บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 โยเกิต (yogurt)

โยเกิตเป็นผลิตภัณฑ์หมักจากจุลินทรีย์ (cultured product)ทำจากน้ำนมหรือน้ำนมพร่องมันเนย ที่มีการตกตะกอนด้วยกรดที่ผลิตโดยแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ Lactobacillus bulgaricus และ Streptococcus thermophilus (8) จุลินทรีย์ 2 ชนิดนี้จะใช้คาร์โบไฮเดรท ซึ่งก็คือ แลคโตสที่มีในน้ำนม แล้วเปลี่ยนให้เป็นกรดแลคติค เป็นส่วนใหญ่ซึ่งทำให้โปรตีนตกตะกอน (2, 3) ส่วนกรดอื่น หรือสารอื่น ๆ ก็เกิดเช่นกันแต่น้อย ได้แก่ volatile acid ต่าง ๆ เช่น acetic acid, propionic acid, butyric acid aldehyde เช่น acetaldehyde เป็นต้น (8) สารที่ผลิตโดยจุลินทรีย์นี้ ทำให้เกิดคุณสมบัติเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ เช่น pH, flavor, aroma และ consistency การที่ pH ลดลงเมื่อแบคทีเรียหมักแลคโตสให้เป็นกรดแลคติคนั้น จะมีผลต่อการเก็บรักษาและการถนอมผลิตภัณฑ์ที่ได้ ในขณะเดียวกันก็มีการปรับปรุงด้านการย่อย (digestibility) และด้านคุณค่าทางอาหารด้วย (2)

ในประเภท cultured milk products ด้วยกัน โยเกิตเป็นที่รู้จักกันดีที่สุดทั่วโลก มีผู้บริโภคทั้งในประเทศแถบทะเลเมดิเตอเรเนียน เอเชีย ยุโรปกลาง แต่ว่าแหล่งดั้งเดิมของโยเกิตอยู่ที่ประเทศบุลกาเรีย โดยเรียกว่า 'Yaourt' ส่วนประเทศอื่น ๆ จะเรียกเหมือนกันว่า "โยเกิต" แต่อาจเขียนได้หลายแบบ (9)

เนื้อสัมผัส รสและกลิ่นของโยเกิตนั้นจะไม่เหมือนกันแล้วแต่ท้องถิ่น ในบางแห่งโยเกิตจะทำในรูปของเหลวที่หนืดมาก ขณะที่บางประเทศจะทำในรูป gel ที่นิ่มกว่าโยเกิต อาจผลิตในรูปที่แข่แข็งเหมือนกับพวก dessert หรือในรูปเครื่องดื่ม รสและกลิ่นของโยเกิตต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นที่มีกรดคือ จะมีสารที่ระเหยได้ (volatile) พวก aromatic รวมถึง acetic acid และ acetaldehyde ที่เกิดขึ้นเล็กน้อยด้วย (2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

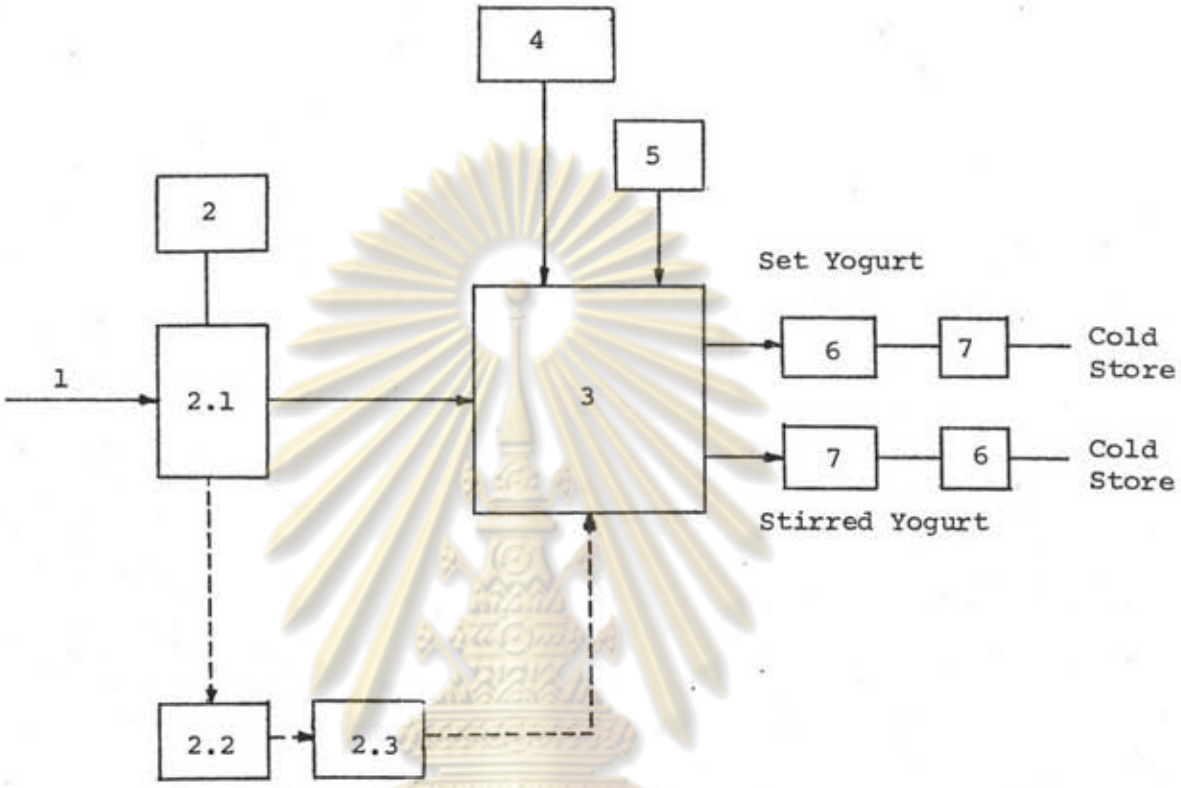
โยเกิตแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. Set yogurt คือ โยเกิตที่ได้จากการบรรจุลงในภาชนะทันทีหลัง inoculate ด้วย bulk starter แล้วทำการบ่มในภาชนะนั้นเลย

2. Stirred yogurt คือ โยเกิตที่ได้จากการ inoculate แล้วทำการบ่มในแทงค์ หลังจากบ่มก็จะมีการทำให้เย็นก่อนบรรจุ (2, 10)

ความแตกต่างของขั้นตอนการผลิต set yogurt และ stirred yogurt แสดงดังรูปที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



1. Standardized milk
2. Addition of milk powder
2.1 Tank
2.2 Heating
2.3 Homogenization
3. Batch pasteurization and cooling
4. Cultures
5. Flavouring
6. Filling
7. Incubation-Cooling

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2 แสดงความแตกต่างของขั้นตอนการผลิต set yogurt และ stirred yogurt

2.2 การผลิตโยเกิต

การผลิตโยเกิตมี 2 แบบใหญ่ ๆ คือ

1. Stirred type
2. Set type

โยเกิตรสธรรมชาติ (plain yogurt) คือโยเกิตที่ไม่มีการเติมผลไม้หรือ flavor ต่าง ๆ ลงไป ซึ่งจะทำทั้งแบบ set type และ stirred type ส่วนโยเกิตผลไม้มักทำแบบ stirred type

2.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ผลิต

2.2.1.1 น้ำนม ที่นิยมใช้และให้โยเกิตที่มีคุณภาพดี คือน้ำนมวัว อาจใช้น้ำนมแพะก็ได้ และเมื่อไม่นานมานี้มีการศึกษาเกี่ยวกับถั่วเหลืองมาก จึงมีการพัฒนาเอาน้ำนมถั่วเหลืองมาทำโยเกิตซึ่งใช้ในประเทศที่หาน้ำนมวัวได้ยาก น้ำนมถั่วเหลืองมีโปรตีนสูงเท่ากับนมวัว (ประมาณ 3.5% , 11) แต่คุณภาพด้อยกว่าเพราะขาดกรดอมิโนที่ประกอบด้วย sulfur คือ methionine แต่มี lysine สูง (12)

น้ำนมวัวที่ใช้อาจใช้แบบ whole milk หรือ skim milk ก็ได้ โดยปรับให้มี total solid 14% ก่อน ซึ่งจะทำให้โยเกิตที่มีลักษณะดี (13, 14)

