วิชา เทคโนโลยีนมและผลิตภัณฑ์

by ครูชมบี

อาจารย์ผู้สอน

ผศ. ชมภูนุช เผื่อนพิภพ Chompoonuch phuenpipob

กระบวนการให้ความร้อนเพื่อยืดอายุน้ำนมดิบ

1. การพาสเจอไรซ์

เป็นวิธีการที่ทำให้ทุกอนุภาคในน้ำนมได้รับความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในอาหารและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้ รวมถึงเอนไซม์ในน้ำนม ระดับความร้อนนี้สามารถทำลายจุลินทรีย์รวมถึงสารพิษและสปอร์ของจุลินทรีย์ได้เพียงบางส่วน (ร้อยละ 90) แต่อย่างไรก็ตามยังมีจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียเหลือรอดอยู่ในน้ำนมหลังจากผ่านการพาสเจอไรซ์

ด้วยเหตุนี้น้ำนมที่ผ่านการพาสเจอไรซ์จึงต้องใช้วิธีการแช่เย็นร่วมด้วยในการเก็บรักษา เพื่อช่วยชะลอการเสื่อมเสียของน้ำนม เช่น การใช้ความร้อนอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที หรืออุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำลายเชื้อ *ไมโครแบคทีเรียม ทูเบอคูโรซีส (Mycobacterium tuberculosis)* และ *คอกเซียลา เบอร์เนตี (Coxiella burnettii)* ภายหลังจากผลิตเสร็จต้องนำน้ำนมที่ได้ไปเก็บรักษาในสภาวะที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิตู้เย็น) (Bender, 1978)

Oakhurst
Milk

CRICKET CREEK FARM
WILLIAMSTOWN · MASS
MILK
RAW COW'S MILK
CRICKET CREEK FARM
WILLIAMSTOWN · MASS
MILK
RAW COW'S MILK

meiji
CP-meiji
No.1
パスチャライズ牛乳
Pasteurized Fresh Milk
2

Pasteurized
Full Cream
Liquid Milk
500 ml

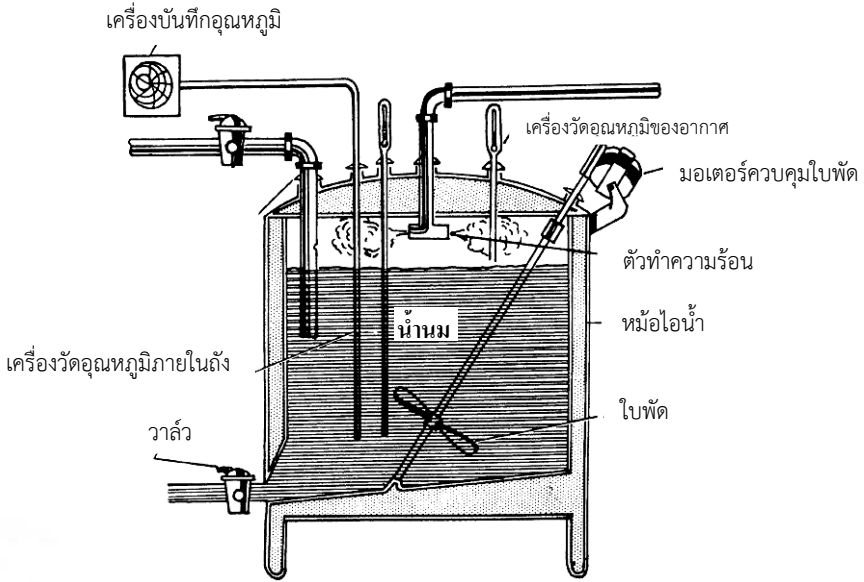
นม
โมเรียน

กระบวนการพาสเจอไรซ์ ในน้ำนมมี 2 ระบบ (สุมณฑา, 2541) ดังนี้

1. ระบบการพาสเจอไรซ์แบบไม่ต่อเนื่อง (batch pasteurization)

ระบบนี้เป็นระบบที่ต้นทุนต่ำ นิยมใช้กันมากตามบ้านเรือนหรืออุตสาหกรรมในครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก การจัดการไม่ยุ่งยากซับซ้อน เป็นการผลิตน้ำนมในปริมาณน้อยประมาณ 1,500-2,000 ลิตรต่อครั้งการผลิต โดยกระบวนการจะเริ่มจากการใส่ของเหลวลงในหม้อที่เป็นถังสเตนเลส (เหล็กปลอดสนิม) มีความหนา 2 ชั้น

