บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ชาวยุโรปตะวันออก และชาวเอเชียได้มีการบริโภคผลิตภัณฑ์นมหมัก ก่อนที่จะมีการค้นพบแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุในการหมัก โดยการสังเกตเห็นว่า นมจะเกิดการเสื่อมเสียหลังการรีด แต่ถ้าปล่อยให้เปรี้ยวในลักษณะที่มีการควบคุมไม่เพียงแต่ให้รสชาติที่ดีแล้วยังช่วยในการเก็บรักษาด้วย จนกระทั่งปี ค.ศ. 1840 นักวิทยาศาสตร์เริ่มเชื่อว่าการเปรี้ยวของนม และผลิตภัณฑ์อาหารหมักเกิดจากผลของจุลินทรีย์ จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1857 Pasteur ได้ค้นพบเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุ การศึกษางานด้านนี้จึงได้พัฒนาก้าวหน้าขึ้นมาก

ผลิตภัณฑ์นมหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากนม (อาจเป็นนมสด นมขาดมันเนย นมเข้มข้น หรือนมคืนรูปจากนมผงที่ขาดมันเนยหรือพร่องมันเนย) ผ่านการโฮโมจีไนซ์ เพื่อให้อนุภาคของไขมันเล็กลงหรือไม่ก็ได้ ทำการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรซ์หรือการสเตอริไลซ์ แล้วหมักต่อด้วยจุลินทรีย์ที่คัดเลือกมาเฉพาะ ซึ่งอาจเป็นพวกแบคทีเรีย หรือ ยีสต์หรือทั้งสองชนิดร่วมกัน (บุญจันทร์, 2 530) อาหารเพื่อสุขภาพ (Health foods) โดยทั่วไปจะหมายถึงอาหารธรรมชาติ (Natural foods) หรืออาหารที่เติมแต่ง (Fortified foods) ที่มีสมมุติฐานว่ามีผลส่งเสริมสุขภาพของร่างกายผลิตภัณฑ์อาหารนม (Milk and milk products) ก็จัดว่าเป็นอาหารเพื่อสุขภาพโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์นมหมัก (Fermented milk products) (Nakazawa and Hosono, 1992)

ผลิตภัณฑ์นมหมัก (Fermented milk products or culture milk products) หมายถึงผลิตภัณฑ์นมที่มีการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ ที่โดยส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) หมักน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมให้เป็นกรดแลคติก และสารอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักในปริมาณเล็กน้อย เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอะซิติก ไดอะเซติล (Diacetyl) อะเซตัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) เป็นต้น (Tamime and Robinson, 1985)

ผลิตภัณฑ์นมหมักมีต้นกำเนิดในประเทศบัลกาเรีย (Bulgaria) และมีการเริ่มแพร่หลายไปในดินแดนตะวันออกกลาง ชนเผ่าเร่ร่อนในแถบตะวันออกกลางสมัยโบราณที่มักทำอาชีพเลี้ยงสัตว์ เช่น วัว แพะ แกะ และอูฐ ในสมัยนั้นเมื่อรีดนมวัวแล้วไม่มีการทำความเย็น ประกอบกับดินแดนแถบนั้นในฤดูร้อนมีอุณหภูมิสูงถึง 40 องศาเซลเซียส ประกอบกับการรีดนมก็รีดด้วยมือมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งจากอากาศ ตัวสัตว์ และจากมือคนรีดนม จึงทำให้น้ำนมที่รีดออกมาเกิดการบูดเสียได้ง่าย มีรสเปรี้ยว และตกตะกอน ทำให้การขนส่งไปยังเมืองใหญ่ๆ หรือแม้แต่การเก็บรักษาไม่เป็นผล ทำให้ผู้คนในแถบนั้นได้บริโภคนมสดไม่บ่อยนัก บรรดาชนเผ่าเร่ร่อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จึงต้องบริโภคน้ำนมที่ผลิตทั้งหมดเอง เหตุนี้อาจเป็นการเริ่มต้นของการทำน้ำนมให้เกิดรสเปรี้ยว ซึ่งผลิตภัณฑ์นมหมักก็แพร่หลายออกไป (Tamime, A.T., 1997)

นมเป็นสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะพวก Lactic acid bacteria ที่ก่อให้เกิดนมเปรี้ยวโดยธรรมชาติ ลักษณะการหมักของนมเป็นแบบ Lactic acid fermentation โดยหัวเชื้อที่ใช้ย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสให้เป็นกรดแลคติก ซึ่งสามารถสรุปได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\underset{\text{Lactose}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{Water}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{Lactic acid}}{4C_3H_6O_3}$$

ลักษณะการหมักที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์นมหมักที่สำคัญมี 2 ชนิดคือ

Acid type เป็นการหมักที่ให้กรดอย่างเดียวได้แก่ พวก Cultured butter milk

Kefir type ซึ่งจะหมักให้กรดและก๊าซ และการหมักชนิดนี้จะมีการหมักแอลกอฮอล์เกิดขึ้นด้วยเล็กน้อย

กลิ่นรสเฉพาะของผลิตภัณฑ์นมหมักจะแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อยีสต์ที่ใช้ และคุณภาพของนมที่ได้จากสัตว์ต่างชนิดกัน ธรรมชาติของนมเปรี้ยว เป็นอาหารนมที่ย่อยง่ายกว่านมสดผ่านความร้อนต่างๆ ทั้งนี้เพราะความเป็นกรดของนม (เป็นกรดจนมีรสเปรี้ยว) จะทำให้นมมีค่า curd tension เท่าๆ กับนมของมนุษย์ คือประมาณ 30 กรัม อนึ่ง นมเปรี้ยวที่รับประทานเข้าไปยังมีเชื้อที่เป็นเชื้อนมเปรี้ยวอยู่จำนวนเป็นล้านๆ เซลล์ ในนมเปรี้ยว 1 กรัม เมื่อกลืนนมเปรี้ยวไปในกระเพาะอาหาร (กระเพาะมี pH ประมาณ 3.5) เชื้อนมเปรี้ยวสามารถทนน้ำย่อยในกระเพาะได้ก็จะเข้าไปอยู่ในลำไส้เล็ก ซึ่งที่ลำไส้เล็กนี้เชื้อนมเปรี้ยวจะได้รับน้ำตาลจากอาหารก็จะขยายพันธุ์ และสร้างกรดแลคติกเพิ่มขึ้น จนทำให้สภาวะในลำไส้เล็กมีความเป็นกรดสูง ไม่เหมาะสำหรับการเจริญของเชื้อโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคเกี่ยวกับทางเดินของอาหาร เช่น อหิวาต์ ท้องร่วง ท้องเดิน เป็นต้น เชื้อนมเปรี้ยวบางชนิดยังสามารถสร้างสารประกอบบางชนิดที่มีคุณสมบัติคล้ายสารปฏิชีวนะ ดังนั้นแพทย์ชาวรัสเซียในสมัยโบราณจึงจัดนมเปรี้ยวเป็นอาหารประจำวันสำหรับคนไข้วัณโรค โดยเชื่อว่าช่วยในการรักษาโรคได้ดี ด้วยเหตุนี้จึงกล่าวกันว่าถ้ารับประทานนมเปรี้ยวเป็นอาหารประจำแล้วจะทำให้มีสุขภาพดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตภัณฑ์นมหมักจะมีอายุการเก็บเพิ่มขึ้น สามารถควบคุม และป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ เนื่องจากกรดแลคติกที่ได้จากการหมักจะทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ ทำให้ผลิตภัณฑ์นมหมักมีอายุการเก็บนานขึ้น

หัวเชื้อแลคติก

การให้ความร้อนแก่นม นอกจากจะสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียหรือทำให้เป็นโรคแล้ว ยังทำลายเชื้อแบคทีเรียที่จำเป็นในการหมักนมหมักด้วย จึงจำเป็นต้องถ่ายเชื้อที่ต้องใช้ในการหมักลงในนม โดยเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการ ให้มีปริมาณมากพอที่จะทำการหมักได้ดี ซึ่งเรียกจุลินทรีย์ที่เตรียมขึ้นนี้ว่า "หัวเชื้อ" (Starter culture) หัวเชื้อนี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในนมหมักดังนี้

- ผลิตกรดแลคติกซึ่งเป็นผลจากการหมักน้ำตาลแลคโตส กรดแลคติกจะให้กลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวและยังให้กลิ่นรสเปรี้ยว (acidic flavour) ด้วยในระหว่างการหมักนม
- ผลิตสารประกอบที่ระเหยได้ (volatile compounds) ได้แก่ diacetyl และ acetaldehyde ซึ่งให้กลิ่นรสเฉพาะต่อผลิตภัณฑ์นมหมัก
- สารประกอบอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นเช่น แอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในระหว่างการผลิตคีเฟอร์ (kefir) และคูมิสส์ (koumiss)
- ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogen) เนื่องจากสภาพกรดในผลิตภัณฑ์นมเหล่านี้

ชนิดของหัวเชื้อ ที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมักได้แก่

1. หัวเชื้อที่มีเพียงสายพันธุ์เดียว เช่น *Streptococcus lactis, S. cremoris* หรือ *S. lactis spp. diacetylactis.*
2. หัวเชื้อที่เตรียมจากการใช้เชื้อผสมมากกว่าหนึ่งสายพันธุ์ซึ่งมีข้อดีคือ ถ้าเกิด Phage (เชื้อไวรัสที่เข้าทำลายเชื้อแบคทีเรียซึ่งทำให้ความสามารถในการหมักหรือกิจกรรมของเชื้อสูญเสียไป) ชนิดหนึ่งเกิดขึ้นการหมักยังคงดำเนินต่อไป หัวเชื้อที่เตรียมขึ้นนี้นิยมใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา คานาดา และเนเธอร์แลนด์
(วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณภาพของหัวเชื้อ

คุณภาพของหัวเชื้อขึ้นอยู่กับความสามารถในการผลิตกรด อัตราการเติบโตความต้านทานต่อสารปฏิชีวนะ และ phage และความสามารถในการสร้างกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสเฉพาะของผลิตภัณฑ์ เชื้อที่ใช้ในการผลิตกรด ได้แก่ : *Streptococcus thermophilus, Streptococcus cremoris, Streptococcus lactis* และ *Lactobacillus acidophilus* เชื้อที่สร้างกรดและกลิ่น ได้แก่ : *Lactobacillus lactis, Lactobacillus helveticus, Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus lactis spp. diacetylactis* และเชื้อที่ใช้สำหรับสร้างกลิ่น ได้แก่ : *Propionobacterium shermanii, Leuconostoc cremoris* และ *Leuconostoc dextranicum* (นรินทร์, 2531)

จุลินทรีย์ที่มีสายพันธุ์ต่างกัน อาจใช้ร่วมกันเพื่อผลิตกรด และกลิ่นรสต่างๆ กัน ดังแสดงในตาราง 2.1 ซึ่งแสดงชนิดของผลิตภัณฑ์นมหมักต่างๆ ระดับความเป็นกรด ชนิดการหมัก อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการหมัก และชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ในแต่ละผลิตภัณฑ์

ตาราง 2.1 กระบวนการหมัก และจุลินทรีย์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดต่างๆ

Product	**Level of Acidity**	**Fermentation type**	**Usual Fermentation Time and Temperature**	**Microorganisms**
Yoghurt	Moderate	Lactic acid	43°-45°C for 3 hr.	*Lactobacillus bugaricus* and *Streptococcus thermophilus*
Buttermilk	Mild	Lactic acid	22°C for 18 hr.	*Streptococcus lactis subs. diacetylactis, S. lactis, S. cremoris, Leuconostoc Cremoris*
Kefir and koumiss	Moderate	Lactic acid And alcoholic	15°-22°C for 24-36 hr.	*S. lactis, S. cremoris,* Lactos fermenting yeasts (Torula, Candida)
Acidophilus milk	High	Lactic acid	37°-40°C for 16-18 hr.	*Lactobacillus acidophilus*

ที่มา : วราวุฒิ และรุ่งนภา (2532)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บรักษาหัวเชื้อ

การเก็บรักษาหัวเชื้อเป็นสิ่งสำคัญเพื่อรักษาคุณสมบัติของเชื้อให้คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง และมีปริมาณของเชื้อเพียงพอในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก การเตรียมเชื้อเพื่อใช้ในการหมัก โดยอาศัยการถ่ายเชื้อจากหลอดสู่หลอด (subculture) ติดต่อกันหลายครั้งอาจก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ซึ่งอาจเปลี่ยนพฤติกรรมการหมัก และลักษณะทั่วไปของหัวเชื้อ ดังนั้นการเก็บหัวเชื้อให้อยู่ได้นานโดยไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดังกล่าว มีวิธีการเก็บดังต่อไปนี้

(1) หัวเชื้อที่เก็บในสภาพเหลว (liquid starter)

(2) หัวเชื้อที่เก็บในสภาพแห้ง (dried starter) โดยอาศัยวิธีการทำให้แห้งแบบต่างๆ เช่น การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray-dried) การทำแห้งแบบระเหิด (freeze-dried or lyophillised) การทำแห้งแบบแช่แข็งเข้มข้น (concentrated freeze-dried)

(3) หัวเชื้อที่เก็บในอุณหภูมิที่ต่ำมากๆ (frozen starter) เช่น เก็บที่อุณหภูมิที่ –40 องศาเซลเซียสหรือที่อุณหภูมิ –196 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไนโตรเจนเหลว

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันการเก็บรักษา และจำหน่ายหัวเชื้อแลคติกที่นิยมมาก คือการเก็บในรูปของหัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็ง (frozen concentrates) ซึ่งเตรียมจากการให้เชื้อเติบโตในถังหมักภายใต้สภาวะที่เหมาะสม แล้วเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifugation) ให้เชื้อเข้มข้น จากนั้นทำให้เชื้อแขวนลอย (suspended) ในสารละลายที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเสียหายของเชื้อระหว่างการแช่แข็งและละลายเมื่อใช้งาน และรีบแช่แข็งอย่างรวดเร็วในไนโตรเจนเหลวที่ –196 องศาเซลเซียส หัวเชื้อเข้มข้นมีจำนวนจุลินทรีย์ 10^{11} เซลล์ต่อมิลลิลิตร หัวเชื้อที่เตรียมด้วยวิธีนี้ถ้าละลายที่ 30 องศาเซลเซียส แล้วถ่ายเชื้อในสารอาหารที่เตรียมขึ้นใหม่ทันที หัวเชื้อจะมีอัตราการรอดชีวิตสูงถึง 95% จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก

การผลิต กรดแลคติก กรดอะซิติค ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ diacetyl และ acetyldehyde จากน้ำตาลแลคโตส และกรดซิตริค มีความสำคัญต่อการเจริญของเชื้อแลคติก และการเกิดกลิ่นรส เพราะในผลิตภัณฑ์นมหมัก ปฏิกิริยาการหมักจะเกิดเป็นลูกโซ่ โดยใช้ทั้งระบบ homofermentative (การหมักที่ให้ผลิตภัณฑ์หลักเพียงชนิดเดียว) และ heterofermentative (การหมักที่ให้ผลิตภัณฑ์หลายชนิด) ดังแสดงในภาพ 2.1 ซึ่งสรุปแนวทางของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับจุลินทรีย์ในนมอย่างง่าย ๆ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงแบบ homofermentative ของ lactobacilli และ streptococci จะย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสให้เป็นกลูโคส และกาแลคโตส กรด pyruvic ที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามแนวทางของ Embden-Meyerhof glycolytic pathway, hexose monophosphate shunt pathway, Leloir pathway และ D-galactose-6-phosphate pathway

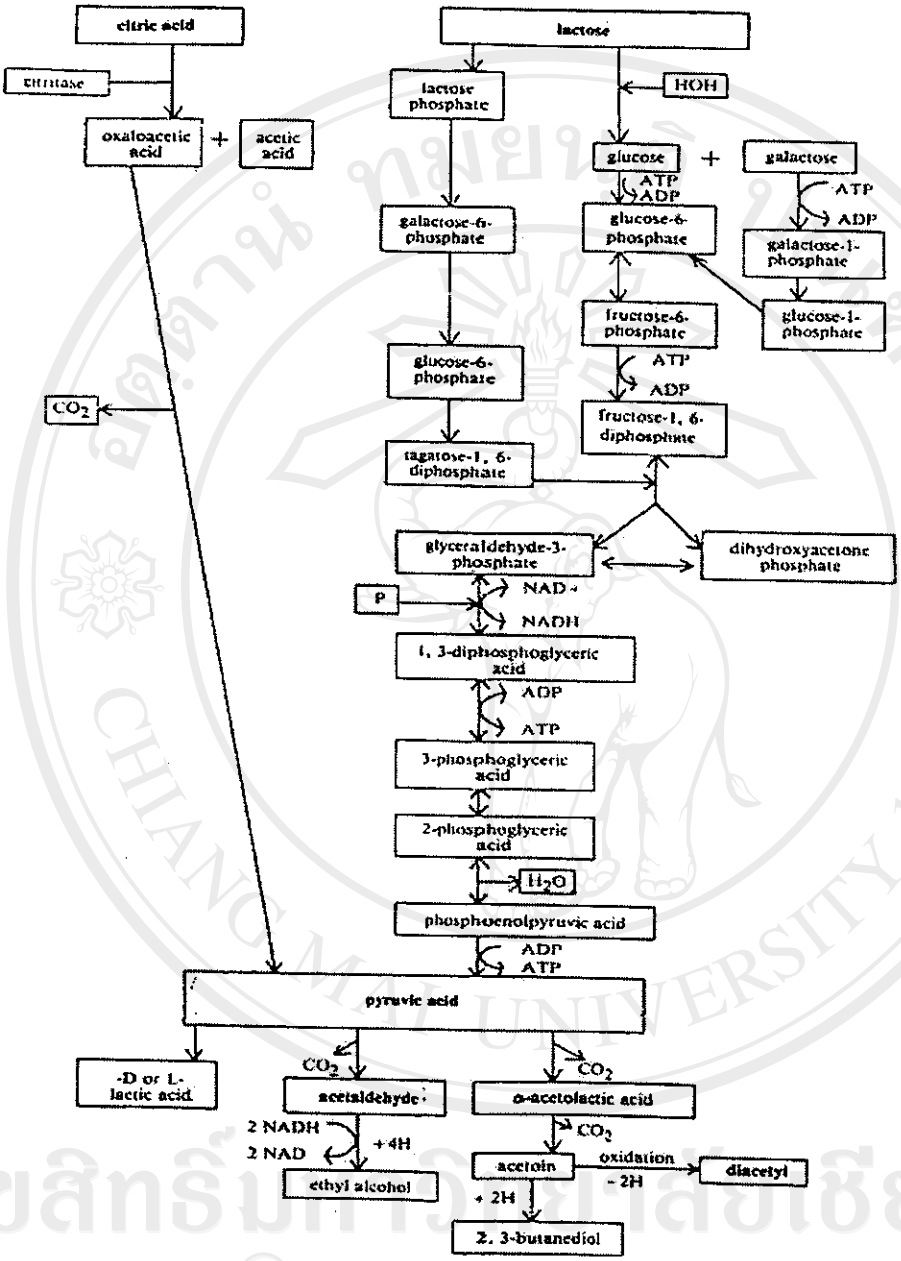
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็น น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลกาแลคโตสด้วยเอนไซม์ บีตา-กาแลคโตซิเดส จะเร่งการเจริญของเชื้อ lactic streptococci ให้สารที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก และสะสมในนมหมัก โดยเชื้อจะใช้น้ำตาลแลคโตส และกรดซิตริคเป็นแหล่งอาหารในการเจริญ และสร้างกิจกรรมของเชื้อในระหว่างกระบวนการหมัก

diacetyl เป็นสารที่ให้กลิ่นรสที่เฉพาะตัวกับเนยหมัก (cultured butter) บัตเตอร์มิลค์ (butter milk) และครีมเปรี้ยว (sour cream) ปริมาณของ diacetyl นี้สามารถเพิ่มขึ้นโดยการควบคุมสิ่งแวดล้อม และใช้สายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรียที่ให้ diacetyl สูง โดยทั่วไปการสร้าง diacetyl เพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรดเป็นด่าง ต่ำกว่า 5.5 (ลูกจันทร์, 2522)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของผลิตภัณฑ์นมหมัก



