บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

อาหารเพื่อสุขภาพ (Health food) โดยทั่วไปจะหมายถึงอาหารธรรมชาติ (Natural foods) หรืออาหารที่เติมแต่ง (Fortified foods) ที่มีสมมติฐานว่ามีผลส่งเสริมสุขภาพของร่างกาย ผลิตภัณฑ์อาหารนม (Milk and milk products) ก็จัดว่าเป็นอาหารเพื่อสุขภาพโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์นมหมัก (Fermented milk products) (Nakazawa and Hosono, 1992, p.1)

ผลิตภัณฑ์นมหมัก (Fermented milk products or cultured milk products) หมายถึง ผลิตภัณฑ์นมที่มีการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ ที่โดยส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) หมักน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมให้เป็นกรดแลคติก และสารอื่นๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักในปริมาณเล็กน้อย เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอะซิติก ไดอะเซติล (Diacetyl) อะเซตัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) เป็นต้น (Tamime and Robinson, 1985, p.1; Nakazawa and Hosono, 1992, p. 1)

ผลิตภัณฑ์นมหมักมีต้นกำเนิดไม่แน่ชัดว่าเริ่มมีขึ้นเมื่อใด แต่เริ่มแพร่หลายมาจากดินแดนตะวันออกกลาง ชนเผ่าเร่ร่อนในแถบตะวันออกกลางสมัยโบราณที่มักทำอาชีพเลี้ยงสัตว์ เช่น วัว แพะ แกะ และอูฐ ในสมัยนั้นเมื่อรีดนมวัวแล้วไม่มีการทำความเย็น อีกทั้งดินแดนแถบนั้นในฤดูร้อนมีอุณหภูมิสูงถึง 40 องศาเซลเซียส ประกอบกับการรีดนมก็รีดด้วยมือ มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งจากอากาศ ตัวสัตว์ และจากมือคนรีดนม จึงทำให้น้ำนมที่รีดออกมาเกิดการบูดเสียได้ง่ายโดยมีรสเปรี้ยวและดกตะกอน ทำให้การขนส่งไปยังเมืองใหญ่ๆ หรือแม้แต่การเก็บรักษาเป็นไปไม่ได้เลย ส่งผลให้ผู้คนในแถบนั้นได้บริโภคนมสดไม่บ่อยนัก และชนเผ่าเร่ร่อนจึงต้องบริโภคน้ำนมที่ผลิตทั้งหมดเอง เหตุนี้อาจเป็นต้นกำเนิดของการทำน้ำนมให้เกิดรสเปรี้ยว จากนั้นผลิตภัณฑ์นมหมักก็แพร่หลายออกไปดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

Nakazawa and Hosono (1992), p. 1 แบ่งผลิตภัณฑ์นมหมัก เป็นกลุ่มย่อยได้ดังนี้

- ชนิดเซ็ต (Set type) เช่น โยเกิร์ตชนิดเซ็ต (Set yoghurt)
- ชนิดกวน (Stirred type) เช่น โยเกิร์ตชนิดกวน และชนิดสวิสสไตล์
- ชนิดเหลวหรือดื่มได้ (Liquid/drinking type) อาทิ นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม ยาคูลท์ Ayran และ Kefir
- ชนิดแช่แข็ง (Frozen type) เช่น ไอศกรีมโยเกิร์ต (Frozen yoghurt)
- ชนิดแห้ง ชนิดเข้มข้น และกึ่งสำเร็จรูป (Dried/instant type) เช่น Labneh leben และ Kishk

ตารางที่ 2.1 ผลิตภัณฑ์นมหมัก แหล่งกำเนิด และชนิดของเชื้อเริ่มต้น

ชื่อผลิตภัณฑ์	*แหล่งกำเนิด*	*ชนิดของเชื้อเริ่มต้น*
Jugurt/Eyran/Ayran	ตุรกี และประเทศอื่นๆ	*S. thermophilus, L. bulgaricus*
Brano	บัลกาเรีย	*L. bulgaricus, S. thermophilus* และยีสต์ที่หมักแลคโตสได้
Prokish	เอเชีย อัฟริกา และยุโรป	จุลินทรีย์แลคติก, ไม่ทราบชนิด, *S. thermophilus*, มักจะร่วมกับ *L. bulgaricus.*
Prostokvasha	ตะวันออกกลาง และ บอลข่าน	*S. thermophilus*, มักจะร่วมกับ *L. bulgaricus*
Leban/Laban	เลบานอน และกลุ่มอาหรับ	*S. thermophilus, L. bulgaricus*
Zabady (Zabbady)	อียิปต์ ซูดาน	*S. thermophilus, L. bulgaricus*
Mast/Dough	อิหร่าน และอัฟกานิสถาน	*S. thermophilus, L. bulgaricus*
Roba	อิรัค	*S. thermophilus, L. bulgaricus*
Mazun/Matzoon/Matsun/ Matsoni	อาร์เมเนีย	Thermophilic lactococci และ lactobacilli
Katyk	Transcaucasia	*S. thermophilus, Thermobacterium* spp.
Dahi/Dadhi/Dahee	อินเดีย	*S. lactis, S. lactis* subsp. *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	จุลินทรีย์กรดแลคติกผสมหลายชนิดและยีสต์
Gioddu	เซโกสโลวะเกีย	*S. thermophilus, L. bulgaricus*
Karmdinka	โปแลนด์	*L. acidophilus*
Tarho	ฮังการี	*S. thermophilus, L. bulgaricus*
Tykmaelk/Ymer	เดนมาร์ก	*Ln. citrovorum, S. cremoris, S. lactis, S. lactis* var. *diacetylactis*
Viili (Fiili)	ฟินแลนด์	*S. lactis , S. cremoris, S. lactis* var. *diacetylatic, Ln. citrovorum, Geotricum candidum*
Filmjolk/Fillbunke/Surmelk/ Taettemjolk/Tettemelk	กลุ่มประเทศสแกนดิเนเวีย	*S. cremoris, S. lactis* var. *diacetylactis, Ln.* spp.
Riazhenka	ยูเครน	*S. thermophilus* มักจะร่วมกับ *L. bulgaricus*
Varenets	สหภาพโซเวียต	*S. thermophilus* มักจะร่วมกับ *L. bulgaricus*

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	*แหล่งกำเนิด*	*ชนิดของเชื้อเริ่มต้น*
Skyr	ไอซ์แลนด์	จุลินทรีย์กรดแลคติกผสมหลายชนิดและยีสต์
Gruzovina	ยูโกสลาเวีย	จุลินทรีย์กรดแลคติกผสมหลายชนิดและจุลินทรีย์โยเกิร์ต
Kefir/Donskaya/Varentes Kurunga/Koumiss/Ryszhenka/Gusl yanka	สหภาพโซเวียต	*S. thermophilus, L. bulgaricus,* mesophilic lactic acid bacteria เช่น *S. cremoris, S. lactis, Leuconostoc* spp., yeasts
Tarag	มองโกเลีย	*S. thermophilus*
Shosim/Sho/Thara	เนปาล	*S. lactis, S. lactis* subsp. *diacetylactis, S. cremoris, Leuconostoc* spp., *S. thermophilus, L. bulgaricus*