น้ำนมวัวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรท คือมี lactose เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ ส่วนน้ำนมถั่วเหลืองนั้นมีคาร์โบไฮเดรทต่างจากน้ำนมวัว คือ ไม่มี lactose แต่มี sucrose, stachyose, raffinose และ glucose เล็กน้อย ถ้ากระบวนการทำน้ำนมถั่วเหลืองผ่าน solvent extractionน้ำตาล stachyose และ raffinose จะถูกสกัดออกไปด้วย ดังนั้น ถ้าจะหมักน้ำนมถั่วเหลืองจึงต้องมีการเติมกลูโคสลงไป เพื่อเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรทสำหรับจุลินทรีย์ด้วย (15)

2.2.1.2 Starter bacteria culture จะเรียกว่า starter ซึ่งใช้ในการทำผลิตภัณฑ์นมหมักต่าง ๆ ในการทำโยเกิตนิยมใช้จุลินทรีย์ 2 ชนิดคือ Streptococcus thermophilus กับ Lactobacillus bulgaricus ในอัตราส่วน 1:1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริมาณที่ใช้อยู่ในช่วง 1-5% (2, 4, 10, 13, 16, 17, 18) คุณสมบัติของแบคทีเรียที่ใช้เป็นstarter แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติของ starter ที่สำคัญในการผลิตภัณฑ์นมหมัก (2)

Bacterium	Optimum growth temperature (°C)	Salt tolerance (%)	Acid formation (%)	Citric acid formation (%)	Effect in yogurt
I. Streptococci					
S. lactic	about 30	4.0-6.5	0.8-1.0	-	
S. cremoris	25-30	4.0	0.8-1.0	-	
S. diacetylactis	about 30	4.0-6.5	0.8-1.0	+	
S. thermophilus	40-45	2.0	0.8-1.0	-	acidity
Leuconostoc citrovorum	20-25	-	small	+	
II. Lactobacilli					
L. helveticus	40-45	2.0	2.5-3.0	-	
L. lactis	40-45	2.0	1.5-2.0	-	
L. bulgaricus	40-45	2.0	1.5-2.0	-	acidity/ flavor/ aroma
L. acidophilus	35-40	-	1.5-2.0	-	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุลินทรีย์ 2 ชนิดนี้ใช้ร่วมกันในอัตราส่วน 1 : 1 แล้วบ่มที่ 41-45 องศาเซลเซียส นอกเหนือจากการเปลี่ยนแลคโตสให้เป็นกรดแลคติคแล้ว จุลินทรีย์ยังสร้างเอนไซม์ต่าง ๆ ด้วย (8)

2.2.1.3 ผลไม้ (10) ใช้สองแบบคือ ผลไม้สดกับผลไม้ที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ในการถนอมและเก็บรักษา จะใช้ชนิดไหนขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และความต้องการของผู้บริโภค

โยเกิดผลไม้นั้นจะมีคุณภาพดีขึ้นอยู่กับคุณภาพของผลไม้ที่เติมด้วย ผลไม้ที่เติมจะช่วยในด้านการขาย ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคที่จะซื้อ ผลไม้สดมักแช่แข็งเก็บไว้ ส่วนผลไม้แบบ fruit base นั้นใช้ที่ขายกันตามท้องตลาด ซึ่งการซื้อจะมีข้อกำหนด คือผลิตภัณฑ์ต้องปราศจากยีสต์และรา สิ่งปลอมปน และ pH ไม่ควรต่ำกว่า 3 ถ้าต่ำกว่าอาจทำให้เกิดการแยกตัวของ whey ในโยเกิต (syneresis)

2.2.1.4 Additives ต่าง ๆ ได้แก่ สี flavor สารให้ความหวาน วิตามินซี stabilizers เป็นต้น

Stabilizer เป็น hydrocolloid ที่พบในสัตว์และพืช มักนำมาใช้ในการปรับปรุง consistency ของโยเกิต โดยที่ stabilizer ทำให้ความหนืดของโยเกิตสูงขึ้น ป้องกันการแยกตัวของ whey (21) ชนิดและปริมาณของ stabilizer ที่จะใช้ผู้ผลิตต้องหาเองโดยการทดลอง

การใช้stabilizerไม่ถูกต้องหรือมากเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มี consistency ที่แข็งเกินไป ความจริงแล้วถ้ามีการผลิตอย่างดีและถูกต้อง natural yogurt ไม่ต้องการเติม stabilizer คือปกติแล้วจะได้ gel ที่มีลักษณะเนียน เรียบแน่น และมีความหนืดสูงอยู่แล้ว stabilizer นั้นจะสำคัญในการทำโยเกิตผลไม้ (fruit yogurt)

ตัวอย่างของstabilizer เช่น เจลลาติน เพคติน agar-agar ซึ่งมักเติมในระดับ 0.1-0.5% (10)

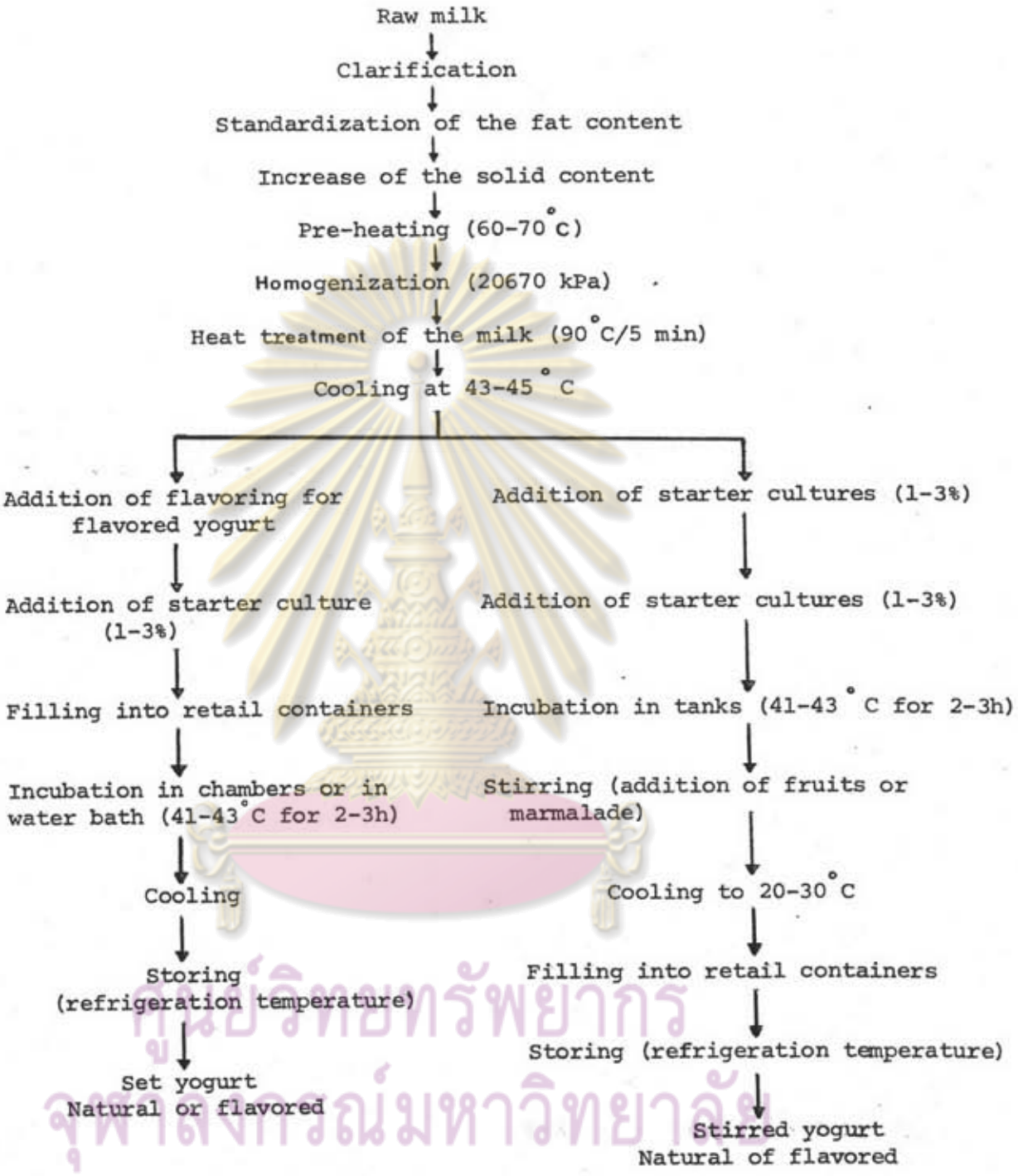
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารที่ให้ความหวานที่เติมลงในโยเกิต มักใช้ กลูโคส ซูโครส ซึ่งมักจะเติมในการผลิตโยเกิตผลไม้ในระดับ 7-15% ส่วนใน natural yogurt ก็อาจเติมได้เล็กน้อยเช่นกัน (2)