เพื่อให้น้ำร้อนหรือน้ำเย็นไหลผ่านระหว่าง 2 ชั้น และมีใบพัดกวนเพื่อให้เกิดการกระจายความร้อนอย่างสม่ำเสมอ เมื่อให้ความร้อนถึงระดับที่กำหนดแล้วต้องทำให้เย็นทันที ด้วยการหล่อเย็นหรือแช่ในอ่างน้ำแข็ง อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเครื่องพาสเจอไรซ์ระบบไม่ต่อเนื่อง แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพตัดขวางของเครื่องพาสเจอไรซ์ระบบไม่ต่อเนื่อง

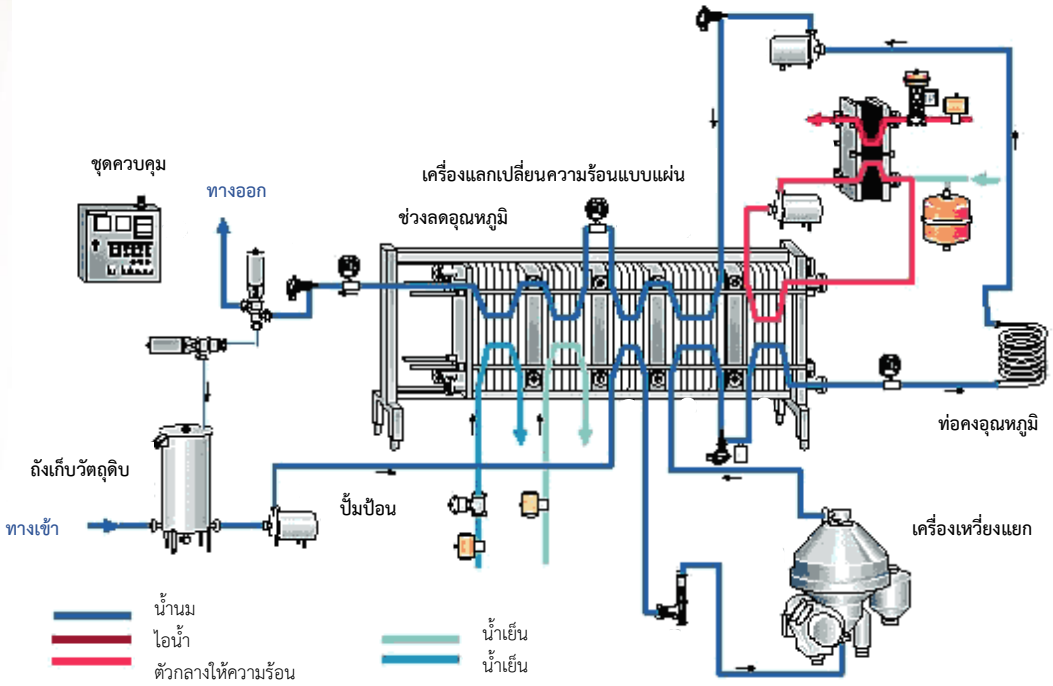
ที่มา : ALFA-LAVAL (1989)

2. ระบบการพาสเจอไรซ์แบบต่อเนื่อง (continuous pasteurization)

เป็นระบบที่พัฒนามาจากระบบแบบไม่ต่อเนื่อง เหมาะต่อการผลิตน้ำนมปริมาณมาก ประมาณ 10,000 ลิตรต่อครั้งการผลิต โดยส่วนใหญ่โรงงานอุตสาหกรรมนมและน้ำผลไม้จะใช้ระบบนี้ โดยกระบวนการพาสเจอไรซ์จะเริ่มจากการทำให้อุณหภูมิของน้ำนมร้อนขึ้นจนได้อุณหภูมิสูงกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิที่ใช้เพื่อการพาสเจอไรซ์