ที่มา: Wood (1985) และ Nakazawa and Hosono (1992), p. 1

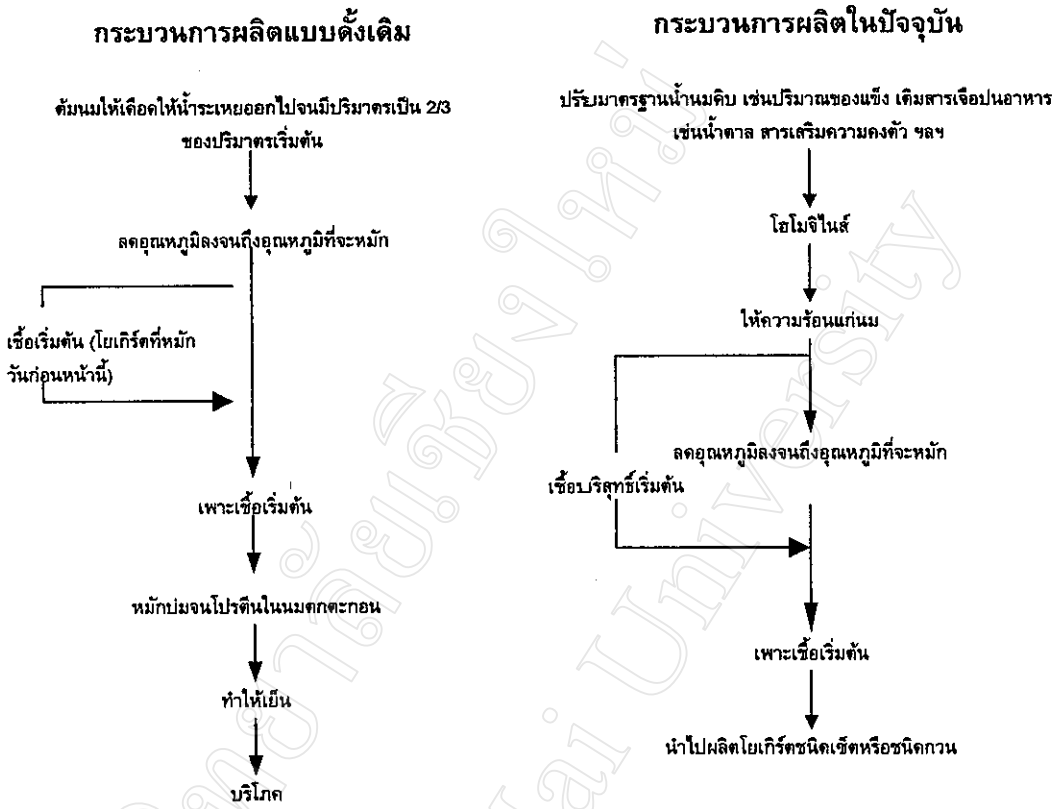
หมายเหตุคำย่อ: *L.=Lactobacillus, Ln.=Leuconostoc, S.=Streptococcus*

Yoghurt (โยเกิร์ต)

Yoghurt มาจากคำว่า Jugurt ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดหนึ่งที่มีการผลิตและบริโภคในประเทศตุรกี โยเกิร์ตในสมัยก่อนนั้นแม้ว่าจะมีการถนอมโดยเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรด แต่ก็ยังเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วเมื่ออยู่ในอุณหภูมิห้อง เมื่อเทคโนโลยีในการทำความเย็นเผยแพร่เข้าสู่ภูมิภาคตะวันออกกลาง โยเกิร์ตก็ได้รับการพัฒนาสูตรผสม รูปแบบของผลิตภัณฑ์ และกระบวนการผลิต จากนั้นก็เผยแพร่ออกไปจนมาเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในปัจจุบัน (Tamime and Robinson, 1985, p. 1) ภาพที่ 2.1 ได้เปรียบเทียบกระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบดั้งเดิมกับกระบวนการผลิตเชิงอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในปัจจุบันมีรูปแบบดังนี้ (Tamime and Robinson, 1985, p.1)

1. โยเกิร์ตชนิดเซ็ต (Set yoghurt) คือโยเกิร์ตที่ผลิตโดยนำน้ำนมที่ผ่านกระบวนการปรับมาตรฐาน การโฮโมจิไนส์ การให้ความร้อน และเพาะเชื้อเริ่มต้นเรียบร้อยแล้วมาบรรจุลงในภาชนะย่อยที่จะใช้จำหน่ายหรือบริโภค แล้วนำไปหมักให้นมตกตะกอนในภาชนะนั้น แล้วแช่เย็นเพื่อเก็บรักษาโดยไม่มีการกวน เมื่อบริโภคผู้บริโภคต้องกวนหรือตักรับประทานทันทีก็ได้ เมื่อทำเป็นโยเกิร์ตผลไม้ (Fruit yoghurt) ก็นำผลไม้ที่ทำเป็น Fruit preparation ใส่ลงที่ก้นภาชนะก่อนแล้วจึงเติมนมที่เพาะเชื้อเริ่มต้นลงไป นำไปหมัก เมื่อบริโภค ผู้บริโภคต้องกวนให้โยเกิร์ตและผลไม้ให้ผสมกันก่อนบริโภค



ภาพที่ 2.1 กระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบดั้งเดิม และกระบวนการผลิตในปัจจุบัน

2. โยเกิร์ตชนิดกวน (Stirred yoghurt) คือโยเกิร์ตที่หมักให้นมตกตะกอนในถังหมักใหญ่เรียบร้อยแล้ว จึงนำโยเกิร์ตมาบรรจุลงในภาชนะที่จะใช้จำหน่ายหรือบริโภค ถ้าเป็นโยเกิร์ตผลไม้แบบกวน (Stirred fruit yoghurt) ผู้ผลิตจะใส่ผลไม้ลงในภาชนะก่อน แล้วจึงเติมโยเกิร์ตที่หมักแล้วลงไป ผู้บริโภคยังคงต้องคนโยเกิร์ตกับผลไม้ให้ผสมกันก่อนบริโภค
3. โยเกิร์ตชนิดสวิสสไตล์ (Swiss style fruit yoghurt) โยเกิร์ตชนิดนี้ เมื่อหมักนมจนเป็นโยเกิร์ตในถังหมัก กวนและผสมผลไม้ลงไปในถังหมักกวนให้เข้ากัน จากนั้นจึงนำโยเกิร์ตที่ผสมผลไม้กวนมาบรรจุภาชนะที่ใช้จำหน่ายและบริโภค ผู้บริโภคไม่ต้องคนให้โยเกิร์ตผสมกับผลไม้กวนอีก
4. นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม (Drinking yoghurt or yoghurt drink) เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเอาโยเกิร์ตที่หมักในถังหมักมาเจือจางด้วยน้ำเชื่อม และ/หรือน้ำผลไม้ แล้วปรุงแต่งโดยเติมสารเจือปนอาหาร เช่น สี กลิ่นผลไม้ และสารเสริมความคงตัว เป็นต้น มีลักษณะเหลว ดื่มได้

เชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก (Probiotic cultures) ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมัก

จุลินทรีย์โปรไบโอติก คือเชื้อจุลินทรีย์ที่เมื่อบริโภคเข้าไปจะให้ผลที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคโดยเฉพาะระบบทางเดินอาหาร ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 Klein et al. (1999) กล่าวว่า เชื้อจุลินทรีย์ที่จัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก คือเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ที่พบในทางเดินอาหารของคนและสัตว์ และในอาหารหมักดองต่างๆ ซึ่งอยู่ในจีนัส (Genus) *Lactobacillus, Enterococcus* และ *Bifidobacterium*

เชื้อแบคทีเรียในจีนัส *Lactobacillus* ที่จัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก ได้แก่ *L. acidophilus, L. crispatus, L. amylovorus, L. gallinarum, L. gasseri, L. johnsonii, L. casei, L. paracasei, L. ramnosus, L. reuteri* และ *L. fermentum* (Ibid.)

เชื้อแบคทีเรียในจีนัส *Enterococcus* ที่จัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก ได้แก่ *Ec. faecium* และ *Ec. faecalis* (ทั้งสองชนิดนี้แต่เดิมถูกจัดอยู่ในจีนัส *Streptococcus*) (Ibid.)

เชื้อแบคทีเรียในจีนัส *Bifidobacterium* เกือบทุกชนิดจัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก สัตว์แต่ละชนิดจะมีชนิดและสายพันธุ์ของ Bifidobacteria เฉพาะ แต่มีที่สำคัญที่ใช้ในปศุสัตว์และคนคือ *B. animalis, B. longum, B. bifidum,* และ *B. infantis* (Ibid.)

ตารางที่ 2.2 เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมัก

ชนิดของเชื้อ	*หน้าที่หลัก*	*ชนิดของผลิตภัณฑ์*
Lactobacilli		
Lactobacillus bulgaricus	กลิ่นรส (กรด+กลิ่น)	Yoghurt, Bulgarian milk, kefir, koumiss, lactic drinks
L. jugurti	กลิ่นรส (กรด+กลิ่น)	Yoghurt, lactic drinks
L. acidophilus	กลิ่นรส+สุขภาพ	Yoghurt, acidophilus milk, lactic drinks
L. casei	กลิ่นรส+สุขภาพ	Drinking yoghurt, lactic drinks
L. delbrueckii	กลิ่นรส	Lactic drinks
Bifidobacteria		
Bifidobacterium bifidum	สุขภาพ	Yoghurt, lactic drinks
B. infantis		
B. breve		
B. longum		
Lactic Streptococci +Leuconostoc		
S. thermophilus	กลิ่นรส	Yoghurt
S. lactis		Yoghurt, cultured buttermilk, cultured cream
S. cremoris		Cultured buttermilk, cultured cream
Ln. citrovorum		Cultured buttermilk, cultured cream

ที่มา: Nakazawa and Hosono (1992), p. 1

จากตารางที่ 2.2 Nakazawa and Hosono (1992), p. 1 ได้รวบรวมชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์นมหมักในปัจจุบัน มีอยู่ 3 ชนิดที่มีวัตถุประสงค์ในการส่งเสริมสุขภาพ คือ *Bifidobacterium spp.*, *Lactobacillus acidophilus* และ *Lactobacillus casei* และทั้งสามชนิดก็จัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกด้วย