2.2.1.5 <u>สารทดแทนเพื่อลดต้นทุนการผลิต</u> เช่น cheese whey protein concentrate (13) นมถั่วเหลือง (12, 15, 19, 20) เป็นต้น

2.2.2 <u>กระบวนการผลิตโยเกิต</u> ขั้นตอนใหญ่ แสดงดังรูปที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนในการผลิตโยเกิต (10)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

009161

ถ้าต้องการให้ได้โยเกิดที่มีคุณภาพดีด้านรสชาติ (flavor) กลิ่น (aroma) ความหนืด (viscosity) เนื้อสัมผัส (consistency) การปราศจาก whey แยกตัว (syneresis) และมีอายุการเก็บนาน ควรมีการควบคุมตัวแปรอย่างแม่นยำตลอดกระบวนการ เช่นการเลือกน้ำนม การเตรียม culture การปรับน้ำนมให้ได้มาตรฐาน (milk standardization) การเติมน้ำนมเพิ่มปรับปรุงความหนืด และเนื้อสัมผัส (ในรูปน้ำนมเข้มข้น หรือนมผง) การโฮโมจิไนซ์ การให้ความร้อน รวมทั้งการออกแบบ process line สำหรับโรงงานและเครื่องมือต่าง ๆที่สัมผัสกับโยเกิดต้องสะอาด (2, 10)

กระบวนการผลิตแบ่งเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ ดังนี้คือ

2.2.2.1 <u>การเลือกน้ำนม</u> น้ำนมที่ใช้ผลิตโยเกิดต้องปราศจากรสชาติที่ไม่ต้องการ มีจำนวนแบคทีเรียต่ำ ไม่มีเอนไซม์หรือสารเคมีอื่นใดที่ไปขัดขวางการเจริญของ yogurt culture และไม่มีเพนนิซิลลิน phages ของแบคทีเรีย และสารตกค้างของ CIP solution หรือ sterilizing agent ซึ่งจะทำให้ starter ผลิตกรดช้า (2, 10)

2.2.2.2 <u>การปรับน้ำนมให้ได้ตามมาตรฐาน</u> ใช้หลักการปรับไขมันและ total solid ในน้ำนม โดยปกติแล้วโยเกิดจะมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 0.1-4.0% (2)

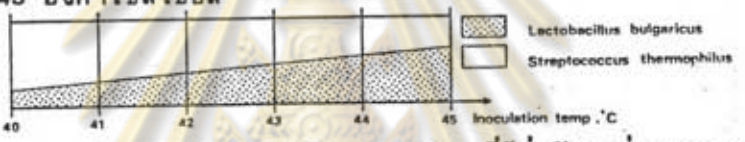
2.2.2.3 <u>การเติมน้ำนมเพิ่มเพื่อปรับปรุงความหนืดและเนื้อสัมผัส</u> มีผลทำให้ตะกอน (curd) ของโยเกิดที่ได้มีลักษณะเนื้อแน่นกว่า และมีแนวโน้มเกิด syneresis ลดลง

2.2.2.4 <u>การโฮโมจิไนซ์</u> น้ำนมที่นำไปทำโยเกิด ควรผ่านการโฮโมจิไนซ์ที่ประมาณ 20 MPa อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส โดยที่การโฮโมจิไนซ์ ทำให้โยเกิดที่ได้มีความคงตัว (stability) และเนื้อสัมผัส (consistency) ดีขึ้น ทำให้โยเกิดมี body มากขึ้น เพราะไขมันถูกป้องกันมิให้แยกตัวออกมา

2.2.2.5 <u>การให้ความร้อน</u> การให้ความร้อนแก่น้ำนมที่เหมาะสมทำที่ 90-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-15 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2.6 การเตรียม starter ในการ inoculate basic culture คือ S. thermophilus และ L. bulgaricus แบคทีเรียทั้งสองนี้อยู่ร่วมกันแบบ symbiosis ร่วมกันผลิตและให้คุณสมบัติที่ต้องการในโยเกิต เช่น pH, flavor, aroma และ consistency การใช้อัตราส่วนของ cocci:bacilli 1:1 หรือ 2:1 จะได้โยเกิตที่ดีที่สุด (2, 10) ซึ่งความสมดุลของอัตราส่วนของ cocci:bacilli อาจถูกรบกวนได้ง่ายถ้าควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ไม่ดี เช่น ปริมาณที่ใช้ inoculate เวลาและอุณหภูมิในการบ่ม อุณหภูมิที่ใช้ inoculate เป็นต้น จากรูปที่ 4 จะเห็นว่า จะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของเชื้อเป็น 4:1 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสอัตราส่วนของเชื้อเป็น 1:2 ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการ inoculate และ incubate ในการทำโยเกิตควรอยู่ในช่วง 42-43 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4 ผลของ inoculation temperature ที่มีต่ออัตราส่วนของ cocciและbacilli

การใช้ commercial culture ในการผลิต starter เพื่อใช้ในการ inoculate กระบวนการจะมี 2 ขั้นตอนหรือมากกว่าโดยเรียกเป็นขั้น ๆ ดังนี้คือ

Commercial culture ⟶ Mother culture ⟶ Intermedia culture ⟶ Bulk starter (2)

ส่วนปริมาณที่ใช้ inoculate ขึ้นอยู่กับ activity ของ starter ซึ่งอยู่ในช่วง 1-5% (2, 4, 10, 13, 16, 17, 18)

2.2.2.7 การ inoculate และ incubate (10) ทำการ inoculate starter culture ลงในน้ำนมที่อุณหภูมิ 41-43 องศาเซลเซียส และบ่มที่อุณหภูมินี้จนได้ pH ที่ต้องการเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง

2.2.2.8 การ cooling (10) ทำให้โยเกิตเย็นลงถึงอุณหภูมิ 35-38 องศาเซลเซียสอย่างรวดเร็ว และทำให้เย็นลงต่อให้อุณหภูมิสุดท้ายเป็น 5-10 องศาเซลเซียส การทำให้เย็นนี้ เพื่อหยุดการผลิตกรดโดยจุลินทรีย์ เสร็จแล้วเก็บโยเกิตไว้ที่อุณหภูมินี้ก่อนนำไปจำหน่าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.3 <u>ภาชนะบรรจุ</u> ต้องป้องกันความเสียหายที่เกิดทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ดังนั้นควรจะป้องกันความชื้น อากาศ เก็บกลิ่นได้ ทนกรด ทนน้ำ ให้แสงผ่านได้น้อย (10) ภาชนะบรรจุสำหรับโยเกิตเดิมใช้ขวดแก้ว ต่อมามีการใช้พลาสติคแทน ซึ่งการใช้พาสติคแต่เริ่มแรกมีปัญหา เช่น การทำปฏิกริยาของพลาสติคกับองค์ประกอบของพวก citrus fruit ใน flavored yogurt และทำให้เนื้อโยเกิตติดภาชนะ แต่ปัญหานี้จะไม่เกิดขึ้นถ้าใช้ polystyrene ซึ่งต่อมากลายเป็นภาชนะพลาสติคที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากมีน้ำหนักเบา ประหยัด ใช้งานได้ดี แต่เปราะแตกง่าย และการพิมพ์สียากต้องใช้เทคนิคเฉพาะ

ในปัจจุบันโยเกิตที่ผลิตได้กว่า 90% จะถูกบรรจุในภาชนะพลาสติคพวก polystyrene และปิดฝาด้วย heatsealed, coated, polythene /aluminium foil laminate ส่วนอีกประมาณ 10% บรรจุใน paper carton (20)ซึ่งใช้ paper board เคลือบด้วย polyethylene (21)