โดยน้ำนมจะถูกปั๊มจากถังเก็บวัตถุดิบ (balance tank) ด้วยปั๊มป้อน (feed pump) เข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) ในช่วงระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นเข้าสู่ช่วงคงอุณหภูมิ (holding section) น้ำนมที่มีอุณหภูมิสูงกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิพาสเจอร์ไรซ์จะผ่านเข้าท่อคงอุณหภูมิ เพื่อรักษาอุณหภูมิพาสเจอไรซ์ไว้ให้ได้ระยะเวลาที่กำหนดโดยระยะเวลา ควบคุมด้วยเครื่องควบคุมอัตราการไหล (flow controller)

โดยระยะเวลาการคงอุณหภูมิกำหนดจากขนาดของท่อและอัตราการไหลของน้ำนม เพื่อให้น้ำนมผ่านการพาสเจอไรซ์อย่างสมบูรณ์แล้วเข้าสู่ช่วงลดอุณหภูมิทำให้เย็นลงทันที (cooling section) ระบบการพาสเจอไรซ์แบบต่อเนื่องแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เครื่องพาสเจอไรซ์ระบบต่อเนื่อง

ที่มา : Goff (2008)

ระดับความร้อนที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์ แบ่งตามอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ แบ่งเป็น 2 วิธี ดังนี้

1. การใช้อุณหภูมิต่ำ ระยะเวลานาน (low temperature long time, LTLT) ใช้ความร้อนอุณหภูมิ 62-65 องศาเซลเซียส 30 นาที แล้วทำให้อุณหภูมิเย็นลงทันที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การใช้อุณหภูมิสูง ระยะเวลาสั้น (high temperature short time, HTST) ใช้ความร้อนอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 15 วินาที แล้วทำให้อุณหภูมิเย็นลงทันที ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส

การใช้ความร้อนสำหรับการพาสเจอไรซ์ ตามลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือในการให้ความร้อน แบ่งเป็น 2 ลักษณะ (Brown, 2011 ; Goff, 2008) ดังนี้

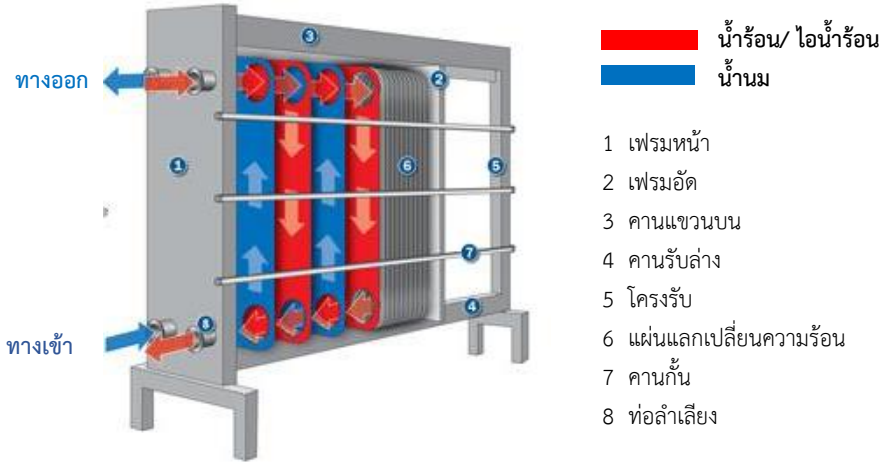
1. การให้ความร้อนทางตรง (direct heating) เป็นระบบให้ความร้อนแก่อาหารโดยตรงด้วยความร้อนจากไอน้ำ โดยน้ำที่นำมาทำเป็นไอน้ำจะต้องเป็นน้ำ ที่มีคุณภาพในระดับน้ำดื่มในระบบนี้อาจมีปัญหาเรื่องการกระจายของไอน้ำที่ไม่สม่ำเสมอและมีสิ่งแปลกปลอมในไอน้ำ

2. การให้ความร้อนทางอ้อม (indirect heating) เป็นวิธีการที่ผลิตภัณฑ์กับตัวให้ความร้อนแยกจากกันด้วยแผ่นผิวให้ความร้อนซึ่งแบ่งตามลักษณะรูปแบบของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหรือตัวให้ความร้อน ดังนี้

