ไอศกรีมชนิดพรีเมียม รสกาแฟช็อกโกแลตชิพ ดับเบิ้ลช็อกโกแลตชิพ มิ้นท์ช็อกโกแลตชิพ และไอศกรีมโยเกิร์ต นมเปรี้ยวพร้อมดื่มชนิดพร่องไขมันรสมะนาว สตรอเบอร์รี่ ส้มและองุ่น โยเกิร์ตรสธรรมชาติ ผลไม้รวม สตรอเบอร์รี่ และวุ้นมะพร้าว รวมถึงนมข้นหวานบรรจุหลอด เป็นโรงงานขนาดเล็ก โดยมีลักษณะกิจการเป็นโครงการทดลองแปรรูปผลิตภัณฑ์จากการเกษตร ซึ่งมีการจัดผลิตภัณฑ์ออกจำหน่ายในราคาย่อมเยา ในรูปแบบที่ไม่หวังผลกำไร สถานที่ตั้งของโรงงานเนยแข็งอยู่ติดกับโรงงานนมผงสวนจิตรลดา และโรงงานศูนย์รวมนม โครงสร้างอาคารผลิตอยู่ในสภาพค่อนข้างดี ลักษณะตัวอาคารเป็นอาคารชั้นเดียว มีการจัดแบ่งบริเวณผลิตออกเป็น 14 ห้อง ได้แก่ ห้องพาสเจอร์ไรส์ ห้องผลิตเนยแข็ง ห้องเก็บเนยแข็ง ห้องผลิตโยเกิร์ต บริเวณผลิตนมขวด ห้องผลิตไอศกรีมและนมข้นหวาน ห้องติดสติ๊กเกอร์ ห้องพัสดุ ห้องชั่งสาร ห้องปั๊มวันที่ขวด ห้องเย็น ห้องแช่แข็ง ห้องแต่งตัว

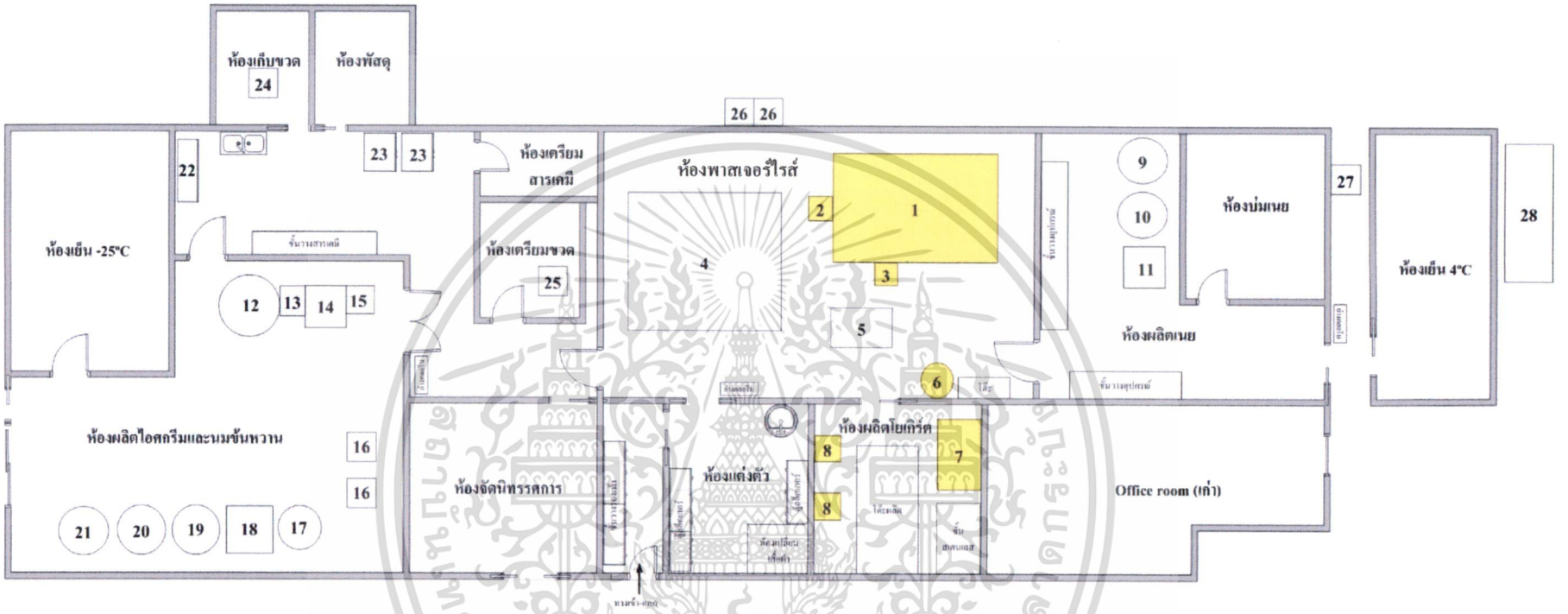
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องธุรการ และห้องโชว์ผลิตภัณฑ์ ส่วนการเข้าออกของพนักงานเข้าสู่บริเวณผลิตจะเปลี่ยนเสื้อผ้าและรองเท้าที่ห้องแต่งตัวก่อนเข้าสู่บริเวณผลิตต้องมีการล้างมือและผ่านอ่างน้ำคลอรีนล้างเท้า โดยที่อ่างล้างมือจะติดตั้งอยู่ภายในห้องแต่งตัว ส่วนอ่างล้างเท้าจะติดตั้งอยู่ 2 จุด คือจุดที่ 1 บริเวณหน้าทางเข้าสู่บริเวณผลิต และจุดที่ 2 คือบริเวณหน้าห้องเย็น รายละเอียดแผนผังโรงงานและการติดตั้งเครื่องจักร ดังภาพที่ 4.1 การบริหารงานของโรงงานเนยแข็ง อยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของท่านเลขาธิการสำนักพระราชวัง ดำรงตำแหน่งเป็นผู้อำนวยการโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา ส่วนการจัดการภายในโรงงานเนยแข็งมีหัวหน้าโรงงานเป็นผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน โดยมีจำนวนพนักงาน 17 คน รับผิดชอบแผนกโยเกิร์ต 2 คน มีการผลิตโยเกิร์ต 2 ช่วงเวลา คือ 7.00-10.00 น. และ 13.00-16.00 น. กำลังการผลิต 1,000 ถ้วย/วัน (ช่วงเวลาละ 500 ถ้วย/วัน) โดยรับนมดิบจากสหกรณ์ห้วยสัตว์ใหญ่ โชคชัย หนองโพ มวกเหล็ก และสหกรณ์ท่ามะกาหมุนเวียนกันโดยจัดส่งที่ร้านค้าโครงการหลวงในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

4.1.2 กระบวนการผลิตโยเกิร์ตของโรงงานเนยแข็ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

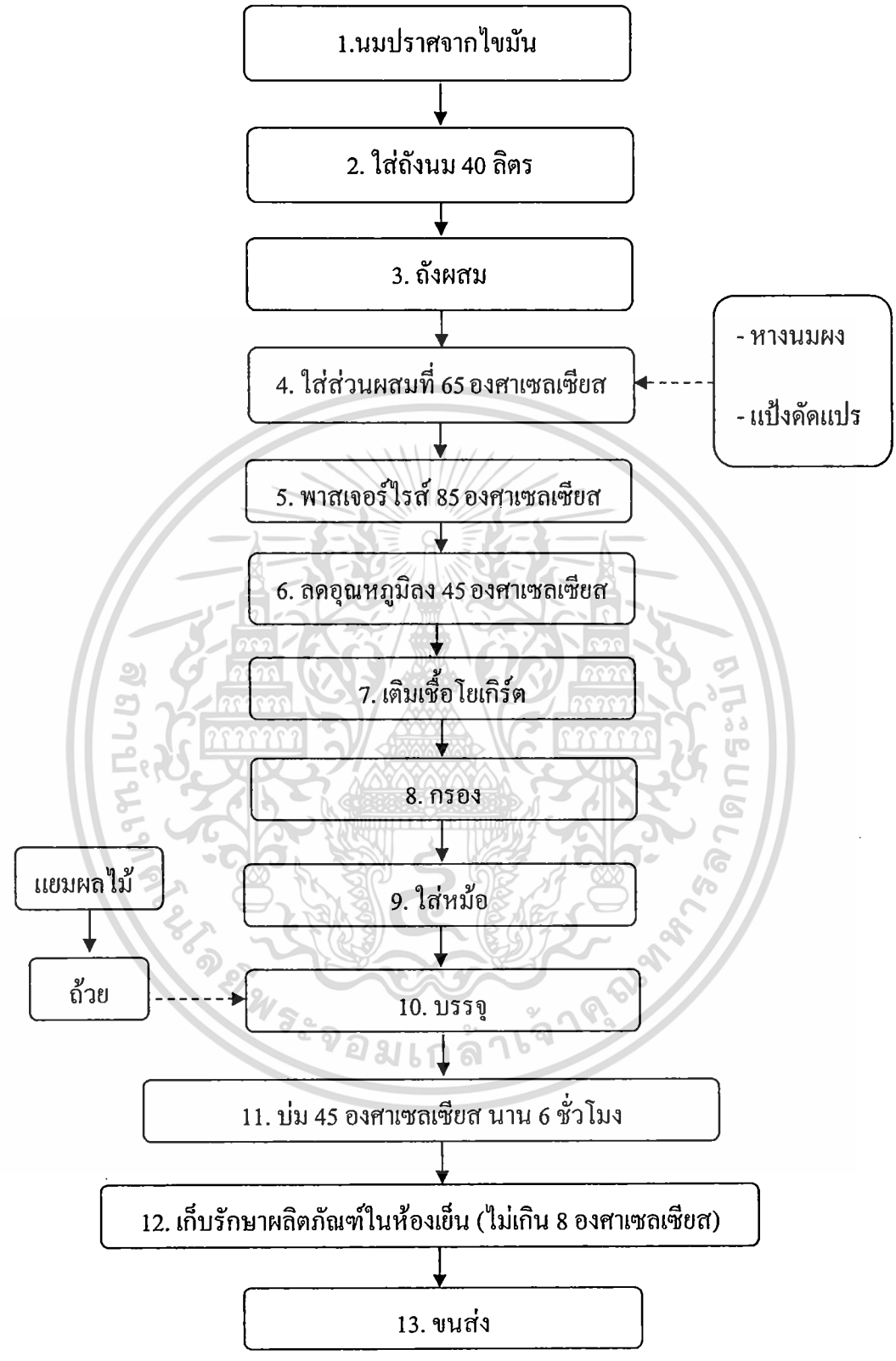
กระบวนการผลิตโยเกิร์ตของโรงงานเนยแข็ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดานี้มีแผนผังกระบวนการผลิตจากการรับนมดิบจากถังรับนมดิบของโรงงาน จนถึงการพาสเจอร์ไรส์นมปราศจากไขมันเพื่อใช้ในการผลิตโยเกิร์ต และแผนผังกระบวนการผลิตโยเกิร์ตจนกระทั่งจัดเรียงผลิตภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ดังภาพที่ 4.2 ซึ่งกระบวนการผลิตโยเกิร์ตเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง ในกระบวนการผลิตมีการขนถ่ายใส่ภาชนะในหลายขั้นตอนโดยใช้คนเป็นหลัก โครงสร้างอาคารมีการดัดแปลงและต่อเติมหลายส่วน มีการผลิตผลิตภัณฑ์หลายอย่างที่ซ้อนทับเส้นทางกัน พนักงานมีหน้าที่รับผิดชอบหลายอย่าง เนื่องจากมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย จึงทำให้เส้นทางของกระบวนการผลิตมีเส้นทางซ้อนทับกัน (cross line) ซึ่งไม่ถูกต้องตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิต (GMP) พนักงานมีหน้าที่ความรับผิดชอบหลายอย่าง เนื่องจากจำนวนพนักงานมีไม่เพียงพออีกทั้งโรงงานมีผลิตภัณฑ์หลายชนิด ในบางครั้งต้องผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิดในเวลาเดียวกัน จึงทำให้ยากต่อการควบคุมในเรื่องของความสะอาดทั้งในส่วนของเครื่องมือ เครื่องจักร อาคารการผลิต และสุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญ โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตนั้นเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง จึงมีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนข้ามสู่ผลิตภัณฑ์ได้ โดยเฉพาะเครื่องมือเครื่องจักรที่ต้องสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ในระหว่างการผลิตโดยตรง หากมีการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อที่ไม่มีประสิทธิภาพจะเป็นการเพิ่มโอกาสในการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 แผนผังโรงงานและการติดตั้งเครื่องจักร โรงงานเนยแข็ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

(1) เครื่องพาสเจอร์ไรส์ (2) เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (3) เครื่องแยกครีม (4) เครื่องบรรจุนมขวด (5) เครื่องบรรจุนมถุง (6) เครื่องผสม (7) ตู้บ่มโยเกิร์ต (8) เครื่องซีลฝาโยเกิร์ต (9) เครื่องปั่นผสมความเร็วสูง (10) เครื่องปั่นผสมเนยแข็ง (11) เครื่องปั่นเนยสด (12) เครื่องบรรจุนมข้นหวาน (13) เครื่องซีลเนยทา/แครกเกอร์ (14) ตู้แช่ไอศกรีม -40 องศาเซลเซียส (15) ตู้บ่มไอศกรีม (16) เครื่องปั่นไอศกรีมโยเกิร์ต (17) เครื่องบรรจุไอศกรีมอัตโนมัติ (18) เครื่องปั่นไอศกรีม (19) เครื่องผสมไอศกรีม (20) เครื่องซี ไอ พี (21) เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (22) เครื่องลวกน้ำร้อนขวด (23) ตู้เย็น (24) เครื่องปั๊มวันที่ขวด (25) เครื่องซีลเนยสุญญากาศ (26) เครื่องซี ไอ พี (27) บ่อหล่อเย็นและ (28) ถังรับนมดิบ



ภาพที่ 4.2 กระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.1 การรับนมดิบ

เป็นการรับนมดิบจากรถส่งนมจากสหกรณ์ห้วยสัตว์ใหญ่ โชคชัย หนองโพ มวกเหล็ก และสหกรณ์ท่ามะกาหมุนเวียนกันส่งนมดิบ ในเวลาประมาณ 22.00 น. ทางงานควบคุมคุณภาพจะทำการสุ่มตรวจคุณภาพน้ำนมดิบทางด้านเคมี โดยการวัดค่าเปอร์เซ็นต์กรด ค่าความถ่วงจำเพาะ และจุลินทรีย์โดยใช้เมทธิลีนบลู เมื่อผลผ่านจะขนถ่ายนมเข้าถังรับนมดิบส่วนกลาง ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส โดยควบคุมระยะเวลาที่นมดิบอยู่ในถังพักไม่เกิน 8 ชั่วโมง ก่อนที่จะกระจายไปตามโรงงานต่างๆ โดยโรงงานเนยแข็งจะรับนมดิบประมาณ 2 ตัน/วัน เพื่อนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในส่วนของการผลิตโยเกิร์ตสามารถใช้นมดิบประมาณ 120 ลิตร/วัน

4.1.2.2 การเก็บรักษานมดิบในถังเก็บนมดิบ

นมดิบจากถังรับนมดิบส่วนกลางจะถูกส่งเข้าถังรับนมดิบของโรงงาน ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิต

4.1.2.3 การพาสเจอร์ไรส์ เพื่อทำนมปราศจากไขมัน

พนักงานผลิตตรวจสอบระบบพาสเจอร์ไรส์ก่อนทำการผลิตทุกวัน และทำการฆ่าเชื้อโดยการวนน้ำร้อน อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นนำนมดิบจากถังรับนมดิบมาทำการพาสเจอร์ไรส์ ซึ่งใช้การทำงานของแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger; PHE) โดยนมดิบที่มีอุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส เข้าสู่ส่วน regenerating section เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับนมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ซึ่งมีอุณหภูมิมากกว่า 72 องศาเซลเซียส ทำให้นมดิบมีอุณหภูมิสูงประมาณ 60-65 องศาเซลเซียส แล้วผ่านเครื่องแยกครีม (separator) เพื่อแยกไขมันออก ก่อนเข้าเครื่องโฮโมจิไนส์ ความดัน 1,000 ปอร์นต่อตารางนิ้ว เพื่อทำให้ไขมันในนมแตกตัวเป็นเม็ดเล็กๆ ทำให้นมเป็นเนื้อเดียวกันไม่เกิดการแยกชั้น จากนั้นนมปราศจากไขมันจะถูกส่งต่อไปยังส่วนแลกเปลี่ยนความร้อน (heating section) เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้หม้อไอน้ำ (boiler) เป็นระบบให้ความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ ทำให้นมมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนมที่มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส จะถูกส่งไปยังท่อรักษาอุณหภูมิ (holding tube) ซึ่งเป็นท่อที่มีความยาวเพื่อให้นมไหลผ่านไม่น้อยกว่า 15 วินาที และอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจะถูกส่งไปยังส่วนแลกเปลี่ยนความเย็น (regenerating section) อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส เพื่อแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับนม นมจะมีอุณหภูมิเหลือ 50-60 องศาเซลเซียส จากนั้นนมที่ไหลมาจาก ส่วนแลกเปลี่ยนความเย็น (regenerating section) จากนั้นจะเข้าสู่ส่วนที่ให้ความเย็นกับผลิตภัณฑ์ (cooling section) เป็นส่วนที่นมอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็น อุณหภูมิ 0-2 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้น้ำเย็นจากบ่อน้ำเย็น (cooling tank) มาผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความเย็น เป็นระบบให้ความเย็นกับกระบวนการลดอุณหภูมิ จนกระทั่งทำให้นมที่ออกจากระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

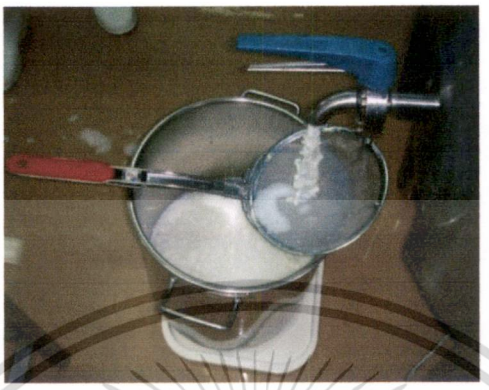
พาสเจอร์ไรส์มีอุณหภูมิลดลง 4-5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า ก่อนจะปล่อยนมออกทางสายยางลงสู่ถังนมขนาด 40 ลิตร นำไปจัดเก็บในห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียสก่อนนำไปผลิตโยเกิร์ต โดยจะแบ่งการผลิตออกเป็นวันละ 2 กะ คือ การผลิตช่วงเช้า เวลา 7.00-10.00 น. และช่วงบ่ายเวลา 13.00-16.00 น. ส่วนนมที่เหลือจากการผลิตโยเกิร์ตในแต่ละวันจะถูกเก็บไว้ในห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาผลิตในวันถัดไป การทำนมพาสเจอร์ไรส์ปราศจากไขมันจะใช้สำหรับการผลิตโยเกิร์ต 2 วัน/ครั้ง

4.1.2.4 การผลิตโยเกิร์ต

การผลิตโยเกิร์ตเป็นแบบเซ็ท (set yoghurt) คือกระบวนการหมักจะเกิดขึ้นในภาชนะบรรจุทำให้ลิ่มนมมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นโยเกิร์ตแบบไขมันต่ำ คือมีปริมาณไขมันต่ำกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีการเติมแยมผลไม้ไว้ที่ก้นถ้วย กรรมวิธีการผลิตเริ่มจากการนำนมปราศจากไขมันจากข้อ 4.1.2.3 จำนวน 60 ลิตรมาเทใส่ถังผสมนมขนาด 100 ลิตร ปั่นด้วยความเร็ว 920 รอบ/นาที โดยตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 65 องศาเซลเซียส แล้วใส่ส่วนผสม ได้แก่ แป้งดัดแปรและหางนมผง ใช้เวลาประมาณ 25 นาที เพื่อให้ส่วนผสมเข้ากันดี จึงเก็บตัวอย่างนมมาวัดปริมาตรของแข็ง (Brix) ให้ได้ 12-14 บริกซ์ หลังจากนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิให้ได้ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงลดอุณหภูมิลงมาให้ได้ 45 องศาเซลเซียส เติมเชื้อโยเกิร์ตซึ่งเป็นจุลินทรีย์ผสม ABY-3 ของ Chr. Hansen's Laboratory ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งประกอบด้วยเชื้อ *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacteriam lactis* ผสมให้เข้ากันประมาณ 15 นาที ในระหว่างที่เตรียมนมอยู่นั้น พนักงานมีการเตรียมตักแยมใส่ถ้วยโยเกิร์ตไว้ โดยมีพนักงานตักแยมจำนวน 2 คน นำถ้วยโยเกิร์ตมาตักแยมแต่ละรสใส่ถ้วยประมาณ 35-40 กรัม นำถ้วยที่ใส่แยมไว้แล้ววางเรียงไว้ในถาดพลาสติกจำนวนถาดละ 20 ถ้วย แล้วนำถาดไปวางไว้บนชั้น สเตนเลสขนาด 10 ชั้น เมื่อเตรียมนมได้แล้วพนักงานทำการปล่อยนมออกจากถังผสมนมโดยการเปิดวาล์วใส่ลงในหม้อขนาด 15 ลิตร ที่มีการวางตะแกรงสำหรับกรองนมไว้บนปากหม้อดังภาพที่ 4.3 ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมตามข้อกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิต (GMP) เมื่อได้นมเต็มหม้อแล้วพนักงานใช้ตะแกรงที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำช้อนฟองที่เกิดขึ้นออก เพื่อให้เนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตเรียบเนียน ไม่มีฟองอากาศ หลังจากนั้นจึงยกหม้อใส่นมเข้าไปบรรจุในห้องบรรจุโยเกิร์ตที่มีอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียสโดยใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งมีพนักงานในการบรรจุ 2 คน ทำการบรรจุนมโดยใช้วิธีนำกระบอกตวงขนาด 200 มิลลิลิตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำตักนมจากหม้อมาเทบรรจุใส่ถ้วยโยเกิร์ตที่พนักงานตักแยมรสต่างๆ เตรียมไว้ โดยโยเกิร์ตรสธรรมชาติมีนมปริมาณ150 มิลลิลิตร ส่วนโยเกิร์ตรสสตรอเบอร์รี่ ผลไม้รวมและวุ้นมะพร้าวมีปริมาณ 110-115 มิลลิลิตร นำไปปิดฝาฟอล์ยด้วยเครื่องปิดฟอล์ย แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปจัดเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.3 การใช้ตะแกรงสำหรับกรองนมและใช้ช้อนฟองนม โดยวางไว้บนหม้อขนาด 15 ลิตร ก่อนการนำไปบรรจุ

4.1.2.5 การเก็บรักษาโยเกิร์ตในห้องเย็น

โยเกิร์ตที่บ่มแล้วถูกนำมาจัดเก็บในห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิประมาณ 8 องศาเซลเซียส และมีอายุการเก็บรักษา 28 วัน ดังภาพที่ 4.4 โดยห้องเย็นมีระบบการจัดเรียงโดยที่ผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าห้องเย็นก่อนจะถูกนำออกจากห้องเย็นก่อน หรือเรียกว่า FIFO (First In First Out) การจัดเรียง โยเกิร์ต ทำการเรียงใส่ตะกร้าพลาสติกที่แบ่งออกเป็นช่องสำหรับใส่ถ้วยโยเกิร์ต โดยจัดเรียงโยเกิร์ตได้ 25 ถ้วยต่อตะกร้า เรียงตะกร้าพลาสติกเป็นชั้นซ้อนไม่เกิน 5 ชั้น ช่างประจำโรงงานตรวจสอบอุณหภูมิห้องเย็นทุก 1 ชั่วโมง พร้อมทั้งลงบันทึกลงในแบบฟอร์มบันทึกอุณหภูมิห้องเย็น

ภาพที่ 4.4 การจัดเก็บโยเกิร์ตในห้องเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.6 การขนส่ง

การขนส่ง พนักงานจัดส่งผลิตภัณฑ์โดยนำใบเบิกของให้กับพนักงานคลังสินค้าเพื่อจัดผลิตภัณฑ์ตามใบเบิกของให้ครบตามชนิด จำนวน นำใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุงให้เรียบร้อย แล้วลำเลียงใส่รถเข็น โดยวางซ้อนทับกัน เพื่อขนย้ายไปยังรถขนส่งผลิตภัณฑ์ โดยก่อนที่จะมีการขนส่ง พนักงานยานพาหนะซึ่งมีหน้าที่ขับรถขนส่ง มีการตรวจสอบความสะอาด สภาพรถ เครื่องทำความเย็นของห้องเย็นรถขนส่ง และร่องรอยสัตว์พาหะก่อนทุกครั้ง และติดเครื่องยนต์รถขนส่งทิ้งไว้เพื่อเปิดเครื่องทำความเย็นรอจนกระทั่งห้องเย็นมีอุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำเครื่องวัดอุณหภูมิ (data logger) แขวนไว้ในห้องเย็นรถขนส่ง เพื่อบันทึกอุณหภูมิในระหว่างการขนส่ง การลำเลียงผลิตภัณฑ์จากรถเข็นใส่ไว้ในห้องเย็นรถขนส่งนั้น มีการจัดเรียงให้ผลิตภัณฑ์ที่จัดส่งสถานที่ลำดับแรกอยู่ชั้นบนสุด ส่วนสถานที่จัดส่งสุดท้ายอยู่ชั้นล่างสุด เพื่อสะดวกในการจัดส่ง ซึ่งการขนส่งแต่ละครั้งมีผลิตภัณฑ์นมชนิดอื่นที่ต้องควบคุมอุณหภูมิในการขนส่งอยู่ด้วย แต่มีการจัดวางแยกกันอย่างชัดเจน

4.1.3 การล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อเครื่องจักรและอุปกรณ์

โรงงานเนยแข็ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา มีขั้นตอนในการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อเครื่องจักร และอุปกรณ์ดังนี้

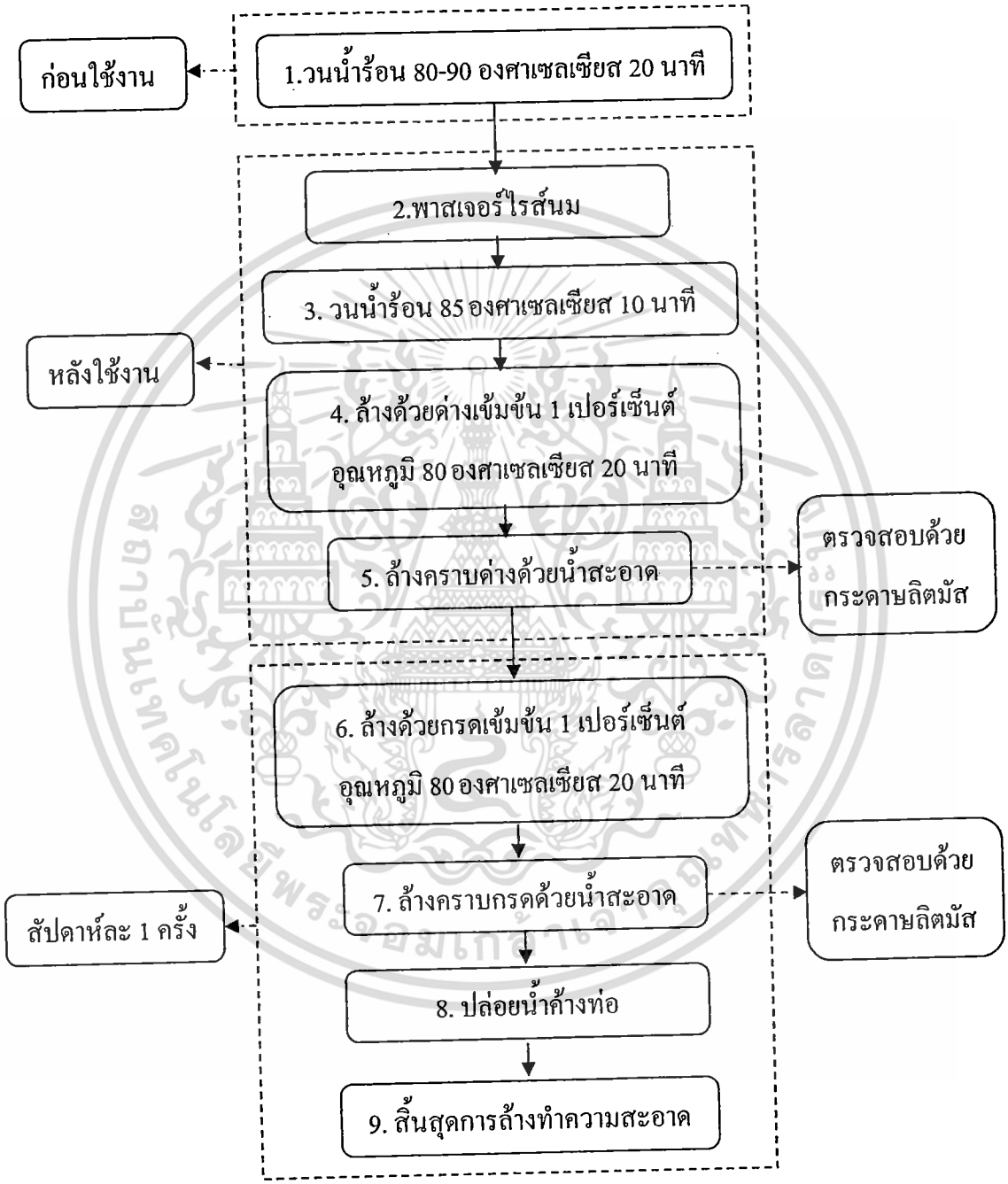
4.1.3.1 เครื่องพาสเจอร์ไรส์

ก่อนการผลิต : ก่อนการผลิตทุกวัน ทำการฆ่าเชื้อด้วยระบบ Cleaning in place (CIP) โดยใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

หลังการผลิต : หลังการผลิตทุกวัน ทำการล้างทำความสะอาดด้วยระบบ CIP โดยใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (ผสมน้ำร้อน 50 ลิตร ต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 1 กิโลกรัม) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นวนล้างทำความสะอาดด้วย น้ำร้อนจนกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์จะหมดแล้ววนต่อด้วยน้ำประปาประมาณ 20 นาที ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสสีแดง จนกว่ากระดาษจะไม่เปลี่ยนสีเป็นอันสิ้นสุดขั้นตอนการล้างทำความสะอาดประจำวัน แต่จะมีการใช้สารละลายกรดไนตริก สัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยเมื่อวนน้ำล้างทำความสะอาดโซเดียมไฮดรอกไซด์หมดแล้วจึงล้างทำความสะอาดโดยใช้สารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (ผสมน้ำร้อน 50 ลิตร ต่อกรดไนตริกปริมาณ 1 ลิตร) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาทีหลังจากนั้นวนล้างทำความสะอาดจนกว่ากรดไนตริกจะหมดประมาณ 20 นาที ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินจนกว่ากระดาษจะไม่เปลี่ยนสี ดังภาพที่ 4.5 การล้างทำความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะอาดเครื่องพาสเจอร์ไรส์ไม่ได้มีการตรวจสอบความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ก่อนการล้างทำความสะอาด ทำให้ความเข้มข้นที่ใช้อาจไม่เพียงพอต่อประสิทธิภาพการล้างทำความสะอาดได้