ในสหรัฐอเมริกา โยเกิตบรรจุในภาชนะที่ทำจาก coated paper board ที่มีฝาปิดเปิดได้ และภาชนะพวก thermoformed ในยุโรปโยเกิตบรรจุในถ้วยพลาสติคชนิด polystyrene แล้วปิดฝาด้วยอลูมิเนียมฟอยด์หนา 0.05 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องบรรจุและปิดฝาระบบอัตโนมัติ ซึ่งฝานี้จะดึงเปิดได้ง่าย

ส่วนในเยอรมันจะบรรจุโยเกิตในถ้วย แล้วใส่ถาดอีกทีหนึ่ง ถาดเป็น polystyrene foam ซึ่งมีน้ำหนักเบา ถาดนี้วางเรียงซ้อนกันได้ ใช้ใส่โยเกิตในขั้นตอนการบ่ม และยังทำให้การ handling ที่สะดวกขึ้น และใช้ในการตั้งโชว์ในการขายด้วย (21)

2.2.4 <u>การเก็บและรักษาคุณภาพ</u> ในระหว่างการเก็บ spoilage จะทำให้คุณภาพการเก็บเสียไป spoliage แบ่งได้ 3 ชนิดคือ

1. จากจุลินทรีย์ เช่น ยีสต์ทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่ต้องการ และทำให้เกิดการแยกตัวของ whey

2. โดยเอนไซม์ เช่น ทำให้เกิดรสขม รสเหมือนเนยแข็ง ซึ่งเกิดจากการย่อยโปรตีน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ทางเคมี เช่น oxidation ของไขมันเนื่องจากแสงหรืออากาศ การสูญเสียวิตามินเนื่องจากการบ่ม

ปัจจัย ที่มีผลต่อคุณภาพการเก็บของโยเกิต (10)

1. อุณหภูมิ (temperature) การเปลี่ยนแปลงในทางลบที่เกิดขึ้นกับโยเกิตนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ในตารางที่ 4 แสดงถึงคุณภาพการเก็บโยเกิตรสธรรมชาติที่มีคุณภาพดีที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ตารางที่ 4 แสดงคุณภาพในการเก็บของโยเกิตรสธรรมชาติ (10)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาที่เก็บ (วัน)
30	1.5
20	5
10	15
0	45
-10	135

2. อากาศ (air) สำคัญเป็นที่สองรองมาจากอุณหภูมิ ซึ่งอาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีผิวแห้งได้ เพราะฝาภาชนะที่ปิดไม่สนิท การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแสงปกติแล้วจะเกิดร่วมกับ oxidised flavor และมักเกิดใน set yogurt เท่านั้น ปัญหานี้แก้ไขโดยใช้สารที่ทำภาชนะบรรจุที่ยอมให้แสงผ่านได้ต่ำ และเก็บผลิตภัณฑ์ในห้องมืด

3. สารที่ทำภาชนะบรรจุ (packaging material) ห้ามใช้สารที่สามารถละลายลงในผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจก่อให้เกิด absorbed flavor

4. ช่วงเวลาในการเก็บ (storage interval) ช่วงเวลาในการเก็บตั้งแต่ผลิตเสร็จถึงใช้บริโภคจะอยู่ได้ในช่วง 2-3 สัปดาห์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ควรมีอายุการเก็บ (shelf life) อย่างน้อย 3 สัปดาห์ โยเกิตเป็นผลิตภัณฑ์สด การขนส่งควรทำทันทีเมื่อผลิตเสร็จ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. การผลิตกรดต่อโดยจุลินทรีย์ขณะทำให้เย็น (after acidification of yogurt) ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในบางครั้ง แม้ว่าจะเก็บผลิตภัณฑ์ที่ 0-5 องศาเซลเซียส เพราะไม่สามารถหยุด activity ของเอนไซม์จาก culture ได้ตลอดการทำให้เย็น

การควบคุมafter acidificationให้เกิดมากน้อยได้ดีที่สุด คือ การเลือก culture ที่เหมาะสม การทำให้เย็นที่ pH ถูกต้อง และการรักษาอุณหภูมิขณะเก็บให้ต่ำเท่าที่จะทำได้

6. เนื้อสัมผัส (consistency)และความหนืด (viscosity)ของโยเกิต ทั้ง consistency และความหนืดจะดีขึ้นโดยเก็บที่เย็นภายหลังการผลิตเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

7. รสชาติ (flavor) ในโยเกิต flavor จะดีขึ้นในการเก็บช่วงแรก แต่การเกิด after acidification อาจกลบflavor กับ aroma โยเกิตผลไม้มักมีความคงตัวระหว่างการเก็บ และโยเกิตที่ได้จะมีรสขมถ้าจุลินทรีย์ทำการย่อยโปรตีน ส่วน absorbed flavor เกิดจากการใช้ภาชนะบรรจุที่ไม่ดี

8. สีของโยเกิต การเก็บโยเกิตผลไม้นาน ๆ จะทำให้เกิดการสูญเสียสีในผลิตภัณฑ์ได้

2.2.5 <u>การยืดอายุการเก็บ</u> (Prolonging shelf life of yogurt) ทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมมี 2 วิธีคือ

2.2.5.1 <u>การพาสเจอไรซ์โยเกิต</u> จุดประสงค์ของการพาสเจอไรซ์คือ การลดการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์และเอนไซม์ โดยที่การพาสเจอไรซ์ ทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ยีสต์ รา รวมทั้ง lactic acid bacteria ส่วนใหญ่ด้วย การพาสเจอไรซ์ทำที่อุณหภูมิต่ำ คือ 60-70 องศาเซลเซียสก็พอ เพราะว่าจุลินทรีย์อยู่ในอาหารที่เป็นกรดจะไวต่อความร้อน ดังแสดงในตารางที่ 5 จะเห็นว่าการให้ความร้อนที่ 60, 65, และ 70 องศาเซลเซียสนาน 5 นาที จะมีผลในการทำลายจุลินทรีย์ 99.5-100% การให้ความร้อนเมื่อทำเสร็จแล้วจะบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะขณะร้อนหรือภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ (10)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ผลของการให้ความร้อนเป็นเวลา 5 นาที ต่อแบคทีเรียในโยเกิต (23)

temperature of heating (C)	bacterial count per ml	effect of heating in %
control	21,350,000	0
45	18,200,000	14.7
55	10,470,000	50.9
60	106,000	99.5
65	10,000	99.9
70	-	100.0
75	-	100.0

การพาสเจอไรซ์ทำให้ fresh product กลายเป็น preserved product โดยทำให้มีอายุการเก็บยาวนานขึ้น ปัญหาใหญ่ที่เพิ่มขึ้นมาจากการพาสเจอไรซ์คือ ทำให้โยเกิตมี consistency ต่ำ และยังสูญเสีย aroma ด้วย ส่วนการแยกตัวของ whey แก้โดยการเติม stalilizer ก่อนทำการพาสเจอไรซ์

2.2.5.2 <u>การแช่แข็งโยเกิต</u> เหมาะสำหรับโยเกิตแบบ stirred type เท่านั้น เพราะการตกผลึกของน้ำแข็งจะทำลายโครงสร้าง gel ของโยเกิต การเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส ก็เพียงพอที่จะแช่แข็งโยเกิตผลไม้ที่มีของแข็งประมาณ 20-25% หรือ natural yogurt ที่มีของแข็งประมาณ 13-14%

การแช่แข็งแบบรวดเร็วจะเก็บได้ 12 เดือน ที่ -26 องศาเซลเซียส ส่วนการละลายน้ำแข็งให้ทำอย่างช้า ๆ ที่ 5 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลามากกว่า 24 ชั่วโมง (10)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.6 มาตรฐานและการควบคุมคุณภาพ (24)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 46 (พ.ศ. 2523) เรื่องนม เปรี้ยว โดยกำหนดให้นม เปรี้ยว เป็นอาหารควบคุม เฉพาะ โดยกล่าวว่า