2.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (plate heat exchanger, PHE) นิยมใช้ในการแปรรูปน้ำนม ประกอบด้วยแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนที่เป็นโลหะบางๆ พื้นผิวเป็นคลื่น ซึ่งจะช่วยเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนและทำให้ของเหลวเกิดการไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนและลดการเกิดคราบตะกรัน (fouling) โดยรอบแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีปะเก็นอยู่เพื่อป้องกันการรั่วและบังคับทิศทางการไหลของของไหล อีกทั้งใช้เป็นตัวกลางกั้นระหว่างของเหลวที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อไม่ให้เกิดการสัมผัสกันโดยตรง

การออกแบบเครื่องจะนำแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนหลายแผ่นวางเรียงต่อกันขนานเป็นชุด ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกประกอบอยู่ระหว่างเฟรมหน้า (fixed cover) และเฟรมอัด (movable cover) มีท่อเข้าออกอยู่เฟรมหน้า หรืออาจจะอยู่บนทั้งสองเฟมก็ได้ถ้ามีการจัดการไหลมากกว่า 1 รอบ ชุดแผ่นและเฟรมยึดแน่นด้วยชุดสลักยึดและแขวนอยู่บนคานแขวนบนและตั้งอยู่บนคานรับล่าง แสดงดังภาพที่ 3 น้ำนม เป็นของเหลวเมื่อไหลผ่านในช่องหนึ่งก็จะสวนทางกับความร้อนอีกช่องหนึ่ง

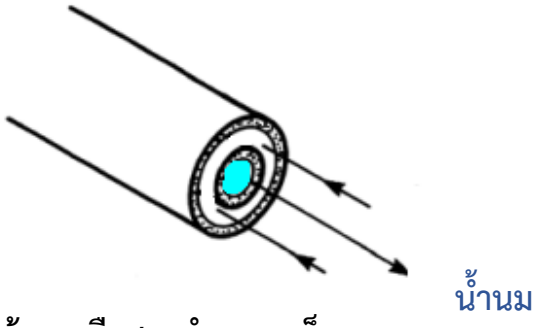
หากจะเพิ่มประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนก็จะออกแบบให้ช่องว่างของแผ่นแคบลง เพื่อให้น้ำนมสัมผัสกับความร้อนได้อย่างทั่วถึงในระยะเวลาที่รวดเร็ว อีกทั้งช่วยลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ และป้องกันการเปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำนมจากความร้อน เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูงกว่า 20,000 เซนติพอยซ์



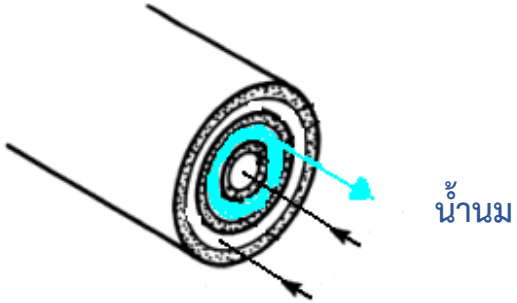
ภาพที่ 3 แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน

ที่มา : Goff (2008)

2.2 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ (tubular heat exchanger) ลักษณะเป็นท่อเล็กๆ ซ้อนกัน ทำให้current flow) หรือไหลทางเดียวกัน (pararelle flow หรือ co-current flow) ก็ได้ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อมีทั้งชนิดท่อซ้อนกัน 2 ชั้น (double tube heat exchanger) หรือท่อซ้อนกัน 3 ชั้น (triple-tube heat exchanger) แสดงดังภาพที่ 4 ผิวของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนอาจเป็นผิวเรียบ (straight tube) หรือเป็นลอน (corrugated tube) นิยมใช้ในการแปรรูปน้ำนม และน้ำผลไม้