ภาพ 2.1 การเกิดกรดแลคติก สารให้กลิ่น และสารให้กลิ่นรสที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของเชื้อแลคติกในนม

ที่มา : Chandan (1982)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนลักษณะการหมักแบบ homofermentative ของเชื้อ lactobacilli จะขึ้นกับปริมาณของสารอาหาร (substrate) และการให้อากาศ (degree of aeration) ถ้ามีการจำกัดความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลกาแลคโตสจะก่อให้เกิดเกลือแลคเตท (lactate) เกลืออะซิเตท (acetate) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ถ้าการหมักเกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่มีอากาศเชื้อจะผลิตกรดอะซิติด (acetic acid) อย่างไรก็ตาม หัวเชื้อสามารถสร้างกรดได้เพิ่มขึ้น โดยการกำจัดออกซิเจนที่มีอยู่ในนม

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของหัวเชื้อ

1. องค์ประกอบของนม (milk ingredients) เนื่องจากนมดิบมีสารยับยั้งต่อการเจริญของหัวเชื้อแลคติก ได้แก่ แลคเตนิน แลคโตเปอร์ออกไซด์ แอคกลูเตนิน และไลโซไซม์ สารเหล่านี้มีอยู่ในนมทุกชนิด และแตกต่างกันขึ้นกับพันธุ์ (breed) ของสัตว์ที่ให้นม และฤดูกาล (season) ที่รีดนม แต่คุณสมบัติในการยับยั้งของสารเหล่านี้จะลดลงเมื่อได้รับความร้อน เช่น เมื่อนมผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วินาที สารยับยั้งธรรมชาตินี้จะถูกทำลายอย่างสิ้นเชิง และยังทำให้การเจริญของหัวเชื้อในนมที่ผ่านความร้อนดียิ่งขึ้น เนื่องจากเกิดการย่อยสลายเคซีนบางส่วนให้ sulfhydryl groups และเกิด formate จากน้ำตาลแลคโตส โดยเฉพาะการใช้นมที่ผ่านขบวนการยูเอชที (UHT : Ultra High Temperture Tretment) ทำให้การเจริญของหัวเชื้อแลคติกในนมอยู่ในระดับที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญของเชื้อในนมที่ผ่านขบวนการให้ความร้อนแบบอื่นๆ นมที่ได้จากสัตว์ที่เป็นโรคเต้านมอักเสบที่เรียกว่า mastitis milk รวมทั้งน้ำนมน้ำเหลือง (colostrums) และนมที่ได้จากแม่วัวในช่วงปลายของระยะให้นม (late lactation milk) มักทำให้เชื้อเจริญได้ไม่ดี เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของนม นอกจากนี้นมที่มีปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในระดับสูง จะส่งผลต่อการเจริญของเชื้อแลคติกที่ดีกว่าในนมที่มีปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในระดับที่ต่ำ

2. สารปฏิชีวนะ และสารเคมี (antibiotics and chemicals) สารปฏิชีวนะต่างๆ ที่ให้แก่สัตว์ในระหว่างการติดเชื้อ อาจตกค้างอยู่ในนมได้ สารเหล่านี้จะยับยั้งการสร้างกรดได้ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของเชื้อแบคทีเรียรวมทั้งชนิดและปริมาณของสารปฏิชีวนะที่มีอยู่เช่น ถ้าในนมที่มีเพนิซิลลิน (penicillin) ออริโอมัยซิน (aureomycin) เทอร์รามัยซิน (terramycin) หรือ สเตรปโตมัยซิน (streptomycin) ที่ระดับความเข้มข้น 0.005 - 0.05 หน่วย (international unit) ต่อมิลลิลิตร จะสามารถยับยั้งประสิทธิภาพการหมักของหัวเชื้อทั้งหมดหรือบางส่วนได้ ส่วนสารเคมีที่ตกค้าง เช่น quaternary ammonium compound และคลอรีน ที่ใช้ในการสุขาภิบาลโรงงานจะทำให้การสร้างกรดของหัวเชื้อลดลง แม้ว่าสารเหล่านี้จะมีความเข้มข้นเพียง 1-5 พีพีเอม (ppm : หนึ่งส่วนในล้านส่วน) ก็มีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (bactericidal) ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. กิจกรรมของ phage (phage action) การเข้าทำลายของไวรัสพวก bacteriophages หรือ phages เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เชื้อแลคติกผลิตกรดได้ช้าลง phage เป็นไวรัสสายพันธุ์เฉพาะ (strain specific viruses) ประกอบด้วยหัว (ความกว้าง 70 นาโนเมตร) และหาง (200 นาโนเมตร × 30 นาโนเมตร) phage เข้าทำลายเชื้อ streptococci และเชื้อ lactobacilli โดยยึดหางติดกับผนังเซลล์ของแบคทีเรีย แล้วส่ง DNA จากส่วนหัวของ phage เข้าไปยังเซล จากนั้นจึงสังเคราะห์ phage ใหม่ขึ้นภายในเซลแบคทีเรียออกมา และเมื่อ phage เพิ่มจำนวนได้สูงสุดแล้วจะทำการย่อยเซลแบคทีเรียออกมา ซึ่งจะใช้เวลาทั้งสิ้น 30 - 40 นาที ตามปกติจะปล่อย phage ใหม่ออกมาถึง 200 อนุภาค ซึ่งจะเข้าทำลาย และย่อยเซลแบคทีเรียอื่นต่อไป และสามารถควบคุม phage ในโรงงานนมหมักได้โดยใช้คลอรีน 200-300 พีพีเอ็ม ทำความสะอาดเครื่องมือการแปรรูปรวมทั้งทำการรมห้องเตรียมเชื้อด้วยคลอรีน 500 - 1000 พีพีเอ็ม นอกจากนี้การให้ความร้อนแก่นม (75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรือ 80 องศาเซลเซียส 20 วินาที) เป็นการเพียงพอต่อการทำลาย phages ต่างๆ ที่ทำลาย lactic acid bacteria ได้ อย่างไรก็ตามก็ต้องอาศัยวิธีการอื่น ๆ ที่เหมาะสมร่วมด้วย เช่น การสุขาภิบาลที่ดี การคัดเลือกเชื้อ การหมุนเวียนเชื้อ (culture rotation) เป็นต้น สามารถแก้ปัญหาที่เกิดจาก phage ได้ โดยทั่วไปจึงนิยมใช้เชื้อที่มีความสามารถในการต้านทานการทำลายของเชื้อไวรัส และมักเป็นหัวเชื้อสายพันธุ์ผสม (วราวุฒิ, 2538)

การเตรียมหัวเชื้อ

ในสหรัฐอเมริกานิยมใช้หัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็ง (frozen culture concentrates) อย่างแพร่หลายเพราะสะดวกในการใช้ในโรงงานหมักนม อย่างไรก็ตามการอบรมพนักงานเพื่อให้ความรู้ในด้านหัวเชื้อแลคติกก็มีความจำเป็น โดยเฉพาะประเทศที่ยังไม่มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านหัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็งอย่างเต็มที่ หรือในบางโรงงานที่ต้องซื้อหัวเชื้อชนิดดังกล่าวจากผู้จำหน่ายก็จำเป็นต้องพัฒนาผู้เชี่ยวชาญด้านจุลินทรีย์ในการเพิ่มจำนวนหัวเชื้อ การเก็บรักษา และการควบคุมหัวเชื้อแลคติกเพื่อให้การหมักเป็นไปตามต้องการ

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของ phage มักเตรียมจากน้ำหางนม (whey) ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ คือ นมผงขาดมันเนย น้ำหางนม ทั้งนี้เพื่อปรับปริมาณของแข็งในนมให้อยู่ที่ 9 - 10% และสารอื่นๆ ที่ผสมต้องปราศจากสารที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อ ซึ่งได้แก่ คลอรีน ไอโอดีน และสารประกอบ quaternary ammonium รวมทั้งสารปฏิชีวนะ และ phage ดังได้กล่าวมาแล้ว

อาหารเลี้ยงเชื้ออาจหาซื้อได้จากบริษัทที่จำหน่ายเชื้อ ซึ่งประกอบด้วยน้ำหางนมที่กำจัดแร่ธาตุออก นมผงขาดไขมัน ฟอสเฟต ซิเตรท และ growth factors ที่มีอยู่ในสารสกัดจากเซลล์ยีสต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(yeast extracts) โดยฟอสเฟตทำหน้าที่ยึดจับกับประจุแคลเซียม (Ca++) เพื่อยับยั้งการเจริญของ phage ที่ต้องการ Ca++ ในการเจริญของ phage ได้ ส่วนซิเตรทเป็นสารที่ใช้สำหรับผลิตสาร diacetyl และเมื่อร่วมกับฟอสเฟตจะให้สภาพการเป็นบัฟเฟอร์ ซึ่งช่วยรักษาระดับความเป็นกรดเป็นด่าง ไม่ให้เปลี่ยนแปลงได้ง่าย

หัวเชื้อที่มีจำหน่ายในปัจจุบันอาจอยู่ในรูปของ lyophillized หรือหัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็ง ซึ่งอาจบรรจุภายในไนโตรเจนเหลวหรือน้ำแข็งแห้งก็ได้ อย่างไรก็ตาม สำหรับหัวเชื้อเข้มข้นที่บรรจุอยู่ในรูปกระป๋องซึ่งต้องการเก็บในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น 4 - 6 สัปดาห์ อาจเก็บหัวเชื้อในห้องแช่แข็งพิเศษที่ –40 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดกว่า ถ้าอัตราการใช้ของเชื้อในโรงงานสูง และมีการหมุนเวียนกระป๋องหัวเชื้อได้เหมาะสม หัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็งอาจใช้สำหรับเตรียมหัวเชื้อในปริมาณสูงก่อนที่จะเติมลงในถังหมัก ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อหลักที่ใช้ (mother culture) หรือ หัวเชื้อที่เติมลงไปในระหว่างการหมัก (Intermediate culture) ก็ได้

อย่างไรก็ตาม ในการใช้หัวเชื้อในการหมักควรต้องเข้าใจลักษณะการเจริญเติบโตของเชื้อก่อนเพื่อให้การควบคุมการสร้างกรด และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เป็นไปด้วยดี โดยอาศัยการปรับปรุงอัตราการถ่ายเชื้อ (inoculation rate) อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการหมัก รวมทั้งต้องรักษาสมดุลของสายพันธุ์ของเชื้อที่ใช้เพื่อให้ความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiotic relationship) ยังคงดำเนินอยู่ (เรณู, 2535)

ความบกพร่องของหัวเชื้อ

การเจริญเติบโตของเชื้อแลคติกอย่างต่อเนื่องในระหว่างการหมักนั้นหัวเชื้อยังคงมีกิจกรรมสูง และรักษาคุณสมบัติเฉพาะได้ในช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น ต่อมาเชื้อแลคติก อาจสูญเสียกิจกรรมที่ต้องการอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ขึ้นกับความเข้ากันได้ (compatibility) ของสายพันธุ์ และสภาวะแวดล้อมทางกายภาพเป็นสำคัญ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการหมักจากสภาพปกติจะเรียกว่าความบกพร่องของหัวเชื้อ (starter defects) ซึ่งสามารถแบ่งเป็นข้อๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. การสร้างกรดไม่เพียงพอ (insufficient acid development) เนื่องมาจากปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อดังที่กล่าวมาแล้ว
2. การสร้างกลิ่นรสที่น้อยเกินไปหรือผิดปกติ (insufficient or abnormal flavour development) กรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นจะทำให้ pH ลดลงจนถึงระดับที่ diacetyl และสารประกอบอื่นๆ จะถูกสร้างขึ้นในปริมาณที่มากพอในผลิตภัณฑ์นมหมักซึ่งจะช่วยให้มีกลิ่นรสที่ดี ดังนั้นปัจจัยใดๆ ที่มีผลทำให้การสร้างกรดลดลงจะมีผลกระทบทำให้การสร้างกลิ่นรสลดลงด้วย กลิ่นรสที่ไม่ดี (flavour defects) ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระหว่างการหมัก ได้แก่ maltiness, metallic flavour, methyl sulfide flavour, green flavour และ fishy flavour

3. การสร้างเมือก และก๊าซ (ropiness and gassiness) นมที่มีลักษณะเป็นเมือกเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเชื้อ lactic streptococci หรือเนื่องจากมีเชื้อบางสายพันธุ์ที่สามารถสร้างเมือก เช่น *Leuconostoc mesenteroides* ปนเปื้อนลงไป นอกจากนี้เชื้อปนเปื้อนที่เจริญในอุณหภูมิต่ำ เช่น *Alcaligenes visolactis, Aerobactor aerogenes* และ *Pseudomonas* ล้วนทำให้เกิดลักษณะที่เป็นความบกพร่องชนิดนี้ การสร้างก๊าซของเชื้อจะทำให้เกิดการสะสมก๊าซระหว่างการหมัก หัวเชื้อที่มีความสามารถในการสร้างก๊าซ ได้แก่ *Streptococcus lactis sub sp. diacetylactis* อาจปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในปริมาณมาก นอกจากนี้เชื้อปนเปื้อนในกลุ่มของ Escherichia-Enterobactor จะให้ผลต่อการเกิดก๊าซมากที่สุด
4. ความขม (bitterness) ข้อเสียนี้เนื่องมาจากกิจกรรมการย่อยสลายโปรตีนของหัวเชื้อบางสายพันธุ์ ซึ่งพบได้ในเชื้อที่ใช้ทำเนยเชดดาร์ (cheddar cheese cultures) และอาจเป็นผลจากการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียที่ย่อยโปรตีน เช่น *Streptococcus liquefaciens* และเชื้อที่สร้างสปอร์ซึ่งโดยทั่วไปการให้ความร้อนแก่นมตามปกติไม่สามารถทำลายได้

ในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก กรรมวิธีการผลิตส่วนใหญ่จะคล้ายคลึงกัน และแตกต่างกันเพียงชนิด และสัดส่วนของวัตถุดิบรวมทั้งชนิดของเชื้อที่ใช้ เป็นต้น อย่างไรก็ตามในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมักจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ (Soomro et.al, 2002)

1. วัตถุดิบ (raw material)

นมเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก มักได้จากสัตว์หลายชนิด เช่น วัว ควาย แพะ แกะ ม้า และหมู ซึ่งองค์ประกอบของนมเหล่านี้แตกต่างกัน และทำให้มีผลต่อคุณภาพ และลักษณะของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามในสหรัฐอเมริกานิยมใช้น้ำนมวัวในอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก ดังนั้นการใช้วัตถุดิบควรพิจารณาคุณสมบัติต่างๆ ต่อไปนี้

(1) ปริมาณของแข็งในนมเหล่านี้แตกต่างกันจาก 11.2 ถึง 19.3% ผลิตภัณฑ์นมหมักที่ได้จึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันตั้งแต่อยู่ในรูปของเหลวจนถึงลักษณะที่เป็นเจลคล้ายคัสตาร์ด

(2) ปริมาณของเคซีอินที่มีอยู่ในน้ำนมที่ใช้ มีผลต่อการสร้างเจล เนื่องจากเมื่อเกิดความเปรี้ยวในนมหมักแล้ว pH จะลดลง ทำให้โปรตีนชนิดนี้จับตัวเป็นก้อน (coagulates) ที่จุด isolectric ณ pH 4.6 นอกจากนี้โปรตีนที่มีอยู่ในน้ำหางนมที่สูญเสียสภาพธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไปในระหว่างการให้ความร้อนก่อนการหมักจะตกตะกอนลงมาร่วมกับเคซีอีนอีกด้วย ในกรณีนี้จะทำให้มีผลต่อความสามารถในการยึดน้ำ (water binding capacity) ของเจล

(3) วัตถุดิบที่ใช้ต้องปราศจากสารที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อ เช่น สารปฏิชีวนะ สารเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ รวมทั้งนมที่ติดเชื้อ น้ำนมน้ำเหลือง หรือนมที่มีกลิ่นหืน

(4) วัตถุดิบที่ใช้โดยทั่วไปเป็นนมสด (whole milk) นมขาดมันเนย (skimmed milk) นมเข้มข้นขาดมันเนย นมผงขาดมันเนย หรือครีม นอกจากนี้วัตถุดิบอื่นๆ ที่ต้องการในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมักได้แก่ สารให้ความหวาน (sweeteners) สารให้ความคงตัว (stabilizers) กลิ่นรสผลไม้ที่ใช้ผสม และเกลือ วัตถุดิบเหล่านี้จะผสม (blend) เข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เป็นมาตรฐาน (a standardized mix) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์หมักที่ต้องการ

2. คุณภาพของหัวเชื้อ (quality of starter)

จุลินทรีย์ควรอยู่ในสภาพที่เหมาะสมเพื่อให้การหมักเกิดขึ้นอย่างดี ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีคุณภาพดีเลิศทั้งด้านกลิ่น และรสชาติ โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์นมหมักจำเป็นต้องออกแบบโรงงาน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อไวรัสที่ทำลายเชื้อที่ต้องการ และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสีย ทั้งนี้โดยอาศัยการกรองอากาศ นอกจากนี้จะต้องจัดพื้นที่สำหรับการปฏิบัติการโดยเฉพาะในการเตรียมเชื้อ ห้องเก็บวัตถุดิบ ห้องแปรรูป ห้องบรรจุ ห้องปฏิบัติการ และห้องอื่นๆ ที่เหมาะสมในการทำงาน

ผลิตภัณฑ์นมหมัก

ผลิตภัณฑ์นมหมักที่จะกล่าวถึงเป็นกลุ่มต่างๆ ดังนี้

1) โยเกิร์ต (yoghurt)

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่ผลิตได้จากนมที่อุดมมันเนย นมพร่องมันเนย นมคืนรูปพร่องมันเนย นมข้น หรือ ผลิตภัณฑ์นมอื่นๆ หรือส่วนผสมของนมเหล่านี้ เพื่อให้ได้สัดส่วนขององค์ประกอบที่ถูกต้องสำหรับโยเกิร์ตชนิดหนึ่งๆ โดยอาศัยการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสเป็นกรดแลคติกของเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus thermophillus*

2) นมอะซิโดฟิลัส (acidophilus milk)

นมอะซิโดฟิลัสเป็นนมที่มีการหมักของเชื้อบริสุทธิ์ *Lactobacillus acidophilus* แล้วทิ้งให้การหมักเกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่ให้จุลินทรีย์มีการเติบโต และเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ นมอะซิโดฟิลัสที่ได้จากการหมักใหม่ๆ จะมีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่า 500 ล้านเซลล์ต่อมิลลิลิตร แม้ว่าจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีจำนวนลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นก็ตาม นมชนิดนี้มีคุณค่าทาง therapeutic ที่เป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์ต่อระบบการย่อยอาหาร ทั้งนี้เพราะภายในนมหมักชนิดนี้ยังคงมีแบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่ แบคทีเรียเหล่านี้จะสามารถอยู่ได้ในลำไส้เล็ก และผลิตกรดออกมา และส่งผลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดอาการท้องเสีย หัวเชื้อที่ใช้หมักเป็นเชื้อบริสุทธิ์ของ *Lactobacillus acidophilus* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีการหมักอย่างช้าๆ จึงจำเป็นต้องปราศจากเชื้ออื่นปนเปื้อน สำหรับนมที่ใช้อาจเป็นนมที่อุดมด้วยไขมัน หรือนมพร่องไขมันก็ได้โดยนมจะต้องฆ่าเชื้อก่อน (ปกติที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรือ 145 องศาเซลเซียส 2 - 3 วินาที) แล้วจึงนำไปเข้าเครื่องโฮโมจีไนซ์ซึ่งมักใช้ความดัน 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) เพื่อทำให้ทุกส่วนของนมเป็นเนื้อเดียวกัน และทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงถ่ายเชื้อ 2 - 5% ลงในนม บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ถึง 16 ชั่วโมง จนกระทั่งมีระดับความเป็นกรดถึง 0.7% หรือ ความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 4.7 จากนั้นทำให้นมเย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จึงนำไปบรรจุเพื่อรอการจำหน่ายโดยเก็บในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