นม เปรี้ยว (cultured milk) หมายความว่า นมหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมที่หมักด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้ เกิดโรคหรือที่ไม่ทำให้ เกิดพิษ และมีจุลินทรีย์ดังกล่าวที่มีชีวิตคง เหลืออยู่จากกรรมวิธีการหมักนั้น หรืออาจ เติมวัตถุอื่นที่จำ เป็นต่อกรรมวิธีการผลิต หรืออาจปรุงแต่งสี กลิ่น รส ด้วยก็ได้

นม เปรี้ยว ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานดังต่อไปนี้

1. มีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก
2. ตรวจไม่พบแบ็กเตรียชนิด E. coli ในอาหาร 0.1 กรัม
3. ไม่ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาล
4. ไม่มีวัตถุกันเสีย
5. ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้ เกิดโรค
6. ไม่มีสาร เป็นพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจ เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

นม เปรี้ยวต้อง เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่ เกิน 10 องศา เซล เซียส และระยะ เวลาที่จำหน่ายต้องไม่ เกิน 7 วัน นับแต่วันที่บรรจุในภาชนะบรรจุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 ผลของกระบวนการผลิตที่ทำให้ เกิดลักษณะ เฉพาะของโย เกิต

2.3.1 กระบวนการให้ความร้อน (heat treatment)

การที่จะได้โย เกิตคุณภาพดีด้าน เนื้อสัมผัส จะต้องมีการให้ความร้อนแก่น้ำนม อย่าง เหมาะสม H. Grigorov (25) กล่าวว่า การให้ความร้อนแก่น้ำนมที่ 185 องศาฟา-เรนไฮท์ หรือ 85 องศา เซล เซียส นาน 30 นาที จะทำให้ เกิด syneresis คือการแยกสถานะของน้ำจาก เนื้อ (wheying off) ต่ำสุดในโย เกิตที่ตกตะกอนแล้ว เมื่อ เปรียบ เทียบกับการให้อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้

การให้ความร้อนแก่น้ำนมที่ใช้ทำโยเกิต ทั่วไปมักทำที่ 90-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-30 นาที ความร้อนจะมีผลคือ

1. ทำให้น้ำนมเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเหมาะสม ที่จะกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ที่เติมลงไป

2. ทำลายสารยับยั้งแบคทีเรีย

3. ทำให้มีการสูญเสียสภาพของ whey protein ซึ่งจะมีผลต่อ consistency ของโยเกิต โดยที่ whey protein ที่สูญเสียสภาพทางธรรมชาติจะเป็นตัวกั้น (enclosed) การตกตะกอนของ casein โดยกรด ทำให้ curd ที่ได้แน่นขึ้น (26)

2.3.1.1 <u>ผลของกระบวนการให้ความร้อนที่มีต่อ microstructure ของน้ำนม</u>

Casein ในน้ำนมกระจายอยู่ 2 แบบ คือ micellar casein และ serum casein, micella casein เป็นส่วนที่ตกตะกอนเมื่อเอาน้ำนมมาทำ ultracentrifugation ส่วน serum casein จะไม่ตกตะกอนเมื่อผ่าน ultracentrifugation (27) เมื่อมีการให้ความร้อนสูงหรือรุนแรงนานพอ casein ทั้ง 2 แบบสามารถรวมตัวกับ whey protein ได้สารประกอบเชิงซ้อน (complex) (25, 26, 27) จากการศึกษาพบว่าส่วนที่เกิดการรวมตัวกันคือ K-casein กับ β-lactoglobulin (β-lg) ที่สูญเสียสภาพทางธรรมชาติ การรวมตัวนี้เกิดเนื่องจาก β-lg นั้นมี sulfhydryl group (-SH) ที่อิสระ ใน β-lg monomer, sulfhydryl group จะเร่งการเกิด disulfide (S-S) ระหว่างไมเลกุล โดยมีการแลกเปลี่ยนกันเมื่อให้ความร้อน (26)

ความร้อนนอกจากจะทำให้ β-lg รวมตัวกับ K-casein แล้ว β-lg ยังรวมตัวกันเอง (aggregation) แล้วตกตะกอนลงมาด้วย (26, 27) การรวมตัวกันระหว่าง β-lg กับ K-casein นั้น ไม่ได้เกี่ยวข้องเฉพาะ S-S bond เท่านั้น แต่มี hydrophobic bond เกี่ยวข้องด้วย (27)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการศึกษาทางกล้องจุลทัศน์อีเลคตรอนพบว่า micelle ของน้ำนมดิบ หรือ น้ำนมที่ผ่านการพาสเจอไรซ์แบบ HTST นั้นจะมีขอบเขตเรียบ ส่วน micelle ของน้ำนมที่ให้ความร้อน 95 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที หรือ autoclave (121.7 องศาเซลเซียส 15 นาที) จะมีผิวขรุขระ ที่ผิวมีลักษณะเหมือนแขนขาที่เป็นเส้นใยยื่นออกมาแบบไม่สม่ำเสมอ (filamentous appendage)

Filamentous appendage ที่เกาะรอบ ๆ casein micelle คือ β-lg ที่สูญเสียสภาพทางธรรมชาติซึ่งเกาะกับ K-casein ใน micelle การรวมตัวกันนี้ทำให้เกิด complexขึ้น และ filamentous appendage นี้ ทำให้ micelle มีการกระจายตัวมากขึ้นช่วยไม่ได้ micelleเข้าใกล้กัน แล้วหลอมรวมตัวกัน เพิ่มขนาดใหญ่ขึ้น เป็นการป้องกันไม่ให้เกิด syneresis หรือเกิดน้อยในโยเกิดที่ใช้น้ำนมที่ผ่านการให้ความร้อนอย่างเพียงพอ (25, 26, 27)

2.3.1.2 <u>ผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อการเกิด gel ของโยเกิต</u> (27)

จากการศึกษาพบว่าที่เวลา 30 นาทีก่อนเกิด gel micelle ของน้ำนมที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเกิดจาก micelle รวมตัวกันเป็นก้อนที่แน่นขึ้น จะเห็นได้ในรูปที่ 5 ซึ่งจะเห็นว่ากลุ่มก้อนที่เกิดจากการรวมตัวของ micelle อย่างชัดเจน กลุ่มก้อนนี้เกิดรวมตัวกันต่อ แล้วเกิดโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ โดยที่ในน้ำนมที่ให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียสจะมีโครงสร้างเปิด (open) มากกว่าที่ไม่ได้ให้ความร้อน ความแตกต่างนี้ขึ้นอยู่กับสภาพ solvation ของ casein micelle และธรรมชาติของ whey proteins กับปริมาณของ whey proteins ที่ถูกทำลายสภาพทางธรรมชาติ