***Bifidobacterium* spp.**

เป็นแบคทีเรียแกรมบวก (Gram-positive) ย้อมสี Acid fast ไม่ติด เคลื่อนที่ด้วยตนเองไม่ได้ (Non-motile) และไม่สร้างสปอร์ (Non-spore forming) ลักษณะเซลล์เป็นรูปแท่งที่มีหลายรูปแบบ เช่น เป็นแท่งสั้น แท่งปกติ เซลล์ผอมหรือมีปลายเรียวแหลม (Pointed end) เป็นต้น และยังจัดเป็นแบคทีเรียประเภทไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic bacteria) ไม่เจริญเติบโตในสภาพที่มีออกซิเจน เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 37-41 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำที่สุดที่สามารถเจริญเติบโตได้ คือที่ 25-28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงที่สุดที่สามารถเจริญเติบโตได้ คือที่ 43-45 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตคือที่ 6.5-7.0 ไม่เจริญที่ค่าความเป็นกรดด่าง 4.5-5.0 หรือที่ 8.0-8.5 หมักน้ำตาลกลูโคสให้เป็นกรดอะซิติกและกรดแลคติกในอัตราส่วน 3:2 ไม่สังเคราะห์คาร์บอนไดออกไซด์ (Scardovi, 1986) ถูกค้นพบเป็นครั้งแรกในปีค.ศ. 1900 โดย Henry Tissier แห่งสถาบันห้องปฏิบัติการปาสเตอร์ (Pasteur Laboratory) ในอุจจาระของเด็กทารก (Huges & Hoover, 1991) Bifidobacteria ในคนจะเริ่มเจริญเติบโตหลังจากทารกได้รับน้ำนมจากแม่ เนื่องจากน้ำนมแม่จะมี N-acetylglucosamine เป็น Growth factor และจะมีปริมาณมากที่สุดในวัยทารกนี้ แล้วมีปริมาณลดลงเมื่อมีอายุมากขึ้น

ตารางที่ 2.3 การหมักคาร์โบไฮเดรตและแอลกอฮอลของ Bifidobacteria

Species	D-Ribose	L-Arabinose	Lactose	Cellobiose	Melezitose	Raffinose	Sorbitol	Starch	Gluconate
B. bifidum	-	-	+	-	-	-	-	-	-
B. longum	+	+	+	-	+	+	-	-	-
B. infantis	+	-	+	-	-	+	-	-	-
B. breve	+	-	+	d	d	+	d	-	-
B. adolescentis	+	+	+	+	+	+	d	+	+
B. angulatum	+	+	+	-	-	+	d	+	d
B. catenulatum	+	+	+	+	-	+	+	-	d
B. pseudocatenulatum	+	+	+	d	-	+	d	+	d
B. dentium	+	+	+	+	+	+	-	+	+
B. globosum	+	d	+	-	-	+	-	+	-
B. pseudolongum	+	+	d	d	d	+	-	+	-
B. cuniculi	-	+	-	-	-	-	-	+	-
B. choerinum	-	-	+	-	-	+	-	+	-
B. aninalis	+	+	+	d	d	+	-	+	-
B. thermophilum	-	-	d	d	d	+	-	+	-
B. boum	-	-	d	-	-	+	-	+	-
B. magnum	+	+	+	-	-	+	-	-	-
B. pullorum	+	+	-	-	-	+	-	-	-
B. suis	-	+	+	-	-	+	-	-	-
B. minimum	-	-	-	-	-	-	-	+	-
B. subtile	+	-	-	-	+	+	+	+	+
B. coryneforme	+	+	-	+	-	+	-	-	+
B. asteroides	+	+	-	+	-	+	-	-	d
B. indicum	+	-	-	+	-	+	-	-	+

สัญลักษณ์ + หมายถึง สายพันธุ์มากกว่าร้อยละ 90 เกิดปฏิกิริยาการหมัก

\- หมายถึง สายพันธุ์มากกว่าร้อยละ 90 ไม่เกิดปฏิกิริยาการหมัก

d หมายถึง สายพันธุ์ร้อยละ 15-89 เกิดปฏิกิริยาการหมัก

ที่มา: Scardovi (1986) (Ibid.)

ตารางที่ 2.4 การหมักคาร์โบไฮเดรตและแอลกอฮอลของ Bifidobacteria เพิ่มเติม

Species	Xylose	Mannose	Fructose	Galactose	Sucrose	Maltose	Trehalose	Melibiose	Mannitol	Inulin	Salicin
B. bifidum	-	-	+[b]	+	d[c]	-[d]	-	d	-	-	-
B. longum	d	d	+	+	+	+	-	+	-	-	-
B. infantis	d	d	+	+	+	+	-	+	-	d	-
B. breve	-	+	+	+	+	+	d	+	d	d	+
B. adolescentis	+	d	+	+	+	+	d	+	d	d	+
B. angulatum	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+
B. catenulatum	+	-	+	+	+	+	d	+	d	d	+
B. pseudocatenulatum	+	+	+	+	+	+	d	+	-	-	+
B. dentium	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
B. globosum	d	-	+[e]	+	+	+	-	+	-	-[f]	-[g]
B. pseudolongum	+	+[h]	+	+	+	+	-	+	-	-	-
B. cuniculi	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-
B. choerinum	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-
B. animalis	+	d	+	+	+	+	d	+	-	-	+
B. thermophilum	-	-[i]	+	+	+	+	d	+	-	d	d
B. boum	-	-	+	+[j]	+	+	-	+	-	+	-
B. magnum	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-
B. pullorum	+	+	+	+[k]	+	+	+	+	-	+	+
B. suis	+	d[k]	d[k]	+	+	+	-	+	-	-	-
B. minimum	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-
B. subtile	-	-	+	+	+	+	d	+	-	d	d
B. coryneforme	+	-	+		+	+	-	+	-		+
B. asteroides	+[m]	-[n]	+	d	+	d	-	+	-	-	+
B. indicum	-	d	+	d	+	d	-	+	-	-	+

[b] สายพันธุ์ส่วนน้อยไม่หมักน้ำตาลชนิดนี้

[c] เมื่อหมักได้ การหมักจะช้า

[d] บางสายพันธุ์ที่หมักน้ำตาลชนิดนี้

[e] บางสายพันธุ์หมักไม่ได้โดยเฉพาะจากหนูและกระต่าย

[f] บางสายพันธุ์จากลูกหมู หมักได้

[g] บางสายพันธุ์หมักได้น้อยมาก

[h] โดยทั่วไปหมักนาน หรือหมักได้น้อย

[i] บางสายพันธุ์จากขยะ หมักได้

[j] บางสายพันธุ์หมักได้น้อย

[k] บางครั้งไม่หมัก

[l] น้ำตาลที่เป็น "d" ให้ผลไม่แน่นอน

[m] สายพันธุ์ส่วนน้อยไม่หมักน้ำตาล Pentose

[n] สายพันธุ์ส่วนน้อยหมักน้ำตาลชนิดนี้

ที่มา: Scardovi (1986), p. 9

คุณประโยชน์ของ *Bifidobacterium spp.*

- รักษาสมดุลของเชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหาร (Huges and Hoover, 1991, p.9) เช่น ควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อโคลิฟอร์ม (Coliforms) Enterococci และ Clostridia ในทารกที่ได้รับน้ำนมแม่ เด็กที่มีปริมาณ Bifidobacteria สูงสามารถต้านทานต่อการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหารได้ดี
- บรรเทาอาการแพ้น้ำตาลแลคโตส (Huges and Hoover, 1991, p. 9) อันเนื่องมาจากร่างกายไม่ผลิตเอนไซม์ β-galactosidase ที่ย่อยน้ำตาลแลคโตสซึ่งส่วนใหญ่เป็นในคนเชื้อชาติเอเชียและอาฟริกา ตัวอย่างงานวิจัยเช่น การให้ผู้ทดสอบดื่มนมที่มีเชื้อ *Bifidobacterium longum* B6 อยู่ พบว่าสามารถลดอาการแพ้น้ำตาลแลคโตสลงได้ (Jiang et al., 1996) และการวิจัยการดำรงชีวิตและกิจกรรมของเอนไซม์ β-galactosidase ของ Bifidobacteria ในน้ำนม (Huges and Hoover, 1995) เป็นต้น
- กิจกรรมการต่อต้านสารก่อเนื้องอก (Anti-tumerigenic activity) และกิจกรรมการต่อต้านสารก่อมะเร็ง (Anti-carcinogenic activity) ของ Bifidobacteria มีทั้งการกำจัดสารก่อมะเร็งทางตรงและทางอ้อม ทางตรงเช่น การลดปริมาณของสารไนโตรซามีน (Nitrosamine) ของ *B. breve* เป็นต้น ทางอ้อมได้แก่ การลดแหล่งของ Procarcinogens หรือเอนไซม์ที่สร้างสารก่อมะเร็ง คือการควบคุมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์สารเหล่านี้ (Huges and Hoover, 1991, p. 9)

- ลดระดับปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือด กลไกของการลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดของ Bifidobacteria ยังไม่แน่ชัด แต่มีงานวิจัยที่ให้หนูกิน Bifidobacteria แล้วระดับโคเลสเตอรอลในเลือดของหนูลดลง (Huges and Hoover, 1991, p. 9)
- สังเคราะห์วิตามินบี (B-Complex vitamins) Bifidobacteria สามารถสังเคราะห์วิตามินบีได้หลายชนิด เช่น วิตามินบีหนึ่ง, บีสอง และ บีหก รวมทั้งวิตามินเค เมื่ออาศัยอยู่ในลำไส้ วิตามินจะถูกดูดซึมอย่างช้าๆเข้าสู่ร่างกาย (Huges and Hoover, 1991, p. 9)
- กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Immunomodulating effect) (Saloff-Coste, 1997 (II))

Lactobacillus acidophilus

เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก เซลมีลักษณะเป็นแท่งปลายมน เซลอาจอยู่เป็นเซลเดี่ยว เป็นคู่ หรือเป็นสายสั้นๆ มีการหมักน้ำตาล Hexose แบบ Homofermentative แยกได้จากลำไส้ของคนและสัตว์ ปาก และช่องคลอดของคน (Kandler and Weiss, 1986) เคยถูกจัดให้อยู่ใน Subgenus *Thermobacterium* ที่แบ่งโดยช่วงอุณหภูมิในการเจริญเติบโต และ รูปแบบในการหมักน้ำตาล Hexose (Homofermentative หรือ Heterofermentative) ซึ่งปัจจุบันไม่ใช้แล้ว แต่จะแบ่งแบบ Molecular based subgroup ดังตารางที่ 2.5 เจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 15-45 องศาเซลเซียส จัดเป็นแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิสูง (Thermophilic bacteria) (Ibid.; Nakasawa and Hosono, 1992, p. 1; Klein et al., 1999, p. 8)

ตารางที่ 2.5 การจัดแบ่งกลุ่มแบคทีเรียในจีนัส *Lactobacillus* เป็น Subgenus และแบบ Molecular based subgroup

กลุ่มของ Lactobacilli	รูปแบบการหมัก Hexose	อุณหภูมิในการเจริญ	ชนิดที่ใช้เป็นโปรไบโอติก
Subgenus '*Thermobacterium*'	Homofermentative	15°C ไม่เจริญ 20°C ไม่เจริญ 45°C เจริญ	*L. acidophilus* group
'*Streptobacterium*'	Homofermentative	15°C เจริญ 45°C ไม่เจริญ	*L. casei* group *L. sake / curvatus*
'*Betabacterium*'	Heterofermentative	ไม่มีกฎตายตัว	*L. reuteri / L. fermentum*
Molecular based subgroups Group A	เป็น Homofermentative ทั้งหมด (หมักน้ำตาล Pentose ไม่ได้)	ไม่ใช้	*L. acidophlius* group
Group B	เป็น Hetrofermentative บ้าง (หมักน้ำตาล Pentose ได้ก๊าซ)	ไม่ใช้	*L. casei* group, *L. sake / curvatus*
Group C	เป็น Heterofermentative ทั้งหมด (หมักกลูโคส และ Pentose ได้ก๊าซ)	ไม่ใช้	*L. reuteri / L. fermentum*

ที่มา: Klein et al. (1999), p. 8

คุณประโยชน์ของ *L. acidophilus* (Therapeutic or probiotic effects)

- รักษาสมดุลของเชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหาร และการควบคุมเชื้อโรคที่ติดต่อทางระบบทางเดินอาหาร มีรายงานวิจัยมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1900 แล้วว่า *L. acidophilus* และ *B. bifidum* มีบทบาทในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหารทั้งในสิ่งมีชีวิต (*in vivo*) และในห้องทดลอง (*in vitro*) (Gilliland, 1989) *L. acidophilus* หลายสายพันธุ์สามารถสังเคราะห์สารปฏิชีวนะได้ เช่น *L. acidophilus* 11088 ผลิต Lactacin F *L. acidophilus* LAPT ผลิต Acidophilucin A เป็นต้น (Hoover & Steensen, 1993)
- ควบคุมระดับโคเลสเตอรอลในเลือด *L. acidophilus* เมื่อเจริญเติบโตในสภาพที่เหมาะสม คืออยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic condition) และมีน้ำดี (Bile) เป็นส่วนประกอบ จะสามารถใช้โคเลสเตอรอล (Cholesterol assimilation) ได้ (Gilliland, 1989). Buck and Gilliland (1994) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการใช้โคเลสเตอรอลของ *L. acidophilus* สายพันธุ์ต่างๆที่พบในคนไว้ด้วย
- ปรับปรุงความสามารถในการย่อยน้ำตาลแลคโตสในผู้ที่ไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสได้ (Lactose malabsorption, lactose intolerance or lactose maldigestion) (Gilliland, 1989) *L. acidophilus* สามารถสังเคราะห์เอนไซม์ β-galactosidase ได้เช่นเดียวกับ Bifidobacteria มีงานวิจัยที่ค่อนข้างใหม่เกี่ยวกับเรื่องนี้ เช่น Montes et al. (1995) ทดลองเกี่ยวกับการใช้นมที่มีเชื้อ *L. acidophilus* หรือเชื้อจุลินทรีย์ โยเกิร์ตในเด็กที่ไม่สามารถย่อยแลคโตสได้ เป็นต้น และ Mustapha et al. (1997) ได้ทดลองการปรับปรุงการย่อยแลคโตสของคนโดยใช้ *L. acidophilus* ผสมลงในน้ำนมที่ยังไม่ได้หมัก
- การต่อต้านสารก่อมะเร็ง (Anticarcinogenic actions) และสารก่อการกลายพันธุ์ (Antimutagenicity) แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกส่วนใหญ่สามารถต่อต้านการเกิดสารก่อมะเร็งได้ (Gilliland, 1989) เช่น การใช้นมหมักโดยเชื้อ *L. acidophilus* LA-2 ให้คนดื่ม แล้วตรวจสอบการต่อต้านสารก่อการ กลายพันธุ์ในอุจจาระ (Hosoda et al., 1996)
- การกระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Immunomodulating effects) มีสมมติฐานว่าแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกหลายสายพันธุ์มีความสามารถในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Saloff-Coste, 1997 (I))

Lactobacillus casei

เป็นแบคทีเรียแกรมบวก มีการหมักน้ำตาลกลูโคสแบบ Homofermentative แต่หมักน้ำตาล Pentose แบบ Heterofermentative เป็น Mesophilic คือสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิไม่เกิน 37 องศาเซลเซียส เคยถูกจัดอยู่ใน Subgenus *Streptobacterium* แต่ในปัจจุบันถูกจัดอยู่ใน Molecular based subgroup B (ตารางที่ 2.5) *L. casei* สามารถพบได้ในน้ำนมสด เนยแข็ง (Cheeses) ผลิตภัณฑ์นมต่างๆ ในโรงงานนม โดเปรี้ยว (Sour dough) มูลวัว หญ้าหมัก (Silage) ในระบบทางเดินอาหาร ในช่องปาก ในช่องคลอดของคน และในสิ่งปฏิกูลต่างๆ (Kandler and Weiss, 1986, p. 11) *L. casei* มีความแตกต่างจาก Lactobacilli ชนิดอื่นๆ พอสมควร เช่น มีขนาดเซลล์เล็กกว่า *L. bulgaricus, L. acidophilus* และ *L. helveticus* และสามารถหมักคาร์โบไฮเดรตได้มากชนิดกว่า Lactobacilli ส่วนใหญ่ (Saloff-Coste, 1995)

ตารางที่ 2.6 ลักษณะการเจริญเติบโตและการหมักคาร์โบไฮเดรตและแอลกอฮอลของ *L. acidophilus* และ *L. casei*