3) คีเฟอร์ (kefir)

ผลิตภัณฑ์นี้จัดอยู่ในนมที่มีการหมักเพื่อผลิตกรด และแอลกอฮอล์ นมหมักชนิดนี้ผลิตจากนมเปรี้ยวที่มี kefir grains เม็ดเหล่านี้เป็นอนุภาคของแข็งของนมที่แห้งที่มีจุลินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ ยีสต์ที่หมักน้ำตาลแลคโตส *Streptococci, Lactobacilli* และ *Micrococci* รวมกันอยู่ ยีสต์ที่มีอยู่จะให้กลิ่นรสในลักษณะเฉพาะแก่ คีเฟอร์ คือ มีปริมาณแอลกอฮอล์เล็กน้อย และมีฟองอีกด้วย kefir grains มีลักษณะเป็นเม็ด (seed) สีน้ำตาลมีขนาดเท่าเมล็ดข้าวสาลี ไม่ละลายน้ำหรือสารละลายทั่วไป แต่เมื่อเติมนมลงไปเม็ดเหล่านี้จะพองขึ้นมีสีขาว และเกิดเป็นกลุ่มเล็กๆ คล้ายดอกกะหล่ำ (cauliflower florets) kefir grains จะถูกแยกออกไปหลังการหมัก และอาจใช้เป็นหัวเชื้อในการหมักนมครั้งต่อไป ซึ่ง grains เหล่านี้จะมีกิจกรรมต่อไปอีกมากกว่าหนึ่งปี แต่ถ้าเก็บไว้ในน้ำจะอยู่ได้ประมาณหนึ่งสัปดาห์เท่านั้น

4) คูมิสส์ (koumiss)

คูมิสส์ เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดหนึ่งซึ่งแต่เดิมเตรียมจากนมม้า แต่ปัจจุบันจะใช้นมวัวหรือนมคืนรูปแล้วเติมน้ำตาลซูโครส หัวเชื้อที่ใช้ประกอบด้วย *Lactobacillus bulgaricus* และยีสต์ที่หมักน้ำตาลแลคโตส โดยเฉพาะเชื้อ Torulus และ Mycoderma ส่วน bulk starter เตรียมจากส่วนผสมของนมวัว และนมม้าเป็นเวลามากกว่าสี่วัน โดยหัวเชื้อที่เริ่มใช้ได้นี้จะมีความเป็นกรด 1.4% และปริมาณที่เติมในนมวัวสดเท่ากับ 30% (โดยปริมาตร) ผลิตภัณฑ์นี้มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวปนเทา มีกลิ่นรส และแอลกอฮอล์ เปรี้ยว และมีฟอง (fizzy appearance) กลิ่นรสเฉพาะนี้เนื่องจากกรดแลคติก เอทานอล และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณของ แอลกอฮอล์จะแตกต่างโดยแปรผันระหว่าง 1.0 - 2.5%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5) Cultured buttermilk

Cultured buttermilk เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักของเหลว (watery liquid) ที่แยกจากครีมหวานหรือครีมเปรี้ยวในระหว่างการผลิตเนย กล่าวคือเป็นของเหลวที่เหลือจากการปั่นครีมเป็นเนยนั่นเอง อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของกระบวนการแยกเนย (churning) และฤดูกาลของการรีดนมทำให้คุณภาพของนมหมักชนิดนี้มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรเตรียมบัตเตอร์มิลค์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ และมีปริมาณมากพอที่จะสนองความต้องการผู้บริโภค (ไพโรจน์ และอรัญ, 2535)

ชนิดของโยเกิร์ต

การแบ่งชนิดของโยเกิร์ตอาศัยหลักการต่อไปนี้

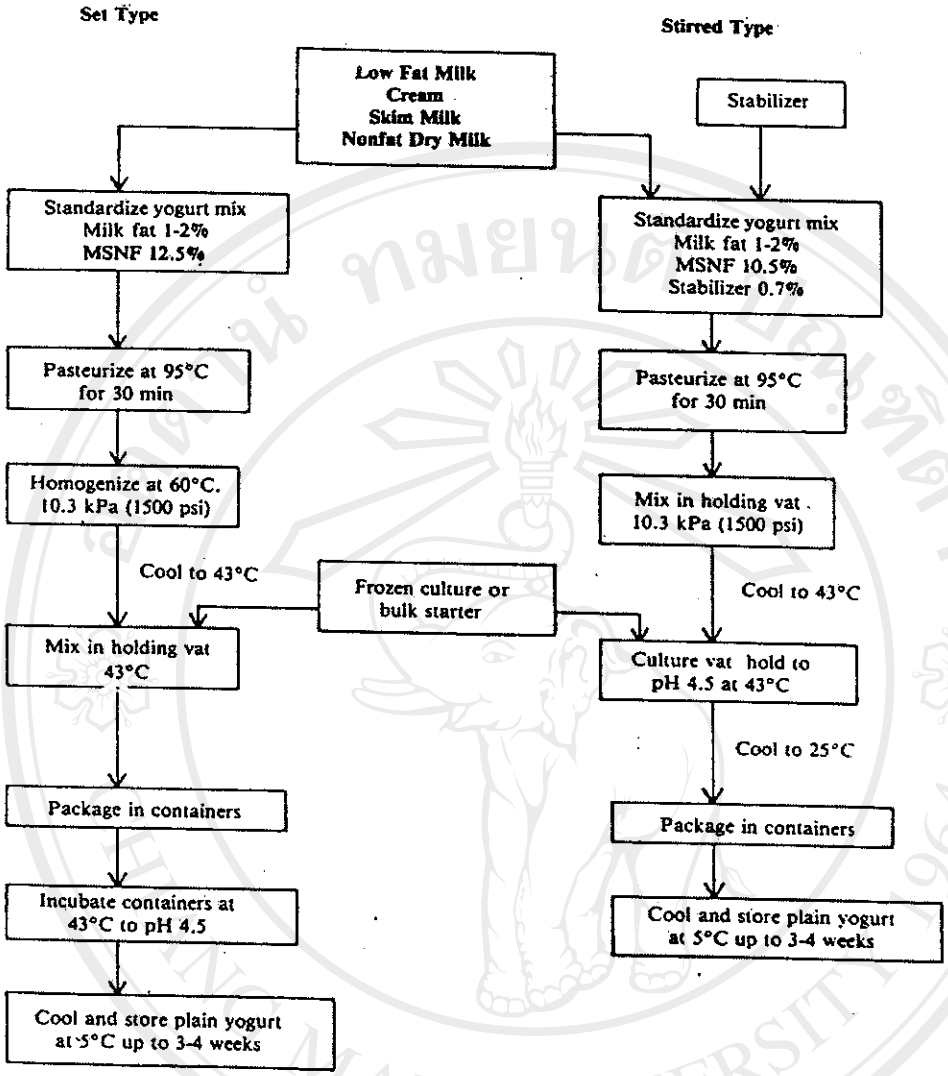
1. มาตรฐานกฎหมาย

มาตรฐานกฎหมายของโยเกิร์ต ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เช่น เปอร์เซ็นต์ไขมัน ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (solid-not-fat หรือ SNF) หรือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ตามมาตรฐานของ FAO/WHO กำหนดให้แบ่งชนิดของโยเกิร์ตตามปริมาณไขมันดังนี้ “full” (สูงกว่า 3.0%) “medium” (ประมาณ 3.0 - 0.5%) และ “low” (ต่ำกว่า 0.5%)

2. กรรมวิธีการผลิต

การผลิตโยเกิร์ตในอุตสาหกรรมมี 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ set yoghurt และ stirred yoghurt ขึ้นกับระบบการผลิต และโครงสร้างทางกายภาพของมวลที่ตกตะกอน (coagulum) โดยที่ set yoghurt เป็นผลิตภัณฑ์ที่การหมักเกิดในภาชนะบรรจุ (สำหรับการจำหน่ายปลีก) ลักษณะของ coagulum ที่ได้เป็นมวลเนื้อเดียวกันที่ต่อเนื่อง และมีลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลว ส่วน stirred yoghurt เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการหมักเกิดขึ้นในถังที่มีการหมักเรียบร้อยแล้ว ลักษณะของ coagulum ที่ได้จะแตกหรือแยกจากกันก่อนที่จะนำไปผ่านการให้ความเย็นหรือบรรจุ ตัวอย่างหนึ่งของโยเกิร์ตประเภท stirred yoghurt นี้ได้แก่ นมเปรี้ยว หรือ fluid yoghurt ซึ่งมีปริมาณของแข็งเพียง 11% หรือน้อยกว่า เป็นต้น ในภาพ 2.2 แสดงขั้นตอนของกรรมวิธีการผลิต set และ stirred yoghurt ประเภทที่มีไขมันต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



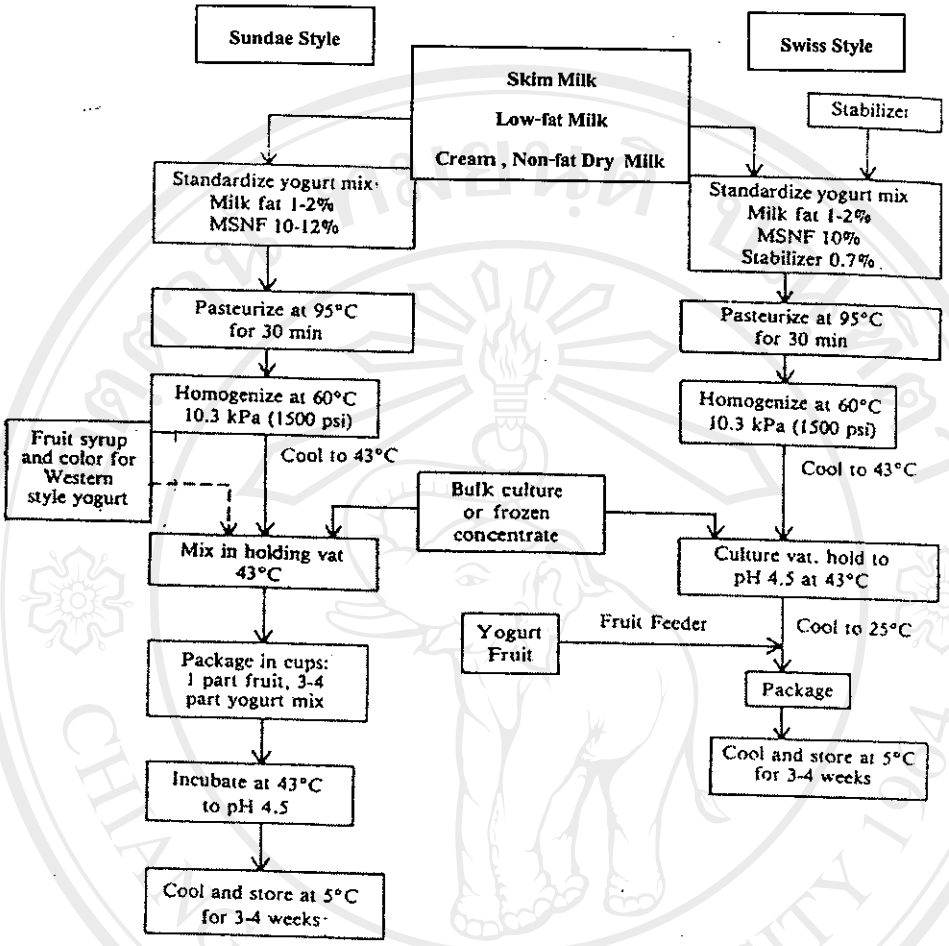
ภาพ 2.2 ขั้นตอนการผลิต set และ stirred yoghurt ประเภทที่มีไขมันต่ำ

ที่มา : Chandan (1982)

3. กลิ่นรส

การเติมกลิ่นรสเข้าไปในโยเกิร์ตทำให้ได้ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันดังนี้ คือ natural หรือ plain yoghurt ซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิมมีรสชาติเปรี้ยวแหลม fruit yoghurt ได้จากการเติมผลไม้ และสารให้ความหวานใน natural yoghurt และ flavoured yoghurt ได้จากการเติมกลิ่นรสและสีแทนส่วนของผลไม้ ภาพ 2.3 แสดงขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตที่มีการเติมผลไม้หรือกลิ่น และรสของผลไม้และเป็นโยเกิร์ตชนิดที่มีไขมันต่ำทั้งในแบบ sundae style (set type) และ swiss style (stirred type)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



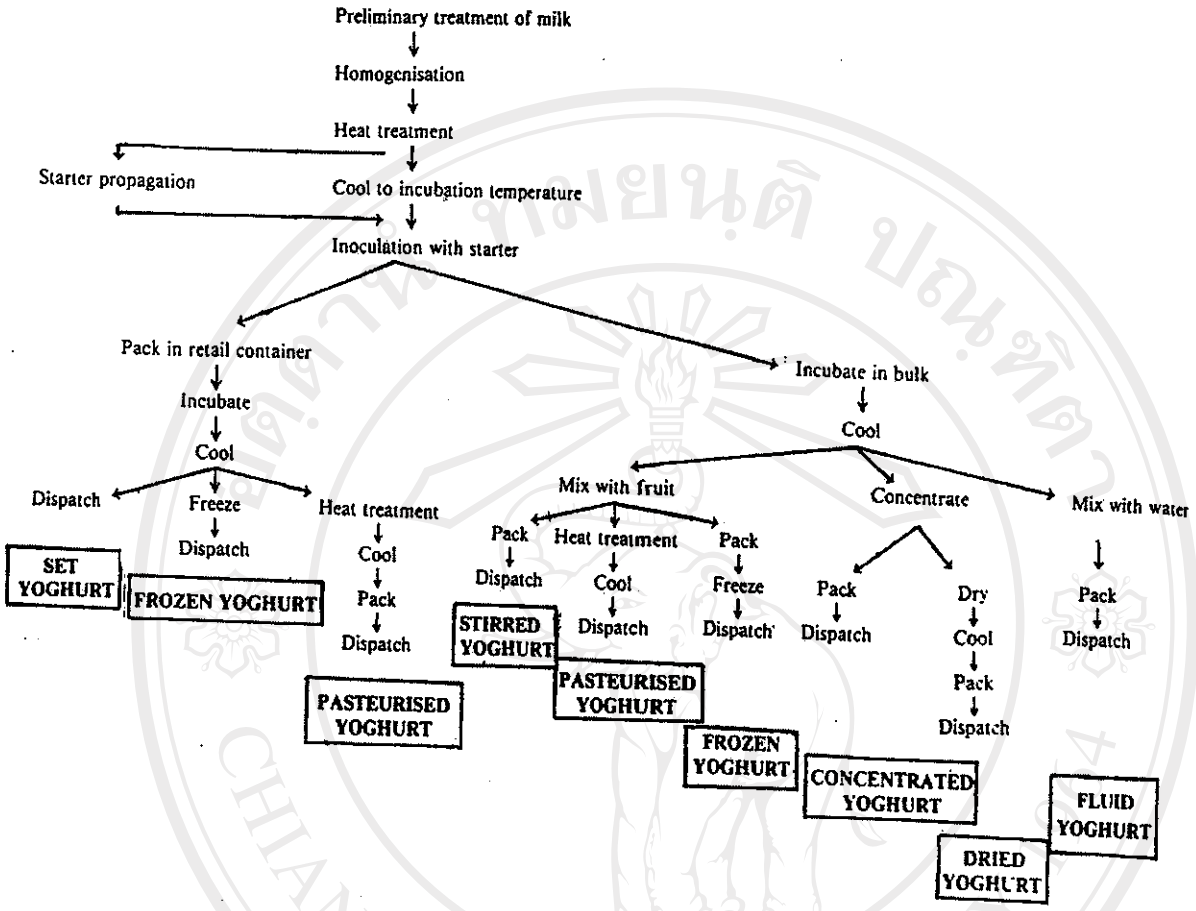
ภาพ 2.3 ขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตชนิดไขมันต่ำที่มีการเติมกลิ่น และผลไม้

ที่มา : Chandan (1982)

4. กระบวนการหลังการหมัก

ภายหลังการหมักเสร็จสิ้นแล้ว โยเกิร์ตที่ได้อาจนำไปผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น การให้ความร้อน การแช่แข็ง การทำให้เข้มข้น การทำแห้งหรือวิธีอื่นๆ ดังแสดงในภาพ 2.4 ซึ่งจะเห็นว่า สารให้กลิ่นรส สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว และสีสามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์ใดก็ได้ และในกรณีของ fluid yoghurt จะผลิตจากนมขาดมันเนย ที่มีปริมาณของแข็งตามที่ต้องการ (วราวุฒิ, 2538)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.4 กระบวนการต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตชนิดต่างๆ

ที่มา : Robinson และ Tamime (1981)

Nakazawa ans Hosono (1992) แบ่งผลิตภัณฑ์นมหมัก เป็นกลุ่มย่อยๆ ได้ดังนี้

- ชนิดเซ็ต (set type) เช่น โยเกิร์ตชนิดเซ็ต (Set yoghurt)
- ชนิดกวน (stirred type) เช่น โยเกิร์ตชนิดกวน และชนิดสวิสสไตล์
- ชนิดเหลวหรือดื่มได้ (liquid/drinking type) เช่น นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม ยาคูลท์ Ayran และ Kefir
- ชนิดแช่เย็น (frozen type) เช่น ไอศครีมโยเกิร์ต (frozen yoghurt)
- ชนิดแห้ง ชนิดเข้มข้น และกึ่งสำเร็จรูป (dried concentrated/instant type) เช่น Labneh leben และ Kishk

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 ผลิตภัณฑ์นมหมัก แหล่งกำเนิด และชนิดของเชื้อเริ่มต้น