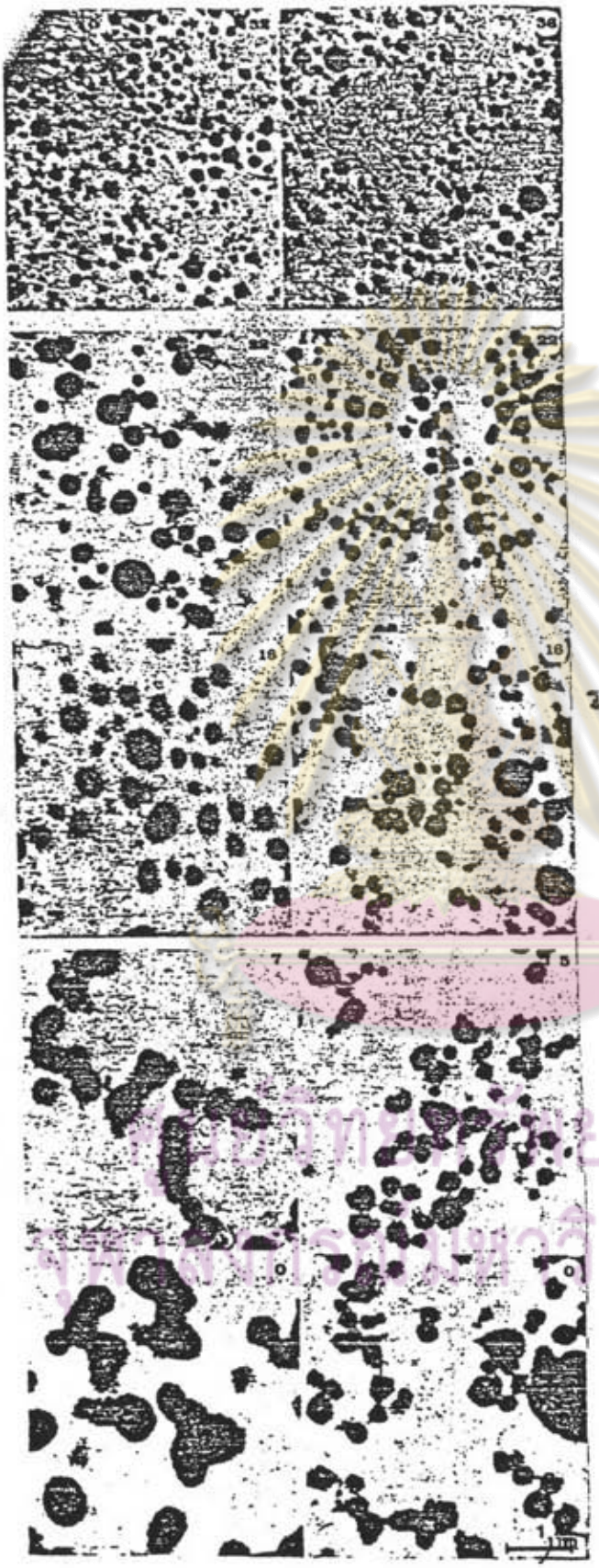
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปกติแล้ว casein micelles ดั้งเดิม จะไม่รวมตัวกันขณะให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส pH 6.8 เพราะว่ามันมีลักษณะเฉพาะทาง hydrophillic ทางส่วน C-terminal ของ K-casein เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของผิวหน้าของ micelles มากขึ้น (โดยกรดที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้น) และ β-lg สูงขึ้น จะเกิดโครงสร้างตาข่ายที่เป็น hydrophobic bond ระหว่าง micelles ที่มีรูปร่างกลมกับ β-lg และ serum casein ที่รวมตัวกันแล้วมีลักษณะเป็นเส้นใยซึ่งเป็นลักษณะของการเกิด gel ในผลิตภัณฑ์ (27)

จากการศึกษาพบว่า น้ำนมที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนก่อน จะเกิด gel ช้ากว่าน้ำนมที่ผ่านการให้ความร้อนถึงแม้การลด pH จะเกิดเหมือนกัน H. Grigrov(25)กล่าวว่าการให้ความร้อนน้ำนมที่ 85 องศาเซลเซียส (185 องศาฟาเรนไฮท์) ทำให้ pH ในการตกตะกอนโดยกรดแลคติคนั้นสูงขึ้น คือในน้ำนมที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนจะเกิด gel ให้เห็นเมื่อ pH ถึง 5.14 และเกิดสมบูรณ์เมื่อ pH ถึง 4.92 ส่วนน้ำนมที่ผ่านการให้ความร้อนถึง 90 องศาเซลเซียสก่อน inoculate พบว่าจะเกิด gel ให้เห็นเมื่อ pH ถึง 5.36 และเกิดสมบูรณ์เมื่อ pH ถึง 5.17 ทำให้สรุปได้ว่า ถ้ามีการให้ความร้อนแก่น้ำนมถึงระดับหนึ่งก่อนจะทำให้เกิด gel ในเวลาที่สั้นกว่า

รูปที่ 5 การรวมตัวของ micelle ในน้ำนมพร่องมันเนยที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนก่อนการเกิด gel (27)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6 การรวมตัวของ casein micelle และการเกิด gel ในไยเกิดจากน้ำนมพร่องมันเนย โดยรูปด้านซ้าย ไม่ผ่านการให้ความร้อน รูปด้านขวาผ่านการให้ความร้อนที่ 90°C

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในรูปที่ 6 จะแสดงให้เห็นถึงการรวมตัวของ casein micelles ที่เวลาต่าง ๆ กัน และการก่อตัวของ yogurt microstructure ที่ทำจาก skim milk ที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนเปรียบเทียบกับที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งจะให้ได้ชัดเจนถึงความแตกต่างในรูปว่า micelle ของโยเกิตที่ทำจากน้ำนมไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนเกิดการหลอมรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนที่มากกว่าแล้วเกิด micelleขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ได้ลักษณะที่นิ่มกว่า และทำให้ได้ fibrous network ที่หดตัวได้ง่ายกว่าซึ่งทำให้เกิด syneresis การเกิดปรากฏการณ์นี้ เนื่องจากไม่มี filamentous appendages เป็นตัวยับยั้ง (25)

2.3.2 <u>กระบวนการหมัก</u> (Fermentation)

2.3.2.1 <u>ผลของกระบวนการหมักที่มีต่อโปรตีน</u> (28)

โปรตีนในนมมีผลจากการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมี โดยที่การเปลี่ยน pH, ionic strength และอุณหภูมิ ทำให้เกิดการสูญเสียสภาพทางธรรมชาติ การรวมตัวกัน และการย่อยโปรตีนเกิดขึ้นจำนวนหนึ่ง การย่อยโปรตีนที่เกิดขึ้นนี้เนื่องจากความร้อน และเนื่องจากโปรตีนของน้ำนมมีขนาดใหญ่ไม่สามารถผ่านเข้าผนังเซลของ lactic starter ได้ ดังนั้นจากปฏิกริยา proteolysis ของ starter ทำให้ได้ non-protein nitrogen และ peptide ที่มีขนาดต่างกัน จะเห็นได้จากผลการทดลองในตารางที่ 6 พบว่า ค่า TN (total nitrogen) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากหมักและเก็บ เนื่องจากมีการผลิต volatile substance ซึ่งได้ระเหยไปตอน lyophilize ตัวอย่าง ทำให้ปริมาณสารแห้งเปลี่ยนไป จึงทำให้นมหมักมี TN เพิ่มขึ้น ส่วนค่า NPN (non-protein nitrogen) นั้นจะเห็นว่าในน้ำนมที่ใช้ทำโยเกิตมีค่า NPN ต่ำคือ น้อยกว่า 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เทียบได้เป็น 6.6% ของไนโตรเจนทั้งหมดในนม และเมื่อมีการให้ความร้อนค่า NPN จะสูงขึ้น การเพิ่ม NPN ขึ้นอยู่กับเวลา และภายหลังการหมักและเก็บค่า NPN เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

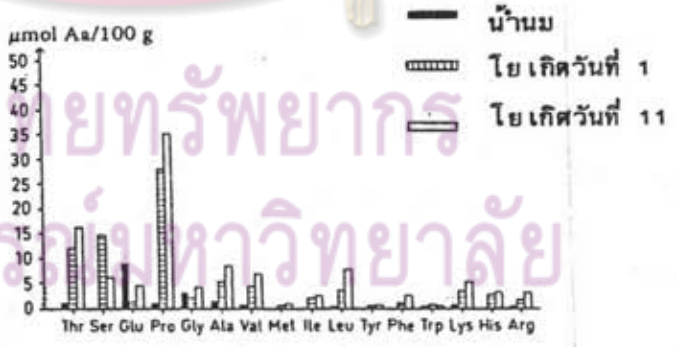
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 แสดง total nitrogen และ non-protein nitrogenในโยเกิตก่อนและหลังการหมักและเก็บ * (28)

ตัวอย่าง	เวลาที่เก็บ(วัน)	TN (มิลลิกรัม/100 กรัม)	NPN (มิลลิกรัม/100 กรัม)
น้ำนมสำหรับเตรียมโยเกิต	0	437	28
โยเกิต	1	439	45
	11	448	47

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง ค่าstandard deviationของ TN= 7.4 มิลลิกรัม/100 กรัม ค่า standard deviationของ NPN = 2.4 มิลลิกรัม/100 กรัม (pooled estimate from 2x20 observations)

การหมักไม่ทำให้ปริมาณกรดอมิโนทั้งหมดในโยเกิตต่างจากน้ำนมที่ใช้ทำโยเกิต แต่จะมีผลต่อกรดอมิโนอิสระ โดยพบว่ามีการเพิ่มกรดอมิโนอย่างเห็นได้ชัด ภายหลังการหมักและเก็บซึ่งแสดงดังรูป



รูปที่ 7 แสดงกรดอมิโนอิสระในโยเกิตและน้ำนม (28)