ภาพที่ 4.5 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อของระบบพาสเจอร์ไรส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 ถังผสมนม

ก่อนการผลิต : ก่อนการผลิตทุกวัน ทำการฆ่าเชื้อด้วยระบบ CIP โดยการต้มน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

หลังการผลิต : หลังการผลิตทุกวัน ทำการล้างทำความสะอาดด้วยระบบ CIP โดยการต้มน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วถ่ายน้ำออก ถอดชิ้นส่วนวาล์ว ท่อถังผสมและใบพัดออก ทำความสะอาดโดยใช้น้ำยาทำความสะอาด (ทีโพลล์) ขัดถูภายในถังผสม และชิ้นส่วนที่ถอดออกด้วยแปรง ล้างออกด้วยน้ำสะอาด ประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของถังผสมให้เรียบร้อย เป็นอันสิ้นสุดขั้นตอนการล้างทำความสะอาดประจำวัน แต่มีการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ (Virusolve บริษัทเค เอ็ม เคมิคอล คอร์ปอเรชั่น จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา) สัปดาห์ละ 1 ครั้งโดยแช่ถังผสมด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ อัตราส่วน 1 ส่วนต่อน้ำ 19 ส่วน ทิ้งไว้ค้างคืน ตอนเช้าก่อนทำการผลิตทำการถ่ายน้ำยาฆ่าเชื้อภายในถังนมออก แล้วจึงทำการฆ่าเชื้อโดยใส่น้ำไปในถัง ต้มให้ร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีก่อนทำการผลิตประจำวัน ซึ่งขั้นตอนในการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อถังผสมดังภาพที่ 4.6

4.1.3.3 เครื่องมืออุปกรณ์ ได้แก่ หม้อ 15 ลิตร ถังนม 40 ลิตร ตะแกรงและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ

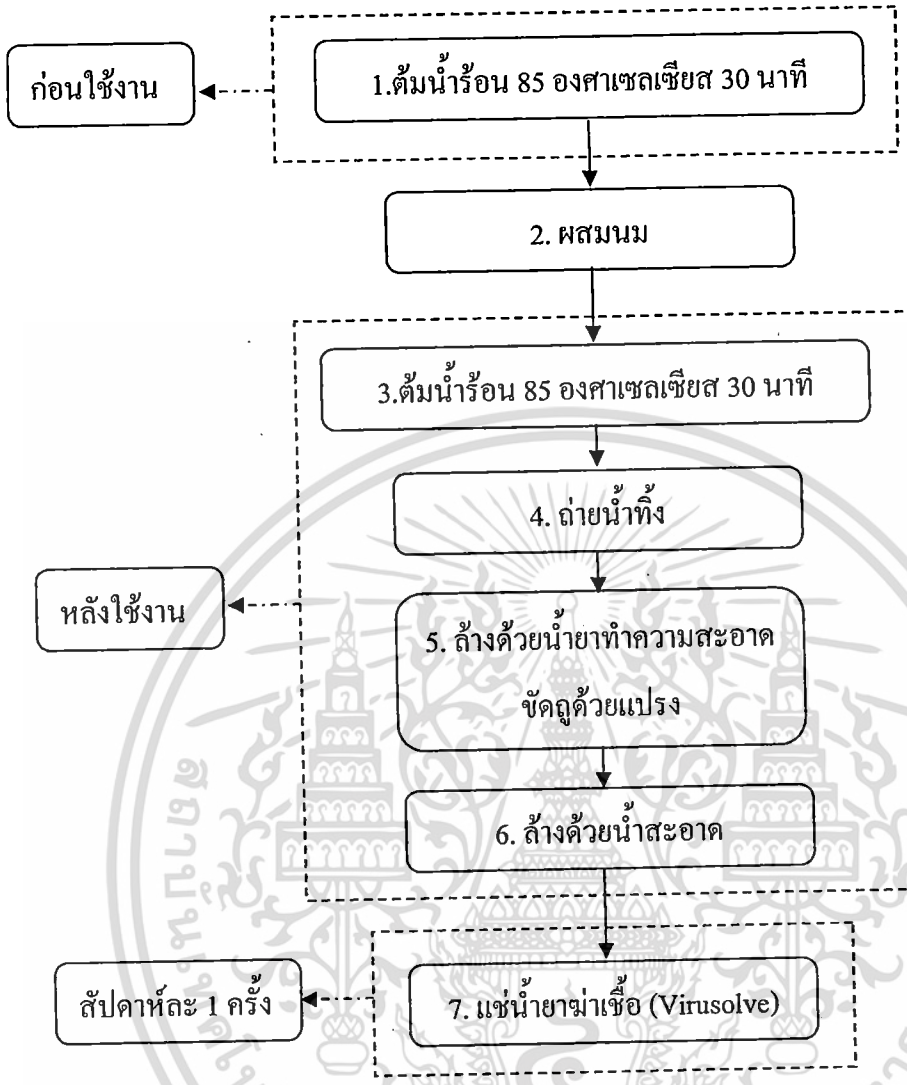
ก่อนการผลิต : ก่อนการผลิตทุกวัน นำอุปกรณ์ที่ล้างไว้แล้วมาทำการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำหรือน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสก่อนการนำไปใช้งาน

หลังการผลิต : หลังการผลิตทุกวัน ทำการล้างทำความสะอาดเครื่องมืออุปกรณ์โดยใช้น้ำยาทำความสะอาด (ทีโพลล์) ขัดถูด้วยแปรง ล้างออกด้วยน้ำสะอาด คว่ำไว้ที่โต๊ะสำหรับวางอุปกรณ์

4.1.4 สุขลักษณะส่วนบุคคลของพนักงานที่ปฏิบัติงาน

ก่อนเข้าสู่บริเวณผลิตพนักงานจะเปลี่ยนจากชุดลำลองเป็นชุดปฏิบัติงานที่ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า สวมหมวก ผ้าปิดปากและรองเท้าบู๊ท ล้างมือด้วยน้ำยาทำความสะอาด ฉีดแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ แล้วสวมถุงมือยางแล้วฉีดแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ที่ถุงมืออีกครั้งก่อนเข้าสู่บริเวณผลิต จุ่มรองเท้าบู๊ทในอ่างคลอรีนก่อนเข้าสู่ห้องผลิต พนักงานไม่มีการเปลี่ยนถุงมือเมื่อเปลี่ยนหน้าที่ปฏิบัติงานจนกระทั่งออกจากบริเวณผลิต รวมทั้งไม่มีการกำหนดความถี่ในการฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ที่ถุงมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อถังผสมนมด้วยระบบ CIP

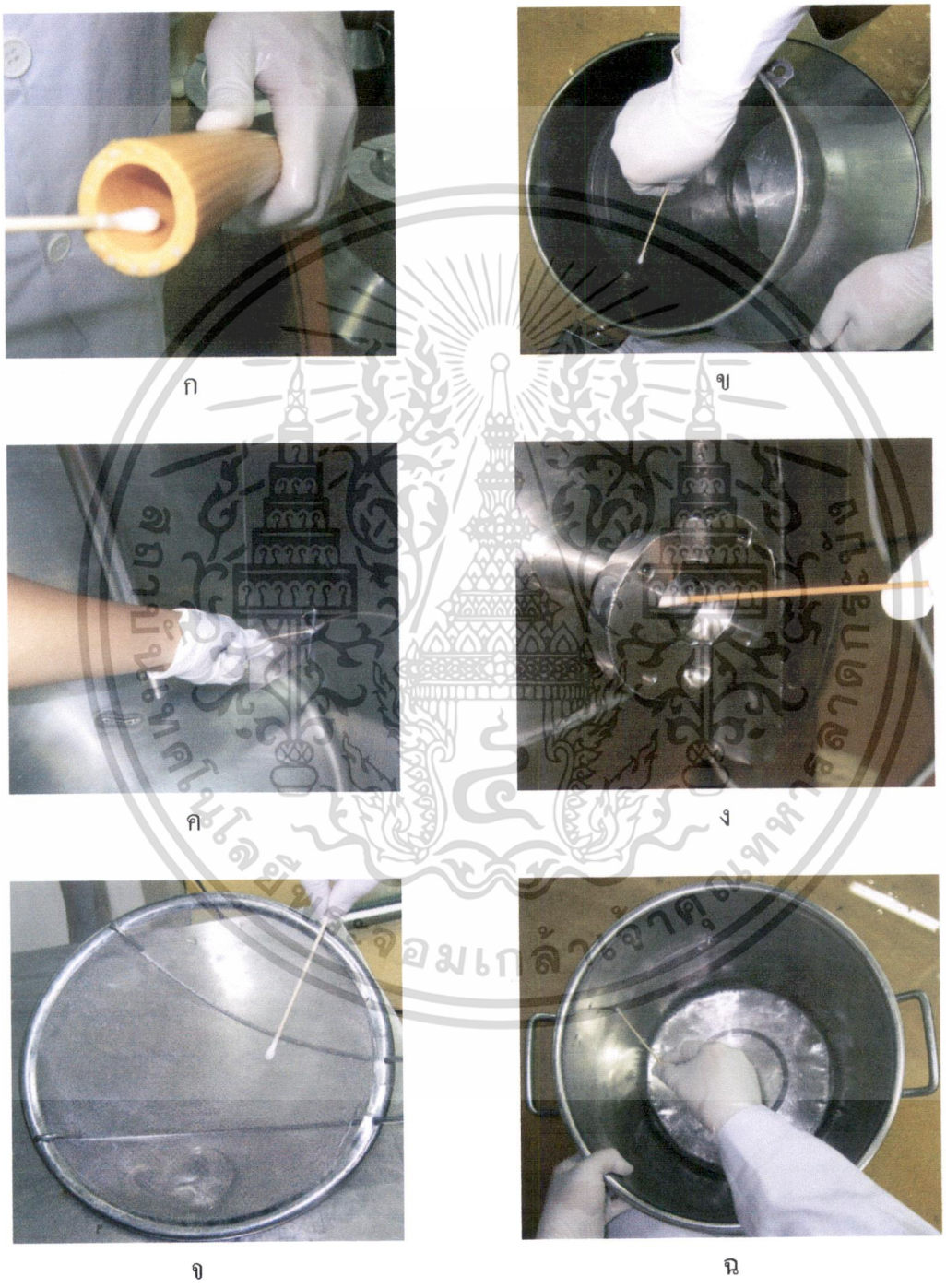
4.2 การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท

4.2.1 ปริมาณจุลินทรีย์บนอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ในการผลิตโยเกิร์ตให้มีคุณภาพ นอกจากกรรมวิธีการผลิตที่สะอาดแล้วนั้น สิ่งสำคัญที่ขาดไม่ได้คือ ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ และความสะอาดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต จึงได้มีการตรวจสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อและทำความสะอาดในขั้นตอนต่างๆ ของการผลิต ก่อนการปรับปรุงโรงงานในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2553 โดยทำการสุ่ม swab อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตและบรรจุโยเกิร์ตในส่วนที่ยากต่อการทำความสะอาดก่อนเริ่มการผลิตในแต่ละวันในขั้นตอนก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ ได้แก่ ปลายสายยางที่ปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์ ภายในของถังนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 40 ลิตร ถังผสมนม ปลายท่อถังผสมนม ตะแกรงสำหรับกรองนม และหม้อขนาด 15 ลิตร สำหรับใส่นม ดังภาพที่ 4.7 นำมาตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli*, *S. aureus* ยีสต์และรา ผลการตรวจสอบแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และ 4.2



ภาพที่ 4.7 การ swab อุปกรณ์ที่ปลายสายยางที่ปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์ (ก) ถังนมขนาด 40 ลิตร (ข) ถังผสมนม (ค) ปลายท่อถังผสมนม (ง) ตะแกรงสำหรับกรองนม (จ) และหม้อขนาด 15 ลิตร (ฉ) ที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราบนเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตก่อนและหลังการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำหรือน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส

จุดที่เก็บตัวอย่าง	จุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/cm^2)		โคลิฟอร์ม [a] (log cfu/cm^2)		*E. coli* [b] (log cfu/cm^2)		*S. aureus* [c] (log cfu/cm^2)		ยีสต์ (log cfu/cm^2)		รา (log cfu/cm^2)	
	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ
ปลายสายยางปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์	2.18±0.02^A	-[1/]	<1.0	-[1/]	<1.0	-[1/]	<1.0	-[1/]	n.d.	-[1/]	n.d.	-[1/]
ถังนม 40 ลิตร	1.55±0.51^A	1.13±0.65^A	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ถังผสมนม	1.57±0.19^A	n.d.	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ปลายท่อถังผสม	2.41±0.20^B	1.79±0.12^B	0.78±0.06^B	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ตะแกรงกรองนม	1.40±0.08^A	1.22±0.21^A	0.29±0.00^A	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
หม้อ 15 ลิตร	1.57±0.28^A	n.d.	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

หมายเหตุ ตัวอักษร A,B,C... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

[1/] ไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง

n.d. หมายถึง ตรวจไม่พบ (Not detected)

[b] Log_{10} *E .coli* count/cm^2. Petrifilm *E. coli* / Coliform Count plate

[a] Log_{10} Coliform count/cm^2. Petrifilm *E. coli* / Coliform Count plate

[c] Log_{10} *S .aureus* count/cm^2. Petrifilm Stap Express Count plate

ตารางที่ 4.2 จำนวนครั้งที่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราบนเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตก่อนและหลังการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำหรือน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส

จุดที่เก็บตัวอย่าง	จุลินทรีย์ทั้งหมด		โคลิฟอร์ม		*E. coli*		*S. aureus*		ยีสต์		รา	
	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ
ปลายสายยางปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์	5/5	-[1/]	0/5	-[1/]	0/5	-[1/]	0/5	-[1/]	0/5	-[1/]	0/5	-[1/]
ถังนม 40 ลิตร	5/5	4/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
ถังผสมนม	5/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
ปลายท่อถังผสม	5/5	5/5	2/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
ตะแกรงกรองนม	5/5	5/5	1/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
หม้อ 15 ลิตร	5/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางหมายถึง จำนวนครั้งที่พบ/จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง

-[1/] ไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง

จากผลการทดลองพบว่า ปลายสายยางปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์ก่อนการฆ่าเชื้อด้วยน้ำร้อน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.18±0.02 log cfu/cm^2 ไม่พบโคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และรา ภายหลังจากการฆ่าเชื้อไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากหลังการฆ่าเชื้อแล้วมีการผลิตทันที ซึ่งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ปลายสายยางอาจมาจากการที่ปลายสายยางปล่อยนมต้องสัมผัสกับพื้นทำให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากน้ำล้างพื้นและพื้นโรงงานที่ไม่สะอาด