ชื่อผลิตภัณฑ์	แหล่งกำเนิด	ชนิดของเชื้อเริ่มต้น
Jogurt/Eyran/Ayran	ตุรกี และ ประเทศอื่นๆ	*S.thermophilus,L.bulgaricus*
Brano	บัลกาเรีย	*L.bulgaricus,S.thermophilus* และยีสต์ที่หมักแลคโตสได้
Prokish	เอเชีย อัฟริกา และยุโรป	จุลินทรีย์แลคติกไม่ทราบชนิด *S.Thermophilus* ,มักจะร่วมกับ *L.Bulgaricus*
Prostokvasha	ตะวันออกกลาง และบอลข่าน	*S.thermophilus,L.bulgaricus*
Leban/Laban	เลบานอน และ กลุ่มอาหรับ	*S.thermophilus,L.bulgaricus*
Zebady(Zabady)	อียิปต์ ซูดาน	*S.thermophilus,L.bulgaricus*
Mast/Dough	อิหร่าน และอัฟกานิสถาน	*S.thermophilus,L.bulgaricus*
Roba	อิรัก	*S.thermophilus,L.bulgaricus*
Mazun/Matzoon/Mutsun/ Matsoni	อาร์เมเนีย	*Thermophillic lactococci* และ *lactobacilli*
Katyk	Transcaucasia	*S.themophilus, Thermobacterium spp.*
Dahi/Dadhi/Dahee	อินเดีย	*S.lactis , S.lactis spp. Diacetylactis,S.cremoris Leuconostoc spp.* สำหรับ *Sweet dahi S.thermophilus, L.bulgaricus* สำหรับ *sour dahi*
Tiaourti	กรีซ	*S.thermophilus,L.bulgaricus*
Hooslanka	East carpathian mountains	*S.lactis,S.thermophilus L.bulgaricus* and lactose fermenting yeasts
Zhentitsa	East carpathian mountains	จุลินทรีย์กรดแลคติกผสมหลายชนิด และยีสต์
Gioddu	เซดโกสโลวะเกีย	*S.thermophilus,L.bulgaricus*
Karmdinka	โปแลนด์	*L.acidophilus*
Tarho	ฮังการี	*S.thermophilus,L.bulgaricus*
Tykmaelk/Ymer	เดนมาร์ก	*Ln.citromophilus , S.cremoris, S.lactis var.diacetylactis*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 ผลิตภัณฑ์นมหมัก แหล่งกำเนิด และชนิดของเชื้อเริ่มต้น(ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	แหล่งกำเนิด	ชนิดของเชื้อเริ่มต้น
Viili (Fiili)	ฟินแลนด์	*S.lactis , S.cremoris,S.lactis Var.diacetylactic,Ln.citrovorum Geotricum candidum*
Filmjolk/Fillbunke/Surmelk/ Taettemjolk/Tettemelk	กลุ่มประเทศสแกนดิเนเวีย	*S.cromoris,S.lactis var. diacetylactis,Ln.spp.*
Riazhenka	ยูเครน	*S.thermophilus,L.bulgaricus*
Varenets	สหภาพโซเวียต	*S.thermophilus,L.bulgaricus*
Skyr	ไอซ์แลนด์	จุลินทรีย์กรดแลคติกผสมหลายชนิด และยีสต์
Gruzovina	ยูโกสลาเวีย	จุลินทรีย์กรดแลคติกผสมหลายชนิด และจุลินทรีย์โยเกิร์ต
Kefir/Donskaya/Varentes Kurunga/koumiss/Ryszhenka/Gust	สหภาพโซเวียต	*S.thermophilus,L.bulgaricus mesophillic lactic acid bacteria*
Tarag	มองโกเลีย	*S.thermophilus*
Shosim/Sho/Thara	เนปาล	*S.lactis, S.lactis spp. Diacetylactis,S.cremoris, Leuconostoc spp.,S. Thermophilus,L.bulgaricus*

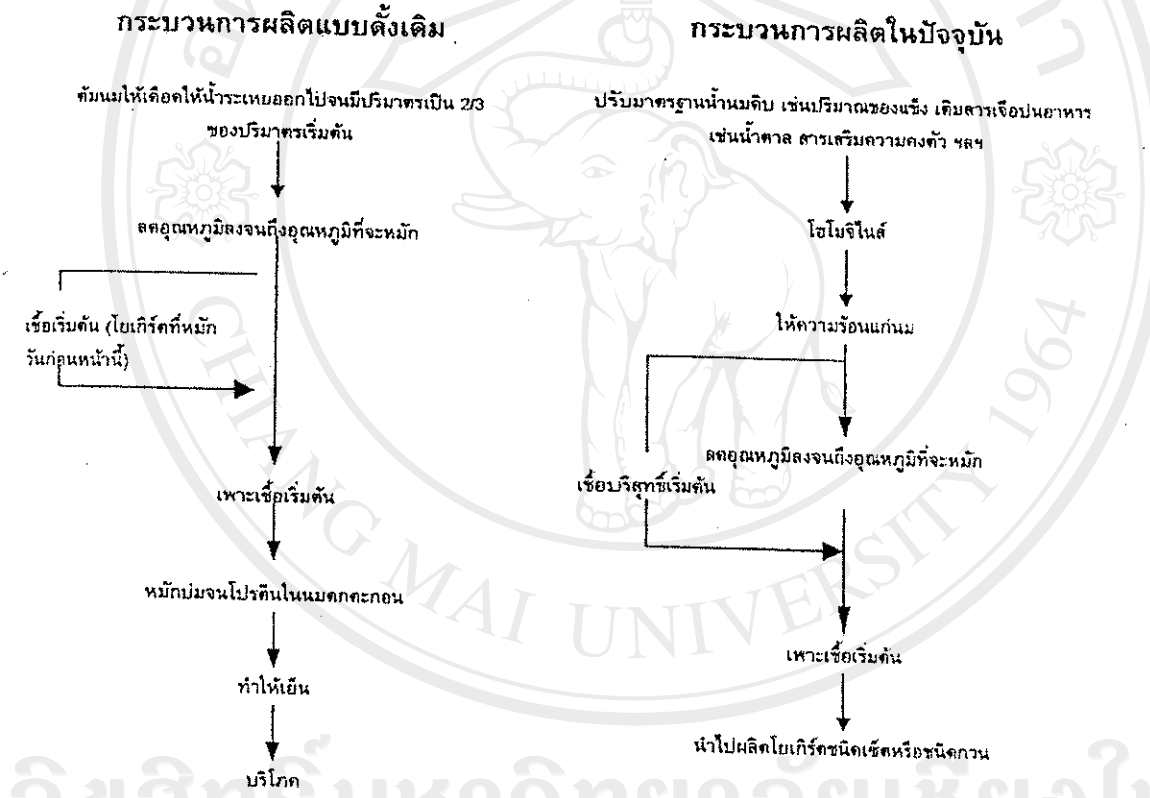
ที่มา : Wood (1985) และ Nakazawa and Hosono (1992)

หมายเหตุคำย่อ : *L.= Lactobacillus, Ln.= Leuconostoc, S. = Streptococcus*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โยเกิร์ต (Yoghurt)

Yoghurt มาจากคำว่า Jugurt ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดหนึ่งที่มีการผลิต และบริโภคในประเทศตุรกี โยเกิร์ตในสมัยก่อนนั้นแม้ว่าจะมีการผลิตโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแต่ก็ยังเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บในอุณหภูมิห้อง เมื่อเทคโนโลยีการทำความเย็นมีการเผยแพร่เข้าสู่ภูมิภาคตะวันออกกลาง โยเกิร์ตได้รับการพัฒนาสูตรผสม รูปแบบของผลิตภัณฑ์ และกระบวนการผลิต จากนั้นมีการเผยแพร่ออกไปจนกระทั่งเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในปัจจุบัน (Tamime and Robinson, 1985) จากภาพ 2 .5 ได้เปรียบเทียบกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบดั้งเดิมกับกระบวนการผลิตเชิงอุตสาหกรรมในปัจจุบัน



ภาพ 2.5 กระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบดั้งเดิม และกระบวนการผลิตในปัจจุบัน
ที่มา : ภวัต (2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **รูปแบบของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่างๆ มีดังนี้**

โยเกิร์ตชนิดเซ็ต (set yoghurt) คือ โยเกิร์ตที่ผลิตโดยนำน้ำนมที่ผ่านกระบวนการปรับมาตรฐาน การโฮโมจิไนซ์ การให้ความร้อน และเพาะเชื้อเริ่มต้นเป็นที่เรียบร้อยแล้วมาบรรจุลงในภาชนะย่อยที่จะใช้จำหน่ายหรือบริโภค แล้วนำไปหมักให้นมตกตะกอนในภาชนะนั้น จึงทำการแช่เย็นเพื่อเก็บรักษาโดยไม่มีการกวน ในการบริโภคผู้บริโภคต้องกวนหรือตักรับประทานทันทีก็ได้ เมื่อทำเป็นโยเกิร์ตผลไม้ (fruit yoghurt) ก็จะนำผลไม้ที่ทำเป็น fruit preparation ใส่ลงที่ก้นภาชนะก่อนแล้วจึงเติมนมที่เพาะเชื้อเริ่มต้นลงไป นำไปหมัก เมื่อต้องการบริโภคผู้บริโภคต้องกวนให้โยเกิร์ต และผลไม้ให้ผสมกันก่อนบริโภค

โยเกิร์ตชนิดกวน (stirred yoghurt) คือโยเกิร์ตที่หมักให้นมตกตะกอนในถังหมักใหญ่เรียบร้อยแล้ว จึงนำโยเกิร์ตมาบรรจุลงในภาชนะที่จะใช้จำหน่ายหรือบริโภค ถ้าเป็นโยเกิร์ตผลไม้แบบกวน (stirred fruit yoghurt) ผู้ผลิตจะใส่ผลไม้ลงในภาชนะก่อน แล้วจึงเติมโยเกิร์ตที่หมักแล้วลงไป ผู้บริโภคยังคงต้องคนโยเกิร์ตกับผลไม้ให้ผสมกันก่อนบริโภค

โยเกิร์ตผลไม้ชนิดสวิสสไตล์ (swiss style fruit yoghurt) โยเกิร์ตชนิดนี้ เมื่อหมักนมจนเป็นโยเกิร์ตในถังหมัก และผสมผลไม้ลงไปในถังหมักกวนให้เข้ากัน จากนั้นจึงนำโยเกิร์ตที่ผสมผลไม้กวนมาบรรจุภาชนะที่ใช้จำหน่าย ในการบริโภคผู้บริโภคไม่จำเป็นต้องคนให้โยเกิร์ตผสมกับผลไม้

นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม (drinking yoghurt or yoghurt drink) เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเอาโยเกิร์ตที่หมักในถังหมักมาเจือจางด้วยน้ำเชื่อม และ/หรือ น้ำผลไม้ แล้วปรุงแต่งโดยเติมสารเจือปนอาหาร เช่น สี กลิ่นผลไม้ และสารเสริมความคงตัว เป็นต้น จึงมีลักษณะเหลวสามารถดื่มได้ (ลูกจันทร์, 2522)

องค์ประกอบอื่นที่สำคัญของโยเกิร์ต

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตโดยทั่วไปในปัจจุบันที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรมจะใช้นมวัวเป็นวัตถุดิบในการผลิต แต่ก็มีบางแห่งที่ใช้นมจากสัตว์อื่นเป็นวัตถุดิบด้วย เช่น ลา กระบือ อูฐ แพะ ม้า กวางเรนเดียร์ และ แกะ เป็นต้น นมจากสัตว์แต่ละชนิดให้คุณสมบัติของโยเกิร์ตแตกต่างกัน อาทิ นมแกะ นมควาย และนมกวางเรนเดียร์ ซึ่งมีปริมาณไขมันมากก็จะให้โยเกิร์ตที่มีความมันมากและให้ความรู้สึกในปากที่ดีมาก (Tamime and Robinson, 1985)

การผลิตโยเกิร์ตเป็นอุตสาหกรรมในปัจจุบัน มีการใช้นม และผลิตภัณฑ์นมหลายชนิดเป็นวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งได้แสดงไว้ในตาราง 2.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.3 ผลิตภัณฑ์นมที่เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตโยเกิร์ต

ผลิตภัณฑ์	องค์ประกอบ (%)				
	ความชื้น	โปรตีน (Nx6.38)	ไขมัน	แลคโตส	เถ้า
ของเหลว					
นมสด	87.4	3.5	3.5	4.8	0.70
นมขาดมันเนย	90.5	3.6	0.1	5.4	0.70
เวย์ (จากเชดดา)	93.5	0.8	0.4	4.9	0.56
เวย์ (จากคอตเตจ)	94.8	0.6	-	4.3	0.46
ครีม (Single)	74.5	2.8	18.0	4.1	0.60
ครีม (Double)	47.2	1.8	48.0	2.6	0.40
ของแห้ง					
นมผงธรรมดา	2.0	26.4	27.5	38.2	5.9
นมผงขาดมันเนย	3.0	35.9	0.9	52.2	8.0
เวย์ผง					
-ธรรมดา	3.0	13.5	1.0	74.0	8.5
-ไม่มีแร่ธาตุ	3.0	14.5	1.0	80.5	1.0
-แลคโตสต่ำ	4.0	32.0	2.0	53.0	8.0
-เวย์โปรตีน	5.0	61.0	5.0	22.0	7.0
เคซีน (Casein)					
-โซเดียม	5.0	89.9	1.2	0.3	4.5
-แคลเซียม	5.0	88.6	1.2	0.2	5.0
-โปแตสเซียม	5.0	88.7	1.2	0.3	4.8
-Ca-coprecipitate	4.0	83.0	1.5	1.0	10.5
-Acid	9.0	88.0	1.3	0.2	1.5
หางเนยผง	3.0	34.0	5.0	48.0	7.9
ครีมผง	0.8	13.4	65.0	18.0	2.9
อื่น ๆ					
ไขมันนม	0.1	-	99.9	-	-
นมข้นจืด	73.8	7.0	7.9	9.7	1.6
นมข้นจืดขาดมันเนย	73.0	10.0	0.3	14.7	2.3

ที่มา : Tamime and Robinson (1985)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

องค์ประกอบของนมที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

น้ำตาลแลคโตส

น้ำตาลแลคโตส (β-D-Galactopyronosyl-4-glucopyronose) เป็นน้ำตาลที่มีอยู่ในนมโดยธรรมชาติ นมสดทั่วไปมีปริมาณของแลคโตสประมาณ 3.5-4.0 % แลคโตสเป็นแหล่งพลังงาน และแหล่งคาร์บอนของเชื้อเริ่มต้น ในสภาพไร้ออกซิเจนเชื้อเริ่มต้นจะย่อยน้ำตาลแลคโตสให้เป็นน้ำตาลกลูโคส และกาแลคโตสโดยเอนไซม์ β-Galactosidase แล้วเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวดังกล่าวให้เป็นกรดแลคติก

น้ำตาลแลคโตสในน้ำนม เมื่อถูกความร้อนแลคโตสบางส่วนจะเปลี่ยนโครงสร้างกลายเป็นแลคตูโลส (Lactulose, β-D-Galactopyranosyl-4-fructofuranose) ซึ่งแลคตูโลสนี้เป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของ Bifidobacteria ชนิดหนึ่ง (Nakazawa and Hosono, 1992)

โปรตีน

โปรตีนเป็นแหล่งของไนโตรเจนของเชื้อเริ่มต้น และเป็นองค์ประกอบหลักที่ตกตะกอนเกิดเป็นเจล ทำให้น้ำนมกลายเป็นโยเกิร์ต โปรตีนในนมมีหลายชนิด ส่วนใหญ่ (96%) เป็นเคซีน (casein) นอกจากนั้นเป็น เวย์โปรตีน (Whey protein) เช่น β-Lactoglobulin, α-Lactalbumin, Proteose-peptones และโปรตีนจากเลือด (Serum protein) อีกเล็กน้อย เคซีนเองก็แบ่งเป็นหลายชนิด คือ α-casein, β-casein, K-casein และ γ-casein เคซีนเป็นโปรตีนส่วนใหญ่ที่ตกตะกอนในกระบวนการหมัก ในน้ำนมปกติเคซีนจะจับกับแคลเซียมเป็นสารเชิงซ้อนแคลเซียมเคซีเนตฟอสเฟต (Calcium caseinate-phosphate complex) กระจายตัวเป็นคอลลอยด์อยู่ในน้ำนม เมื่อเกิดกรดแลคติกขึ้น กรดแลคติกจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมเป็นแคลเซียมแลคเตต ปล่อยให้เคซีนจับตัวกันตกตะกอนดังภาพ 2.6

Calcium-caseinate-Phosphate complex + Lactic acid ⟶ Casein complex + Calcium lactate+ Calcium phosphate

ภาพ 2.6 ปฏิกิริยาของเคซีนกับกรดแลคติกในการตกตะกอน

เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำนม เวย์โปรตีนบางส่วนจะสูญเสียสภาพธรรมชาติ และบางส่วนจะทำปฏิกิริยากับเคซีน แล้วตกตะกอนลงมาด้วยในกระบวนการหมัก การสูญเสียสภาพของเวย์โปรตีนต้องพอดี ถ้ามากเกินไป การตกตะกอนของโปรตีนอาจไม่ดี เกิดการแยกตัวของน้ำได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(Seneresis or whey off) การให้ความร้อนนมก่อนการหมัก ไม่ควรเกิน 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานไม่เกิน 30 นาที

ไขมัน

ไขมันจะกระจายตัวเป็นเม็ดไขมัน (fat globules) แขวนลอยอยู่ในน้ำนมการโฮโมจิไนซ์ช่วยให้เม็ดไขมันมีขนาดเล็กลง และกระจายตัวได้ดี ไม่แยกชั้น ไขมันนมประกอบด้วยไตรกลีเซไรด์เป็นส่วนใหญ่ (ประมาณ 98%) ไขมันส่วนน้อย (ประมาณ 2%) ที่เหลือเป็น ฟอสโฟลิปิด สเตรอล เลซิติน แคโรทีนอยด์ และวิตามินที่ละลายในไขมันได้ เป็นต้น (Tamime and Robinson, 1985)

ปริมาณไขมันที่พอเหมาะจะช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตเนียน ละเอียด ไม่จับกันเป็นเม็ดๆ และให้ลักษณะของความมัน ถ้ามีปริมาณไขมันมากเกินไปอาจทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อเริ่มต้นช้าลงได้ การหมักต้องใช้เวลานานขึ้น

ผลิตภัณฑ์นมหมักในประเทศไทย

ผลิตภัณฑ์นมหมักตามท้องตลาดในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทั้งชนิดเซ็ต ชนิดกวน ชนิดกวนกับผลไม้ (swiss style) และนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม ดังแสดงในตาราง 2.4

ตาราง 2.4 ผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

ผลิตภัณฑ์	ชื่อการค้า	ผู้ผลิต	เชื้อเริ่มต้น
โยเกิร์ต	ดาน่อน (Danone)	บริษัท แดรี่ไทย จำกัด	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต แลคโตบาซิลลัส และสเตรปโตคอคคัส
	ดัชชี่ (Dutchy)	บริษัท ดัชมิลล์ จำกัด	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
	ดัชชี่ ไบโอ (Bio)		*L.acidophilus,Bifidobacterium And L.casei*
	เนสท์เล่ (Nestle')	บ.เนสท์เล่ แดรี่ (ประเทศไทย) จก.	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
	เนสเล์ Lc 1		เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต และแลคโตบาซิลลัส Lc1
	โยโมสต์ (Yomost)	บ.โฟร์โมสต์อาหารนม กทม. จก.	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม	ดาน่อน (Danone)	บ.ดาน่อน (ไทยแลนด์) จก.	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
	ดัชมิลล์ (Dutch milk)	บ.ดัชมิลล์ จำกัด	แลคโตบาซิลลัส
	ตราหมี เฟรชแอนด์	บ.เนสท์เล่ แดรี่ (ประเทศไทย) จก.	เชื้อจุลินทรีย์เธอร์โมฟิลิค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.4 ผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีจำหน่ายในประเทศไทย (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ชื่อการค้า	ผู้ผลิต	เชื้อเริ่มต้น
	ฟรุตตี้	บ.โฟร์โมสต์อาหารนม กทม. จก.	แลคติก ABY-2(อะซิโดฟิลัส +บิฟีดัส+เทอร์โมฟิลัส+บุล การิคัส)
	บีทาเก้น (Betagen)	บ.ไทยแอดวานซ์ฟู้ด (1991) จก.	แลคโตบาซิลลัส
	ไพเกน (Paigen)	บ.ซีพี-เมจิ จก.	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
	เมจิ (Meiji)	บ.ซีพี-เมจิ จก.	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
	ภูพิงค์	บ.ภูพิงค์แดรี่โปรดักส์ จก.	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
	ยาคูลท์ (Yakult)	บ.ยาคูลท์ (ประเทศไทย) จก.	เชื้อจุลินทรีย์ยาคูลท์
	ไอวี่ (Ivy)	บ.ไอ.พี.แมนูแฟคเจอริ่ง จก.	บุลการิคัส+เทอร์โมฟิลัส