ตัวทำความร้อน หรือสารทำความเย็น



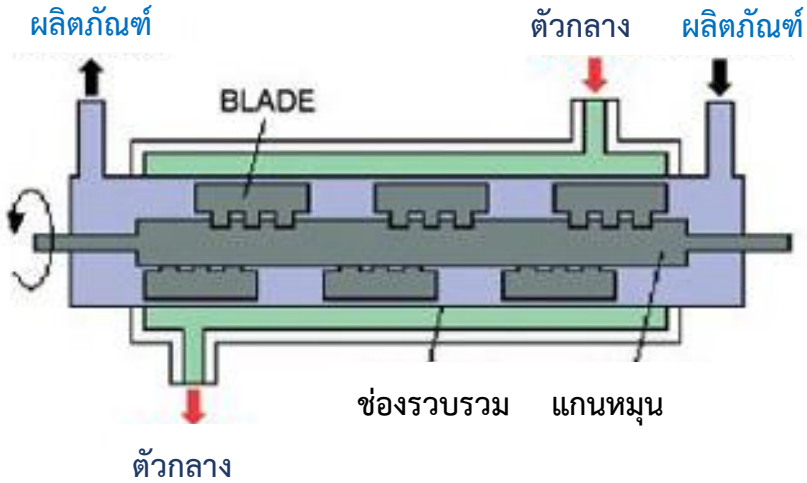
ตัวทำความร้อน หรือสารทำความเย็น

(ก) (ข)

ภาพที่ 4 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ (ก) ท่อซ้อนกัน 2 ชั้น (ข) ท่อซ้อนกัน 3 ชั้น

ที่มา : Goff (2008)

2.3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบมีแผ่นกวาดที่ผิวหน้า (scraped surface heat exchanger) ลักษณะเป็นท่อ 2 ชั้น ชั้นนอกบรรจุตัวกลางให้ความร้อน เช่น น้ำร้อน ไอน้ำ หรือตัวทำความเย็น เช่น สารทำความเย็น เพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอาหารเหลวที่อยู่ในท่อชั้นใน ภายในท่อจะมีใบมีดสำหรับขูดผิวที่หุ้มด้วยพลาสติกลามิเนตที่ติดอยู่รอบแกนหมุน (rotor) คอยขูดอาหารที่ผิวท่ออย่างต่อเนื่อง เพื่อช่วยป้องกันการติดผิวและเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน แสดงดังภาพที่ 5 นิยมใช้กับอาหารเหลวที่มีความข้นหนืดสูง เช่น ไอศกรีม น้ำผลไม้เข้มข้น ซอส และยังใช้ในกระบวนการทำให้เข้มข้นด้วยการแช่แข็ง (freeze concentration)



ภาพที่ 5 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบมีแผ่นกวาดที่ผิวหน้า

ที่มา : http://www.icecreamprocesssolutions.com.au/ssheh.html

การตรวจสอบประสิทธิภาพของการพาสเจอไรซ์

วิธีการใช้ฟอสฟาเตส (phosphatase test) เป็นวิธีการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำนมพาสเจอไรซ์ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของน้ำนม โดยใช้เอนไซม์แอลคาไลน์ฟอสฟาเตส (alkaline phosphatese enzyme) ในน้ำนมทำปฏิกิริยา กับไดโซเดียมฟีนิลฟอสเฟต (disodium phenyl phosphate) ได้เป็นฟีนอล (phenol) และโซเดียมฟอสฟาเตส (sodium phosphatase, H_3PO_4) จากนั้นถ้ายังมีฟีนอลอยู่ ฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับสารละลายซีคิวซี (CQC (2, 6-dichloroquinone chloroimide)) เกิดเป็นสารสีน้ำเงินเข้ม ซึ่งสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า (สุมณฑา, 2541 ; อภิญญา, 2551)

2. การสเตอริไลซ์ (sterilization)

เป็นวิธีการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 100 องศาเซลเซียสขึ้นไป ส่วนใหญ่เป็นความร้อนชื้น ตามวัตถุประสงค์หลักของการสเตอริไลซ์ คือ การใช้ความร้อนสูง เพื่อทำลายเอนไซม์ จุลินทรีย์ และสปอร์ของจุลินทรีย์ทุกชนิดที่อยู่ในน้ำนม เช่น ที่อุณหภูมิ 110-125 องศาเซลเซียส จะสามารถทำลายสปอร์ของ *บาซิลัส สเตียโรเทอร์โมฟิลัส (Bacillus stea rothermophilus)*ได้ ทั้งนี้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นมสามารถเก็บได้นานมากกว่า 6 เดือนขึ้นไปในสภาวะการเก็บที่อุณหภูมิห้องปกติ (27-30 องศาเซลเซียส)

Nestlé
High Calcium
STERILIZED MILK
น้ำนมโคสเตอริไลส์
Low fat
STERILIZED LOW FAT MILK
น้ำนมโคสเตอริไลส์ พร่องมันเนย
0% fat
STERILIZED NON FAT MILK
น้ำนมโคสเตอริไลส์ ขาดมันเนย
High Folate
STERILIZED MILK PRODUCT HIGH FOLATE