สำหรับถังนม 40 ลิตร สำหรับใส่นมพาสเจอร์ไรส์ปราศจากไขมันเพื่อรอการผสม พบว่าก่อนการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.55±0.51 log cfu/cm^2 และหลังการฆ่าเชื้อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.13±0.65 log cfu/cm^2 ไม่พบการปนเปื้อนของโคลิฟอร์ม *E. coli S. aureus* ยีสต์และรา ทั้งก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ แสดงว่าการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำไม่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด เนื่องมาจากลักษณะของถังนม 40 ลิตรนั้นทำความสะอาดได้ลำบาก มีความลึกของถัง 60 เซนติเมตรและลักษณะคอคอดบริเวณส่วนบน จึงทำให้พนักงานไม่ใส่ใจในการล้างทำความสะอาดเท่าที่ควร และอาจมาจากการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำไม่ทั่วถึงและเวลาที่สัมผัสกับพื้นผิวภาชนะไม่เหมาะสม จึงทำให้เกิดการตกค้างของเชื้อจุลินทรีย์บนถังนม

สำหรับภายในถังผสมนม พบว่าก่อนการฆ่าเชื้อด้วยน้ำร้อนมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.57±0.19 log cfu/cm^2 และภายหลังการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งไม่พบการปนเปื้อนของโคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และรา ทั้งก่อนและหลังการฆ่าเชื้อด้วยน้ำร้อน แสดงว่าการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนลงได้ ถึงแม้ไม่พบจุลินทรีย์หลงเหลือภายหลังการฆ่าเชื้อแต่เนื่องจากภายในถังผสมนั้นมีใบพัดยื่นออกมา เพื่อช่วยในการคนผสมซึ่งยากต่อการทำความสะอาด และการทำความสะอาดที่บริเวณก้นถังก็ทำได้ลำบาก จึงเป็นจุดที่ควรให้ความระมัดระวังในการทำความสะอาดให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ

ส่วนปลายท่อถังผสมนมก่อนฆ่าเชื้อด้วยน้ำร้อน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.41±0.20 log cfu/cm^2 และภายหลังการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อพบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง 1.79±0.12 log cfu/cm^2 พบการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มก่อนการฆ่าเชื้อ 0.78±0.06 log cfu/cm^2 หลังจากการฆ่าเชื้อแล้วไม่พบโคลิฟอร์มหลงเหลืออยู่ และไม่พบ *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราทั้งก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ ซึ่งการที่มีจุลินทรีย์ทั้งหมดหลงเหลืออยู่ภายหลังการฆ่าเชื้อ ทำให้เกิดการสะสมและสามารถปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตได้

ในขณะที่ตะแกรงสำหรับกรองนมก่อนฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.40±0.08 log cfu/cm^2 และภายหลังการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อพบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง 1.22±0.21 log cfu/cm^2 พบการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มก่อนการฆ่าเชื้อ 0.29±0.00 log

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cfu/cm^2 หลังจากการฆ่าเชื้อแล้วไม่พบโคลิฟอร์มหลงเหลืออยู่ และไม่พบ *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราทั้งก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ ซึ่งการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ทั้งหมดและสามารถทำให้เกิดการปนเปื้อนมายังผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตได้

หม้อ 15 ลิตรสำหรับใส่นมก่อนฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.57±0.28 log cfu/cm^2 และภายหลังการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และรา ซึ่งแสดงว่าทางโรงงานมีการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อหม้อ 15 ลิตรที่เหมาะสม

จากผลการศึกษาพบว่าปลายท่อถังผสมนมมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าอุปกรณ์ชนิดอื่นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากปลายท่อถังผสมนม (ภาพที่ 4.7) มีซอกมุมทำให้เกิดการสะสมของจุลินทรีย์ ซึ่งไม่สามารถทำความสะอาดได้อย่างทั่วถึง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณะสุข เกี่ยวกับเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะผู้สัมผัสอาหาร พ.ศ. 2536 ซึ่งกำหนดค่าจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 3 log cfu/25 cm^2 จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า อุปกรณ์ที่ทำการศึกษามีปริมาณจุลินทรีย์สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว

ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Schroder (1984) ซึ่งได้ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในนมที่บรรจุในถังที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ มีค่าเฉลี่ย 3.83 log cfu/ml ในขณะที่นมบรรจุในถังที่ผ่านการล้างแต่ไม่ได้ฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำมีจำนวนจุลินทรีย์ 3.75 log cfu/ml ดังนั้นการล้างทำความสะอาดควบคู่กับการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ในการผลิตนม จึงเป็นปัจจัยสำคัญมากในการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ มายังผลิตภัณฑ์ ความร้อนที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อเครื่องมืออุปกรณ์ในการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์คือ การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 77 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที (Robinson, 1990) ในขณะที่ International Dairy Federation กำหนดให้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (United States Food and Drug Administration, US.FDA) ได้ออกข้อกำหนด (21 CFR 129.80) ในการใช้น้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 77 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีขึ้นไป หรือ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีขึ้นไป (Marriott และ Gravani, 2006)

4.2.2 ปริมาณจุลินทรีย์ในนมพาสเจอร์ไรส์ปราศจากไขมัน แยมผลไม้ น้ำประปาที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดเครื่องมืออุปกรณ์ และถ้วยโยเกิร์ต

จากการสุ่มตรวจนมพาสเจอร์ไรส์ปราศจากไขมันจากห้องเย็น แยมสตรอเบอร์รี่ แยมผลไม้รวม และวุ้นมะพร้าว น้ำประปาที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดเครื่องมืออุปกรณ์ และถ้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โยเกิร์ต นำมาตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และรา ผลแสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

4.2.2.1 ปริมาณจุลินทรีย์ในนมพาสเจอร์ไรส์ปราศจากไขมัน

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในนมพาสเจอร์ไรส์ปราศจากไขมันจากห้องเย็นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย 2.63±0.28 log cfu/ml และไม่พบการปนเปื้อนของโคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และรา เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษานี้สอดคล้องกับข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 265 พ.ศ. 2545 เรื่องโคนม ที่ให้น้ำนมพาสเจอร์ไรส์มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 4 log cfu/ml ณ แหล่งผลิต ไม่พบการปนเปื้อนของ *E. coli* และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และยังสอดคล้องกับมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา American Public Health Association (APHA) เกรด A ซึ่งกำหนดค่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 4.48 log cfu/ml (APHA, 1992)

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราในนมพาสเจอร์ไรส์ปราศจากไขมัน แยมผลไม้ น้ำประปาและถ้วยโยเกิร์ต

วัตถุดิบ/บรรจุภัณฑ์	จุลินทรีย์ทั้งหมด	โคลิฟอร์ม[a]	*E. coli*[b]	*S. aureus*[c]	ยีสต์	รา
นมพาสเจอร์ไรส์ปราศจากไขมัน[1]	2.63±0.28^{C}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.
แยมสตรอเบอร์รี่[2]	0.96±0.92^{A}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.
แยมผลไม้รวม[2]	1.48±0.28^{B}	<1.0	<1.0	<1.0	1.99±0.00^{B}	1.59±0.00^{A}
วุ้นมะพร้าว[2]	1.04±0.47^{A}	<1.0	<1.0	<1.0	1.58±0.00^{A}	n.d.
น้ำประปา[1]	1.17±0.73^{B}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.
ถ้วยโยเกิร์ต[1]	n.d.	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.

หมายเหตุ: ตัวอักษร A,B,C... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

[1] คือ $\log_{10}$ cfu/ml,

[2] คือ $\log_{10}$ cfu/g,

n.d. หมายถึง ตรวจไม่พบ (Not detected)

[a] Log_{10} Coliform count/cm^2. Petrifilm *E. coli* / Coliform Count plate

[b] Log_{10} *E.coli* count/cm^2. Petrifilm *E. coli* / Coliform Count plate

[c] Log_{10} *S.aureus* count/cm^2. Petrifilm Stap Express Count plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 จำนวนครั้งที่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราในนมพาสเจอร์ไรส์ปราศจากไขมัน แยมผลไม้ น้ำประปาและถ้วยโยเกิร์ต

วัตถุดิบ/บรรจุภัณฑ์	จุลินทรีย์ทั้งหมด	โคลิฟอร์ม	*E. coli*	*S. aureus*	ยีสต์	รา
นมพาสเจอร์ไรส์						
ปราศจากไขมัน	5/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
แยมสตรอเบอร์รี่	3/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
แยมผลไม้รวม	2/3	0/3	0/3	0/3	2/3	2/3
วุ้นมะพร้าว	2/2	0/2	0/2	0/2	1/2	0/2
น้ำประปา	4/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
ถ้วยโยเกิร์ต	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางหมายถึง จำนวนครั้งที่พบ/จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง

4.2.2.2 ปริมาณจุลินทรีย์ในแยมสตรอเบอร์รี่ แยมผลไม้รวม และวุ้นมะพร้าว

ผลจากการตรวจคุณภาพแยมผลไม้ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ซึ่งได้แก่ แยมสตรอเบอร์รี่ แยมผลไม้รวม และวุ้นมะพร้าว พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 0.96±0.92, 1.48±0.28 และ 1.04±0.47 log cfu/g ตามลำดับ พบยีสต์และราในแยมผลไม้รวม 1.99±0.00 และ 1.59±0.00 log cfu/g และในวุ้นมะพร้าวพบยีสต์ 1.58±0.00 log cfu/g อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 พ.ศ. 2543 เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท กำหนดว่าต้องไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ตรวจพบโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่อ 1 กรัม โดยวิธี เอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number) และไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งผลจากการศึกษาสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว แต่การพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์นี้อาจทำให้เกิดการเสื่อมเสียต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยเฉพาะยีสต์และราซึ่งเป็นปัญหาที่พบมากในโยเกิร์ตผลไม้ที่ปนเปื้อนมากับแยม เนื่องจากแยมมีความเป็นกรดด่าง 2.8-3.5 ที่ยีสต์และราสามารถเจริญได้ (นรินทร์ ทองศิริ, 2528) ซึ่งยีสต์ มีคุณสมบัติพิเศษ คือสามารถใช้เอนไซม์ย่อยกรดแลกติกได้ ซึ่งจะทำให้กรดแลกติกมีความเข้มข้นลดลง เป็นผลให้โยเกิร์ตมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสีย (ธีรพร กงบังเกิด, 2546) สาเหตุของการพบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในแยมผลไม้นั้น เกิดจากการแบ่งใช้แยมโดยใส่ในกล่องพลาสติกที่ใช้ซ้ำโดยไม่ได้ทำความสะอาดก่อน ฝาของภาชนะที่ใช้เก็บแยมไม่มีการปิดฝาที่มิดชิด พนักงานขาดสุขลักษณะที่ดี และการระบายอากาศภายในห้องบรรจุโยเกิร์ตไม่เหมาะสม หลอดยูวีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากหมดอายุการใช้งาน เพราะจากการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศพบปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมดในอากาศ 1 ครั้งจากทั้งหมด 5 ครั้งเกินมาตรฐานที่กำหนด รวมถึงพบยีสต์และราในอากาศด้วย สอดคล้องกับผลการทดลองของ Kroger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1975) ซึ่งกล่าวว่าสิ่งที่เป็นปัญหาสำหรับโยเกิร์ตผลไม้ คือการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในโยเกิร์ต โดยเฉพาะยีสต์และราซึ่งเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของโยเกิร์ตผลไม้ ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่มาจากแยม

4.2.2.3 ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำประปาที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดเครื่องมืออุปกรณ์

น้ำประปาที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดเครื่องมืออุปกรณ์ พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.17±0.73 log cfu/ml ไม่พบการปนเปื้อนของโคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และรา ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 135 พ.ศ. 2534 เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท ซึ่งกำหนดว่าต้องไม่พบโคลิฟอร์มและ *E. coli* โดยน้ำที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดเครื่องมือ อุปกรณ์ที่สัมผัสอาหาร ต้องมีคุณภาพเช่นเดียวกับน้ำบริโภคตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขดังกล่าว

4.2.2.4 ปริมาณจุลินทรีย์ในถ้วยโยเกิร์ต

ถ้วยโยเกิร์ตไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และรา ซึ่งแสดงว่าถ้วยโยเกิร์ตมีความสะอาดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ทางโรงงานมีการจัดการในการจัดเก็บถ้วยโยเกิร์ตเป็นอย่างดี จึงไม่พบจุลินทรีย์ดังกล่าว

4.2.3 ปริมาณจุลินทรีย์บนมือพนักงานตักแยมและพนักงานบรรจุโยเกิร์ต

จากการสุ่มตรวจมือพนักงานที่ปฏิบัติงานในระหว่างการผลิตโยเกิร์ต นำมาตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และรา ผลแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

จากตารางที่ 4.5 พบว่าบนมือพนักงานตักแยมพบจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.26±0.78-1.46±0.88 log cfu/cm^2 และมือพนักงานบรรจุพบอยู่ในช่วง 1.65±0.16-1.92±0.88 log cfu/cm^2 พบการปนเปื้อนราบนมือพนักงานบรรจุ 0.46±0.00-0.50±0.00 log cfu/cm^2 ซึ่งสาเหตุการปนเปื้อนมาจาก

1. ในระหว่างรอการผสมนมก่อนนำไปบรรจุ พนักงานต้องปฏิบัติงานหลายหน้าที่ในเวลาเดียวกัน ทำให้พนักงานต้องสัมผัสหรือหยิบจับกับอุปกรณ์อื่นๆ โดยไม่มีการเปลี่ยนถุงมือหรือฆ่าเชื้อที่ถุงมือด้วยแอลกอฮอล์ 75 เปอร์เซ็นต์ก่อน

2. มีการหมุนเวียนของพนักงานจากแผนกอื่น เช่น พนักงานควบคุมเครื่องพาสเจอร์ไรส์ พนักงานแผนกผลิตเนยแข็ง พนักงานแผนกผลิตไอศกรีม แผนกผลิตนมพาสเจอร์ไรส์มาช่วยในการบรรจุ จึงทำให้ควบคุมในเรื่องของความสะอาดและสุขลักษณะส่วนบุคคลได้ลำบาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราบนมือพนักงานในระหว่างการผลิตโยเกิร์ต

มือพนักงาน	ปริมาณจุลินทรีย์ (log cfu/cm^2)					
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	โคลิฟอร์ม[a]	*E. coli*[b]	*S. aureus*[c]	ยีสต์	รา
มือพนักงานตักแยม 1	1.46±0.88^A	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.
มือพนักงานตักแยม 2	1.26±0.78^A	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.
มือพนักงานบรรจุ 1	1.92±0.88^A	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	0.50±0.00^A
มือพนักงานบรรจุ 2	1.65±0.16^A	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	0.46±0.00^A

หมายเหตุ ตัวอักษร A,B,C... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

[a] Log_{10} Coliform count/cm^2. Petrifilm *E. coli* / Coliform Count plate

[b] Log_{10} *E.coli* count/cm^2. Petrifilm *E. coli* / Coliform Count plate

[c] Log_{10} *S.aureus* count/cm^2. Petrifilm Stap Express Count plate

ตารางที่ 4.6 จำนวนครั้งที่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราบนมือพนักงานในระหว่างการผลิตโยเกิร์ต

มือพนักงาน	จุลินทรีย์ทั้งหมด	โคลิฟอร์ม	*E. coli*	*S. aureus*	ยีสต์	รา
พนักงานตักแยม 1	4/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
พนักงานตักแยม 2	4/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
พนักงานบรรจุ 1	5/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1/5
พนักงานบรรจุ 2	4/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1/5

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางหมายถึง จำนวนครั้งที่พบ/จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง

อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณะสุข เกี่ยวกับเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะผู้สัมผัสอาหาร พ.ศ. 2536 ซึ่งกำหนดค่าจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่ 3 log cfu/25 cm^2 พบว่ามีความสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด Yamani (1994) ได้รายงานว่าพบการปนเปื้อนของยีสต์ในกลุ่ม psychrotrophic และ mesophillic ในโยเกิร์ตที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ซึ่งสาเหตุการปนเปื้อนมาจากขั้นตอนการบรรจุ โดยปนเปื้อนจากมือผู้บรรจุที่มีสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ไม่ดี และจากภาชนะบรรจุที่ไม่สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องบรรจุโยเกิร์ต

จากการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องบรรจุโยเกิร์ตขนาดความกว้าง 3.5 เมตร ยาว 2.8 เมตร พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศทั้งหมดเฉลี่ย 15 cfu/15 นาที พบยีสต์เฉลี่ย 2 cfu/15 นาที และพบรา 4 cfu/15 นาที ตามลำดับซึ่งเกณฑ์การยอมรับ (อัธยา กังสุวรรณ, 2547) กำหนดว่าจำนวนจุลินทรีย์ในอากาศต้องไม่เกิน 15 cfu/15 นาที และจำนวนยีสต์และราในอากาศต้องไม่เกิน 10 cfu/15 นาที จากผลการทดลองพบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอากาศมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด แต่จากการศึกษาทั้งหมด 5 ครั้งพบว่ามี 1 ครั้งที่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศสูงถึง 35 cfu/15 นาที ซึ่งมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในระหว่างทำการทดลองไม่มีการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งไม่มีเครื่องกรองอากาศหลอดยูวีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อไม่มีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานและอายุการใช้งาน ซึ่งมีผลทำให้แนวโน้มของประสิทธิภาพของหลอดยูวีลดลง จึงอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศ ยีสต์และราในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจพบยีสต์และราในแยมที่แบ่งบรรจุใส่กล่อง (ตารางที่ 4.3)

4.3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแบบเซ็ท

ทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต จำนวน 4 รส ได้แก่ รสธรรมชาติ รสสตรอเบอร์รี่ รสผลไม้รวม และรสวุ้นมะพร้าวจากห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 7, 14 และ 21 วัน นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.7

จากตารางที่ 4.7 พบว่าโยเกิร์ตรสธรรมชาติ มีค่าความเป็นกรดด่างลดลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแลคติก การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแลคติกดังกล่าวเกิดจากปริมาณแบคทีเรียแลคติกที่เพิ่มขึ้นในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าแบคทีเรียแลคติกมีปริมาณลดลง ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลง Donkor และคณะ (2006) พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแลคติกหรือการลดลงของความเป็นกรดด่างในโยเกิร์ต เกิดจากจุลินทรีย์ *Lactobacillus acidophilus* และ *L. casei* ใช้น้ำตาลแลคโตสในนมผลิตกรดแลคติกได้มากขึ้น ขณะที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีการลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระหว่างการเก็บรักษาโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ไม่พบโคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราในโยเกิร์ต Marshall และ Tamime (1997) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่างระหว่างการเก็บรักษามีความสัมพันธ์กับปริมาณจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน

โยเกิร์ต	เวลา (วัน)	ความเป็นกรดด่าง	เปอร์เซ็นต์กรด	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)						
				จุลินทรีย์ทั้งหมด	โคลิฟอร์ม[a]	*E. coli*[b]	*S. aureus*[c]	ยีสต์	รา	แบคทีเรียแลคติก
ธรรมชาติ	0	4.45±0.00^{A}	1.02±0.04^{AB}	7.21±0.00^{A}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.07±0.06^{A}
	1	4.45±0.01^{A}	0.96±0.05^{B}	7.19±0.01^{A}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.25±0.06^{A}
	7	4.40±0.01^{B}	1.02±0.01^{AB}	6.89±0.01^{B}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.16±0.10^{A}
	14	4.41±0.01^{B}	1.04±0.00^{A}	6.70±0.09^{C}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.01±0.13^{B}
	21	4.41±0.01^{B}	1.06±0.01^{A}	6.66±0.00^{C}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	6.82±0.04^{B}
สตรอเบอร์รี่	0	4.31±0.01^{A}	1.04±0.00^{A}	7.24±0.03^{A}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.40±0.13^{A}
	1	4.22±0.30^{A}	0.90±0.02^{C}	7.20±0.02^{A}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.19±0.05^{A}
	7	4.30±0.00^{A}	1.00±0.01^{B}	6.74±0.07^{B}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.20±0.01^{A}
	14	4.26±0.08^{A}	1.03±0.00^{AB}	6.80±0.04^{C}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	6.92±0.01^{B}
	21	4.29±0.01^{A}	1.06±0.00^{A}	6.74±0.02^{C}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	6.86±0.07^{B}

หมายเหตุ: ตัวอักษร A,B,C... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

[a] Log_{10} Coliform count/cm^2. Petrifilm *E. coli* / Coliform Count plate

[b] Log_{10} *E.coli* count/cm^2. Petrifilm *E. coli* / Coliform Count plate

[c] Log_{10} *S.aureus* count/cm^2. Petrifilm Stap Express Count plate

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

โยเกิร์ต	เวลา (วัน)	ความเป็นกรดด่าง	เปอร์เซ็นต์กรด	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)						
				จุลินทรีย์ทั้งหมด	โคลิฟอร์ม[a]	*E. coli*[b]	*S. aureus*[c]	ยีสต์	รา	แบคทีเรียแลคติก
ผลไม้รวม	0	4.37±0.00^{B}	0.96±0.06^{A}	7.23±0.09^{A}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.01±0.15^{A}
	1	4.36±0.00^{B}	0.98±0.03^{A}	7.21±0.00^{A}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.36±0.34^{A}
	7	4.38±0.02^{AB}	0.97±0.01^{A}	6.89±0.00^{B}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.31±0.21^{A}
	14	4.47±0.01^{A}	1.00±0.00^{A}	6.68±0.13^{C}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.09±0.14^{B}
	21	4.39±0.00^{AB}	1.02±0.03^{A}	6.67±0.00^{C}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	6.98±0.04^{B}
วุ้นมะพร้าว	0	4.42±0.00^{B}	0.93±0.00^{AB}	7.32±0.05^{A}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.24±0.07^{A}
	1	4.39±0.01^{AB}	0.86±0.03^{B}	7.26±0.02^{A}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.23±0.06^{A}
	7	4.48±0.03^{AB}	0.89±0.03^{B}	6.79±0.01^{B}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	7.07±0.05^{A}
	14	4.51±0.00^{AB}	0.95±0.00^{A}	6.61±0.18^{C}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	6.96±0.04^{B}
	21	4.46±0.00^{A}	0.96±0.01^{A}	6.69±0.00^{C}	<1.0	<1.0	<1.0	n.d.	n.d.	6.84±0.08^{B}

หมายเหตุ: ตัวอักษร A,B,C... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

[a] Log_{10} Coliform count/cm^2. Petrifilm *E. coli* / Coliform Count plate

[b] Log_{10} *E.coli* count/cm^2. Petrifilm *E. coli* / Coliform Count plate

[c] Log_{10} *S.aureus* count/cm^2. Petrifilm Stap Express Count plate

โยเกิร์ตรสสตรอเบอร์รี่ ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดแลคติกตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นเวลา 21 วัน แบคทีเรียแลคติกมีปริมาณลดลง หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน จากการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตรสสตรอเบอร์รี่ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงอย่างต่อเนื่อง ตลอดระหว่างการเก็บรักษาโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ไม่พบโคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราในโยเกิร์ต

โยกิร์ตรสผลไม้รวมความเป็นกรดด่างมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดแลคติกตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 21วัน หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าแบคทีเรียแลคติก และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงอย่างต่อเนื่อง ตลอดระหว่างการเก็บรักษาโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ไม่พบโคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราในโยเกิร์ต

ส่วนในโยเกิร์ตรสวุ้นมะพร้าว มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นเวลา 21 วัน ปริมาณกรดแลคติกมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนแบคทีเรียแลคติกมีปริมาณลดลงภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน และพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง ตลอดระหว่างการเก็บรักษาโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ไม่พบโคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราในโยเกิร์ต

จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณแบคทีเรียแลคติกที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตมีจำนวนมากเพียงพอ (6-7 log cfu/g) ที่จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค ในขณะที่ตรวจไม่พบการปนเปื้อนของโคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และรา ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 289 พ.ศ. 2548 เรื่อง นมเปรี้ยว กำหนดให้มีจุลินทรีย์ที่ใช้ในกรรมวิธีการหมักคงเหลือในนมเปรี้ยวที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมักไม่น้อยกว่า 7 log cfu/1 กรัม พบโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่อนมเปรี้ยว 1 กรัม โดยวิธี เอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number) ยีสต์และราไม่เกิน 2 log cfu/1 กรัม และไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต สามารถผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide; H_2O_2) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์แกรมลบ (antimicrobial) เช่น *E. coli*, *Salmonella typhimurium* หรือ *Clostridium perfingens* ได้ (Dave และ Shah, 1998) จึงมักไม่พบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในโยเกิร์ต การตรวจพบยีสต์และราในแยมผลไม้รวม และวุ้นมะพร้าว แต่ไม่พบในผลิตภัณฑ์สุดท้าย เนื่องจากกิจกรรมของหัวเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่มีอยู่ในโยเกิร์ตผลิตกรดแลคติกและกรดอะซิติก ซึ่งเป็นสารยับยั้งการเจริญของยีสต์และราได้ สอดคล้องกับ Birollo และคณะ (2001) พบยีสต์และราปนเปื้อนในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตรสหวาน (sweeted yoghurt) ในขั้นตอนการเติมหัวเชื้อและการบรรจุ แต่ภายหลังการเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไม่พบการเจริญของยีสต์และรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ชนิดและสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต

จากการจำแนกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่คัดเลือกจากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกันจากตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ทก่อนการฆ่าเชื้อ และมือพนักงานแผนกบรรจุระหว่างการบรรจุ ดังตารางที่ 4.8 สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. จุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ได้แก่ *Brevibacillus brevis* และ *Stenotrophomonas maltophilia* พบได้ในดิน น้ำที่สกปรก พบการปนเปื้อนในมือพนักงานบรรจุและตะแกรงกรองนม (ตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.8 ก และ ข) สาเหตุมาจากอุปกรณ์ที่ไม่สะอาด มีการสัมผัสกับน้ำล้างพื้นที่สกปรก และสุขลักษณะส่วนบุคคลของพนักงานไม่เหมาะสม สอดคล้องกับรายงานของ Aaku และคณะ (2004) พบการปนเปื้อนของ *Brevibacillus brevis* เป็นจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์และทนความร้อนได้ในนมพาสเจอร์ไรส์ มีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนหลังการพาสเจอร์ไรส์และกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ไม่เหมาะสม Cairo และคณะ (2008) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียในห้องเตรียมนมของโรงพยาบาลเด็กในรัฐ Salvador ประเทศบราซิล โดยเก็บตัวอย่างโดยการ swab มือและภายในปากของพนักงานในห้องเตรียมนม อุจจาระและนมที่เตรียมในห้องเตรียมนม เปรียบเทียบระหว่างโรงพยาบาลของรัฐบาลและเอกชนจำนวน 20 แห่ง พบว่าโรงพยาบาลของรัฐบาลมีการปนเปื้อนของ *S. maltophilia* ในนมที่เตรียมในห้องเตรียมนมสำหรับเด็ก 3.7 เปอร์เซ็นต์ และจากตัวอย่างทั้งหมด พบว่ามือของพนักงานมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียสูงที่สุด โดยเฉพาะผู้ที่ต้องปฏิบัติงานหลายหน้าที่

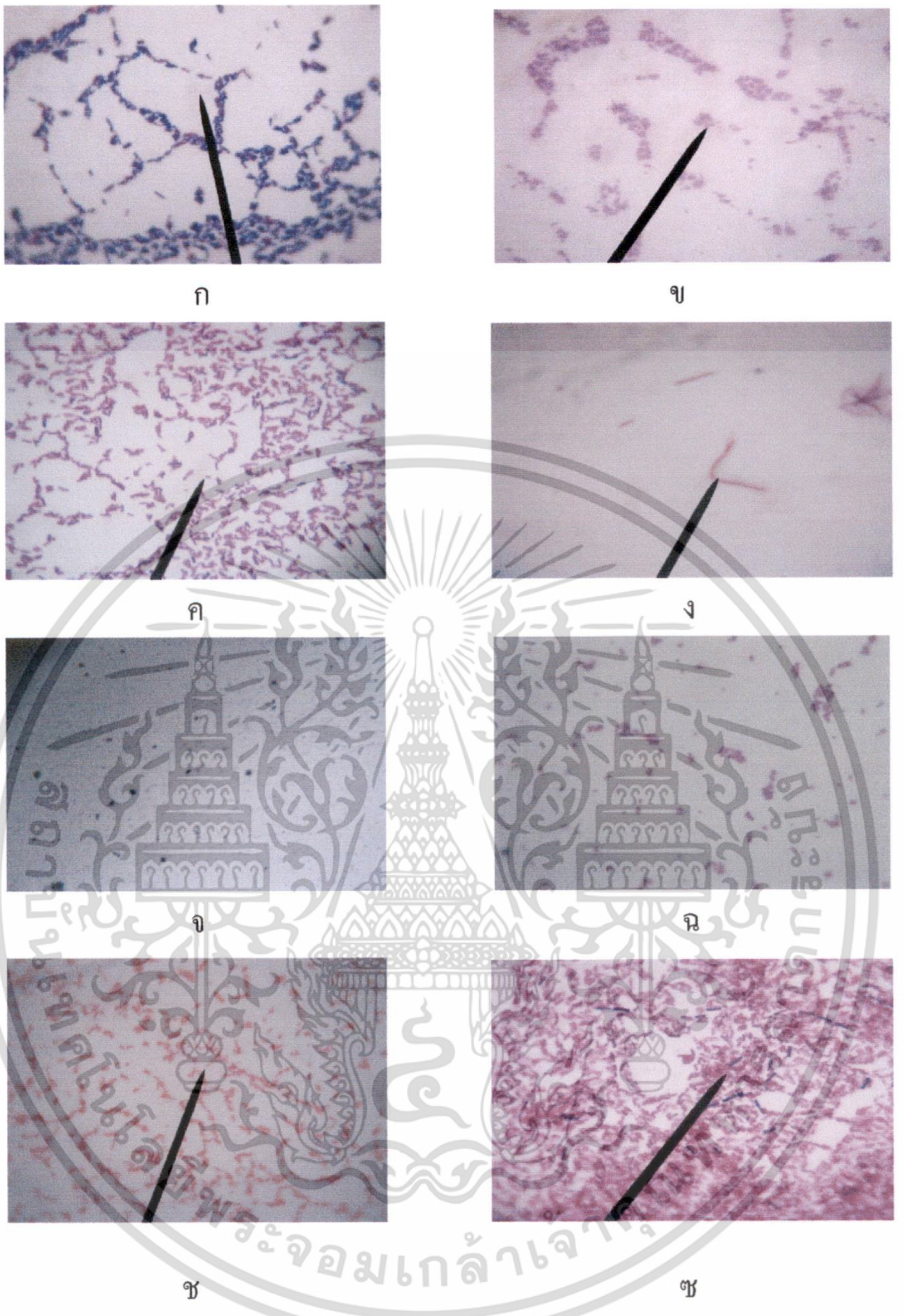
2. จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ได้แก่ *Klebsiella pneumonia* และ *Bacillus cereus* โดย *K. pneumonia* เป็นจุลินทรีย์ที่สร้างสารฮีสตามีนที่เป็นอันตราย มักพบในดิน และผลิตภัณฑ์เนยแข็ง (ธีรพร กงบังเกิด, 2546) ส่วน *B. cereus* เป็นจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ และสร้างสารพิษ พบการปนเปื้อนในอุปกรณ์หลายชนิด ได้แก่ ปลายสายยางปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์ ถังผสมนม ปลายท่อถังผสม หม้อ 15 ลิตร ถังนม 40 ลิตร และมือพนักงานแผนกบรรจุ (ตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.8 ค และ ง) สาเหตุการปนเปื้อน *K. pneumonia* มาจากการวางอุปกรณ์ไว้กับพื้นทำให้ปนเปื้อนน้ำล้างพื้นที่มาจากห้องผลิตเนยแข็งที่อยู่บริเวณติดกัน ซึ่งแสดงว่าการจัดการด้านความสะอาดของโรงงานยังไม่เหมาะสม และการแบ่งแยกพื้นที่การผลิตไม่สามารถป้องกันการปนเปื้อนข้ามได้ รวมถึงมีการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ไม่สะอาด ส่วนการปนเปื้อน *B. cereus* มาจากสุขลักษณะส่วนบุคคลของพนักงานไม่เหมาะสม การระบายอากาศภายในห้องผลิตไม่ดี มีความแออัดของเครื่องมือ เครื่องจักร การทำความสะอาดอาคารผลิตไม่ทั่วถึง ทำให้มีการสะสมของฝุ่น และเนื่องจาก *B. cereus* เป็นจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนและสร้างสปอร์ จึงทนต่อสภาวะต่างๆ ได้ดีทำให้สปอร์สามารถกระจายไปในอากาศ ฝุ่นละอองและสิ่งแวดล้อม จึงสามารถพบได้บ่อยในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การจำแนกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีการปนเปื้อนบนอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตก่อนการฆ่าเชื้อและมือพนักงานแผนกบรรจุ