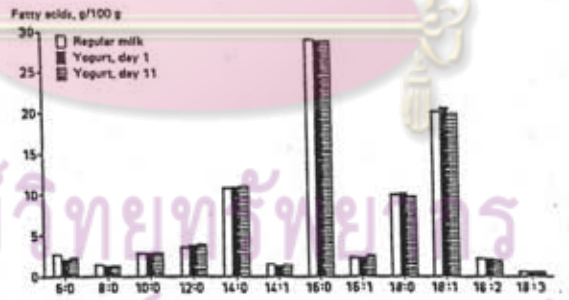
จากรูปจะเห็นว่า กรดอมิโนจำเป็นมี lysine และ leucine เพิ่มสูงขึ้นมาก ส่วน histidine และ arginine มีน้อย (28) แต่จากการศึกษาของ Rasic J.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(18) พบว่า โยเกิตจะมี glutamic acid และ proline สูงสุด เมื่อเทียบกับกรดอมิโนจำเป็นด้วยกัน คือ valine lysine และ leucine

2.3.2.2 ผลของกระบวนการหมักที่มีต่อไขมันนม (30)

การ treat น้ำนมทั้งทางกายภาพและเคมี ทำให้เกิดการย่อยไขมันนม (lipolysis) ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำ lipase ของจุลินทรีย์ในขณะหมัก โดยที่ lipase ภายในเซลของlictic starterย่อยไขมันนมได้กรดไขมันอิสระ lipolytic activity เป็นคุณสมบัติหลักของทุก strains ของ lactic starter แต่ละ strain จะมีความแตกต่างกัน แต่ lactic starter มี lipolytic activity ต่ำ ดังนั้นการหมักน้ำนมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง องค์ประกอบของไขมันเพียงเล็กน้อย (30, 33) จะเห็นได้จากรูปที่ 10 ซึ่งเปรียบเทียบให้เห็นถึงกรดไขมันในน้ำนมและโยเกิต แต่ผลจากทดลองของผู้ศึกษาอื่น พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของไขมัน รายงานที่ต่างกันนี้ เกิดเนื่องจากการใช้จุลินทรีย์พวก lactic ที่ strain ต่างกันและใช้วิธีต่างกันในการหากรดไขมัน



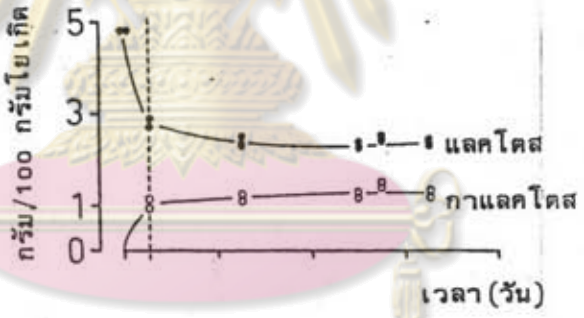
รูปที่ 8 Fatty acid profile of triglycerides in milk and yogurt day 1 and day 11. (30)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.2.3 ผลของกระบวนการหมักที่มีต่อ แลคโตส กลูโคส และกาแลคโตสในนม (3)

แลคโตสเป็นคาร์โบไฮเดรทหลักในนม ปริมาณเฉลี่ยในนมวัวมีน้อยกว่า 5% (น้ำหนักต่อปริมาตร) ในขณะย่อยหรือหมัก แลคโตสถูกย่อยเป็น กลูโคส และกาแลคโตส ซึ่งเป็นกระบวนการที่ถูกเร่งโดย lactase ซึ่งปกติมีใน intestival mucosal cells และปล่อยออกมาสู่น้ำย่อยจากลำไส้ ในขณะหมัก เมื่อแลคโตสถูกย่อยได้ monosaccharide แล้วจุลินทรีย์จึงนำไปใช้ต่อไป ดังนั้นการหมักจะทำให้แลคโตสในนมลดลง ซึ่งจะทำให้เหมาะกับคนที่เป็น lactose intolerance ซึ่งพบมากในประเทศที่มีสัตว์ให้นมน้อย

จากการศึกษาของ Alm (3) เกี่ยวกับคาร์โบไฮเดรทในน้ำนมและโยเกิดได้ผลดังรูปที่ 11



รูปที่ 9 การลดลงของแลคโตส และการเพิ่มขึ้นของกาแลคโตสในขณะหมักและเก็บ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งจะเห็นว่า การหมักทำให้แลคโตสลดลง โดยลดจาก 48 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ของน้ำนมที่ไม่ได้หมักเป็น 2-4 กรัมต่อ 100 กรัม โยเกิดวันที่ 11 และพบว่ากลูโคสในน้ำนมหมักมีน้อยมาก ส่วนกาแลคโตสในโยเกิด จะมีการเพิ่มอย่างเห็นได้ชัด จากเดิมที่มีน้อยมากในน้ำนมเป็น 1 กรัม ใน 100 กรัม โยเกิดวันที่ 1 (3)

2.3.2.4 ผลของกระบวนการหมักที่มีต่อกรดแลคติค (31)

ในกระบวนการหมักแลคโตสที่มีอยู่ในน้ำนมถูกเอนไซม์ lactase จากจุลินทรีย์ย่อยได้กลูโคส และกาแลคโตส จุลินทรีย์นำกลูโคสไปใช้โดยเปลี่ยนให้เป็นกรดแลคติค ซึ่งกรดแลคติคนี้เป็นสารบ่งลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์นมหมัก กรดแลคติคจะเปลี่ยนน้ำนมด้านรสชาติ และลักษณะ rheology ทำให้คุณสมบัติการเก็บดีขึ้นในนมหมัก ในด้านสารอาหารร่างกายจะใช้กรดแลคติคเป็นแหล่งของพลังงาน โดยจะให้ 3.6 Kcal/g หรือ 15.2 KJ/g กรดแลคติคสามารถถูกเปลี่ยนผ่าน phosphoenol pyruvate และ G-6-PO_4 ให้เป็นกลูโคสและไกลโคเจน

แลคโตสที่มีในน้ำนมนั้น 20-50% ถูกใช้ไปในการหมัก แล้วจะได้ความเข้มข้นของกรดแลคติคในนมหมักเป็น 0.6-1.2% ปริมาณกรดมีผลต่อคุณสมบัติด้าน sensory ดังนั้นเมื่อหมักถึงขั้นที่ต้องการแล้ว ต้องรักษาสภาวะไม่ให้เกิดกรดแลคติคและกรดอื่น ๆ ต่อไป เพราะกรดแลคติคที่พอดีเป็นสิ่งที่ต้องการในผลิตภัณฑ์นมหมัก กรดนี้เป็นสารถนอมอาหารทางธรรมชาติ ทำให้ผลิตภัณฑ์ปลอดภัยด้านชีววิทยา และกรดนี้ยังทำให้องค์ประกอบในนมย่อยง่ายขึ้น

จากการศึกษาของ Alm (29) พบว่าไยเกิดจะเป็นที่ยอมรับเมื่อ pH อยู่ในช่วง 3.8-4.2 นอกเหนือจากกรดแลคติคแล้ว ในขณะหมักจุลินทรีย์ยังผลิต volatile acids และ ethanol ซึ่งแม้ว่าจะมีปริมาณน้อย แต่ก็สำคัญเพราะมีผลต่อคุณสมบัติด้าน organoleptic ของผลิตภัณฑ์ volatile acid ที่พบมี propionic acid, butyric acid และ acetic acid มี ethanol แต่วัดไม่ได้ ประโยชน์ของ volatile acid นอกจากจะทำให้เกิด organoleptic property ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์แล้ว ยังมีคุณสมบัติที่สามารถต่อต้านจุลินทรีย์อื่นร่วมกับกรดแลคติคด้วย (8)

2.3.2.5 ผลของกระบวนการหมักที่มีต่อวิตามินบีในน้ำนม (32)