	L. acidophilus	*L. casei*
Gas	-	-
Growth at 15° C	-	+
Growth at 45° C	(±)	±
Milk coagulation	(±)	(±)
Lactic acid isomer	DL	L(+)
Arabinose	-	-
Xylose	-	-
Rhamnose	-	±
Ribose	-	+
Glucose	+	+
Mannose	+	+
Fructose	+	+
Galactose	+	+
Sachharose	+	+
Maltose	+	+
Cellobiose	+	+
Lactose	+	±
Sucrose	+	+
Trehalose	±	+
Melibiose	±	-
Raffinose	±	-
Melezitose	-	+
Starch	V	-
Mannitol	(±)[a]	+
Sorbitol	-	(+)
Esculin	+	+
Salicin	+	+
Amygdalin	+	+
Malates	-	V

(+) ให้ผลบวกไม่ชัดเจน ± ขึ้นกับแต่ละสายพันธุ์สายพันธุ์ (±) สายพันธุ์ส่วนใหญ่ให้ผลเป็นบวก

(±)[a] สายพันธุ์ส่วนใหญ่ให้ผลลบ V ไม่แน่นอน

ที่มา: Nakasawa and Hosono (1992), p. 1; Kandler and Weiss (1986), p. 11

คุณประโยชน์ของ *L. casei* (Probiotic or therapeutic effects)

- รักษาสมดุลของเชื้อจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร มีงานวิจัยหลายชิ้นที่สนับสนุนว่า *L. casei* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคทางเดินอาหาร เช่นการให้ผู้ป่วย

โรคทางเดินอาหารบริโภคนมที่หมักด้วย *L. casei* ผู้ป่วยสามารถหายจากอาการป่วยได้เร็วกว่าผู้ป่วยที่ไม่ได้บริโภค (Saloff-Coste, 1995)

- ความสามารถในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Ibid.)

ความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก

โดยปกติแล้ว Bifidobacteria เพียงชนิดเดียวจะเจริญได้ไม่ดีนักในนมโดยไม่ผสมสารกระตุ้นการเจริญเติบโต (Growth factor) ลงไปด้วย การช่วยให้ Bifidobacteria เจริญได้ดีขึ้นอีกทางหนึ่งคือ การผสมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกอีกชนิดหนึ่ง ให้เจริญเติบโตร่วมด้วย จะช่วยให้ Bifidobacteria เจริญได้ดีขึ้น เช่น *S. thermophilus* หรือ *L. acidophilus* และการเจริญร่วมกันของ Bifidobacteria กับ *L. acidophilus* ยังมีการเกื้อกูลแบบ Symbiosis อีกด้วย (Hunger and Peitersen, 1992) อีกทั้ง Hosoda et al. (1996), p. 11 ยังพบว่าการให้อาสาสมัครบริโภคนมที่หมักโดย *L. acidophilus* LA-2 ทำให้ปริมาณของ Bifidobacteria ในอุจจาระของอาสาสมัครเพิ่มขึ้นด้วย

ความสัมพันธ์ของ Bifidobacteria กับ *L. casei* นั้นก็มีการเจริญเติบโตแบบ Symbiosis เช่นเดียวกัน (Nakazawa and Hosono, 1992, p. 1) อีกทั้ง *L. casei* บางสายพันธุ์อาจช่วยรักษาปริมาณของ *Bifidobacterium longum* บางสายพันธุ์ให้คงที่ในระหว่างการเก็บรักษา (Takano et al., 1990)

ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่มีจุลินทรีย์โปรไบโอติก

Nakazawa and Hosono (1992), p. 1 ได้รวบรวมข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกไว้ดังนี้

ผลิตภัณฑ์นมหมักที่ใช้ *L. acidophilus* เพียงอย่างเดียว ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ Acidophilus milk นิยมบริโภคในสหภาพโซเวียต ยุโรปตะวันออก และกลุ่มสแกนดิเนเวีย ผลิตภัณฑ์ Biolact มีการผลิตในสหภาพโซเวียต ตั้งแต่ปีค.ศ. 1976 ผลิตภัณฑ์ Moskovskii beverages ผลิตในสหภาพโซเวียต ผลิตภัณฑ์ Acidophilus paste เป็นการนำน้ำนมมาทำให้เข้มข้น (มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 29%) แล้วหมักด้วย *L. acidophilus* จนได้ปริมาณกรดทั้งหมด 1.6-1.8% และผลิตภัณฑ์ Sweet acidophilus milk ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Speck ในมลรัฐ North Carolina สหรัฐอเมริกา แล้วได้รับความนิยมแพร่หลายอย่างรวดเร็ว โดยการเติมเชื้อ *L. acidophilus* ปริมาณ 5-8 x 10^6 ต่อมิลลิลิตรแต่ไม่มีการหมัก ในประเทศญี่ปุ่นก็มีการผลิตผลิตภัณฑ์คล้ายๆ กัน แต่มีปริมาณเชื้อประมาณ 10^7 ต่อมิลลิลิตร

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ *L. acidophilus* ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตในปีค.ศ. 1934 มีการใช้ *L. acidophilus* ร่วมกับจุลินทรีย์โยเกิร์ตในการผลิตผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชื่อ Reform ผลิตโดย Henneberg ผลิตภัณฑ์ Bioghurt ใช้ *L. acidophilus L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เป็นเชื้อเริ่มต้น ผลิตภัณฑ์ Aco-Yoghurt ได้ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศสวิตเซอร์แลนด์ในปีค.ศ. 1967

ผลิตภัณฑ์ Acidophilus yoghurt เป็นงานวิจัยพัฒนาของ Muelens (1967) โดยเติมเชื้อเริ่มต้นของจุลินทรีย์โยเกิร์ต และเชื้อเริ่มต้นของ *L. acidophilus* (เตรียมแยกกัน) ลงในนมที่พาสเจอไรส์แล้ว หมักที่ 42 องศาเซลเซียส

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ *L. acidophilus* ร่วมกับ Mesophilic Lactococci ผลิตภัณฑ์ Acidophilus sour milk ผลิตในเชโกสโลวะเกีย โดยการผสมนมที่หมักด้วยเชื้อเริ่มต้นของเนย (Butter starter) กับนมที่หมักโดย *L. acidophilus* ผ่านการโฮโมจิไนส์ (Homogenisation) ที่ความดันต่ำแล้วบรรจุขวด ผลิตภัณฑ์ Acidophilus cultured milk ผลิตในสหภาพโซเวียตใช้ *L. acidophilus* และ Mesophilic lactococci เป็นเชื้อเริ่มต้นหมักจนได้ปริมาณกรด 0.72-0.99% และ Beltskii ผลิตในสหภาพโซเวียต ผลิตจากหางเนย (Buttermilk) ที่มีไขมันประมาณ 1% มีของแข็งไม่รวมไขมัน 11% มี *L. acidophilus* และ Mesophilic lactococci เป็นเชื้อเริ่มต้น

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์ร่วมกับ *L. acidophilus* และแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคชนิดอื่นๆ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ Acidophilin ผลิตในสหภาพโซเวียต ใช้ *L. acidophilus, S. lactis* และเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิต Kefir เป็นเชื้อเริ่มต้น ผลิตภัณฑ์ Acidophilus yeast milk ผลิตในสหภาพโซเวียต ใช้ *L. acidophilus* และยีสต์เป็นเชื้อเริ่มต้น มีการเติมน้ำตาลที่ผลิตจากหัวบีท (Beet sugar) ลงไปในน้ำนมที่ใช้หมักด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณกรด 0.72% และปริมาณแอลกอฮอล 0.5% และผลิตภัณฑ์ Prokhlada ผลิตจากเวย์ (Whey) ผสมกับน้ำตาลและน้ำเชื่อมจากผลไม้ (Fruit syrup) เพื่อให้เกิดรสหวาน มี *L. acidophilus, L. bulgaricus* และยีสต์เป็นเชื้อเริ่มต้น