ลำดับที่	ลักษณะโคโลนี	รูปร่าง	แกรม	สายพันธุ์จุลินทรีย์	แหล่งที่พบ
1	ขาวขุ่น ขอบหยัก ผิวเรียบ	รูปแท่ง เดี่ยว	+	*Brevibacillus brevis*	-มือพนักงานบรรจุ*
2	ขาวขุ่น กลมเล็กเป็นจุด	รูปแท่ง เดี่ยว	+	*Stenotrophomonas maltophilia*	ตะแกรงกรองนม*
3	สีครีม กลม นูน มันวาว	รูปแท่ง เดี่ยว	–	*Klebsiella pneumoniae*	-ตะแกรงกรองนม*
4	สีส้ม กลม นูน มันวาว	รูปทรงกลม เดี่ยว	+	*Staphylococcus warneri*	-ปลายสายยางปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์* -ถังผสมนม -ปลายท่อถังผสม
5	ขาวขุ่น กลม นูน มันวาว	รูปทรงกลม คล้ายพวงองุ่น	+	*Staphylococcus haemolyticus*	-ปลายสายยางปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์* -ถังนม 40 ลิตร -ถังผสมนม -ปลายท่อถังผสม
6	ครีม กลม ผิวเรียบ	รูปแท่ง เดี่ยว	–	*Klebsiella pneumoniae*	-ตะแกรงกรองนม -ปลายสายยางปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์* -ปลายท่อถังผสม -หม้อ 15 ลิตร
7	สีครีม ขอบหยัก มันวาว	รูปแท่ง เดี่ยว	+	*Bacillus cereus*	-ปลายสายยางปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์* -ถังนม 40 ลิตร -มือพนักงานบรรจุ
8	สีครีม กลม นูน ขอบหยัก	รูปแท่ง ต่อกันเป็นสาย	–	*Bacillus cereus*	-ถังผสมนม*

หมายเหตุ: * ตัวอย่างโคโลนีของเชื้อที่มีการปนเปื้อนบนอุปกรณ์ และส่งตรวจที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข



ภาพที่ 4.8 ลักษณะรูปร่างของแบคทีเรียที่มีการปนเปื้อนในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต (ก) *Brevibacillus brevis* จากมือพนักงานบรรจุ (ข) *Stenotrophomonas maltophilia* และ (ค) *Klebsiella pneumonia* จากตะแกรงกรองนม (ง) *Bacillus cereus* จากถังผสมนม (จ) *Staphylococcus warneri* (ฉ) *S. haemolyticus* (ช) *K. pneumonia* และ (ซ) *B. cereus* จากปลายสายยางปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์ ใช้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(วราวุฒิ ครูส่ง, 2538) การพบที่ถังผสมนมและมือพนักงานจึงมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสูง Lin และคณะ (1998) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของ *B. cereus* ในนมพาสเจอร์ไรส์ พบสปอร์ของ *B. cereus* สูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ในน้ำนมดิบ และเป็นสาเหตุหลักทำให้พบ *B. cereus* ในนมพาสเจอร์ไรส์ เนื่องจากสปอร์ของ *B. cereus* ทนความร้อนสูง

3. จุลินทรีย์ในกลุ่ม *Staphylococcus* ได้แก่ *Staphylococcus warneri* และ *S. haemolyticus* พบได้ทั่วไปในอวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกายคน พบการปนเปื้อนในปลายสายยางปล่อยนมจากเครื่องพาสเจอร์ไรส์ ถังผสมนม ปลายท่อถังผสมนม ถังนม 40 ลิตร และตะแกรงกรองนม (ตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.8 จ และ ฉ) สาเหตุมาจากการปนเปื้อนข้ามจากพนักงานที่มีถูกสุขลักษณะส่วนบุคคลไม่สะอาดไปสัมผัสกับอุปกรณ์ และเกิดจากการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ไม่สะอาด จันทิมา จาปะเกษตร์ (2543) ได้ศึกษาการปนเปื้อน *S. aureus* และ *B. cereus* ในโรงงานผลิตไอศกรีมขนาดเล็ก พบว่าสาเหตุการปนเปื้อนหลักมาจากพนักงานที่ต้องสัมผัสกับผลิตภัณฑ์โดยตรง สอดคล้องกับการศึกษาของ Aaku และคณะ (2004) พบการปนเปื้อนของ *Staphylococcus* spp. ในนมดิบ ซึ่งสาเหตุการปนเปื้อนเกิดจากผิวหนัง และอุจจาระของผู้ปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท โดยการสุ่ม swab อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ มือพนักงาน เก็บตัวอย่างวัตถุดิบ บรรจุภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์สุดท้าย รวมทั้งอากาศภายในห้องบรรจุ นำมาตรวจวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* ยีสต์และรา พบว่าโรงงานสามารถควบคุมให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

อย่างไรก็ตาม ยังพบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณที่สูงในอุปกรณ์ก่อนการฆ่าเชื้อ โดยพบว่าปลายท่อถังผสมนมมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์สูงที่สุด รองลงมาคือตะแกรงสำหรับกรองนม แต่เมื่อผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อแล้ว พบว่าจุลินทรีย์มีปริมาณที่ลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโดยการให้ความร้อนที่มีประสิทธิภาพ สามารถลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ลงได้ ทั้งนี้การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตให้เหมาะสมก็เป็นสิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึง หากอุปกรณ์ที่ใช้มีความซับซ้อน ยากต่อการทำความสะอาด ทำให้ต้องระมัดระวังในการดูแลความสะอาดมากยิ่งขึ้น อีกทั้งเป็นการเพิ่มความเสี่ยงให้กับผลิตภัณฑ์อีกด้วย ในส่วนของแยมผลไม้รวมที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราสูงที่สุดนั้น จึงควรมีการจัดการที่ดีตั้งแต่การรับเข้า การจัดเก็บก่อนนำมาใช้ ในส่วนของการจัดการด้านสุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงาน พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมด และราบนมือพนักงานแผนกบรรจุ เนื่องจากพนักงานต้องปฏิบัติหลายหน้าที่ในเวลาเดียวกัน ไม่มีการกำหนดความถี่ในการฆ่าเชื้อที่มือในขณะปฏิบัติงาน รวมถึงเส้นทางการผลิตมีการซ้อนทับกับเส้นทางการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ปัญหาที่พบในโรงงานอีกประการหนึ่งคือพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศที่เกิดจากระบบการระบายอากาศในโรงงานไม่เหมาะสม ขาดการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศที่สม่ำเสมอ มีการสะสมของฝุ่นโดยเฉพาะภายในห้องบรรจุโยเกิร์ต ซึ่งเป็นบริเวณที่ควรมีการเฝ้าระวังในเรื่องของความสะอาดเป็นพิเศษ (high care area) อันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต พบว่าโยเกิร์ตรสธรรมชาติและสตรอเบอร์รี่มีค่าความเป็นกรดด่างลดลงเล็กน้อย ปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในโยเกิร์ตทุกรส ขณะที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติกมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโยเกิร์ต ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ไม่พบการปนเปื้อนโคลิฟอร์ม *E. coli, S. aureus* ยีสต์และราในโยเกิร์ตทุกรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการจำแนกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีการปนเปื้อนบนอุปกรณ์ก่อนการฆ่าเชื้อ และมือพนักงานบรรจุระหว่างการปฏิบัติงาน สามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 จุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ได้แก่ *Brevibacillus brevis* และ *Stenotrophomonas maltophilia* กลุ่มที่ 2 จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ได้แก่ *Klebsiella pneumonia* และ *Bacillus cereus* และกลุ่มที่ 3 จุลินทรีย์ในกลุ่ม *Staphylococcus* ได้แก่ *S. warneri* และ *S. haemolyticus*

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ทในโรงงานขนาดเล็ก พบปัญหาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต การจัดการด้านสุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงานยังไม่ดีพอ นอกจากนี้ยังพบปัญหาการปนปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งอาจส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่ดี ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นจึงได้เสนอแนวทางในการปฏิบัติเพื่อลดปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น ดังนี้

5.2.1 โรงงานเนยแข็งจึงควรมีการตรวจสอบยีสต์และราในแยมผลไม้และในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 289) พ.ศ. 2548 เรื่อง นมเปรี้ยว

5.2.2 ควรมีการทบทวนเอกสารการปฏิบัติงานของโรงงานให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริง โดยคำนึงถึงหลักเกณฑ์ข้อกำหนดตามระบบ GMP โดยพนักงานควรปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

5.2.3 ควรมีการอบรมให้ความรู้แก่เจ้าหน้าที่แต่ละแผนกในเรื่องของสุขลักษณะที่ดีในการผลิตอย่างสม่ำเสมอ และมีการทวนสอบเป็นระยะ

5.2.4 ควรมีการกำหนดแผนการบำรุงรักษา และการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศที่ชัดเจน เพื่อป้องกันการสะสมของฝุ่นและสิ่งสกปรก ที่อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2536. **เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะผู้สัมผัสอาหาร.** กรุงเทพฯ : กระทรวงสาธารณสุข.

โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา. 2551. **รายงานประจำปี 2551.** กรุงเทพฯ : งานประชาสัมพันธ์ โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา.

จันทิมา จาปะเกษตร์. 2543. **"การปนเปื้อนของ *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* ในไอศกรีมและเบเกอรี่."** กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชุติมา วิไลพันธ์. 2545. **"การพัฒนาน้ำยาฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนบนมือแบบสำเร็จรูปสำหรับผู้ประกอบการด้านอาหาร."** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรพร กงบังเกิด. 2546. **จุลชีววิทยาอาหาร.** พิษณุโลก : คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

นันทพร บุญเนาว์. 2544. **"การศึกษาการใช้ระบบ HACCP ในการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ของโรงงานตัวอย่าง."** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นรินทร์ ทองศิริ. 2528. **เทคโนโลยีอาหารนม.** กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์.

บริษัท 3M ประเทศไทย จำกัด. 2550. **"คู่มือการแปรผล 3M Pritifilm."** กรุงเทพฯ : บริษัท 3M ประเทศไทย จำกัด. เอกสารอัดสำเนา.

ลาวัณย์ ไกรเดช. 2542. **จุลินทรีย์ในน้ำนมและผลิตภัณฑ์นม.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และญานิน โอภาสพัฒนกิจ. 2541. **"เอกสารการสอนชุดวิชาผลิตภัณฑ์อาหาร."** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วรรณฤดี เดชพรหม. 2547. **"การใช้สารฆ่าเชื้อเพื่อลดการปนเปื้อนข้ามของจุลินทรีย์จากพนักงานและเครื่องมืออุปกรณ์ในขั้นตอนการผสมแป้งในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่."** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2538. **จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงสวัสดิ์มานิต. 2532. **เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม.**กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

วันชัย ศรีทองคำ. 2547. **แนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่ม.** กรุงเทพฯ : กองควบคุมอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.

ศิวาพร ศิวเวช. 2536. **การสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : นิวทัชมีเดีย คอมพิเรชั่น.

สุวิมล กีรติพิบูล. 2543. **ระบบการจัดการและควบคุมการผลิตอาหารให้ปลอดภัย GMP (Good Manufacturing Practice).** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สุรีย์ นานาสมบัติ. 2539. **เทคโนโลยีของนมและผลิตภัณฑ์นม.** กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2549. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 298 พ.ศ. 2549 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมพร้อมบริโภคชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์.** กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2548. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 289 พ.ศ. 2548 เรื่อง นมเปรี้ยว.** กรุงเทพฯ : กระทรวงสาธารณสุข.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2545. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 265 พ.ศ. 2545 เรื่อง นมโค.** กรุงเทพฯ : กระทรวงสาธารณสุข.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2543. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 พ.ศ. 2543 เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท.** กรุงเทพฯ : กระทรวงสาธารณสุข.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2534. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 พ.ศ. 2534 เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท.** กรุงเทพฯ : กระทรวงสาธารณสุข.

หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร. 2551. **โครงการศึกษาสถานการณ์การผลิตและคุณภาพความปลอดภัยของนมแพะพาสเจอร์ไรส์.** กรุงเทพฯ : กองควบคุมอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.

หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร. 2550. **คู่มือ GMP ผลิตภัณฑ์นมพร้อมบริโภคชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อน โดยวิธีพาสเจอร์ไรส์สำหรับผู้ประกอบการ.** กรุงเทพฯ : กองควบคุมอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2543. **สารเจือปนในอาหาร**. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

อัธยา กังสุวรรณ. 2547. "การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ." **Food Focus Thailand**. 18: 58.

Aaku, E.N., Collison, E.K., Gashe, B.A. and Mpuchane, S. 2004. "Microbiological Quality of Milk from two Processing Plants in Gaborone Botswana." **Food Control**. 15: 181-186.

American Public Health Association (APHA). 1992. **Standard Methods for the Examination of dairy Products**. 16th Edition., Washington D.C. : American Public Health Association.

Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2000. **Official Methods of Analysis.** 17th edition., Gaithersburg, MD, USA : Association of Analytical Communities.

Bachrouri, M., Quinto, E.J. and Mora, M.T. 2006. "Kinetic Parameters of *Escherichia coli* O157:H7 Survival during Fermentation of Milk and Refrigeration of Home-made Yoghurt." **International Daily Journal**. 16: 474-481.

Birollo, G.A., Reinheimer, J.A. and Vinderola, C.G. 2001. "Enterococci vs Non-lactic Acid Microflora as Hygine Indicators for Sweetened Yoghurt." **Food Microbiology.** 18: 567-604.

Bonczac G., Wszolek M. and Siuta, A. 2002. "The Effects of Certain Factors on the Properties of Yoghurt Made from Ewe's Milk." **Food Chemicals**. 79: 85-91.

Bylund, G. 1995. **Dairy Processing Handbook**. Tetra Pack Processing Systems AB. Sweden. Tetra Pack.