ที่มา : ภวัต (2544)

ตาราง 2.4 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในท้องตลาดส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้เชื้อจุลินทรีย์ Probiotic เป็นเชื้อเริ่มต้น ส่วนผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มนั้น มีสามชนิดที่ใช้จุลินทรีย์ Probiotic ร่วมกับจุลินทรีย์โยเกิร์ตในการผลิตคือ นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม ตราหมี เฟรชแอนด์ฟรุตตี้ โยเกิร์ต ดัชชี่ ไบโอ และโยเกิร์ตเนสท์เล่ Lc1 นมเปรี้ยวพร้อมดื่มบีทาเก้นไม่ระบุแน่ชัดว่าเป็นแลคโตบาซิลลัสชนิดใด ส่วนยาคูลท์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีบริษัทแม่คือ Yakult Honsha แห่งประเทศญี่ปุ่น ยาคูลท์ใช้ *L. casei* (Shirota strain) ชนิดเดียวเป็นเชื้อเริ่มต้นในการผลิต

การใช้สารเสริมความคงตัวในผลิตภัณฑ์นมหมัก

ในอุตสาหกรรมการผลิตโยเกิร์ตบางครั้งจะมีการเติมสารเสริมความคงตัว (Stabilizer) ลงไปด้วย เพื่อให้โยเกิร์ตที่ผลิตได้มีความคงตัว ความข้นหนืด เนื้อสัมผัส และความรู้สึกในปากที่ดีขึ้น สารเสริมความคงตัวที่สามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ที่กำหนดโดย FAO/WHO (1976) และ Food and Drug Act (1975, 1980) มีหลายชนิด (Tamime and Robinson, 1985)

นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารเสริมความคงตัวใน ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต และผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง เช่น ไอศครีมโยเกิร์ต และเยลลี่โยเกิร์ต เป็นต้น งานวิจัยที่ใช้สารเสริมความคงตัวจะใช้ทั้งสารเสริมความคงตัวเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดผสมกัน ต่อไปนี้คือตัวอย่างงานวิจัยเกี่ยวกับโยเกิร์ตที่ใช้สารเสริมความคงตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คาราจีแนน (Carrageenan) ใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (Gelling agent) คาราจีแนนร่วมกับกาแลคโตแมนแนน และโลคัสต์บีนกัม (locust bean gum) ใช้เป็นสารเสริมความคงตัว และสารเกิดเจล โซเดียมอัลจิเนต (sodium alginate) ใช้เป็นสารเสริมความคงตัว คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (CMC) ใช้เป็นสารเสริมความคงตัว ใช้ beta-cyclodextrin เพคติน และโซเดียมอัลจิเนตในการคัดเลือกสารเสริมความคงตัวในไบโปรตีนโยเกิร์ต (Bi-protein yoghurt) ใช้เจลาติน ซีเอ็มซี เพคติน กัมอะเคเซีย (gum acacia) และโซเดียมอัลจิเนตในการศึกษาอิทธิพลของสารเติมแต่งอาหารในโยเกิร์ต ศึกษาการใช้ สตาร์ช เจลาติน และโซเดียมอัลจิเนตในการคัดเลือกสารเสริมความคงตัวในโยเกิร์ตผสมนมวัวกับนมถั่วเหลือง และได้มีการศึกษาผลของการใช้เพคติน และสตรอเบอรี่เข้มข้นที่มีต่อความข้นหนืดของโยเกิร์ต (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532)

ตาราง 2.5 ชนิด และหน้าที่ของกัมชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต

กัมจากธรรมชาติ (Natural gums)	กัมอนุพันธุ์ของกัมธรรมชาติ (Modified gums)	กัมสังเคราะห์ (Synthetic gums)
จากพืช	อนุพันธุ์ของเซลลูโลส (1)	โพลิเมอร์*(Polymers)
Exudates	Carboxymethylcellulose	Polyvinyl derivatives
Arabic (1, 3)	Methylcellulose	Polyethylene derivatives
Tragacanth (1)	Hydroxyethycellulose	
Extracts	Hydroxypropylcellulose	
Pectin (2, 3)	Hydroxypropylmethylcellulose	
Seed flours	Microcrystallinecellulose	
Locust (carob) (1)		
Guar (1)		
จากสาหร่ายทะเล	จากการหมักของจุลินทรีย์	
Extracts	Dextran	
Agar (2, 3)	Xanthan (1, 3)	
Alginate (1, 2, 3)		
Carrageenan (2, 3)		
Furcelaran (1, 2, 3)		
จากธัญพืช (Cereal Starch)	อนุพันธุ์อื่นๆ	
ข้าวโพด	Low-methoxy pectin	
ข้าวสาลี	Propylene glycole alginate	
	Pre-gelatinised starches	
	Modified starch	
	Carboxymethyl starch	
	Hydroxyethyl starch	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.5 ชนิด และหน้าที่ของกัมชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต (ต่อ)

กัมจากธรรมชาติ (Natural gums)	กัมอนุพันธุ์ของกัมธรรมชาติ (Modified gums)	กัมสังเคราะห์ (Synthetic gums)
	Hydroxypropyl starch	
จากสัตว์ (1, 2, 3)		
เจลาติน		
เคซีน		
จากพืชผัก (vegetable)		
โปรตีนจากถั่วเหลือง		

* จำกัดการใช้ในโยเกิร์ต เพราะไม่ได้กำหนดโดย Food and Drug Act (1975, 1980) หรือ FAO/WHO (1976) ปริมาณการใช้ของสารเสริมความคงตัวเหล่านี้กำหนดให้ใช้ได้ไม่เกิน 5000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นเพคติน เจลาติน และ starchตัวเลขในวงเล็บแสดงหน้าที่ของไฮโดรคอลลอยด์ (1) Thickener (2) Gelling agent และ (3) Stabiliser

ที่มา : Tamime and Robinson (1985)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของโยเกิร์ต

ในการผลิตนมเปรี้ยวที่มีคุณภาพดีนั้นนับว่าเป็นเรื่องที่ยุ่งยากพอสมควร ทั้งนี้เพราะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาก และควบคุมยาก จำเป็นต้องอาศัยความรู้ ความชำนาญมากที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จะมีรสชาติสม่ำเสมอ มีกลิ่นตามต้องการ มีความคงรูป ไม่มีการแยกตัวเป็นชั้น คุณภาพดังกล่าวเป็นผลมาจากการเตรียมน้ำนม และการเตรียมจุลินทรีย์ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของการผลิต ได้แก่

1. มาตรฐานของน้ำนมที่ใช้
2. สารที่จะทำให้มีความคงรูป
3. โฮโมจีไนเซชัน
4. ความร้อนที่ใช้
5. การเตรียมจุลินทรีย์

1. มาตรฐานของน้ำนม น้ำนมดิบที่จะนำมาทำนมเปรี้ยวจะต้องเป็นน้ำนมที่มีคุณภาพดีมาก โดยเฉพาะทางด้านปริมาณจุลินทรีย์จะต้องมีจำนวนน้อยด้วย รวมทั้งจะต้องปราศจากสารปนเปื้อนอื่นๆ ที่จะมีผลทำให้ชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะทำปฏิกิริยา เช่น สารปฏิชีวนะ ได้แก่ เพนนิซิลิน แบคทีริโอฟากส์ หรือสารที่ใช้ในระบบการทำความสะอาด น้ำนมที่รับมาจากเกษตรจะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้องคัดเลือกอย่างดี และต้องมีการตรวจสอบอย่างดีด้วย มาตรฐานของน้ำนมที่จะใช้ มีส่วนประกอบหลายตัวที่จะต้องให้เป็นไปตามมาตรฐาน ได้แก่

- ไขมัน ปริมาณไขมันของนมเปรี้ยวจะมีปริมาณเท่ากับปริมาณไขมนในน้ำนมดิบที่จะใช้ ซึ่งอาจจะจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ
  - นมเปรี้ยวที่มีไขมันสูง คือจะมีปริมาณไขมันเกิน 3% ขึ้นไป
  - นมเปรี้ยวที่มีไขมันต่ำ คือจะมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 1.5 - 3%
  - นมเปรี้ยวที่ไม่มีไขมัน คือจะมีปริมาณไขมันน้อยมาก คือ ประมาณ 0.1% เท่านั้น
- ปริมาณของแข็งทั้งหมด (dry solid content) ปริมาณของแข็งในน้ำนมทั้งหมดจะรวมถึงเคซีน ไขมัน น้ำตาลแลคโตส ปริมาณเคซีนในน้ำนมมีผลต่อความคงตัวของนมเปรี้ยวอย่างมาก ปริมาณของแข็งในนมเปรี้ยวจะประมาณ 12 - 18% การทำให้น้ำนมได้ปริมาณของแข็งได้มาตรฐานอาจจะกระทำโดย
  - การระเหยน้ำออกจากน้ำนมบ้าง (ประมาณ 10 - 20%)
  - เติมนมข้น
  - เติมหางนมผง ปริมาณที่เติมประมาณ 0.5 - 2.5% โดยน้ำหนัก

  จากประสบการณ์ของการผลิต พบว่าการทำให้ปริมาณของแข็งในน้ำนมสูงขึ้น โดยการระเหยน้ำออกจะทำให้ได้นมเปรี้ยวที่มีความคงตัวสูง และมีผิวเป็นประกายมันดีกว่า การใช้นมผงเติม

2. สารที่จะทำให้คงตัว การที่จะทำให้นมเปรี้ยวมีความคงตัวสูงขึ้น จำเป็นต้องใส่สารที่ทำให้คงตัวด้วย (stabilizer) นอกจากนั้นอาจจะมีการใส่สารให้ความหวาน (sweetener) บางครั้งจะมีการเติมพวกวิตามินด้วย เช่น วิตามินซี สารที่ทำให้คงตัวจะนิยมใช้สารที่มีคุณสมบัติที่ทำให้เกาะกับของแข็งในน้ำนม เพื่อให้ความสม่ำเสมอของเนื้อของนมเปรี้ยวไม่แตกแยก ปริมาณที่ใช้นั้นผู้ผลิตแต่ละแห่งจำเป็นจะต้องศึกษา และทดลองใช้เอง ถ้าใช้ในปริมาณที่สูงเกินไปจะทำให้เนื้อสัมผัสแข็งเกินไป

ในการผลิตนมเปรี้ยวธรรมดาที่ดี ไม่จำเป็นต้องใช้สารที่ทำให้คงตัว แต่ถ้ามีการเติมผลไม้ลงไปจำเป็นอย่างมากที่ต้องใช้สารที่ทำให้คงตัว สารทีทำให้คงตัวที่นิยมใช้กัน ได้แก่ เจลาติน เปคติน และอาการ์ ปริมาณที่ใช้ประมาณ 0.1 - 0.5%

ในบางฤดูน้ำนมอาจจะตกตะกอนซึ่งไม่ดี ทั้งนี้เพราะขาดไอออนส์บวก (positive ions) ดังนั้นจำเป็นต้องมีการเติมสารพวกแคลเซียมไอออนส์ เช่น แคลเซียมคลอไรด์ ลงไป 0.02 - 0.04% ก็จะทำให้ตกตะกอนดีขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเติมสารที่ให้ความหวาน มักจะใช้ในรูปของกลูโคส หรือ ซูโครส ในการผลิตนมเปรี้ยวที่ใส่ผลไม้ปริมาณที่เติมประมาณ 7 - 15% ส่วนผลไม้จะมีน้ำตาลอยู่ประมาณ 50% ในนมเปรี้ยวที่ไม่ได้เติมผลไม้อาจจะเติมสารที่ให้ความหวานบ้าง

3.การโฮโมจีไนเซชัน การโฮโมจีไนซ์น้ำนมก่อนที่ใช้ผลิตจะมีส่วนทำให้ความสม่ำเสมอ และความคงตัวของเนื้อนมเปรี้ยวดีขึ้น ความแน่นของเนื้อนมเปรี้ยวจะเพิ่มขึ้น ถ้าเพิ่มความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนซ์ความดันปกติที่ใช้ คือ 20 kPa โดยใช้อุณหภูมิระหว่าง 55 - 70 องศาเซลเซียส การโฮโมจีไนซ์ยังมีส่วนทำให้ป้องกันการแยกตัวของนมเปรี้ยวด้วย

4. ความร้อนที่ใช้ การให้ความร้อนแก่น้ำนมก่อนที่ใช้ผลิตนมเปรี้ยวมีประโยชน์หลายประการ คือ

- ทำให้น้ำนมมีความเหมาะสมในการเป็นอาหารแก่จุลินทรีย์ยิ่งขึ้น
- ทำให้การตกตะกอนของน้ำนมสมบูรณ์ และทำให้ตกตะกอนมีความแน่นเพียงพอ
- ทำให้หางเนยไม่แยกออกจากตะกอนที่ตกแล้ว อุณหภูมิที่เหมาะที่สุดที่ใช้กับน้ำนมคือ 90 - 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งอุณหภูมินี้เพียงพอกับการทำให้โปรตีนของหางเนยตกตะกอน ทำให้เนื้อนมเปรี้ยวแน่นยิ่งขึ้น

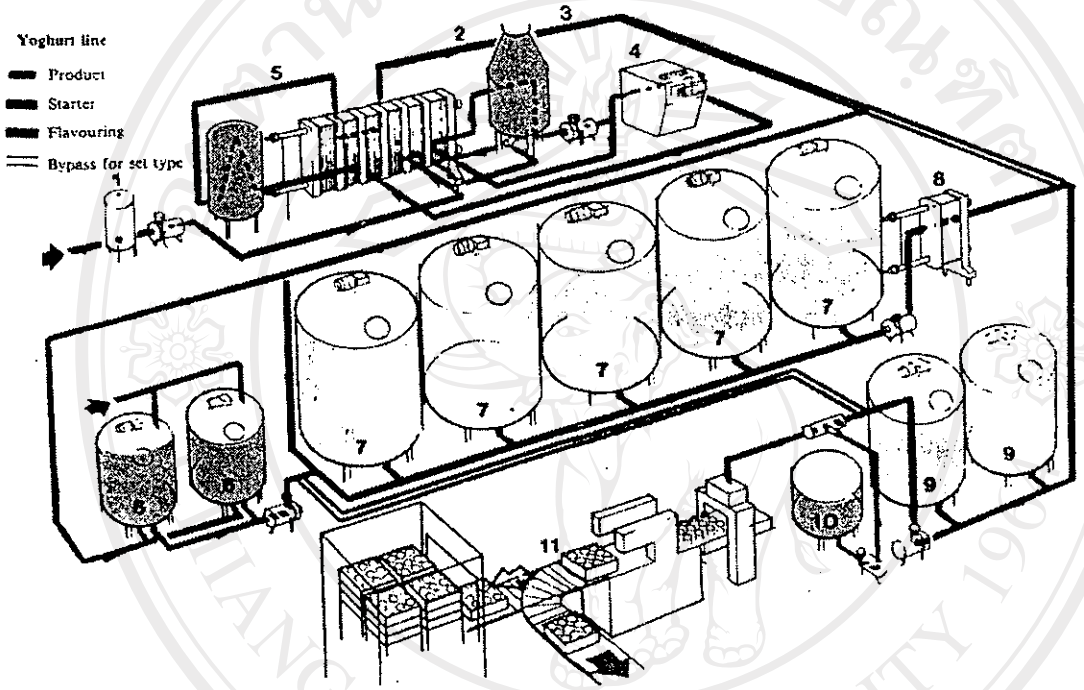
5. การเตรียมจุลินทรีย์ ขั้นตอนนี้เป็นตอนที่สำคัญ เพราะการเตรียมจุลินทรีย์ที่จะใช้ ต้องมีการควบคุมด้านสุขลักษณะเป็นอย่างดี การเตรียมจุลินทรีย์จะต้องทำด้วยความระมัดระวังที่ไม่ให้จุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์แปลกปลอมเข้าไป จุลินทรีย์ที่ใช้จะเป็นแบคทีเรีย *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* อัตราส่วนของปริมาณของแบคทีเรียระหว่างทั้งสองชนิด อาจจะเป็น 1 : 1 หรือ 2 : 1 สัดส่วนนี้อาจจะไม่เป็นผลถ้าการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ไม่แน่นอน จุลินทรีย์ที่เตรียมไว้จะต้องมีชุดใหม่อยู่ตลอดเวลา เพราะถ้าใช้ชุดเก่าจุลินทรีย์นั้นอาจจะไม่แข็งแรง และอัตราส่วนของจุลินทรีย์ก็อาจจะเปลี่ยนแปลงด้วย เพราะเมื่ออยู่ด้วยกันนานๆ แลคโตบาซิลลัส มักจะมีปริมาณมากกว่า ซึ่งจะมีผลทำให้นมเปรี้ยวมีรสเปรี้ยวจัดเพราะมีกรดสูง

การเตรียมจุลินทรีย์ต้องปราศจากจุลินทรีย์อื่นๆ เช่น รา ยีสต์ หรือ แบคทีเรีย การที่มีจุลินทรีย์อื่นปนเข้าไป เช่น สปอร์ของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นประเภทที่ทนทานต่อความร้อนได้สูง จะทำให้นมเปรี้ยวมีรสขมได้ หลังจากการผลิตนมเปรี้ยวได้มาตรฐานแล้ว จะมีกรดอยู่ประมาณ 0.9-1.0% และกรดจะเพิ่มขึ้นระหว่างที่มีการนำไปจัดจำหน่าย โดยเพิ่มขึ้นเป็น 1.5% ความเป็นกรดเป็นด่างจะวัดได้ 4.4 - 4.2 ปริมาณของกรดจะควบคุมได้ด้วยอุณหภูมิที่ใช้บ่ม (incubation) และการทำให้เย็นลงเมื่อได้กรดพอเพียง การมีกรดสูงมักจะทำให้นมเปรี้ยวมีรสชาติ และกลิ่นหอมมากขึ้น (เรณู, 2535)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ต

กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตในโรงงานไม่ว่าจะเป็น ชนิดเซ็ต และ/หรือชนิดกวน สามารถสรุปกระบวนการ และเครื่องมือที่ใช้ดังในภาพ 2.7 ซึ่งประกอบด้วย



ภาพ 2.7 ผังกรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตชนิด set และ/หรือ stirred

(1) balance tank (2) plate heat exchanger
(3) vacuum chamber (4) homogenizer
(5) holding tube (6) bulk starter tanks
(7) incubation tanks (8) plate cooler
(9) intermediate tanks (10) fruit addition
(11) packing machine

ที่มา : Robinson และ Tamime (1981)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. การเตรียมส่วนผสมเบื้องต้น

เนื่องจากองค์ประกอบของนมที่ได้จากสัตว์ชนิดต่างๆ แตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำมาผ่านการหมักจะทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีคุณภาพแตกต่างกัน เช่น เมื่อไขมันในนมมีปริมาณสูงกว่า จะให้โยเกิร์ตที่มีความเป็นครีมสูงตามไปด้วย นอกจากนี้แล้วน้ำตาลแลคโตสที่มีอยู่ในนมจะถูกใช้เป็นแหล่งอาหารของหัวเชื้อโยเกิร์ต ส่วนโปรตีนก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการตกตะกอนเป็น coagulum ซึ่งมีผลเกี่ยวข้องกับความหนืด (consistency/viscosity) ของผลิตภัณฑ์ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีคุณภาพตามมาตรฐานจึงจำเป็นต้องปรับคุณภาพของนมก่อนการหมักดังนี้

การปรับปริมาณไขมันในนม

ในประเทศอังกฤษ ปริมาณไขมันเนยโดยเฉลี่ยในนมจะอยู่ระหว่าง 3.7 - 4.2% แต่ปริมาณไขมันในโยเกิร์ตเฉลี่ย 1.5% (สำหรับ medium-fat yoghurt) หรือ 0.5% (สำหรับ low-fat yoghurt) ในการปรับปริมาณไขมันในนมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตจะใช้หลักการของ เปียสัน สแควร์ (Pearson's square)

การปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (SNF) ในนม

สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (ได้แก่น้ำตาลแลคโตส โปรตีน และเกลือแร่) ในนมที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต จะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และกลิ่นรสของโยเกิร์ต โดยเฉพาะความหนืดของ coagulum โดยทั่วไปปริมาณของแข็งในของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตยิ่งสูงผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จะมีความหนืดมากขึ้นตามไปด้วย โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีได้จากนมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid หรือ TS) เท่ากับ 15 - 16% ซึ่งจะทำให้ได้โยเกิร์ตที่มี TS 14 - 15% อย่างไรก็ตามถ้า TS ในของส่วนผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตสูงกว่า 25% ขึ้นไป จะทำให้ความชื้นลดลงและมีผลให้กิจกรรมของเชื้อลดลงด้วยการเพิ่มปริมาณของแข็งอาจกระทำได้โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การให้ความร้อนเพื่อเพิ่มความเข้มข้น การเติมนมผง เคซีอีน whey powder หรือ butter milk powder เป็นต้น (เรณู, 2523)

การเติมสารคงตัว

วัตถุประสงค์หลักในการเติมสารคงตัว (stabilizers) ในของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต ทั้งนี้เพื่อรักษาลักษณะเฉพาะตัวที่ต้องการในโยเกิร์ตให้คงอยู่หรือเพิ่มขึ้น เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส (body and texture) ความหนืด (viscosity/consistency) ลักษณะปรากฏด้านโครงสร้างของเจล และช่วยลดปัญหาการแยกชั้นของน้ำหางนม (whey) หรือที่เรียกว่า syneresis เป็นต้น นอกจากนี้ สารคงตัวยังช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ โดยทำให้เจลในน้ำมีปริมาณน้ำอิสระสำหรับการเกิด syneresis ลดลง คุณสมบัติที่ดีของสารคงตัวคือ ไม่มีกลิ่น มีประสิทธิภาพสูงในช่วง pH ต่ำ และกระจายตัวได้ดีในอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักนม สำหรับสารเคมีที่นิยมใช้เป็นสาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คงตัว เช่น เจลาติน vegetable gums (carboxymethyl-cellulose, locustbean และ guar) และ seaweed gums (alginates และ carrageenans) เป็นต้น สารคงตัวเหล่านี้อาจใช้เพียงสารประกอบชนิดเดียวหรือสารประกอบผสมหลายตัวซึ่งสารประกอบแบบหลังจะเป็นที่นิยมในการค้ามาก เนื่องจากสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหลายชนิดนั่นเอง

การเติมสารให้ความหวาน

สารให้ความหวานหรือที่เรียกว่า sweetener มักเติมในการผลิต friut/flavoured yoghurt หรือใน "sweet" natural yoghurt โดยอาศัยการเติมสารให้ความหวานลงไปในของผสมโยเกิร์ตหรือเติมผลไม้ที่มีความหวานลงไป ทั้งนี้วัตถุประสงค์หลักในการเติมเพื่อลดความเปรี้ยวในโยเกิร์ต อย่างไรก็ตาม ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ชนิดของสารให้ความหวานที่ใช้ ความชอบของผู้บริโภค ชนิดของผลไม้ที่ใช้ผลที่อาจยับยั้งหัวเชื้อ กฎหมาย และอื่นๆ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้ว friut/flavoured yoghurt อาจมีคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 20% ซึ่งได้จากน้ำตาลในนมที่เหลือจากการหมัก น้ำตาลในผลไม้ และน้ำตาลที่เติมเข้าไปถ้าความเข้มข้นของน้ำตาลสูงเกินไป อาจมีผลยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อได้เนื่องจากผลของ adverse osmotic ของสารถูกละลายในน้ำ และผลของ water activity ในโยเกิร์ต โดยทั่วไปปริมาณน้ำตาลที่เติมลงในโยเกิร์ตไม่ควรเกิน 10%

สารให้ความหวานที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส corn syrup glucose/galactose syrup หรือพวก sorbitol และ saccharin เป็นต้น

นอกจากนี้อาจมีการเติมสารประกอบอื่นๆ ลงในนมด้วย เช่น สารกันเสียหรือเพนิซิลลิเนสที่ใช้ทำลายสภาพของสารปฏิชีวะนะเพนิซิลเลียม เพื่อให้นมเหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตมากที่สุด

2. การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

หลังการปรับส่วนผสมของนมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการแล้ว การนำนมที่ปรับแล้วมาผ่านกระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันจะมีผลต่อคุณภาพของนม ในด้านการเป็นสารอิมัลชันที่เป็นเนื้อเดียวกัน ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวสามารถกระทำได้โดยการให้นมผ่านเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ด้วยความเร็วสูงโดยผ่านช่องเปิดเล็กๆ ภายใต้ความดันสูง

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายหลังการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันมีผลทำให้เนื้อสัมผัสที่ได้หลังการหมักมีเนื้อเนียนมากขึ้น มีกลิ่นรสที่เป็นครีม และช่วยลดการเกิดครีมที่ผิวหน้า หรือการแยกชั้นของน้ำหางนม (wheying-off) สำหรับการเลือกใช้เครื่องโฮโมจีไนซ์แบบ 1 หรือ 2 stage จะขึ้นกับปริมาณไขมันที่มีอยู่ในนมที่ปรับองค์ประกอบแล้ว แต่โดยทั่วไปนมโยเกิร์ตจะใช้เครื่องโฮโมจีไนซ์ที่มีเพียง 1 stage ที่อุณหภูมิ 50 - 70 องศาเซลเซียส และมีความดันระหว่าง 1,500 - 2,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) (ทองยศ, 2527)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การให้ความร้อน

การให้ความร้อน เป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง นอกจากเพิ่มความเข้มข้นของนมแล้วยังมีผลต่อของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตดังต่อไปนี้

1) ทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคหรือจุลินทรีย์อื่นๆ ที่ไม่ต้องการ สำหรับตาราง 2.6 แสดงเวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่นม และของผสมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตต่างๆ กัน ซึ่งความร้อนที่ใช้มักเพียงพอต่อการทำลายเซลล์จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่อยู่ในน้ำนมดิบเท่านั้น แต่สปอร์หรือเอนไซม์ที่ทนความร้อนได้ยังคงมีเหลืออยู่ในนม อย่างไรก็ตาม นมที่ผ่านความร้อน จะเป็นแหล่งเจริญเติบโตที่ดีของหัวเชื้อโยเกิร์ต

2) กำจัดอากาศที่มีอยู่ในนม เพื่อทำให้สภาวะแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อแลคติกมากยิ่งขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดนี้ต้องการอากาศในปริมาณน้อย (microaerophilic)

3) เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพของนม โดยทำให้โปรตีนของน้ำหางนมที่มีอยู่ในนมซึ่งได้แก่ พวกอัลบูมิน และโกลบูลินที่เสียสภาพธรรมชาติ (denature) แล้วตกตะกอน นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุลเคซีนอินเกิดเป็นร่างแห (network) ในลักษณะสามมิติขึ้นมาโดยร่างแหนี้จะจับโปรตีนของน้ำหางนมแล้วทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีความหนืด (consistency) มากกว่าเดิม

3) มีความเหมาะสมสำหรับการเจริญของหัวเชื้อแลคติก ที่มีกิจกรรมหมักที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง (40 - 45 องศาเซลเซียส)

4) ทำให้โปรตีนในนมถูกทำลาย (damage) ให้สารย่อยๆ ที่เป็นโมเลกุลเล็กลง (breakdown products) ซึ่งอาจเป็นสารที่เร่งกิจกรรมของหัวเชื้อแลคติก การให้ความร้อนแก่นมสามารถเร่ง หรือยับยั้งกิจกรรมของหัวเชื้อแลคติกได้ ทั้งนี้ขึ้นกับช่วงของอุณหภูมิ และเวลาดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.6 เวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่นมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต

Time	Temperature (°C)		Process	Comments
30 minutes	65	Pasteurisation	Low temperature long time (Holder method)	Destruction of about 99% of vegetative cells of microorganisms
15 seconds	72	Pasteurisation	High temperature short time (HTST)	
*30 minutes	85		High temperature long time (HTLT)	Kills all vegetative cells and possibly some spores
*5 minutes	90-95		Very high temperature short time (VHTST)	
20 minutes (+)	110-115		Conventional sterilisation (in-bottle)	As above, but may kill nearly all spores
*3 seconds	115	Ultra-High Temperature	Low temperature UHT (GEA Ahlborn Gmbh)	Kills all organisms including all spores with the exception of low temperature UHT
*16 seconds	135	Ultra-High Temperature	Long time UHT (Stork-Amsterdam)	
1-2 seconds	140	Ultra-High Temperature	UHT	
0.8 seconds	150	Ultra-High Temperature	UHT French process (ATAD)	

ที่มา : วราวุฒิ และรุ่งนภา (2532)

ตาราง 2.6 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตได้ดังนี้ :

(1) นมที่ผ่านการให้ความร้อนในช่องระหว่างอุณหภูมิ 62 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วินาที จะช่วยเร่งการเจริญของหัวเชื้อแลคติก

(2) นมที่ผ่านการให้ความร้อนในช่วงระหว่างอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที และ 82 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-120 นาที และที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 - 45 นาที จะส่งผลยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อแลคติก

(3) นมที่ผ่านการให้ความร้อนถึง 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 - 180 นาที หรือภายใต้ความดันที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 - 30 นาที จะช่วยเร่งการเจริญของหัวเชื้อแลคติก

(4) นมที่ผ่านการให้ความร้อนภายใต้ความดันที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานมากกว่า 30 นาที จะส่งผลยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อแลคติก

ตามปกติอุณหภูมิในการให้ความร้อนแก่นมโยเกิร์ตอาจเป็นได้ตั้งแต่อุณหภูมิพาสเจอร์ไรซ์ (72 องศาเซลเซียส 15 วินาที) จนถึงอุณหภูมิ UHT (133 องศาเซลเซียส 1 วินาที) โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมนมนิยมให้ความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส 30 นาที สำหรับกระบวนการไม่ต่อเนื่องหรือทำเป็นแบบกะ (batch process) หรือ 90 - 95 องศาเซลเซียส 5 - 10 นาที สำหรับกระบวนการต่อเนื่อง (continuous process)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. กระบวนการหมัก

นมที่ผ่านการให้ความร้อน จะต้องทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมแล้วจึงส่งไปยังถังหมักเพื่อทำการหมักด้วยหัวเชื้อเตรียมขึ้นต่อไป หัวเชื้อโยเกิร์ตจะประกอบด้วยหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus thermophilus* ในอัตราส่วนที่เท่ากัน โดยทั่วไปหัวเชื้อจะใช้ประมาณ 0.5 - 2% หลังการถ่ายเชื้อแล้วจะทำการบ่ม (incubate) ที่อุณหภูมิ 37 - 44 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 - 6 ชั่วโมง หรือที่ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตาม สภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมจะหมักที่อุณหภูมิ 40 - 45 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนของการหมักจะเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะคือ ในกรณีที่ผลิต set yoghurt จะเกิดการหมักในภาชนะบรรจุที่จะจำหน่ายปลีก (retail container) หรือในกรณีของ stirred yoghurt จะเกิดการหมักขึ้นในถังหมักใหญ่ จนกระทั่งการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว จึงนำไปบรรจุเพื่อส่งจำหน่ายต่อไป อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าลักษณะการผลิตโยเกิร์ตจะเป็นลักษณะใดก็ตาม การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของการเกิดเจล (coagulum) จะมีลักษณะเหมือนกัน จะแตกต่างกันเพียงคุณสมบัติของการไหล (rheological property) ของ coagulum ซึ่งลักษณะเนื้อของโยเกิร์ตที่ได้จาก set yoghurt จะไม่ถูกรบกวน เจลที่ได้จึงเป็นมวลของแข็งกึ่งเหลวตลอดทั้งภาชนะบรรจุ ในขณะที่ stirred yoghurt จะเป็นเจลที่มีลักษณะแตกจากกัน (breaking gel structure) เมื่อสิ้นสุดการหมักก่อนที่จะทำให้เย็น

การเกิดเจลของโยเกิร์ต เป็นผลจากปฏิกิริยาทางชีวภาพ และกายภาพในนม ดังมีขั้นตอนตามลำดับดังนี้

(1) หัวเชื้อโยเกิร์ตใช้น้ำตาลแลคโตสในนมเป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโต และทำการหมักให้กรดแลคติกและสารประกอบอื่นๆ ออกมา

(2) กรดแลคติกที่สร้างขึ้นเรื่อยๆ นี้ จะสลายสภาพความคงตัวของอนุภาคเคซีอีน (casein micelle) และทำให้สารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนในน้ำหางนมสูญเสียสภาพธรรมชาติไปด้วย

(3) เกิดการรวมตัวของ casein micelles และ/หรือกลุ่มของ micelled ย่อยๆ เข้าด้วยกัน และเกิดการตกตะกอนบางส่วน (coalesce) ออกมา ในขณะที่ความเป็นกรดเป็นด่าง ใกล้จุด isoelectric คือ ระหว่าง pH 4.6 - 4.7

(4) เกิดปฏิกิริยาระหว่าง แอลฟา-แลคโตโกลบูลิน/บีตา-แลคโตโกลบูลิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่ในหางน้ำนมกับเคซีอีน ทำให้เกิด casein micelles ที่มีความคงตัวมากขึ้น ดังนั้นร่างแหของเจลที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประกอบด้วยโครงสร้างที่แน่นอนนี้ สามารถจับองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีอยู่ในส่วนผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตรวมทั้งน้ำให้อยู่ในโครงสร้างดังกล่าวด้วย (ไพโรจน์, 2536)

5. การทำความเย็น

เนื่องจากการผลิตโยเกิร์ตเป็นกระบวนการทางชีวภาพ การทำให้เย็นจึงเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการควบคุมกิจกรรมของหัวเชื้อ และเอนไซม์ การให้ความเย็นแก่ coagulum จะเริ่มตั้งแต่ผลิตภัณฑ์มีระดับความเป็นกรดตามต้องการประมาณที่ pH 4.6 หรือความเข้มข้นกรดแลคติกประมาณ 0.9% แต่ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ชนิดของโยเกิร์ตที่ผลิต วิธีให้ความเย็น และประสิทธิภาพของการถ่ายเทความร้อนประกอบกันด้วย

จุดประสงค์หลักของการทำให้ coagulum เย็นลงจากอุณหภูมิ 30 - 45 องศาเซลเซียส ให้ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส (ดีที่สุดประมาณ 5 องศาเซลเซียส) ทันทีเพื่อควบคุมระดับความเป็นกรดสุดท้ายในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากที่อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียสสามารถยับยั้งกิจกรรมของหัวเชื้อโยเกิร์ตได้

6. การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรส และสี

การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรส และสี เพื่อเพิ่มความนิยมให้แก่ผู้บริโภคขึ้นกับชนิดของโยเกิร์ตที่ต้องการ สารที่ใช้เติมเพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวในอุตสาหกรรมผลิตโยเกิร์ต ได้แก่ ผลไม้ สารให้กลิ่นสี และสารประกอบอื่นๆ เช่น น้ำผึ้ง ถั่วต่างๆ มะเขือเทศ กาแฟ เป็นต้น

ในทางอุตสาหกรรมนิยมทำให้โยเกิร์ตเย็นลงที่อุณหภูมิ 15 - 20 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะนำไปผสมกับผลไม้หรือกลิ่นรส จากนั้นจึงบรรจุเก็บไว้ในห้องเย็นเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

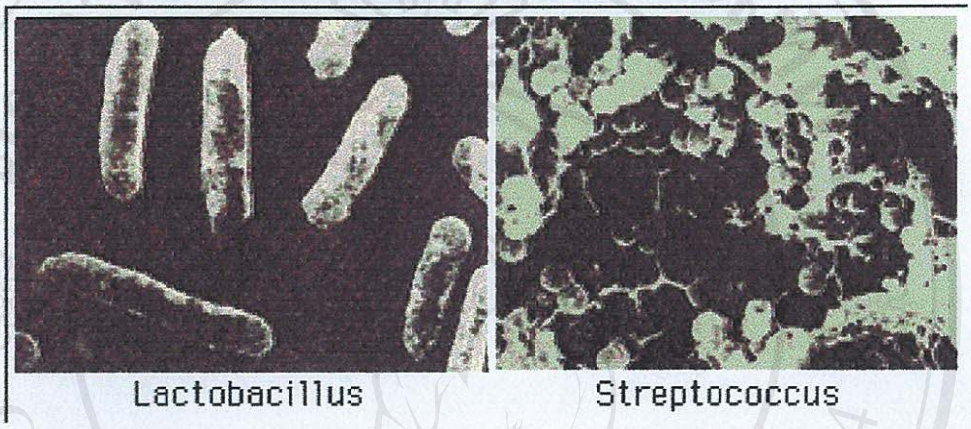
อย่างไรก็ตาม แม้ว่ากรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตจะมีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ต แต่ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกันคือ จุลินทรีย์ที่ใช้ในโยเกิร์ต

จุลินทรีย์ในโยเกิร์ต

หัวเชื้อเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตโยเกิร์ต ลักษณะที่ต้องการของหัวเชื้อโยเกิร์ตคือปลอดจากการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในส่วนผสมของนมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต ให้กลิ่นรสที่ต้องการ โครงสร้างลักษณะเนื้อดี และต้านทานต่อ phage และสารปฏิชีวนะ ในการสร้างกลิ่นรส (flavour) และลักษณะของเนื้อสัมผัส (texture) ต้องใช้หัวเชื้อผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus thermophilus* ดังในภาพ 2.8 โดยทั่วไปจะใช้หัวเชื้อทั้งสองชนิดนี้ในอัตราส่วนที่เท่ากัน (จำนวนเซลล์)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อใช้หัวเชื้อที่แช่แข็งในการผลิตโยเกิร์ต จำเป็นต้องบ่มหัวเชื้อเป็นเวลา 5 ชั่วโมงที่ 45 องศาเซลเซียส หรือ 11 ชั่วโมงที่ 32 องศาเซลเซียส หรือ 14 - 16 ชั่วโมงที่ 29 - 30 องศาเซลเซียส เสียก่อน โดยทั่วไปหัวเชื้อที่ใช้ประกอบด้วยสายพันธุ์ผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ในสัดส่วนที่เท่ากัน แบคทีเรียเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพากันเมื่อใช้ร่วมกันที่เรียกว่า symbiosis โดยปกติจะให้เชื้อทั้งสองเจริญร่วมกันภายใต้สภาวะที่ควบคุมเพื่อให้ได้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีสมดุลที่ถูกต้อง



ภาพ 2.8 หัวเชื้อโยเกิร์ตประกอบด้วย *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus*

ที่มา : รุ่งนภา (2531)

ลักษณะการพึ่งพาอาศัยกันของจุลินทรีย์เหล่านี้ในหัวเชื้อโยเกิร์ต คือเริ่มแรกเชื้อ Streptococci มีอุณหภูมิการหมักที่เหมาะสมที่ 40 องศาเซลเซียส ทำให้เชื้อเจริญขึ้นอย่างเด่นชัด ระหว่างการหมักช่วงแรกนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างขึ้นมา เชื้อ Streptococci เป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิด diacetyl และสารประกอบที่คล้ายกันซึ่งมีผลต่อกลิ่นรสของครีมเนย (creamy/buttery) ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