Nestlé
BEAR BRAND
STERILIZED
B-VITAMINS
ZINC
FULL CREAM MILK
200 ml

Magnolia
Full Cream Milk
STERILIZED
SOURCE OF CALCIUM
RECOMBINED FULL CREAM MILK
1 LITER

Alpine
STERILIZED
MILK DRINK
200mL

กระบวนการสเตอริไลซ์ ในน้ำนมมี 2 ระบบ ดังนี้

1. การสเตอริไลซ์ระบบไม่ต่อเนื่อง (batch sterilization/ boiler method/ tanker / autoclave) เป็นระบบที่เหมาะกับน้ำนมที่มีสัดส่วนของของแข็งมากกว่าของเหลว แบ่งเป็น 2 แบบ คือ การสเตอริไลซ์แบบขั้นตอนเดียว (one stage sterilization) แสดงดังภาพที่ 6 และการสเตอริไลซ์แบบสองขั้นตอน (two stage sterilization) แสดงดังภาพที่ 7 (สุมณฑา, 2541)

ให้ความร้อนน้ำนมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

↓

บรรจุขณะร้อน

↓

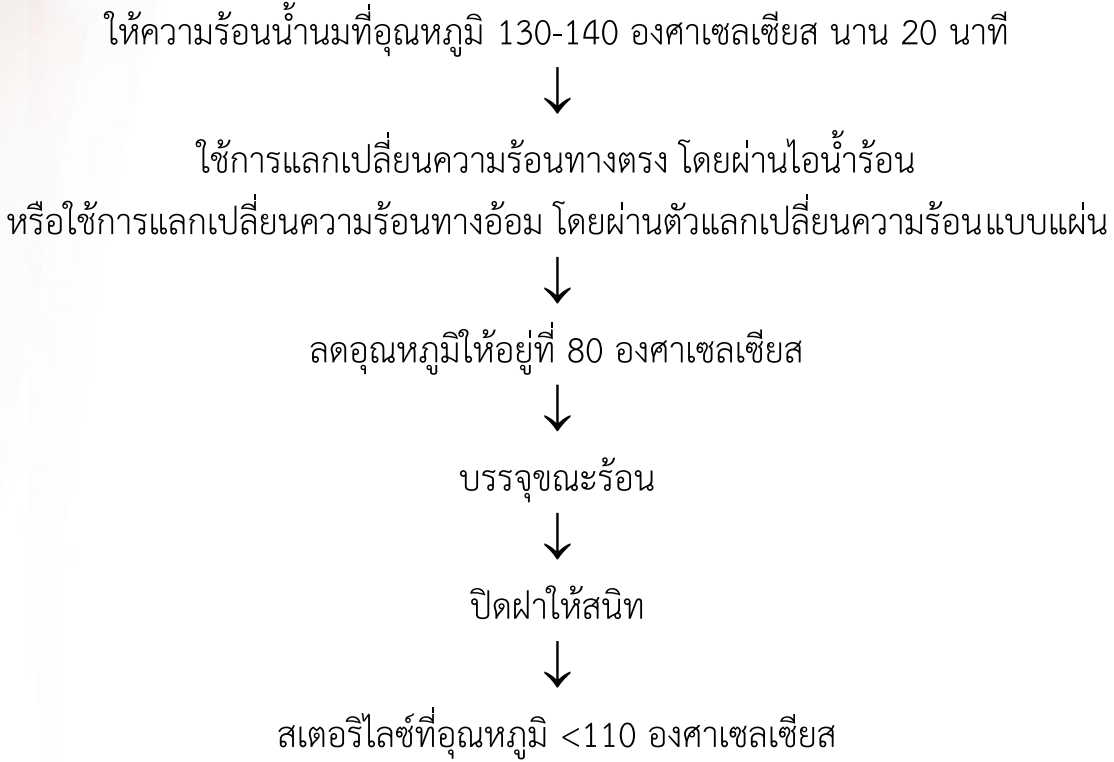
ปิดฝาให้สนิท

↓

สเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 110-120 องศาเซลเซียส 15-40 นาที

ภาพที่ 6 ขั้นตอนของการสเตอริไลซ์ระบบไม่ต่อเนื่องแบบขั้นตอนเดียว

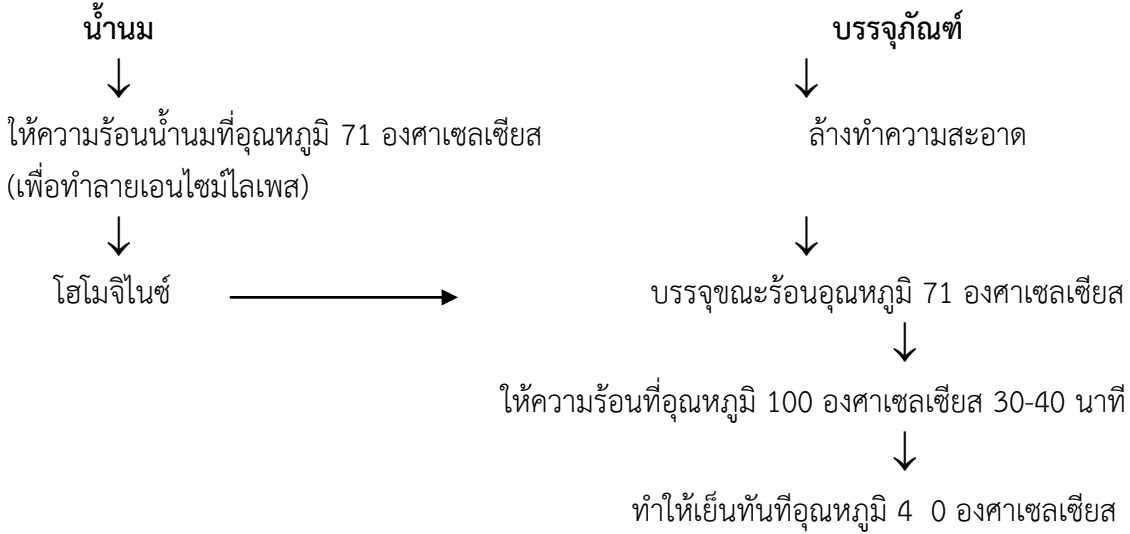
ที่มา : ดัดแปลงจากสุมณฑา (2541)



ภาพที่ 7 ขั้นตอนของการสเตอริไลซ์ระบบไม่ต่อเนื่องแบบสองขั้นตอน

ที่มา : ดัดแปลงจากสุมณฑา (2541)

2. การสเตอริไลซ์ระบบต่อเนื่อง (continuous sterilization/ hydro-static tower)



ภาพที่ 8 ขั้นตอนของการสเตอริไลซ์ระบบต่อเนื่อง

ที่มา : ดัดแปลงจากสุมณฑา (2541)

ผลิตภัณฑ์นมที่ได้จะมีรสชาติที่คงที่ มีคุณภาพดี และมีอายุการเก็บนาน โดยตลอดอายุการเก็บจะไม่เกิดการจับตัวเป็นก้อนหรือแผ่น แต่มีข้อเสียตรงที่เกิดกลิ่นนมต้ม กลิ่นคาราเมล (น้ำตาลไหม้) น้ำนมเกิดสีน้ำตาลชัดเจนจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ทั้งแบบเมลลาร์ด รีแอกชันจากโปรตีนนมและคาราเมลไลเซชันจากน้ำตาลแล็กโทส เกิดการสูญเสียวิตามินบี 6 และบี 12 เกือบร้อยละ 100 วิตามินซีร้อยละ 50 และแคลเซียมร้อยละ 5 จากการที่ผ่านความร้อนสูง

ช่องทางการติดต่อ

สถานที่ : ห้อง 1406 ชั้น 4 อาคารปฏิบัติการ

เวลาติดต่อ : จันทร์-ศุกร์ (ยกเว้นวันหยุดราชการ) 09.00-16.30 น.

(กรณีที่อาจารย์มีสอนตามตารางสอน ให้นักศึกษาตรวจสอบ

เวลาตามตารางสอนก่อนหรือทำการนัดหมายล่วงหน้า)

เบอร์ติดต่อ : 089-788-2555

E-mail: chompoonuch.p@rmutp.ac.th

Facebook: chompoonuch phuenpipob