Cairo, R.C., Silva, L.R., Andrade, C.F., Barberino, M.G.A., Bandeira, A.C., Santos, K.P. and Diniz-Santos, D.R. 2008. "Bacterial Contamination in Milk Kitchens in Pediatric Hospitals in Salvador, Brazil." **Brazilian Journal of Infectious Diseases.** 12 : 1-8.

Centers for Disease Control (CDC). 1997. "Outbreak of Staphylococcal food poisoning associated with precooked ham-Florida." **Morbidity and Mortality Weekly Report**. 46: 1189-1191.

Chr. Hanssen. 2002. Method for Counting *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* in Fermented Milk Products. **Guideline Method Counting Probiotic Bacteria**. Denmark : Chr. Hanssen.

Chr. Hanssen. 2002. Method for Counting *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* in Yoghurt. **Technical Bulletin**. Denmark : Chr. Hanssen.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Clunies, P.E.M., Kakuda, Y., Mullen, K., Arnott, D.R. and Deman, J.M. 1986. "Physical Properties of Yoghurt : A Comparison of Vat Versus Continuous Heating Systems of Milk." **Journal of Dairy Science**. 69 : 2593-2603.

Crislay, F.D. and Foster, M.J. 1965. "The Use of Antimicrobial Soaps and Detergents for Hand Washing in Food Service Establishments." **Journal of Milk Food Technology**. 28: 278-284.

Curiale, M.S., Fahey, P., Fox, T. and Mcallister, J.S. 1989. "Dry Rehydratable Films for Enumeration of Total Coliforms and Aerobic Bacteria in Dairy Products: Collaborative Study." **Journal of the Association of official Analytical Chemists**. 72: 312-318.

Dave, R.I. and Shah, N.P. 1998. Ingredients Supplementation Effects on Viability of Probiotic Bacteria in Yoghurt. **Journal of Dairy Science**. 81: 2804-2816.

David, W. 1995. **The Physiology and Biochemistry of Prokaryotes**. London : Oxford University press.

Dewit, J.C. 1985. "The Importance of Hand Hygiene in Contamination of Foods." **Anton van Leewenhoek**. 51: 523-527.

Donkor, O.N., Nilmini, S.L.I., Stolic, P., Vasiljevic, T. and Shah, N.P. 2006. "Survival and Activity of Selected Probiotic Organism in Set-Type Yoghurt During Cold Storing." **International Dairy Journal**. 1-9.

Fablan, F.W., Hook, A.E. and Nielsen, G.L. 1942. "A Comparison of Hot Water, Steam and Chlorine for Sanititizing Ice Cream Freezer." **Journal of Dairy Science**. 101: 1-13.

Food and Drug Administration (FDA). 2001. **Bacteriological Analytical Manual**. United States of America : Association of Official Analytical Chemist International.

Garcia M.C. 1994. "Composition and Characterization of Soybean and Related Products." **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 37 : 361-391.

Gilliland, S.E. and Walker, D.E. 1990. "Factors to Consider When Selecting a Culture of *L. acidophilus* as a Dietary Adjunct to Produce Hypocholesterolemic Effect in Humans." **Journal of Dairy Science**. 73: 905-911.

Gonzalez-Martinez, C., Becerra, M., Chafer, M., Albors, A., Carot, J.M. and Chiralt, A. 2002. "Influence of Substituting Milk Powder for Whey Powder on Yoghurt Quality." **Trends in Food Science and Technology**. 13: 334-340.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kasimoglu, A. 2004. "Determination of Contamination Sources During the Manufacturing of Yoghurt." **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences.** 28: 17-22.

Katsiari, M.C., Voutsinas, P.L. and Kondyli, E. 2002. "Manufacture of Yoghurt from Stored Frozen Sheep's Milk." **Food Chemicals.** 77: 413-420.

Kikuchi, M., Matsumoto, Y. Sun, X.M. and Takao, S. 1996. "Incidence and Significance of Thermoduric Bacteria in Farm Milk Supplies and Commercial Pasteurized Milk." **Animal Science and Technology** (Japan). 67: 265-272.

Krasaekoopt, W., Bhandari, B. and Deeth, H. 2003. "Evaluation of Encapsulation Techniques of Probiotics for Yoghurt." **International Dairy Journal.** 13: 3-13.

Kroger, M. 1975. "Quality of Yogurt." **Journal of Dairy Science.** 59: 344-350.

Law, B.A. 1997. **Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk.** 2nd Edition. London : Blackie Academic and Professional.

Lee, S.M. and Chen, J. 2005. "The influence of an Extracellular Polysaccharide, Comprised of Colonic Acid, on the Fat of *Escherichia coli* O157:H7 During Processing and Storage of Stirred Yogurt." **Journal of Dairy Science.** 38: 785-790.

Lin, S. Schraft, H. Odumeru, J.A. and Griffiths, M.W. 1998. "Identification of Contamination Sources of *Bacillus cereus* in Pasteurized Milk." **International Journal of Food Microbiology.** 43: 159-171.

Lowbury, E.J.L., Lilly, H.A. and Bull, J.P. 1963. "Disinfection of Hands: Removal Resident Bacteria." **British Medical Journal.** 1: 1251-1256.

Marriott, G.N. and Gravani, B.R. 2006. **Principles of Food Sanitation.** 5th Edition. United States of America : Van Nostrand Reinhold.

Marriott, N.G. 1989. **Principles of Food Sanitation.** 2nd Edition. United States of America : Van Nostrand Reinhold.

Marshall, R.T. 1993. **Standard Methods for the Examination of Dairy Products.** 16th Edition. Washington, DC: American Public Health Association.

Marshall. V.M. and Tamime, A.Y. 1997. "Starter Cultures Employed in the Manufacture of Biofermented Milks." **International Dairy Journal.** 50 : 35-39.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Miller, M.L., James-Davis, A.L. and Milanesi, L.E. 1994. "A Field Study Evaluating the Effectiveness of Different Hand Soaps and Sanitizers." **Dairy Food Environmental.** Sanitation. 14:155-160.

Mullan, W.M.A. 2001. **Probiotic bacteria**. [Online]. Available : http://www.dairyscience.info/probotices.htm.

Nobel, W.E. and Pitcher, D.G. 1978. **Microbial ecology of the human skin.** Advances in Microbial Ecology. 2th Edition. New York : M. Alexander, Plenum Press.

Ogwaro, B. A., Gibson, H., Whitehead, M. and Hill, D.J. 2002. "Survival of *E. coli* O157:H7 in Traditional African Yoghurt Fermentation." **International Journal of Food Microbiology**. 79: 105-112.

Reddy, G.V., Friend, B.A., Shahani, K.M. and Farmer. R.E. 1983. "Antitumer Activity of Yoghurt Components." **Journal of Food Protein**. 46: 8-12.

Reginald W.B. and Gayle, A. 1995. **Bacteriological Analytical Manual**. 8th Edition. Washington D.C : AOAC International.

Restainol, L. and Wind, C.E. 1990. "Antimicrobial Effectiveness of Hand Washing for Food Establishments." **Dairy Food Environmental Sanitation.** 10 : 136-141

Robinson, R.K. 1990. **Dairy Microbiology of milk**. 2nd Edition. London and New york : Gailliard.

Schroder, M.J.A. 1984. "Origins and Levels of Post Pasteurization Contamination of Milk in Dairy and their Effects on Keeping Quality." **Journal of Dairy Research**. 51: 59-67.

Sibernagel, K.M., Jackorex, R.P. and Carver, C.N. 2003. "3M™ Petrifilm™ Staph Express Count Plate Method for the Enumeration of *Staphylococcus aureus* in Selected Diary Foods: Collaborative Study." **Journal of AOAC International.** 86 : 963-970.

Snelling, A.M., Kerr, K.G. and Heritage, J. 1991. "The Survival of *Listeria monocytogenes* on Fingertips and Factors Affecting Elimination of the Organism by Hand Washing and Disinfection." **Journal of Food Protein**. 54 : 343-348.

Snyder, O.P.1998. Hand Washing for Retail Food Operations. Review. **Dairy Food Environmental Sanitation**. 18: 149-162.

Spreer, E. 1998. **Acidified Milk Products : In Milk and Dairy Product Technology**. New York: Marcel Dekker.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stanley, G. 1998. **Microbiology of Fermented Milk Products : In The Technology of dairy Products**. 2nd Edition. New York : Blackie Academic and Professional.

Steere, A.C. and Mallison, G.F. 1975. "Hand Washing Practices for the Prevention of Nosocomial Infections." **Annals of Internal Medicine.** 83: 683-690.

Talaro, K., and Talaro, A. 1996. **Foundations in Microbiology**. 1993. Los Angelese : W.C. Brown Dubugue.

Tamine, A.Y. and Robinson, R.K. 1985. **Yoghurt Science and Technology**. New York : Pergamon New York.

Tamine, A.Y. and Robinson, R.K. 1999. **Yoghurt Science and Technology**. 2nd Edition. Cambridge : Woodhead Publishing.

Taylor, A.K. 2000. "Food protection: New Developments in Hand Washing." **Dairy Food Environmental Sanitation.** 20: 114-119.

Trickett, J.A. 1993. **Food Hygiene for Food Handlers.** New York : Academic Press.

Troller, J.A. 1993. **Sanitation in Food Processing**. 2nd Edition. California : Academic Press.

Vernan, A.H. and Sutherland, J.P. 1994. **Milk and Milk Products Technology : Chemistry and microbiology**. 1st Edition. London : Chapman and Hall.

Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A. and Van Boekel, M.A.J.S. 1999. "Dairy Technology." **International Dairy Journal**. 10 : 585-586.

Wood, B.J.B. 1998. **Microbiology of fermented food.** 1.2nd Edition. London : International Thompson Publishing.

Xu, S.Y., Stanley, D.W., Goff, H.D., Davidson, V.J. and Meguer, M.L. 1992. "Hydrocollid Milk Gel Formation and Properties." **Journal of Food Science**. 57 : 96-102.

Yamani, M.I. 1994. "Yeast Flora of Labaneh Produced by In-Bag Straining of Cow Milk Set Yogurt." **Journal Dairy Science**. 77: 3558-3564.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate Count Agar (PCA)

ชั่ง PCA 23.5 กรัม ผสมในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ต้มจนวุ้นละลาย จนมองเห็นว่ามีลักษณะใส นำมาแบ่งใส่ขวดบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ ขวดละประมาณ 250 มิลลิลิตร ปิดฝา นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. Potato Dextrose Agar (PDA)

ชั่ง PDA 39 กรัม ผสมในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ต้มจนวุ้นละลาย จนมองเห็นว่ามีลักษณะใส นำมาแบ่งใส่ขวดบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ ขวดละ 250 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติมสารละลายกรดทาร์ทาริกเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ฆ่าเชื้อแล้วจำนวน 2 มิลลิลิตรต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ 250 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

3. MRS Broth

ชั่ง MRS Broth 52 กรัม agar 15 กรัมผสมในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนผสมละลาย นำมาแบ่งใส่ขวดบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ ขวดละ 250 มิลลิลิตร ปรับความเป็นกรดด่างโดยใช้ กรดไฮโดรคลอริกให้ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.4 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

4. Phosphate Buffer Saline (PBS)

ใช้ PBS ชนิดเม็ดผสมในน้ำกลั่นอัตราส่วน 1 เม็ด/น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร อุ่นให้ PBS ละลายจนหมด นำไปใส่หลอดฝาเกลียวหลอดละ 10 มิลลิลิตร โดยใช้ dispensette ใส่ไม้พันสำลีลงในหลอด ปิดฝา นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการตรวจวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์หาปริมาณกรด (Titratable acidity) (AOAC, 1995)

นำตัวอย่าง 10 กรัม ผสมน้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ (เตรียมจากน้ำกลั่นต้ม 20 นาที) 20 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1 เปอร์เซ็นต์ ไตเตรทจนถึงจุดยุติ ปริมาณกรดคำนวณจาก (ใช้กรด แลคติกเป็นกรดมาตรฐาน)

$$\text{กรดทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)} = \frac{N \times V \times 90.08 \times 100}{1000 \times 10}$$

กำหนดให้ N = ความเข้มข้นมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล

V = มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล

2. จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (APHA, 1992)

เตรียมความเจือจาง10^{-1} โดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ขวดที่มี phosphate buffer saline ปริมาตร 225 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำมาเตรียมจนได้ความเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ ทำการ pour plate ด้วยอาหาร Plate Count Ager (PCA) ที่ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิ 45±1 องศาเซลเซียส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำไปบ่มในตู้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นอยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี กรณีตรวจไม่พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ให้รายงานผลเป็น n.d. (not detected)

3. จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด (total lactic bacteria) (Chr. Hansen, 2002)

เตรียมความเจือจาง10^{-1} โดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ขวดที่มี phosphate buffer saline ปริมาตร 225 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำมาเตรียมจนได้ความเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ ทำการ pour plate ด้วยอาหาร MRS ที่ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิ 45±1 องศาเซลเซียส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำไปบ่มในตู้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในสภาวะไม่มีออกซิเจน นับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นอยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี กรณีตรวจไม่พบจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมดให้รายงานผลเป็น n.d. (not detected)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จำนวนยีสต์และรา (APHA, 1992)

เตรียมความเจือจาง 10^{-1} โดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ขวดที่มี phosphate buffer saline ปริมาตร 225 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำมาเตรียมจนได้ความเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ใช้ spreader เกลี่ยตัวอย่างบนพื้นผิวของอาหารเลี้ยงเชื้อจนทั่วถึง โดยการวน spreader เป็นวงกลม นำไปบ่มในตู้อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นอยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี กรณีตรวจไม่พบจำนวนยีสต์และรา ให้รายงานผลเป็น n.d. (not detected)

5. วิธีการตรวจวิเคราะห์จำนวน Coliform และ *E. coli* โดยใช้ Petrifilm

5.1 วิธีการตรวจวิเคราะห์ (3M Petrifilm *E. coli* / Coliform count) (AOAC, 2000)

วางแผ่น Petrifilm บนพื้นและเปิดแผ่น Petrifilm ด้านบนขึ้น ปิเปตตัวอย่างที่ถูกเจือจางในอัตราส่วนที่ต้องการ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางของแผ่น Petrifilm โดยในแต่ละอัตราส่วนทำ 2 ซ้ำ ปิดแผ่น Petrifilm ด้านบนลงและใช้ spreader กดลงบนแผ่น Petrifilm ด้านบนโดยให้หยดตัวอย่างอยู่ตรงกึ่งกลางของ spreader ทิ้งไว้ 1 นาที แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีบนแผ่น Petrifilm โดยเลือกนับจากแผ่น Petrifilm ที่มีโคโลนีประมาณ 15-150 โคโลนี

- *E. coli* นับจำนวนโคโลนีที่มีสีน้ำเงินและสร้างฟองแก๊ส
- Coliform นับจำนวนโคโลนีที่มีสีแดงและสร้างฟองแก๊ส

5.2 การคำนวณจำนวน Coliform และ *E. coli*

1. นำแผ่น Petrifilm ทั้ง 2 แผ่นในอัตราส่วนเดียวกันที่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ นำมาคูณด้วย dilution factor

2. ถ้าแผ่น Petrifilm แผ่นใดแผ่นหนึ่งในอัตราส่วนเดียวกันมีจำนวนโคโลนีน้อยกว่า 15 หรือมากกว่า 150 ให้นับจำนวนโคโลนีทั้ง 2 แผ่นนำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย dilution factor

3. ถ้ามี 2 dilution ที่ติดกันมีจำนวนโคโลนีระหว่าง 15-150 โคโลนีให้นับจำนวนโคโลนีทั้ง 2 dilution แล้วนำมาคำนวณเหมือนข้อ 1

4. ถ้า dilution ต่ำสุดที่นับได้น้อยกว่า 15 โคโลนี ให้นับจำนวนโคโลนีทั้ง 2 แผ่น นำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย dilution factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ถ้าทุก dilution มีจำนวนโคโลนีมากกว่า 150 โคโลนี ให้เลือกเอา dilution สูงสุดมาแบ่งแผ่น Petrifilm เป็น 2, 4 หรือ 8 ส่วน แล้วนับจำนวนโคโลนีอย่างน้อยในพื้นที่ 1 ส่วน แล้วคูณด้วยค่าคงตัวที่เหมาะสม (จำนวนส่วนที่แบ่ง) นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย dilution factor

6. ถ้าแบ่งแผ่น Petrifilm เป็น 8 ส่วนและในแต่ละส่วนมีจำนวนโคโลนีมากกว่า 20 โคโลนี ให้รายงานว่ามากกว่า 160 (20x8) แล้วคูณด้วย 20

7. ถ้าไม่พบโคโลนีบน plate เลยให้รายงานเป็นค่าน้อยกว่าที่ dilution ต่ำสุด

6. วิธีการตรวจวิเคราะห์จำนวน *S. aureus* โดยใช้ Petrifilm

6.1 วิธีการตรวจวิเคราะห์ (3M Petrifilm Staph Express Count Plate) (AOAC, 2000)

วางแผ่น Petrifilm บนพื้นและเปิดแผ่น Petrifilm ด้านบนขึ้น ปิเปตตัวอย่างที่ถูกเจือจางในอัตราส่วนที่ต้องการ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางของแผ่น Petrifilm โดยในแต่ละอัตราส่วนทำ 2 ซ้ำ ปิดแผ่น Petrifilm ด้านบนลงและใช้ spreader กดลงบนแผ่น Petrifilm ด้านบนโดยให้หยดตัวอย่างอยู่ตรงกึ่งกลางของ spreader ทิ้งไว้ 1 นาที แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีบนแผ่น Petrifilm โดยเลือกนับจากแผ่น Petrifilm ที่มีโคโลนีประมาณ 1-150 โคโลนี

- *S. aureus* นับจำนวนโคโลนีที่มีสีแดงอมม่วง

6.2 การคำนวณจำนวน *S. aureus*

1. นำแผ่น Petrifilm ทั้ง 2 แผ่นในอัตราส่วนเดียวกันที่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ นำมาคูณด้วย dilution factor

2. ถ้าแผ่น Petrifilm แผ่นใดแผ่นหนึ่งในอัตราส่วนเดียวกันมีจำนวนโคโลนีมากกว่า 150 ให้นับจำนวนโคโลนีทั้ง 2 แผ่นนำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย dilution factor

3. ถ้ามี 2 Dilution ที่ติดกันมีจำนวนโคโลนีระหว่าง 1-150 โคโลนีให้นับจำนวนโคโลนีทั้ง 2 Dilution แล้วนำมาคำนวณเหมือนข้อ 1

4. ถ้าทุก Dilution มีจำนวนโคโลนีมากกว่า 150 โคโลนี ให้เลือกเอา Dilution สูงสุดมาแบ่งแผ่น Petrifilm เป็น 2, 4 หรือ 8 ส่วน แล้วนับจำนวนโคโลนีอย่างน้อยในพื้นที่ 1 ส่วน แล้วคูณด้วยค่าคงตัวที่เหมาะสม (จำนวนส่วนที่แบ่ง) นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย dilution factor

5. ถ้าแบ่งแผ่น Petrifilm เป็น 8 ส่วนและในแต่ละส่วนมีจำนวนโคโลนีมากกว่า 20 โคโลนี ให้รายงานว่ามากกว่า 160 (20x8) แล้วคูณด้วย 30

6. ถ้าไม่พบโคโลนีบน plate เลยให้รายงานเป็นค่าน้อยกว่าที่ dilution ต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การเก็บตัวอย่างที่พื้นผิว

7.1 การ Swab test พื้นผิว

นำไม้ Swab (ไม้พันสำลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว) จากหลอดทดลองที่มี phosphate buffer saline ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ออกจากหลอดทดลองโดยการหมุนหัวไม้ swab กดกับข้างหลอดทดลองด้านในเพื่อรีดไม่ให้สารละลายชุ่มเกินไป จรดปลายไม้ swab กับพื้นผิวหมุนหัวไม้จนทั่วบริเวณพื้นผิวที่ต้องการนำไม้ swab ใส่กลับลงในหลอดทดลองโดยหักปลายไม้ swab ให้สำลีจุ่มลงในสารละลายแล้วปิดฝาหลอดทดลอง นำไปตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

7.2 การ Rinse test (Marshall, 1993)

ทำ rinse test ถ้วยโยเกิร์ตโดยการเติม Phosphate buffer saline ปริมาตร 10 มิลลิลิตรลงไปในถ้วยโยเกิร์ตขนาด 150 มิลลิลิตร เขย่าให้สัมผัสกับพื้นผิวหน้าของถ้วยโยเกิร์ตให้ทั่ว จะได้ rinse solution นำสารละลาย rinse solution ที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ตามวิธีข้างต้น แล้วคำนวณเป็นจำนวนจุลินทรีย์ต่อหน่วยทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
แผ่นเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm

Petrifilm™ ได้รับการรับรองจาก AOAC ซึ่งประกอบด้วยแผ่นฟิล์ม 2 แผ่น ประกบเข้าหากัน แผ่นบนเปรียบเสมือนฝาจาน ส่วนแผ่นล่างเปรียบเสมือนตัวจานอาหารเลี้ยงเชื้อ มีอาหารเลี้ยงเชื้อในสภาพแห้งที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการตรวจวิเคราะห์ เมื่อหยดซัสเพรนชันของเซลล์ลงไป 1 มิลลิลิตร จะทำให้เกิดความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เมื่อนำไปบ่มจะเกิดเป็นโคโลนีและสามารถนับจำนวนได้ ปัจจุบันมี Petrifilm™ หลายชนิดที่ผลิตขึ้นมาเพื่อตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์หลายกลุ่ม เช่น จุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียโคลิฟอร์มและ *E. coli* ยีสต์ รา เป็นต้น ซึ่ง Petrifilm™ แต่ละชนิดจะแตกต่างกันเฉพาะอาหารเลี้ยงเชื้อที่เคลือบไว้บนแผ่นฟิล์ม วิธีการตรวจวิเคราะห์ใช้หลักการเดียวกัน คือ เตรียมตัวอย่างน้ำนมหรือผลิตภัณฑ์นม 11 มิลลิลิตร หรือ 11 กรัม ในบัฟเฟอร์ปริมาตร 99 มิลลิลิตร ได้ระดับความเจือจาง 1:10 เจือจางต่อให้ได้ 1:100 และ 1:1000 ปิเปตซัสเพนชันของตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบนแผ่น Petrifilm™ ชนิดต่างๆ นำไปบ่มที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้นแล้วคำนวณออกมาเป็นจำนวนโคโลนีต่อน้ำนมหรือผลิตภัณฑ์นมปริมาตร1 มิลลิลิตรหรือ 1 กรัม (Christen และคณะ, 1993) ดังนั้น Petrifilm™ เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป โดยมีลักษณะเป็นผงแห้งที่เคลือบอยู่บนแผ่นฟิล์มพลาสติกสำหรับวิเคราะห์หาจำนวนของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ซึ่งมีรายละเอียดของ Petrifilm™ แต่ละชนิด ดังนี้ (บริษัท 3M ประเทศไทย, 2550)

1. **3M Petrifilm *E. coli* / Coliform count (EC)**

3M Petrifilm *E. coli* / Coliform count (EC) เป็นระบบเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปซึ่งประกอบด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อไวโอเรดไบล์ (Modified Violet RedBile Agar หรือ VRB) เจลละลายได้ด้วยน้ำเย็น สีย้อมเพื่อบ่งชี้ปฏิกิริยาจากเอนไซม์กลูคิวโรนิเดส และสีย้อมเพื่อช่วยในการนับจำนวนโคโลนี *E. coli* เป็นสารบ่งชี้คือ สีไตรเฟนนิล เดทตระโซเลียม คลอไรด์ (Triphenyl Tetrazolium Chloride-TTC) และ BCIG การตรวจหา *E. coli* โดยใช้สารบ่งชี้ คือสาร BCIG (5 bromo, 4 chloro, 3 indolyl D-gluronide) ซึ่งเป็นสารซับสเตรท 97% ของ *E. coli* สร้างเอนไซม์เบต้ากลูคิวโรนเดส (B- gluronidase หรือ GUD) โดยเอนไซม์ gluronidase จะจับกับ BCIG ทำให้เกิดตะกอนสีน้ำเงินที่มีโคโลนีบนแผ่นฟิล์มบนแผ่นดักแก๊สที่ผลิตโดย Coliformและ *E. coli* จากปฏิกิริยาการหมักน้ำตาลแลคโตส 95% ของ *E. coli* ซึ่งบ่งชี้ได้จากโคโลนีสีน้ำเงิน หรือน้ำเงินอมแดงที่มีฟองแก๊สอยู่ด้วย (ฟองแก๊สอยู่ภายในระยะ 1 ช่วงโคโลนี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามคำจำกัดความของ AOAC INTERNATIONAL และ U.S. FDA Bacterio; ogical Analytical Manual (BAM) Coliform ได้แก่ แบคทีเรียรูปแท่งกลม แกรมลบ ซึ่งผลิตกรดและแก๊สจากปฏิกิริยาสันดาปของการหมักน้ำตาลแลคโตส โคโลนีของ Coliform ที่เจริญอยู่ในแผ่น 3 M Petrifilm *E. coli* / Coliform count (EC) ผลิตกรดซึ่งทำให้สีของเนื้อเจลเข้มขึ้น ฟองแก๊สที่ถูกดักอยู่รอบๆ โคโลนีแสดงผลยืนยันว่าเป็นโคโลนีของ Coliform อุณหภูมิที่บ่มเชื้อ 35±1 ใช้ระยะเวลา 24-48 ชั่วโมง วางซ้อนกันไม่เกิน 20 แผ่น ช่วงที่เหมาะสมในการนับโคโลนี คือ 15-150 โคโลนี/แผ่น ถ้าจำนวนโคโลนีบนแผ่นมากกว่า 150 ให้นับจำนวนโคโลนีใน 1 ช่องสี่เหลี่ยม (1 ตารางเซนติเมตร) คูณด้วย 20 (พื้นที่ในวงกลมทั้งหมด) คูณด้วย Dilution การอ่านผล Coliform ภายใน 24 ชั่วโมง ส่วน *E. coli* ในเนื้อวัว เนื้อไก่ และอาหารทะเลภายใน 24 ชั่วโมง ถ้าเป็นอาหารอื่นๆ ภายใน 48 ชั่วโมง

2. 3M Petrifilm Staph Express Count (STX)

3M Petrifilm Staph Express Count (STX) เป็นระบบเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปที่ประกอบด้วยเจลที่ละลายได้ในน้ำเย็น อาหารเลี้ยงเชื้อดัดแปลง Baird-Parker ซึ่งเป็นอาหารที่ทำให้เกิดสีที่มีความจำเพาะต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus* โดยโคโลนีจะมีสีแดงม่วง กรณีที่พบเฉพาะโคโลนีสีแดงม่วงบนแผ่นเพาะเลี้ยงเชื้อ ถือว่าการทดสอบเสร็จสมบูรณ์สามารถรายงานผลได้ทันที กรณีที่พบโคโลนีสีอื่นๆ เช่น โคโลนีสีดำหรือน้ำเงินเขียวขึ้นปนอยู่กับโคโลนีสีแดงม่วงบนแผ่นเพาะเลี้ยงเชื้อ ตรวจสอบโคโลนีที่สงสัยได้โดยการใช้แผ่นปฏิกิริยา 3M Petrifilm Staph Express disk ที่ประกอบด้วยสีย้อมและ deoxyribonucleic acid (DNA) เชื้อ *S. aureus* จะสร้างเอนไซม์ deoxyribonuclease (DNase) ซึ่งทำปฏิกิริยากับสีย้อมทำให้เกิดวงสีชมพูล้อมรอบโคโลนี โดย *S. aureus* (บางครั้งรวมไปถึง Staphylococcus hyicus และ Staphylococcus intermedius) เชื้อกลุ่มที่สร้างเอนไซม์โคอกูเลส (coagulase-positive staphylococci) เท่านั้นที่จะทำให้เกิดวงสีชมพู เชื้อแบคทีเรียชนิดอื่นๆ จะไม่สร้างวงสีชมพูดังกล่าว อุณหภูมิที่บ่มเชื้อ 35±1 ใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมง วางซ้อนกันไม่เกิน 20 แผ่น ช่วงที่เหมาะสมในการนับโคโลนี คือ 1-150 โคโลนี/แผ่น ถ้าจำนวนโคโลนีบนแผ่นมากกว่า 150 ให้นับจำนวนโคโลนีใน 1 ช่องสี่เหลี่ยม (1 ตารางเซนติเมตร) คูณด้วย 30 (พื้นที่ในวงกลมทั้งหมด) คูณด้วย Dilution

ข้อควรระวัง

1. ห้ามใช้บัฟเฟอร์ที่มีส่วนผสมของ Citrate Bisulfite และ Thiosulphate เพราะสารประกอบเหล่านี้จะยับยั้งการเจริญของเชื้อ

2. สำหรับตัวอย่างที่เป็นกรดต้องปรับความเป็นกรดด่างให้ได้ 6.5-7.5 ด้วย 1N NaOH สำหรับตัวอย่างที่มีความเป็นด่างให้ปรับสภาพด้วย 1N HCl ก่อน

3. หลังจากหยดตัวอย่างแล้ว วางแผ่นทิ้งไว้ 1-2 นาที เพื่อให้เจลแข็งตัวก่อนเคลื่อนย้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำแผ่นไปบ่มที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนด

5. ซองที่ยังไม่ได้เปิด ให้เก็บที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เก็บได้นานตามอายุข้างซอง

6. ซองที่เปิดแล้ว ให้ปิดผนึกปากซองด้วยเทปกาว แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องใช้ให้หมดภายใน 1 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวจริยา นามวงศ์
วัน เดือน ปีเกิด	13 มกราคม 2524 ที่จังหวัดปราจีนบุรี
ที่อยู่	3 หมู่ 1 ต. คลองหินปูน อ. วังน้ำเย็น จ. สระแก้ว 27210
	โทร 0-87-040-6634

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2546 จบการศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ปีการศึกษา 2549 ศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ในสาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ความชำนาญเฉพาะด้าน

1. ระบบ GMP ผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ ไอศกรีม น้ำดื่ม นมอัดเม็ด
2. ระบบ HACCP ผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ ไอศกรีม น้ำดื่ม

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2546-ปัจจุบัน เจ้าหน้าที่งานควบคุมผลิตภัณฑ์ โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

ผลงานนำเสนอจากงานวิทยานิพนธ์

1. จริยา นามวงศ์, อพัชชา จินดาประเสริฐ, อดิศร เศวตวิวัฒน์ และศศิวิมล ชื่นอิ่ม อาเหม็ด. 2553. “ ปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท.” ใน **การประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 11.** ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
2. จริยา นามวงศ์. 2553. “การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบเซ็ท.” ใน **การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ราชนครินทร์วิจัย ครั้งที่ 4.** ฉะเชิงเทรา : (อยู่ในระหว่างดำเนินการพิมพ์.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้