เชื้อ Streptococci นี้จะช่วยกำจัดออกซิเจนออกจากนมซึ่งถ้าหากเหลืออยู่อาจก่อให้เกิดไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ การเจริญจะดำเนินต่อไปจนกระทั่งความเป็นกรดถึง pH 5.5 จะมีสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อ Lactobacilli ต่อไป

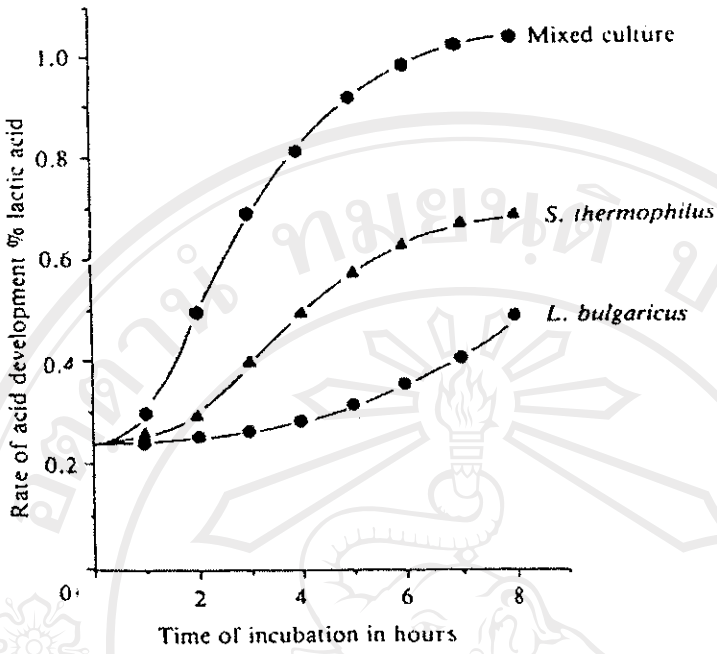
เชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* มีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญที่ 45 องศาเซลเซียส และยังให้ปริมาณกรดแลคติกที่มากพอที่จะสร้าง acetaldehyde อยู่ 23 - 41 พีพีเอ็ม คิดเป็นสัดส่วนของสารประกอบที่ให้กลิ่น (volatile flavour compound) ถึง 90% นอกจากนี้แล้วเชื้อ Lactobacilli จะปล่อยกรดอะมิโนบางตัวที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ Streptococci อีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังการหมักเสร็จสิ้นแล้ว โยเกิร์ตที่ได้จะมีลักษณะเนื้อที่แน่นขึ้นที่เรียกว่า thickened yoghurt ซึ่งจะถูกทำให้เย็นลงเป็น 4.5 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ตลอดระยะเวลาการจำหน่าย ณ อุณหภูมิ นี้แบคทีเรียยังคงมีชีวิตอยู่ แต่กิจกรรมค่อนข้างจำกัด ทำให้การแบ่งตัว และสร้างกรดจะช้าลงมาก

ดังกล่าวมาแล้วว่าจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตโยเกิร์ตคือ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* แต่ในบางประเทศ เช่น นิวซีแลนด์หรือสวิตเซอร์แลนด์อาจยอมให้เชื้อแลคติกชนิดอื่นร่วมอยู่ด้วย อย่างไรก็ตาม จะต้องมีจุลินทรีย์ที่สำคัญสองชนิดนี้เสมอ ซึ่งลักษณะนี้ทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะที่เด่น ลักษณะการพึ่งพาอาศัยของหัวเชื้อทั้งสองนี้อาจจะพิจารณาจากการสร้างกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นในระหว่างการผลิตโยเกิร์ตเมื่อใช้สายพันธุ์ผสมของเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อดังกล่าวเพียงสายพันธุ์เดียวเท่านั้นดังแสดงในภาพ 2.9 นอกจากนี้จำนวนเซลล์ที่เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งหน่วยเวลาของหัวเชื้อสายพันธุ์ผสม จะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับหัวเชื้อที่มีสายพันธุ์เดี่ยว ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อทั้งสองสายพันธุ์มีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis relationship) นั่นเอง ในความเป็นจริงแล้วในหัวเชื้อผสมนี้จำนวนเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* จะย่อยโปรตีนแล้วให้กรดอะมิโนพวก valine, glycine และ histidine ออกมาในนมซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อ *Streptococcus thermophilus* อีกต่อหนึ่ง (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.9 อัตราการสร้างกรดของเชื้อโยเกิร์ตสายพันธุ์เดี่ยว และสายพันธุ์ผสมเมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในนมขาดมันเนย (10% TS) และใช้หัวเชื้อ 2%

ที่มา : Tamime (1977)

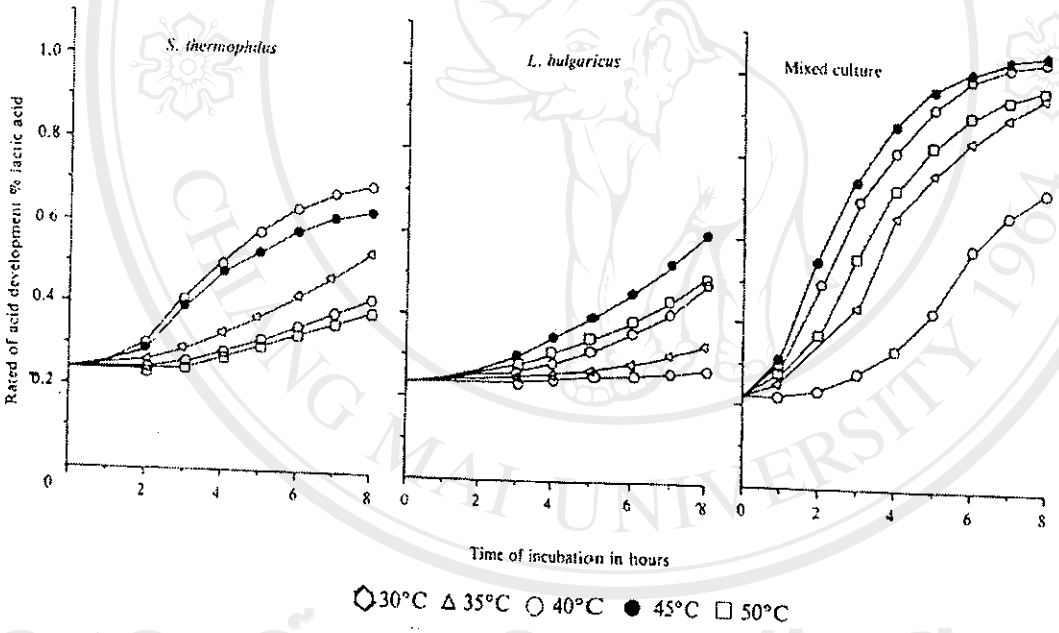
ในการสร้างสารให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตโดยหัวเชื้อสายพันธุ์ผสม พบว่าเชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะสร้างกรดฟอร์มิคออกมา ซึ่งเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* จะนำกรดฟอร์มิคนี้ไปใช้ในการสร้างสารที่ให้กลิ่นรสรวมทั้ง acetaldehyde ออกมาด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* นี้เป็นตัวการสำคัญในการสร้างสารที่ให้กลิ่นรสในโยเกิร์ต แต่อย่างไรก็ตาม เชื้อ *Streptococcus thermophilus* ก็สามารถสร้างสารให้กลิ่นรสพวก acetaldehyde ได้ด้วย แต่ปริมาณของ acetaldehyde ที่ได้จากเชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของสารดังกล่าวที่ได้จากเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* เมื่อการเปลี่ยนแปลงของสารเกิดขึ้นที่อุณหภูมิการหมักปกติประมาณ 40 องศาเซลเซียส (รัตนา, 2537)

ในระหว่างการหมัก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของเชื้อสายพันธุ์ผสมจะเท่ากับ 40 - 42 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมินี้หัวเชื้อโยเกิร์ตที่ผสมกันสามารถมีกิจกรรมร่วมกันได้สูงสุด เนื่องจากหัวเชื้อทั้งสองชนิดมีอุณหภูมิการหมักที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกันคือ ที่อุณหภูมิการหมักเป็น 45 องศาเซลเซียส จะเหมาะสมสำหรับการสร้างกรดของเชื้อสายพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Lactobacillus bulgaricus และที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส จะเหมาะสมสำหรับการสร้างกรดของเชื้อสายพันธุ์ *Streptococcus thermophilus* ดังแสดงในภาพ 2.10

ซึ่งเปรียบเทียบอัตราการสร้างกรดแลคติกของหัวเชื้อสายพันธุ์ผสม และสายพันธุ์เดี่ยวที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ในนมขาดมันเนยที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 10% และใช้หัวเชื้อ 2% จะเห็นว่าอัตราการสร้างกรดของหัวเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* จะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิการหมักสูงขึ้น และสูงสุดที่อุณหภูมิ 40 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่เชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะมีการสร้างกรดที่มากกว่าอย่างไรก็ตาม เพื่อให้สัดส่วนของหัวเชื้อทั้งสองเป็น 1 : 1 ควรจะเลือกใช้อุณหภูมิการหมักเป็น 42 องศาเซลเซียส แม้ว่าการสร้างกรดของหัวเชื้อผสมทั้งสองจะสูงสุดที่อุณหภูมิการหมักที่ 45 องศาเซลเซียสก็ตาม (Robinson, 1994)



ภาพ 2.10 อัตราการผลิตกรดแลคติกของหัวเชื้อสายพันธุ์เดี่ยว และสายพันธุ์ผสมที่อุณหภูมิการหมักต่างๆ กัน

ที่มา : Tamime (1977)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นสามารถสรุปลักษณะของหัวเชื้อโยเกิร์ตได้ดังนี้ (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532)

1) เชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะมีกิจกรรมสูงในการปล่อยกรดแลคติกในช่วงแรกของการหมัก ดังนั้นถ้าสามารถคัดเลือกเชื้อสายพันธุ์นี้ให้สามารถสร้างกรดได้อย่างรวดเร็วจะทำให้สามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก

2) สารอื่นๆ ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของเชื้อ นอกจากกรดแลคติกแล้วยังมีสารที่มีความสำคัญต่อการสร้างกลิ่นรส (aroma and flavour) ของโยเกิร์ตซึ่งสารประกอบเหล่านี้ได้จากหัวเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ จึงจำเป็นต้องให้เชื้อทั้งสองชนิดนี้เจริญในสัดส่วนที่สมดุลกัน

ดังนั้น สิ่งที่สำคัญของหัวเชื้อโยเกิร์ตนอกจากจะให้แบคทีเรียที่มีชีวิตจำนวนมากแล้ว หัวเชื้อยังจำเป็นต้องมีจำนวนเซลล์ที่สมดุลกันอีกด้วย อัตราการถ่ายเชื้อโดยทั่วไปจะใช้ประมาณ 2% (v/v) ซึ่งสามารถทำให้การหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ภายใน 4 ชั่วโมง เพื่อให้นมมีจำนวนเชื้อแลคติก 3.0 - 4.0$\times 10^7$ เซลล์/มิลลิลิตร การเลี้ยงเชื้อทั้งสองชนิดแยกกันจะเจริญได้ดีที่สุด แล้วจึงผสมกันเป็นหัวเชื้อก่อนการใช้แต่ในทางปฏิบัติจะนิยมใช้หัวเชื้อผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* เท่ากัน

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าอัตราส่วนระหว่างจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดเริ่มต้นจะเท่ากับ 1 : 1 แต่อัตราส่วนนี้จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่อเชื้อ *Streptococcus thermophilus* เริ่มเข้าสู่การเจริญในระยะ logarithmic phase และจะมีเพียงกรดแลคติกที่สะสมอยู่ในนมเท่านั้น หลังจากนี้เชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* จะเจริญเป็นเชื้อเด่นขึ้นมา เมื่อสิ้นสุดการหมักจะมีระดับกรดแลคติกประมาณ 0.90 - 0.95% และจำนวนเซลล์ในหัวเชื้อจะกลับมาสมดุลอีกครั้งหนึ่ง ปริมาณเซลล์ทั้งหมด (total colony count) ของเชื้อแลคติก อาจเกิน 2.0$\times 10^9$ เซลล์/มิลลิลิตร ซึ่งมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส (organoleptic quality) ของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของการหมักโยเกิร์ต

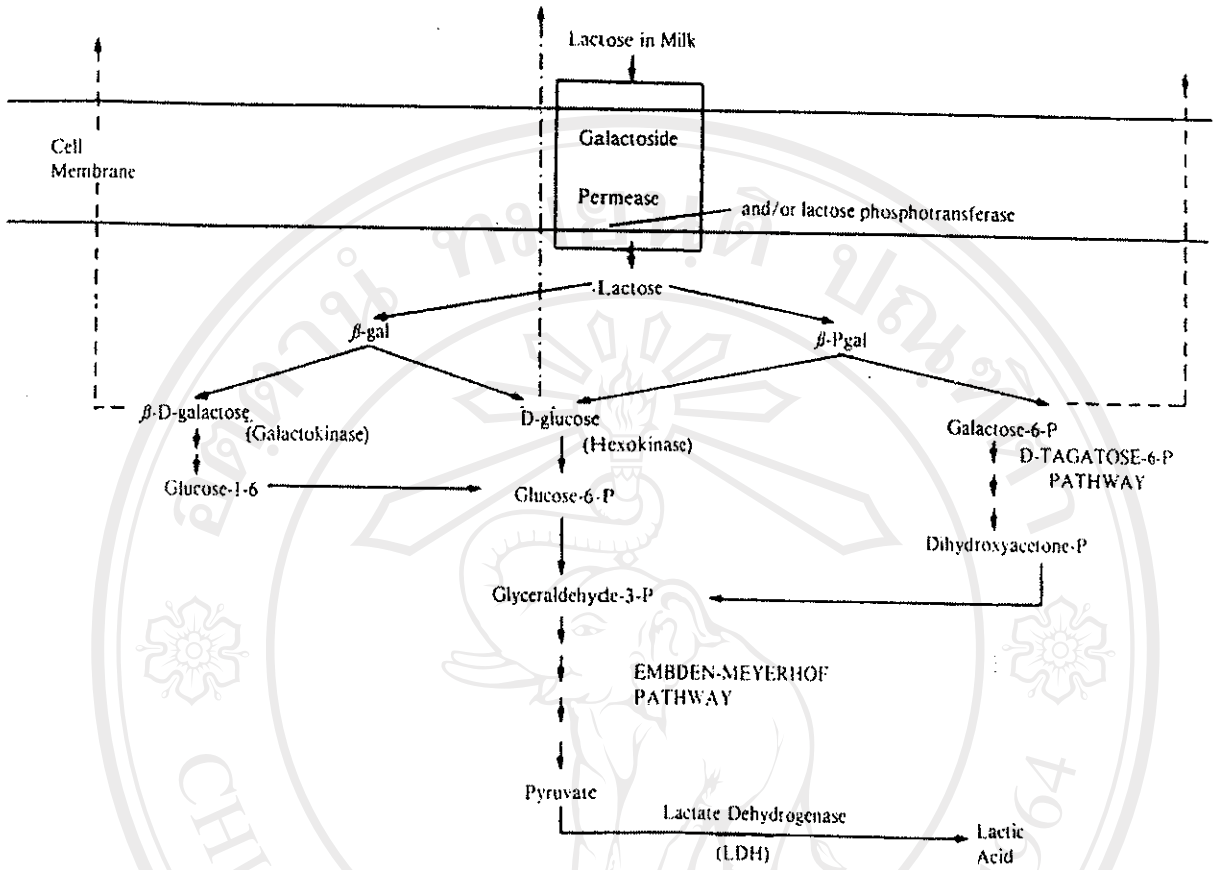
แนวทางการเปลี่ยนแปลง (metabolic pathway) ที่เกิดขึ้นในจุลินทรีย์ ประกอบด้วยปฏิกิริยาหลายชนิด ซึ่งควบคุมโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ กัน การย่อยสลายสารอาหารที่มีอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และสารอื่นๆ ให้มีโมเลกุลที่เล็กลง ก็จัดว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อจึงมีส่วนสำคัญต่อการเจริญ และแบ่งตัวของหัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* รวมทั้งกลิ่นรส และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ดังนั้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้น โดยหัวเชื้อทั้งสองนี้ย่อมนำไปสู่การผลิตโยเกิร์ตที่มีคุณภาพสูง ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตที่เกิดขึ้นเท่านั้น (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แนวทางการเปลี่ยนแปลง

เชื้อแลคติกจะได้รับพลังงานจากการหมักคาร์โบไฮเดรต ซึ่งได้แก่ น้ำตาลแลคโตสที่มีอยู่ในนม ซึ่งการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสจะเกิดขึ้นภายในเซลล์ของหัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* โดยการนำน้ำตาลแลคโตสผ่านผนังเซลล์ของหัวเชื้อทั้งสอง ซึ่งในกรณีนี้สันนิษฐานว่าจะอาศัยเอนไซม์ กาแลคโตไซด์ เปอร์มีเอส (galactoside permease) จากนั้นเอนไซม์บีต้า-ดี-กาแลคโตซิเดส (beta-D-galactosidase : β-gal) จะย่อยน้ำตาลแลคโตสภายในเซลล์นี้ให้เป็นน้ำตาล ดี-กลูโคส (D-glucose) และบีตา-ดี-กาแลคโตส (β-D-galactose) น้ำตาลดี - กลูโคส ที่ได้จะเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติกภายในเซลล์ของหัวเชื้อทั้งสอง นอกจากนี้ เอนไซม์อีกชนิดหนึ่งคือ บีตา-ดี-ฟอสโฟกาแลคโตซิเดส (beta-D-phosphogalactosidase : β-Pgal) ก็จะย่อยน้ำตาลแลคโตสให้น้ำตาล-ดี-กลูโคส ด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงแนวทางการเปลี่ยนแปลงหลักๆ ที่เป็นไปได้ ดังแสดงในภาพ 2.11 (ลินจง, 2538)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.11 แนวทางการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลแลคโตสของหัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus*

ที่มา : Tamime และ Robinson (1985)

การเกิดสารให้กลิ่นรส (Production of flavour compounds)