น้ำนมเป็นแหล่งที่ดีของวิตามินเกือบทั้งหมด ยกเว้นกรดแอสคอบิค และวิตามิน บี12 และเนื่องจากวิตามินบีเป็นองค์ประกอบของ coenzymes และสำคัญมากใน metabolism และการใช้พลังงานให้เป็นประโยชน์ของเซลล์ จึงจำเป็นต่อ

starter culture มากน้อยต่างกันในการหมัก starter แต่ละชนิดต้องการวิตามินบีต่างกันและสามารถสังเคราะห์วิตามินบีได้ต่างกันด้วย ในกรณี yogurt starter พบว่าในการหมักนั้นมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของวิตามินบีเล็กน้อย ยกเว้นกรณี folic acid และ orotic acid โดยที่ folic acid มีการเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญ (32, 33) ส่วน orotic ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (32)

2.4 ประโยชน์ของโยเกิต

2.4.1 คุณค่าทางอาหาร (9)

2.4.1.1 องค์ประกอบของโยเกิต องค์ประกอบของโยเกิตคล้ายกับน้ำนม

ส่วนที่ต่างจากน้ำนมเกิดจาก

1. การจงใจเติมสารลงในนม หรือโยเกิต เช่น เติมนมผงพร่องมันเนย เติม additivesต่าง ๆ เป็นต้น เติมสารลงในน้ำจะทำให้โปรตีนแลคโตสและเกลือแร่สูงขึ้น (33)

2. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากกระบวนการเตรียม และการหมักโดยแบคทีเรีย

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการผลิตโยเกิตนี้ แสดงในตารางที่ 7 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงใหญ่ ๆ ที่เกิดขึ้นคือ การเปลี่ยนแลคโตสให้เป็นกรดแลคติด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในระหว่างการหมักโยเกิต (9)

องค์ประกอบที่ลดลง	องค์ประกอบที่เพิ่มขึ้น
แลคโตส	กรดแลคติด
โปรตีน	กาแลคโตส
ยูเรีย	กลูโคส
ไขมัน	Polysaccharides
วิตามินบางตัว เช่น วิตามินบี 12, วิตามินซี, biotin และ choline เป็นต้น	Peptides
	กรดอมิโนอิสระ
	แอมโมเนีย
กรดอินทรีย์บางตัว เช่น hippuric acid, และ orotic acid เป็นต้น	กรดไขมันอิสระ (พวก volatile และlonger chain)
	วิตามินบางตัว เช่น
	กรดอินทรีย์บางตัว เช่น succinic acid, fumaric acid, benzoic acid เป็นต้น
	Nucleotide บางตัว เช่น CMP, AMP, UMP, GMP, NAD เป็นต้น
	Flavor compound เช่น acetaldehyde acetoin diacetyl เป็นต้น
	เอนไซม์ เช่น β-galactosidase, LDH, protease, peptidase เป็นต้น
	Bacterial mass เป็นพวกกรดนิวคลีอิค ไลปิด คาร์โบไฮเดรท และโปรตีน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.1.2 Digestibility โยเกิตมีชื่อเสียงในด้านการย่อย (digestibility) โดยพบว่าย่อยง่ายกว่าน้ำนม (23) Breslaw และ Kleyn (4) ได้ใช้ระบบย่อยเทียม (Simulated gastric digestion system) เพื่อศึกษาถึงการย่อยโปรตีนในโยเกิต เทียบกับของผสมน้ำนมที่ขั้นตอนต่าง ๆ ตลอดกระบวนการผลิตโยเกิต ซึ่งผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า กระบวนการทำโยเกิตทำให้ขนาดของโปรตีนเล็กลง โปรตีนละลายได้เพิ่มขึ้น และ nonprotein nitrogenกับกรดอมิโนอิสระเพิ่มขึ้น ผู้ศึกษาส่วนใหญ่ได้คำตอบที่ว่า โยเกิตย่อยง่ายกว่าน้ำนม 2 เท่า เพราะโยเกิตใช้เวลา 3 ชั่วโมงเท่านั้นในการย่อยโยเกิตมากกว่า 70% ส่วนน้ำนมนั้นใช้เวลา 6 ชั่วโมง (9)

Deeth และ Tamime (9) ได้สรุปการย่อยที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างโปรตีนโยเกิต กับโปรตีนนม เนื่องมาจากปัจจัยต่าง ๆ คือ

1. โยเกิตมีตะกอนที่นิ่มกว่า เนื่องจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนสูง
2. มีความเป็นกรดสูง และ casein curd มีขนาดเล็กลง
3. มีการหลั่งเอนไซม์ที่ใช้ย่อยจากต่อมน้ำลายมากขึ้น เพราะมีการกระตุ้นจาก curd particles
4. มีโปรตีนบางส่วนเกิดการตกตะกอนโดยธรรมชาติ
5. มีการเพิ่มปริมาณ peptide และกรดอมิโนอิสระ ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการให้ความร้อน และจาก proteolysis โดยแบคทีเรียในโยเกิต

คาร์โบไฮเดรทในโยเกิตย่อยง่ายกว่าในน้ำนม เพราะ แลคโตสเกือบครึ่งถูก hydrolyse ทำให้โยเกิตเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับคนที่เป็น lactose intolerance และ lactase activity ที่มีในโยเกิตสามารถช่วยย่อยแลคโตสได้อย่างมากในระบบกะเพาะลำไส้ของมนุษย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณค่าทางอาหารของโยเกิต เมื่อเทียบกับน้ำนมได้มีผู้ทดลอง (35) เลี้ยงหนูด้วยน้ำนมและโยเกิต พบว่า weight gain ของหนู เมื่อกินโยเกิตสูงกว่าเมื่อให้น้ำนม 24.3% (อาหารเหลว) และ 24.6%(เมื่อให้อาหารในรูป freeze-dried yogurt และ freeze-dried milk) ส่วน feed efficency พบว่าโยเกิตมี feed efficiency สูงกว่าน้ำนมอย่างเห็นได้ชัด

2.4.2 <u>การนำมาใช้รักษาโรค</u> (Therapeutic use)

คุณค่าของโยเกิตในการนำมาใช้รักษาโรคมีมากมายซึ่งเป็นเรื่องเล่าต่อ ๆ กันมา ซึ่งผู้ศึกษามักนำไปใช้กับโรคผิวหนัง และบางท่านอ้างว่ารับประทานโยเกิตแล้วจะมีอายุยืน สุขภาพสมบูรณ์และมีลูกดก แต่ผู้ที่ที่เป็นบิดาของการประเมินผลทางวิทยาศาสตร์ของประโยชน์ของโยเกิตในด้านรักษาโรค คือ Metchnikof โดยที่เขาเขียนไว้ว่า อาการไม่สบายต่าง ๆ ทางร่างกายสามารถบรรเทาได้ด้วยการรับประทานโยเกิต โดยเขาได้อ้างถึงชาวบุลกาเรีย ตุรกี และอามิเนียนที่มีสุขภาพดีและอายุยืน เพราะว่ากินอาหารนี้อย่างสม่ำเสมอ Metchnikof ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับความเชื่อของเขาในหนังสือชื่อว่า "The Prolongation of Life" (33)

การยอมรับที่กว้างขวางในการรักษาโรคของโยเกิตก็คือ ใช้ป้องกันหรือรักษาโรคที่เกี่ยวกับทางเดินอาหารที่ผิดปกติ โดยใช้กับคนไข้ที่ได้รับการรักษาด้วยยาปฏิชีวนะ ซึ่งยานี้จะไปทำลาย intestinal microflora ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ทำให้รบกวนต่อระบบสมดุล ทางชีววิทยา นมหมักจะช่วยในการ regenerate natural flora โดยการสร้างสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับ natural flora

การทดลองใช้โยเกิตรักษาโรคต่าง ๆ ที่ประสบความสำเร็จดังตัวอย่างเช่น โรคท้องผูกอย่างเรื้อรัง โรคระเพาะอาหารทำงานผิดปกติ โรคท้องร่วง โรค Liver & Bile disorder โรคเบาหวาน โรคเส้นเลือดไปสู่หัวใจตีบ โรคกระดูกที่เป็นผลจากการขาดแคลเซียม เป็นต้น ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับเนื้องอกได้ทดลองกับหนูเท่านั้น ซึ่งพบว่าโยเกิตมีความสามารถในการต่อต้านเซลของเนื้องอกได้ นอกจากนี้โยเกิตยังนำไปใช้รักษาพวกโรคผิวหนังต่าง ๆ และนำไปใช้ในด้าน cosmetic อีกด้วย (23)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16746582