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ *L. acidophilus* ร่วมกับ *Bifidobacterium* ผลิตภัณฑ์ Biokyss ผลิตในเชโกสโลวะเกีย ทำจากนมวัวที่ปรับมาตรฐานให้มีปริมาณไขมัน 3.5% ปริมาณของแข็งไม่รวมไขมัน 15.5% ผ่านกระบวนการโฮโมจิไนส์และพาสเจอไรส์ จากนั้นแบ่งนมเป็น 10 ส่วน 9 ส่วนมาหมักโดยใช้ *B. bifidum* และ *Pediococcus acidilacti* เป็นเชื้อเริ่มต้น หมักเป็นเวลา 14-16 ชั่วโมง ได้ปริมาณกรดทั้งหมด 0.90-1.13% นำมาผ่านกระบวนการโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 10-50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และทำให้เย็นลงที่ 10 องศาเซลเซียส อีก 1 ส่วนนำมาหมักโดยใช้ *L. acidophilus* เป็นเชื้อเริ่มต้น หมักเป็นเวลา 14-16 ชั่วโมง ได้ปริมาณกรดทั้งหมด 1.24-1.69% ตะกอนนม (Curd) จะถูกตีให้เหลวโดยใช้ปั๊ม แล้วนำส่วนผสมมาผสมรวมกัน ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีปริมาณกรดทั้งหมด 1.01-1.24% ผลิตภัณฑ์ Diphilus milk เป็นผลิตภัณฑ์วิจัย มี *B. bifidum* เพิ่มขึ้นมานอกจาก *L. acidophilus* ผลิตภัณฑ์ Acidophilus bifidus yoghurt เป็นโยเกิร์ตที่หมักโดยใช้เชื้อเริ่มต้นผสมของจุลินทรีย์โยเกิร์ต *L. acidophilus* และ *B. bifidum* หมักที่ 42 องศาเซลเซียส จนตกตะกอน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาณของ *L. acidophilus* 1-3 x 10^7 ต่อมิลลิลิตร และ *B. bifidum* 1-3 x 10^7 ต่อมิลลิลิตร ผลิตภัณฑ์ Biogarde เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายเริ่มแรกในประเทศเยอรมันนีตะวันตก มี *L. acidophilus, S. thermophilus* และ *B. bifidum* เป็นเชื้อเริ่มต้น ผลิตภัณฑ์ Malutka, Malysh และ Bifiline เป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้เด็กทารกบริโภคในระยะก่อนการหย่านมแม่ (Preweaning) ถูกพัฒนาขึ้นในสหภาพโซเวียต ซึ่ง

มีองค์ประกอบคล้ายน้ำนมคนมาก มีปริมาณกรดทั้งหมด 0.6-0.65% มีปริมาณแบคทีเรีย 10^7-10^9 ต่อกรัม

ทางการแพทย์ มีการใช้เชื้อที่เตรียมโดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจำหน่ายทั่วไปในยุโรปและสหรัฐอเมริกา เช่น ผลิตภัณฑ์ Enpac ที่ประกอบด้วย *L. acidophilus* ใช้สำหรับป้องกันผลข้างเคียงในการใช้ยาปฏิชีวนะ ผลิตภัณฑ์ Lactinex ประกอบด้วย *L. acidophilus* และ *L. jugurti* ใช้รักษาอาการ Excema และ Stomatitis ผลิตภัณฑ์ Infloran Berna มี *L. acidophilus* และ *B. bifidum* รักษาอาการทางเดินอาหารทำงานผิดปกติ ผลิตภัณฑ์ Omniflora ประกอบด้วย *L. acidophilus, B. bifidum* และ *E. coli* ใช้ปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ และผลิตภัณฑ์ Synerlac ประกอบด้วย *L. acidophilus, L. bulgaricus* และ *B. bifidum* สำหรับรักษาอาการ ท้องร่วง (Diarrhea) ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ที่ใช้ *L. acidophilus* มีขายในประเทศญี่ปุ่นด้วย

งานวิจัยอื่นๆ ที่มีการใช้ *L. acidophilus* อาทิ ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากถั่วลิสง (ลาวัลย์ ไกรเดช, 2530) เป็นการนำถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) มาบดกับน้ำร้อนแล้วกรองเอาน้ำนมถั่วลิสงไปหมักโดยใช้เชื้อแบคทีเรีย 9 ชนิด ได้แก่ *Streptococcus cremoris, S. diacetilactis, S. lactis, S. thermophilus, Lactobacillus acidophilus, L. brevis, L. bulgaricus, L. casei, L. fermenti* เป็นเชื้อเริ่มต้น โดยใช้หมักเป็นเชื้อเริ่มต้นเดี่ยวแต่ละชนิด การเสริม *L. acidophilus* ในโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง (สุรศักดิ์ ทศกาญจน์ และอรรณพ แก้วเงิน, 2536) เป็นการหมักนมถั่วเหลืองที่เตรียมโดยวิธีอิลลินอยด์โดยใช้เชื้อ *L. acidophilus* หมักร่วมกับ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* และใช้ *L. acidophilus* หมักเพียงอย่างเดียว แล้วศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 2.7 แสดงตัวอย่างของผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีการใช้ Bifidobacteria

ชื่อของผลิตภัณฑ์	ปีที่ออกจำหน่าย	เชื้อที่ปรากฏในผลิตภัณฑ์
Biogarde (เยอรมันนีตะวันตก)	1968	*Bifidobacterium, L. acidophilus, S. thermophilus*
Lunebest-Spezial Yoghurt (เยอรมันนีตะวันตก)	1969	*Bifidobacterium, L. acidophilus, S. thermophilus, L. bulgaricus*
Biokyss (เชโกสโลวะเกีย)	1977	*Bifidobacterium, L. acidophilus, Pediococcus acidilacti*
Cultura (เดนมาร์ก)	1983	*Bifidobacterium, L. acidophilus*
Bifighurt (เยอรมันนีตะวันตก)	1983	*Bifidobacterium, S. thermophilus*

ที่มา: Nakazawa and Hosono (1992), p. 1

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ Bifidobacteria ร่วมในการหมักได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.7 นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์นมและอาหารเสริมในเด็กทารกก็มีการใช้ Bifidobacteria เช่นเดียวกัน มีการพัฒนา

นำนมผงสำหรับทารกชนิดหนึ่งที่ผสม *B. bifidum* ออกสู่ตลาดในเยอรมันนีตะวันตกในปีค.ศ. 1964 (Nakazawa and Hosono, 1992, p. 1)

งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ Bifidobacteria ในผลิตภัณฑ์นมหมัก เช่น Baig and Prasad (1995) ได้ศึกษาผลของการใช้วัตถุแข็งจากเวย์ของ Cottage cheese และ *B. bifidum* ในโยเกิร์ตที่เตรียมใหม่ๆ มีการใช้ *L. bulgaricus, S. thermophilus* และ *B. bifidum* เป็นเชื้อเริ่มต้น Rybka and Kailasapathy (1995) ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเก็บรักษาและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งของผลิตภัณฑ์ AB-yoghurt โดยมี *L. acidophilus, B. bifidum* ร่วมกับ *S. thermophilus* หรือ *L. bulgaricus* อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นเชื้อเริ่มต้น การพัฒนาโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองบิฟิดัสพร้อมดื่ม (แคทริยา ผิวขาว และคณะ, 2538) เป็นการทำโยเกิร์ตโดยใช้นมถั่วเหลืองแทนนมวัว 6 ระดับ นำไปหมักโดยใช้ *L. bulgaricus, S. thermophilus* และ *B. bifidum* ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ศึกษาปริมาณกรดแลคติก ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความคงตัว (Consistency) และความข้นหนืดของโยเกิร์ตทั้งแบบเซ็ตและแบบกวน จากนั้นนำโยเกิร์ตไปผสมกับน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นน้ำตาล 2 ระดับ แล้วทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

งานวิจัยผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆที่ใช้ Bifidobacteria เช่น วนิดา เต็มภูวภัทร และคณะ (2538) ได้พัฒนาการผลิตแหนมโดยใช้เชื้อ Bifidobacteria และผงแหนม โดยการหมักแบ่งเป็น 4 สูตร คือหมักตามธรรมชาติ หมักโดยใช้ Bifidobacteria เป็นเชื้อเริ่มต้น หมักโดยใช้ผงแหนม และหมักโดยใช้ผงแหนมร่วมกับ Bifidobacteria ศึกษาความเป็นกรดทั้งหมด (%Total acidity) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อจุลินทรีย์ MPN ของเชื้อ Coliform และ *E. coli* การตรวจหาเชื้อซาลโมเนลลา วิเคราะห์ค่าสี และเนื้อสัมผัส นอกจากนี้มีไอศกรีมโยเกิร์ตถั่วเหลือง (Frozen soy yoghurt) ผสมบิฟิดัสและอะซิโดฟิลัส (Tuitemwong et al., 1996) เป็นการเปรียบเทียบการทำไอศกรีมโยเกิร์ตจากถั่วเหลืองที่หมักโดยใช้แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่แยกมาจากผลิตภัณฑ์ผักดองที่มีในประเทศไทยร่วมกับ *Bifidobacterium bifidus* กับการหมักโดยไม่มี *Bifidobacterium bifidus* ร่วมด้วย และไอศกรีมโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่หมักโดยใช้บิฟิดัสร่วมกับ *L. plantarum* หรือ *L. acidophilus* นำมาเปรียบเทียบการสร้างกรด โอเวอร์รัน (Overrun) และดรรชนีการโฮโมจิไนส์ (Homogenization indices) กับสูตรควบคุมที่หมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต

มีการใช้ *Lactobacillus casei* ในผลิตภัณฑ์นมหมักอยู่พอสมควรเช่นกันดังที่ Saloff-Coste (1995), p. 14 ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 2.8 และยังมีงานวิจัยที่มีการใช้ *L. casei* อีก เช่น การศึกษาจลนศาสตร์แบบกะของ *L. casei* เพื่อการผลิตโยเกิร์ตโดย Chupoon and Poosaran (1989) (1) เป็นการศึกษาอัตราการสร้างกรด และอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ *L. casei* 3 สายพันธุ์ Chupoon and Poosaran (1989) (2) ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตโยเกิร์ตแบบต่อเนื่องโดยควบคุมความเป็นกรดเป็นด่างให้คงที่ ใช้ *L. casei* สายพันธุ์ AGI-1 เป็นเชื้อเริ่มต้น

ตารางที่ 2.8 ผลิตภัณฑ์ดั้งเดิมและผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีการใช้ *L. casei* เป็นเชื้อเริ่มต้น

	ผลิตภัณฑ์	แหล่งกำเนิด	คำอธิบาย	เชื้อเริ่มต้น
Traditional Products	Kefir	Causasus	ผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีรสฝาด มีแอลกอฮอล์เล็กน้อย และมีฟองก๊าซ	*Lc. lactis, L. kefir, L. casei, L. acidophilus, L. bulgaricus, Ln. brevis, Ln. cremoris*, yeasts
	Kishk	อียิปต์	ส่วนผสมแห้งของนมหมัก ธัญพืช บางครั้งเพิ่มกลิ่นรสด้วย ใช้ละลายในน้ำแล้วผสมลงในซุป	*Thermophilus, L. bulgaricus, L. plantarum, L. casei, L. brevis*
	Laban zeer	อียิปต์	หางเนยเปรี้ยวเข้มข้นใช้ผลิต Kishk บางครั้งใช้ใส่ลงในสลัด ทำเป็นเครื่องดื่มโดยนำมาเจือจางด้วยน้ำ ลักษณะกึ่งของแข็ง มีรสฝาดและเค็ม	*Lc. lactis, Leuconostoc spp., L. casei, L. lantarum, L. brevis*
	M'Bannick	เซเนกัล	เป็นเครื่องดื่มคล้าย Kefir มีกลิ่นน่าพอใจ มีรสที่ทำให้รู้สึกสดชื่น	*Lc. lactis, Lc. cremoris, L. Plantarum, L. casei, yeasts*
	Zabaday	อียิปต์	เป็นนมหมักชนิดเซต มีกลิ่นรสน่าพอใจ มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย	*S. thermophilus, L. bulgaricus S. faecalis, L. casei, L. fermentum, L. helveticus, L. viridescens*
	Zincica	เซโกสโลวะเกีย	เป็นเครื่องดื่มคล้าย Kefir แต่มีการเติมเกลือ ทำจากการตกตะกอนโปรตีนในน้ำเวย์	*L. casei, L. plantarum , L. lactis, Ln. dextranicum*
More recent Products	Actimel®	เบลเยี่ยม	นมหมักชนิดเหลวดื่มได้ รสชาติพอใช้ มีกลิ่นรสดี มีการเสริมสร้างภูมิต้านทานตามธรรมชาติด้วย	*S. thermophilus, L. bulgaricus, L. casei*
	Aerin®	ex-USSR	เครื่องดื่มนมหมักผสมผลไม้ รักษาอาการติดเชื้อในลำไส้ และเป็นแหล่งของวิตามินซี และวิตามินบีหลายชนิด	*Lc. lactis, Lc. cremoris, Ln. cremoris, Ln. dextranicum, L. casei*
	Gefilus®	ฟินแลนด์	นมหมักชนิดเซ็ตที่ย่อยน้ำตาลแลคโตสแล้ว ทำจากเวย์ ทำให้ระบบลำไส้ทำงานดี	*L. casei*
	Smetanka	ex-USSR	เป็นผลิตภัณฑ์ครีมเปรี้ยว ลักษณะข้นหนืด มีกลิ่นรสที่ได้สมดุลกันดี	*Acetobacter lactis, L. acidophilus or L. casei, Ln. lactis, Ln. dextranicum, Lc. cremoris*
	Vifit®	เนเธอร์แลนด์	มีทั้งชนิดเซ็ตและชนิดเหลว มีทั้งแต่งกลิ่นรสและแบบรสธรรมชาติ ทำให้ร่างกายสดชื่นและเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน	*L. casei, S. thermophilus, L. Bulgaricus, L. acidophilus, Bifidobacterium bifidum*
	Yakult®	ญี่ปุ่น	เป็นเครื่องดื่มนมหมักชนิดเหลว ปรุงแต่งกลิ่นรส รสดีพอใช้ กลิ่นดี รักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้	*L. casei*

ที่มา: Saloff-Coste (1995)

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

ผลิตภัณฑ์นมหมักในประเทศไทย

ผลิตภัณฑ์นมหมักในท้องตลาดในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ทั้งชนิดเซ็ต ชนิดกวน ชนิดกวนกับผลไม้ (Swiss style) และนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 แสดงผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

ผลิตภัณฑ์	ชื่อการค้า	ผู้ผลิต	เชื้อเริ่มต้น
โยเกิร์ต	ดาน่อน (Danone)	บริษัท แดรี่ไทย จำกัด	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต แลคโตบาซิลลัส และสเตรปโตคอคคัส
	ดัชชี่ (Dutchy)	บริษัท ดัชมิลล์ จำกัด	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
	เนสท์เล่ (Nestle') เนสท์เล่ Lc1	บ. เนสท์เล่ แดรี่ (ประเทศไทย)จก.	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต และ แลคโตบาซิลลัส Lc1
	โยโมสต์ (Yomost)	บ. โฟร์โมสต์อาหารนม (กรุงเทพฯ) จก.	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม	ดาน่อน	บ. ดาน่อน (ไทยแลนด์) จก.	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
	ดัชมิลล์ (Dutch Mill)	บริษัท ดัชมิลล์ จำกัด	แลคโตบาซิลลัส
	ตราหมี เฟรชแอนด์ฟรุตตี้	บ. เนสท์เล่ แดรี่ (ประเทศไทย)จก.	เชื้อจุลินทรีย์เธอร์โมฟิลิค แลคติค ABY-2 (อะซิโดฟิลัส+บิฟีดัส+เทอร์โมฟิลัส+บุลการิคัส)
	บีทาเก้น (Betagen)	บ. ไทยแอดวานซ์ฟู้ด (1991) จก.	แลคโตบาซิลลัส
	ไพเกน (Paigen)	บ. ซีพี-เมจิ จก.	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
	เมจิ (Meiji)	บ. ซีพี-เมจิ จก.	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
0	ภูพิงค์	บ. ภูพิงค์แดรี่โปรดักส์ จก.	เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต
	ยาคูลท์ (Yakult)	บ. ยาคูลท์ (ประเทศไทย) จก.	เชื้อจุลินทรีย์ยาคูลท์
	ไอวี่ (Ivy)	บ. ไอ.พี.แมนูแฟคเจอริ่ง จก.	บุลการิคัส+เทอร์โมฟิลัส

หมายเหตุ รวบรวมจากฉลากของผลิตภัณฑ์ ที่มีจำหน่ายในจังหวัดเชียงใหม่ในปีพ.ศ. 2542

จากตารางที่ 2.9 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในท้องตลาดส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้เชื้อจุลินทรีย์ Probiotic เป็นเชื้อเริ่มต้น ส่วนผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มนั้น มีสองชนิดที่ใช้จุลินทรีย์ Probiotic ร่วมกับจุลินทรีย์โยเกิร์ตในการผลิตคือนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม ตราหมี เฟรชแอนด์ฟรุตตี้ และโยเกิร์ต เนสท์เล่ Lc1 นมเปรี้ยวพร้อมดื่มบีทาเก้นไม่ระบุแน่ชัดว่าเป็นแลคโตบาซิลลัส

ชนิดใด ส่วนยาคูลท์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีบริษัทแม่คือ Yakult Honsha แห่งประเทศญี่ปุ่น ยาคูลท์ใช้ *L. casei* (Shirota strain) ชนิดเดียวเป็นเชื้อเริ่มต้นในการผลิต

การใช้สารเสริมความคงตัวในผลิตภัณฑ์นมหมัก

ในอุตสาหกรรมการผลิตโยเกิร์ตบางครั้งจะมีการเติมสารเสริมความคงตัว (Stabilizer) ลงไปด้วย เพื่อให้โยเกิร์ตที่ผลิตได้มีความคงตัว ความข้นหนืด เนื้อสัมผัส และความรู้สึกในปากที่ดีขึ้น สารเสริมความคงตัวที่สามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่กำหนดโดย FAO/WHO (1976) และ Food and Drug Act (1975, 1980) มีหลายชนิด (Tamime and Robinson, 1985) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.10

นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารเสริมความคงตัวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตและผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง เช่น ไอศกรีมโยเกิร์ต และเยลลี่โยเกิร์ตเป็นต้น งานวิจัยที่ใช้สารเสริมความคงตัวจะใช้ทั้งสารเสริมความคงตัวเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดผสมกัน ต่อไปนี้คือตัวอย่างงานวิจัยเกี่ยวกับโยเกิร์ตที่มีการใช้สารเสริมความคงตัว

คาราจีแนน (Carrageenan) (Turner, 1989; Banken, 1997) ใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (Gelling agent) คาราจีแนนร่วมกับกาแลคโตแมนแนนและโลคัสต์บีนกัม (Locust bean gum) (Lundin and Hermansson, 1995) ใช้เป็นสารเสริมความคงตัวและสารเกิดเจล โซเดียมอัลจิเนต (Sodium alginate) (Yadav et al., 1994) ใช้เป็นสารเสริมความคงตัว คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (Carboxymethylcellulose, CMC) (Yadav et al., 1994) ใช้เป็นสารเสริมความคงตัว Jiang et al. (1994) ใช้ beta-cyclodextrin เพคติน และโซเดียมอัลจิเนตในการคัดเลือกสารเสริมความคงตัวในไบโปรตีนโยเกิร์ต (Biprotein yoghurt) Shukla and Jain (1991) ใช้เจลาติน ซีเอ็มซี เพคติน กัมอะเคเซีย (Gum acacia) และโซเดียมอัลจิเนตในการศึกษาอิทธิพลของสารเติมแต่งอาหารในโยเกิร์ต Rajasekaran and Rajor (1989) ศึกษาการใช้ สตาร์ช เจลาติน และโซเดียมอัลจิเนตในการคัดเลือกสารเสริมความคงตัวในโยเกิร์ตผสมนมวัวกับนมถั่วเหลือง Gad et al. (1995) ได้ศึกษาผลของการใช้เพคตินเป็นสารเสริมความคงตัวในโยเกิร์ต Basak and Ramaswamy (1994) ศึกษาผลของเพคติน และสตรอเบอรี่เข้มข้นที่มีต่อความข้นหนืดของโยเกิร์ต

ตารางที่ 2.10 ชนิดและหน้าที่ของกัม (gum) ต่างๆที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต

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

ตัวเลขในวงเล็บแสดงหน้าที่ของไฮโดรคอลลอยด์ (1) Thickener (2) Gelling agent และ (3) Stabiliser

ที่มา: Tamime and Robinson (1985)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

องค์ประกอบอื่นที่สำคัญของโยเกิร์ต

ผลิตภัณฑ์นมที่เป็นวัตถุดิบ

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตโดยทั่วไปในปัจจุบันที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรมจะใช้นมวัวเป็นวัตถุดิบในการผลิต แต่ก็มีบางแห่งที่ใช้นมจากสัตว์อื่นเป็นวัตถุดิบด้วย เช่น ลา กระบือ อูฐ แพะ ม้า กวาง เรนเดียร์ และแกะ เป็นต้น นมจากสัตว์แต่ละชนิดก็จะให้คุณสมบัติของโยเกิร์ตแตกต่างกัน อาทิ นมแกะ นมควาย และนมกวางเรนเดียร์ ซึ่งมีปริมาณไขมันมากก็จะให้โยเกิร์ตที่มีความมันมาก และให้ความรู้สึกในปากที่ดีมาก (Tamime and Robinson, 1985, p. 1)

การผลิตโยเกิร์ตเป็นอุตสาหกรรมในปัจจุบันมีการใช้นมและผลิตภัณฑ์นมหลายชนิดเป็นวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 ผลิตภัณฑ์นมที่เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตโยเกิร์ต

ผลิตภัณฑ์	องค์ประกอบ (%)				
	ความชื้น	โปรตีน	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
อื่นๆ					
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, p. 1

องค์ประกอบของนมที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

น้ำตาลแลคโตส

น้ำตาลแลคโตส (β-D-Galactopyranosyl-4-glucopyranose) เป็นน้ำตาลที่มีอยู่ในนมโดยธรรมชาติ ในนมสดทั่วไปจะมีปริมาณของแลคโตสประมาณร้อยละ 3.5-4.0 แลคโตสเป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอนของเชื้อเริ่มต้น ในสภาพไร้ออกซิเจนเชื้อเริ่มต้นจะย่อยน้ำตาลแลคโตสให้เป็นน้ำตาลกลูโคสและกาแลคโตสโดยเอนไซม์ β-Galactosidase แล้วเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวดังกล่าวให้เป็นกรดแลคติก

น้ำตาลแลคโตสในน้ำนม เมื่อถูกความร้อนแลคโตสบางส่วนจะเปลี่ยนโครงสร้างกลายเป็น แลคตูโลส (Lactulose, β-D-Galactopyranosyl-4-fructofuranose) ซึ่งแลคตูโลสนี้เป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของ Bifidobacteria ชนิดหนึ่ง (Nakazawa and Hosono, 1992, p. 1; Playne and Crittenden, 1996)

โปรตีน

โปรตีนเป็นแหล่งของไนโตรเจนของเชื้อเริ่มต้น อีกทั้งเป็นองค์ประกอบหลักที่ตกตะกอนเกิดเป็นเจล ทำให้น้ำนมกลายเป็นโยเกิร์ต โปรตีนในนมมีหลายชนิด ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 96) เป็นเคซีน (Casein) นอกจากนั้นเป็น เวย์โปรตีน (Whey protein) เช่น β-Lactoglobulin, α-Lactalbumin, Proteose-peptones และโปรตีนจากเลือด (Serum protein) อีกเล็กน้อย เคซีนเองก็แบ่งเป็นหลายชนิด คือ α_s-casein, β-casein, κ-casein และ γ-casein (Fennema, 1985) เคซีนเป็นโปรตีนส่วนใหญ่ที่ตกตะกอนในกระบวนการหมัก ในน้ำนมปกติเคซีนจะจับกับแคลเซียมเป็นสารเชิงซ้อนแคลเซียมเคซีเนตฟอสเฟต (Calcium caseinate-phosphate complex) กระจายตัวเป็นคอลลอยด์อยู่ในน้ำนม เมื่อเกิดกรดแลคติกขึ้น กรดแลคติกจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมเป็นแคลเซียมแลคเตต ปล่อยให้เคซีนจับตัวกันตกตะกอนดังภาพที่ 2.2

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

ภาพที่ 2.2 ปฏิกิริยาของเคซีนกับกรดแลคติกในการตกตะกอน

เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำนม เวย์โปรตีนบางส่วนจะสูญเสียสภาพธรรมชาติ และบางส่วนจะทำปฏิกิริยากับเคซีน แล้วตกตะกอนลงมาด้วยในกระบวนการหมัก การสูญเสียสภาพของเวย์โปรตีนต้องพอดี ถ้ามากเกินไป การตกตะกอนของโปรตีนอาจไม่ดี เกิดการแยกตัวของน้ำได้

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

ไขมัน

ไขมันจะกระจายตัวเป็นเม็ดไขมัน (Fat globules) แขวนลอยอยู่ในน้ำนม การโฮโมจิไนส์ช่วยให้เม็ดไขมันมีขนาดเล็กลงและกระจายตัวได้ดี ไม่แยกชั้น ไขมันนมประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์เป็นส่วนใหญ่ (ประมาณร้อยละ 98) ไขมันส่วนน้อย (ประมาณร้อยละ 2) ที่เหลือเป็นฟอสโฟลิปิด สเตอรอล เลซิติน แคโรทีนอยด์ และวิตามินที่ละลายในไขมัน เป็นต้น (Tamime and Robinson, 1985, p. 1)

ปริมาณไขมันที่พอเหมาะจะช่วยให้ลักษณะเนื้อของโยเกิร์ตเนียน ละเอียด ไม่จับกันเป็นเม็ดๆ และให้ลักษณะของความมัน ถ้ามีปริมาณไขมันมากเกินไปอาจทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อเริ่มต้นช้าลงได้ การหมักต้องใช้เวลานานขึ้น (Ibid.)

ข้อกำหนดทางกฎหมาย

ข้อกำหนดเกี่ยวกับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์นมหมัก ได้กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 46 (พ.ศ. 2523) เรื่องนมเปรี้ยว และ ฉบับที่ 99 เรื่องนมเปรี้ยว (ฉบับที่ 2) ดูภาคผนวก จ