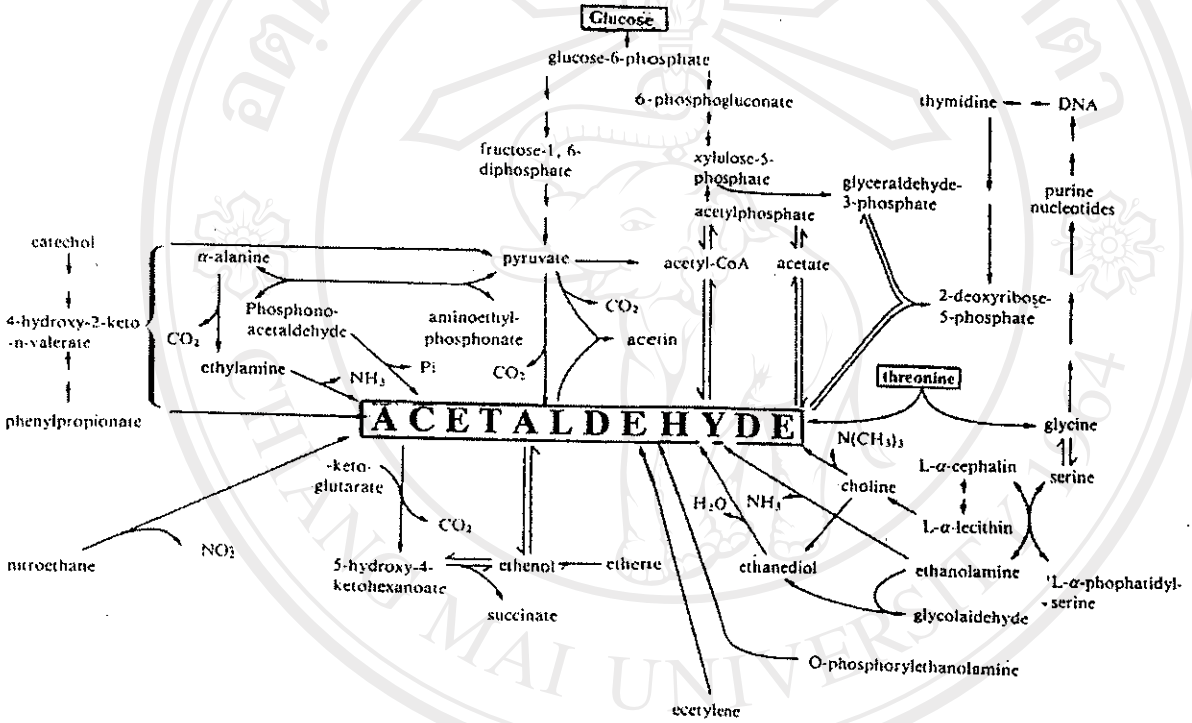
หัวเชื้อจะสร้างสารประกอบที่ให้กลิ่นรสต่างๆ ในโยเกิร์ตซึ่งจะพิจารณาตัวเป็นสารประกอบหลักๆ คือ กรดแลคติก และสารประกอบคาร์บอนิล (carbonyl compounds) พวก acetaldehyde, acetone, acetion หรือ diacetyl จากการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างกลิ่นรสของหัวเชื้อพบว่ากลิ่นรสของโยเกิร์ตเกิดจาก acetaldehyde และสารประกอบอื่นๆ ที่ยังแยกไม่ได้และยังพบอีกด้วยว่า ระดับของ acetaldehyde ในโยเกิร์ตจะสูงขึ้นเมื่อใช้หัวเชื้อผสมของเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ดังแสดงในตาราง 2.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.7 ปริมาณของสารประกอบคาร์บอนิล (พีพีเอ็ม) ที่สร้างขึ้นจากหัวเชื้อโยเกิร์ต

Organism	Acetaldehyde	Acetone	Acetoin	Diacetyl
S.thermophilus	1.0-8.3	0.2-5.2	1.5-7.0	0.1-13.0
L.bulgaricus	1.4-12.24.02 2.0-	0.3-3.2	Trace-2.0	0.5-13.0
Mixed cultures	41.0	1.3-4.0	2.2-5.7	0.4-0.9

ที่มา : Tamine และ Robinson (1985)



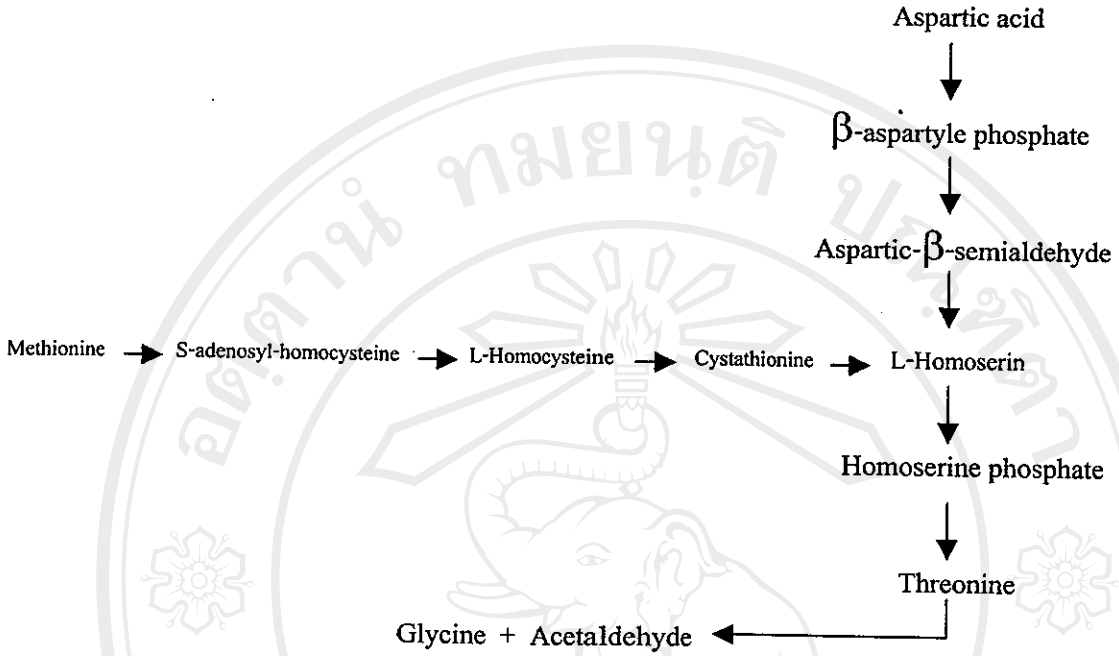
ภาพ 2.12 แผนภูมิของปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องในการสร้างสาร acetaldehyde

ที่มา : Tamime และ Robinson (1985)

หัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* จะสร้างสารให้กลิ่นรสในระหว่างการหมัก และระดับของสารต่างๆ ที่ได้ จะขึ้นกับเอนไซม์ที่ใช้สังเคราะห์สารประกอบคาร์บอนิลจากองค์ประกอบที่มีอยู่ในนม ซึ่งองค์ประกอบของนมที่สำคัญในการสร้าง acetaldehyde คือน้ำตาลแลคโตส (โดยเฉพาะในส่วนของน้ำตาลกลูโคส) กรดอะมิโนพวก theronine และ methionine จากภาพ 2.12 จะแสดงปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องในการผลิต acetaldehyde และ ethanol จากกลูโคส ด้วยเอนไซม์ อัลดีไฮด์ ดีไฮโดรจีเนส (aldehyde dehydrogenase) และแอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehydrogenase) ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของ theronine เกิดจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอนไซม์ ทรีโอนิน อัลโดเลส (theronine aldolase) ซึ่งจะเกิดใน lactobacilli มากกว่า streptococci และการเปลี่ยนแปลงของ methionine ไปเป็น actaldehyde จะแสดงในภาพ 2.13



ภาพ 2.13 แนวทางการเปลี่ยน methionins ไปเป็น acetaldehyde ของเชื้อ *Streptococcus thermophilus*

ที่มา : Tamime และ Robinson (1985)

การเก็บรักษาคุณภาพของโยเกิร์ต

ปกติโยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บประมาณ 10 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นประมาณกรดในโยเกิร์ตจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของหัวเชื้อที่มีอยู่ในโยเกิร์ตนั่นเองแม้ว่ากิจกรรมของหัวเชื้อดังกล่าวจะต่ำมากก็ตาม ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไปและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สุดท้ายหัวเชื้อแบคทีเรียจะถูกทำลาย และโยเกิร์ตจะเกิดการแยกชั้นของ curd และ whey ซึ่งมีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ เช่น ยีสต์ และราเจริญได้ ดังนั้นจึงควรระมัดระวังในเรื่องการปนเปื้อนของเชื้อรา และยีสต์ในหัวเชื้อโยเกิร์ตในการผลิตรวมทั้งในระหว่างการบรรจุด้วย (ศุภวัฒน์, 2541)

ในปัจจุบันโยเกิร์ตที่ผลิตขึ้นล้วนมีการพัฒนาปรับปรุงรสชาติ และเนื้อสัมผัสเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น ดังนั้นการใช้วัตถุดิบต่างๆ ที่มีคุณภาพ การควบคุมกรรมวิธีการผลิตให้เป็นไปตามที่ตั้งไว้ รวมทั้งการใช้หัวเชื้อที่มีคุณภาพ ล้วนแต่มีผลให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และสุดท้ายยังเป็นการเพิ่มความนิยมในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวโพด (*Zea mays L.*)

เป็นธัญพืชชนิดหนึ่งที่มีบทบาท และความสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมของไทย ปัจจุบันผลิตผลจากข้าวโพดถูกนำไปใช้ประโยชน์มากมายในระดับอุตสาหกรรม ดังนั้นควรมีการสนับสนุนให้มีการใช้ข้าวโพดในระดับอุตสาหกรรมให้มากยิ่งขึ้น เพื่อทดแทนการส่งออกในรูปวัตถุดิบไปขายยังต่างประเทศอย่างเช่นในอดีต

ข้าวโพดหวาน (Sweet Corn)

มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays saccharata* เป็นข้าวโพดที่ปลูกเพื่อใช้รับประทานในรูปฝักสดโดยเฉพาะ (ภาพ 2.14) เมล็ดอ่อนจะมีลักษณะใสโปร่งแสง และมีรสหวานเนื่องจากมีน้ำตาลมาก แต่เมล็ดแก่จะหดตัว และเหี่ยวย่น น้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดหวานนี้จะเปลี่ยนสภาพเป็นแป้งไปได้โดยง่าย เมื่อได้รับอากาศร้อน ดังนั้นการปลูกข้าวโพดหวานในบ้านเราจะปลูกได้ดีในฤดูที่มีอากาศหนาว การปลูกข้าวโพดหวานในฤดูร้อนนั้นสามารถปลูกได้ถ้ามีปริมาณน้ำที่เพียงพอแต่สภาพอากาศร้อนจะทำให้เมล็ดแก่เร็ว และยากแก่การคาดคะเนเวลาในการเก็บเกี่ยว ในขณะที่เมล็ดมีความหวานสูงสุด ดังนั้นจึงยากแก่การเพาะปลูก (กรมวิชาการเกษตร, 2524)

ภาพ 2.14 ข้าวโพดหวานพันธุ์สองสี

ล 663.64
ว 372ก
c. 4
เลขหมู่.....
สำนักหอสมุด มหาวิ. งใหม่

ในการศึกษาวิจัยของคณะวิจัยในมหาวิทยาลัยคอร์แนล สหรัฐอเมริกา โดย ดร. David Hodges และ ดร. Rui Hai Liu ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทางด้านวิทยาศาสตร์ทางอาหาร ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวโพดหวาน พบว่า ปริมาณสาร ferulic acid ซึ่งเป็นสารกลุ่ม polyphenol ที่มีคุณสมบัติเป็น antioxidant ซึ่งมีรายงานการศึกษาว่าสารกลุ่มดังกล่าวนอกเหนือจากทำหน้าที่ต้านสารอนุมูลอิสระแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นสารที่เรียกว่า phytochemical ซึ่งมีคุณสมบัติต้านการเกิดมะเร็งได้ และพบว่าปริมาณสาร ferulic acid จะมีมากในผัก และผลไม้แทบทุกชนิด แต่พบว่าจะมีมากที่สุดจนถือได้ว่าเป็นแหล่งของ ferulic acid ก็คือ ข้าวโพดหวาน (sweet corn) ซึ่งจากการศึกษาวิจัยพบว่าปริมาณสารดังกล่าวที่พบในข้าวโพดหวานจะแปรผันโดยตรงกับความร้อนที่ให้ในระหว่างกระบวนการแปรรูป ซึ่งการใช้ความร้อนที่ระดับสูงพบว่าในข้าวโพดหวานจะสูญเสีย วิตามิน ซี ลงอย่างมาก และรวดเร็วถ้าใช้ความร้อนสูงมาก แต่สิ่งที่ได้มาก็คือปริมาณของ ferulic acid ที่เพิ่มขึ้น และคุณสมบัติการทำหน้าที่เป็น antioxidant ของ ferulic acid จะเพิ่มขึ้นด้วย พบว่าที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 , 25 และ 50 นาที จะทำให้กิจกรรมของแอนติออกซิเดนซ์ (antioxidant activity) เพิ่มขึ้นเป็น 240%, 550% และ 900% ตามลำดับ (Bailey et.al, 1989)

สมุนไพร (Herbs)

มูลนิธิโครงการหลวงได้ดำเนินงานวิจัยเกษตรที่สูงอย่างต่อเนื่อง โดยมีการค้นคว้า และรวบรวมพันธุ์ไม้ผลเมืองหนาว งานวิจัยพืชผักเมืองหนาว รวมทั้งงานวิจัยพืชสมุนไพรต่างประเทศ ซึ่งได้นำไปส่งเสริมแก่เกษตรกรเพื่อนำไปปลูกกันอย่างกว้างขว้าง เช่น คาโมมาย ทาย์ม มินต์ และ พืชอื่นๆ ผลผลิตเหล่านี้ได้มีการนำสู่ท้องตลาดทั้งในรูปแบบสด และแปรรูป (มูลนิธิโครงการหลวง, 2542)

คาโมมาย (Chamomile) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Matricaria recutita L.* ลักษณะทั่วไป ใบมีลักษณะฝอยเหมือนขนนกเรียวเล็ก ดอกเหมือนดอกเก๊กฮวย ทรงพุ่มสูงประมาณ 80 เซนติเมตรมีกลิ่นหอม (ภาพ 2.15) เป็นไม้ล้มลุกมักปลูกในแถบยุโรปทางตอนเหนือ และตะวันตกของทวีปเอเชีย แต่เดิมจะปลูกทางแถบอเมริกาเหนือต่อมาได้มีการขยายการเพาะปลูกไปทั่วยุโรป คุณสมบัติทางยา น้ำมันหอมระเหยใช้เป็นยาขับลมในกระเพาะ และเป็นยาบำรุง ช่วยลดกรดในกระเพาะอาหาร และช่วยป้องกันการเกิดแผลพุพอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2.15 ต้น และดอกคาโมมาย (Chamomile)
ที่มา : รัตติกร (2544)

ทางด้านอาหาร น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ใช้เป็นสารให้กลิ่นในอาหารรวมทั้งเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ ของหวานที่ทำจากผลิตภัณฑ์นมแช่แข็ง ลูกอมเบเกอรี่ เจลลาติน และพุดดิ้ง ปริมาณของน้ำมันสูงสุดที่ใช้ส่วนใหญ่น้อยกว่าร้อยละ 0.02 และใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ และชาสมุนไพร ส่วนของดอกใช้เป็นชาสมุนไพรโดยรวมกับส่วนผสมอื่น

ทาย์ม (Thyme) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Thymus vulgaris L.* ลักษณะทั่วไป เป็นไม้พุ่มลำต้นตั้งตรง ดอก และใบมีขนาดเล็ก มีความสูงประมาณ 45 เซนติเมตร (ภาพ 2.16) เดิมปลูกแถบเมดิเตอร์เรเนียน (กรีซ อิตาลี สเปน) ต่อมาได้มีการขยายการเพาะปลูกไปสู่แถบ ฝรั่งเศส สเปน โปรตุเกตุ อเมริกา เป็นต้น

คุณสมบัติทางยามีรายงานว่าน้ำมันของทาย์มมีคุณสมบัติในการขับเสมหะ และขับลมในกระเพาะ รวมทั้งสามารถยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย และรา โดย Thymol และ carvacrol ใช้เป็นยารักษาอาการไอ ใช้เป็นยากลั้วคอ และน้ำยาบ้วนปากเพื่อรักษาอาหารเป็นแผล และเจ็บคอ และการติดเชื้อของเหงือกได้ดี ในน้ำยากลั้วคอ ยาแก้ไอ น้ำยาบ้วนปาก จะประกอบด้วยทาย์มซึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

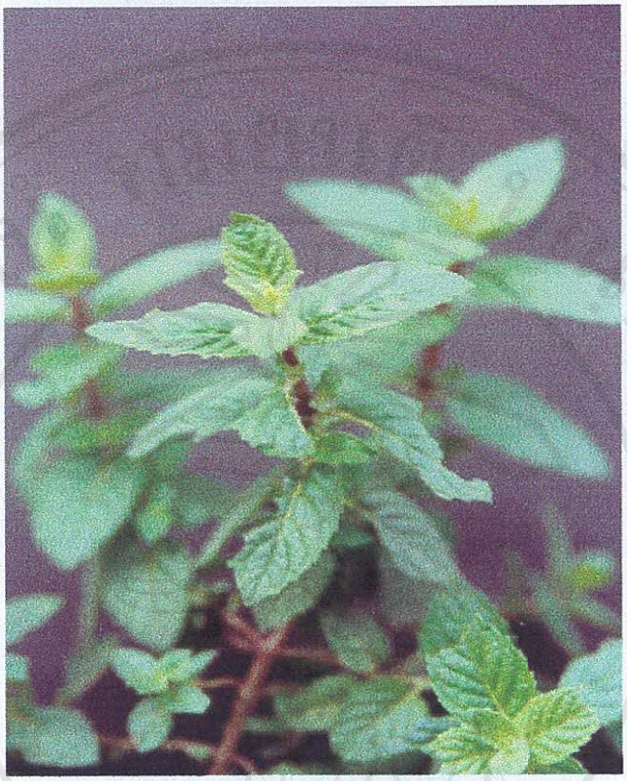
ภาพ 2.16 ต้นทาย์ม (Thyme)
ที่มา : รัตติกร (2544)

มี Thymol นอกจากนี้ยังใช้กับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์เนื้อ เครื่องปรุงอาหาร เครื่องปรุงรส ผัก ซุป รวมทั้งนิยม ใช้เป็นสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทั้งที่มี และไม่มีแอลกอฮอล์ ของหวานที่ทำจากผลิตภัณฑ์นมแช่แข็ง ลูกกวาด เจลาตินและพุดดิ้ง เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ และบางครั้งใช้เป็นส่วนผสมในการให้กลิ่นรสในชา ปริมาณสูงสุดที่นิยมใช้ ส่วนใหญ่จะใช้น้อยกว่า 0.03%

มินต์ (Mint) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Mentha pipertia* (Peppermint, U.S.A. Mint)

ลักษณะทั่วไป แตกต่างกันไประหว่าง Species ลักษณะคล้ายสะระแหน่ของไทยมีทั้งใบกลมจนถึงใบหยัก ขอบใบหยักใต้ใบมีขนปกคลุม (ภาพ 2.17) เป็นที่สะสมน้ำมันหอมระเหย ดอกมีสีชมพู-ม่วงแดง สูงประมาณ 30-50 เซนติเมตร (มูลนิธิโครงการหลวง, 2542) คุณสมบัติทางสมุนไพรทั่วไป ใช้เป็นส่วนผสมของยาสีฟัน ยาบ้วนปาก และลูกกวาด หมากฝรั่งตลอดจนครีมทาภายนอก และใช้ประกอบอาหาร ช่วยขับลมในกระเพาะอาหาร กระตุ้นกระเพาะอาหาร ลดอาการปวดศีรษะ ปวดตามข้อ ช่วยกระตุ้นการย่อยอาหาร ขับปัสสาวะ แก้อาการคลื่นไส้ เป็นสารที่ใช้ในการแต่งกลิ่นรสของอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.17 ต้นยูเอสเอ มินต์ (USA. Mint)
ที่มา : รัตติกร (2544)

โครงการวิจัยนี้เล็งเห็นความสำคัญของผลิตภัณฑ์จากน้ำนมข้าวโพด และสมุนไพร จึงพยายามนำเทคนิคหรือเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความแปลกใหม่ และมีแนวโน้มที่สามารถพัฒนาสู่ระดับอุตสาหกรรมได้ โดยใช้ผลผลิตจากภาคเกษตรกรรม คือ ข้าวโพดหวานพิเศษสองสี และพืชสมุนไพรเมืองหนาว ที่ได้รับการส่งเสริม และสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวงเป็นวัตถุดิบหลักในงานวิจัย

เพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และทำให้เกิดส่วนแบ่งทางการตลาดของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตจากนมโคเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความต้องการในการสั่งซื้อนมผงจากต่างประเทศลดลง และลดการไหลออกของเงินตราในระยะยาวได้ ทั้งเป็นการพัฒนาแนวทางการวิจัยที่มุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การหมัก เพื่อจะนำไปสู่การพัฒนาเพื่อสนับสนุนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved