รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาชนิดของหัวเชื้อโยเกิร์ตที่มีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ต

(THE STUDY ON TYPES OF STARTER CULTURES AS INFLUENCE TO YOGURT QUALITIES)

ผู้ดำเนินการวิจัย

ชุติมา ไชยเชาวน์

วท.ม. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย

จากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ 2543

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การศึกษาชนิดของหัวเชื้อโยเกิร์ตที่มีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ต ได้ประสบผลสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ เกิดจากความร่วมมือของหน่วยงาน บุคลากร นักศึกษา ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

ขอขอบคุณ คณะอาจารย์ เจ้าหน้าที่ นักศึกษาโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ได้ให้ความร่วมมือและมีส่วนช่วยเหลือให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงดังกล่าวแล้ว

ชุติมา ไชยเชาวน์

มิถุนายน 2544

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทคัดย่อ

การศึกษาชนิดของหัวเชื้อโยเกิร์ตที่มีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ต

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพโยเกิร์ต และการยอมรับของผู้บริโภคของนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตจากโยเกิร์ตที่ใช้หัวเชื้อชนิดต่าง ๆ ในการศึกษาใช้หัวเชื้อแช่แข็ง และเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ (มีเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ในอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 1) โดยใช้ปริมาณเชื้อร้อยละ 2 และ 5 จากการศึกษาพบว่า นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตจากโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ ในปริมาณร้อยละ 2 ได้รับการยอมรับมากที่สุด ทั้งทางด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม

ส่วนการเปรียบเทียบคุณภาพของโยเกิร์ตที่ผลิตจากหัวเชื้อต่างชนิดกัน พบว่า โยเกิร์ตที่ผลิตจากเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธรรมชาติ ที่ปริมาณร้อยละ 2 มีคุณภาพดีที่สุด do มีเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่าความเป็นกรด – ด่าง เท่ากับ 1.44. 13 และ 4.7 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

Abstract

The Study on types of starter cultures as influence to yogurt qualities

This study was aimed to compare yogurt qualities and customer acceptability of yogurts produced from different types of starter cultures. The starter cultures used in this study were frozen starter cultures and cultures naturally occur in plain yogurts (contains ***S. thermophillus*** and ***L. bulgaricus*** at the ratio of 1 : 1). The cultures naturally occur in plain yogurts were used at the level of 2% and 5%.

It was found that drinking yogurts produced from cultures naturaliy occur in plain yogurts at the level of 2% obtained the best acceptability in all criteria; smell, tasted and overall acceptability.

In terms of quality, drinking yogurts produced from cultures naturally occur in plain yogurts at the level of 2% also obtained the test quality characteristic. Lactic acid content, total dissolved solid and total acidity were 1.44% 13 and 4.7 respectively.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่	
1. บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
น้ำนม	3
ผลิตภัณฑ์นมหมัก	5
กล้าผลิตภัณฑ์นม	6
โยเกิร์ต	9
กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ต	12
ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของโยเกิร์ต	16
การควบคุมคุณภาพของโยเกิร์ต	19
อายุการเก็บของโยเกิร์ต	20
การเสียของโยเกิร์ต	20
จุลินทรีย์ในโยเกิร์ต	23
การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของการหมักโยเกิร์ต	26
การสร้างกรดแลคติก	26

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	การสร้างสารให้กลิ่นรส	27
	ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของหัวเชื้อ	29
	การเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์	33
	การเตรียมหัวเชื้อ	36
	ความบกพร่องของหัวเชื้อ	37
3.	อุปกรณ์และวิธีการ	39
	วัตถุดิบ	39
	อุปกรณ์ในการผลิต	39
	อุปกรณ์ในการวิเคราะห์	39
	วิธีการทดลอง	40
4.	ผลการทดลองและการวิจารณ์	43
5.	สรุปผลการทดลอง	52
บรรณานุกรม		
ภาคผนวก		
	ก. วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	
	ข. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ	
	ค. การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	
	ง. กระบวนการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม	
ประวัติผู้วิจัย		

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมชนิดต่าง ๆ	3
2	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมหมักและกล้าแบคทีเรียแลคติกที่ใช้	7
3	อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่นมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต	14
4	ปริมาณของสารประกอบคาร์บอนิล (พีพีเอ็ม) ที่สร้างขึ้นจากหัวเชื้อโยเกิร์ต	28
5	แสดงช่วงเวลาการถ่ายเชื้อ เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อต่าง ๆ	34
6	แสดงเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ความเป็นกรด – ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 2	44
7	แสดงเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ความเป็นกรด – ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 5	47
8	แสดงคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตจากโยเกิร์ตที่หมักด้วยหัวเชื้อต่างชนิดกัน	51

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตชนิดแข็งตัวและชนิดคน	11
2	วงจรการเข้าทำลายแบคทีเรียของ bacteriophage	32
3	แสดงวิธีการเตรียมโยเกิร์ต	41
4	แสดงผลเปรียบเทียบอัตราการผลิตกรดแลคติก ของโยเกิร์ตภายหลังจากการหมักด้วยหัวเชื้อระหว่างหัวเชื้อแช่แข็งกับหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 2 ที่เวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง	45
5	แสดงผลเปรียบเทียบระดับพีเอชของโยเกิร์ตภายหลังจากการหมักด้วยหัวเชื้อระหว่างหัวเชื้อแช่แข็งกับหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 2 ที่เวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง	46
6	แสดงผลเปรียบเทียบอัตราการผลิตกรดแลคติก ของโยเกิร์ตภายหลังจากการหมักด้วยหัวเชื้อระหว่างหัวเชื้อแช่แข็งกับหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธรรมชาติ โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 5 ที่เวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง	48
7	แสดงผลเปรียบเทียบระดับพีเอชของโยเกิร์ตภายหลังจากการหมักด้วยหัวเชื้อระหว่างหัวเชื้อแช่แข็งกับหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 5 ที่เวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง	49

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

นมเปรี้ยว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักเชื้อจุลินทรีย์ จนได้กรดแลคติค เชื้อที่ใช้จะใช้เชื้อ 2 ชนิด รวมกัน คือ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophillus* (Hui, 1991)

แหล่งของเชื้อที่ใช้ในการผลิตนมเปรี้ยว ส่วนใหญ่จะใช้หัวเชื้อที่แช่แข็ง โดยในการผลิตจะต้องบ่มหัวเชื้อเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ที่ 45 องศาเซลเซียส หรือ 11 ชั่วโมง ที่ 32 องศาเซลเซียส หรือ 14 – 16 ชั่วโมง ที่ 29 – 30 องศาเซลเซียส ก่อน (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532) และอีกแหล่ง คือ เชื้อที่อยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ (Plain yogurt) เชื้อชนิดนี้จะสะดวกในการใช้ เนื่องจากไม่ต้องบ่มหัวเชื้อ สามารถเทใส่ในการผลิตได้เลย

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาถึง แหล่งของเชื้อที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของโยเกิร์ตที่ผลิตจากหัวเชื้อที่แช่แข็ง และที่ผลิตจากเชื้อที่อยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ นอกจากนี้ยังทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ด้วย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของโยเกิร์ต ที่หมักจากหัวเชื้อที่แช่แข็งและที่ผลิตจากเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ
2. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสของนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี Ubon Ratchathani University

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงแหล่งของหัวเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ต
2. ใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้หัวเชื้อในการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 2

บทตรวจเอกสาร

1. น้ำนม

น้ำนม หมายถึง ของเหลวสีขาวที่ออกมาจากนมคนหรือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเพื่อใช้ในการเลี้ยงดูลูก ซึ่งประกอบด้วยสารอาหารครบถ้วนสำหรับการเจริญเติบโตของลูกอ่อน ซึ่งน้ำนมเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญและให้พลังงานสูงมากจากส่วนของไขมันในนมที่ถูกเรียกว่า "มันเนย" (Butter fat) (ชูศรี, 2511)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมชนิดต่าง ๆ

ชนิด	ไขมัน	โปรตีน	แลคโตส	เถ้า
โค	4.00	3.50	4.90	0.80
คน	3.07	1.63	6.98	0.21
ม้า	1.59	2.69	6.14	0.51
แกะ	1.18	5.14	4.17	0.93
อูฐ	5.40	3.00	3.30	0.70
บ่ลาวาฬ	22.24	11.95	2.79	1.66

ที่มา : ชูศรี (2513)

ปกตินมเป็นอาหารที่สำคัญและจำเป็นต่อชีวิตมากเมื่อพูดถึงนม หมายถึง นมวัวซึ่งควรมีปริมาณสารเป็นของแข็งไม่รวมไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.25 (ลูกจันทร์, 2524) ส่วนประกอบของนมส่วนมากประกอบด้วย น้ำ ร้อยละ 87.0 โปรตีนร้อยละ 3.5 ไขมันร้อยละ 3.5 – 3.7 คาร์โบไฮเดรต (lactose) ร้อยละ 4.9 แร่ธาตุร้อยละ 0.7 พีเอช 6.7 – 6.9 (บัญญัติ, 2532)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

1.1 ไขมันแนย เป็นส่วนผสมของกลีเซอรอลและกรดไขมันหลายชนิดรวมกัน ได้แก่ Oleic acid, Palmetic acid, Myristic acid, Stearic acid และ Butyric acid ซึ่งเป็นกรดไขมันที่สำคัญของนม นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันอื่น ๆ เช่น Capaoic acid, Carprylic acid, Lauric acid, Capric acid, Decenoic acid, Tetradecenoic acid, Hexadecenoic acid และ Arachidonic acid

1.2 เคซีน เป็นโปรตีนที่สำคัญของนม ประกอบด้วย กรดอะมิโน 16 ชนิด ซึ่งกรดอะมิโนเหล่านี้เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย 11 ชนิด ได้แก่ ฟีนิลอะลานีน ไทโรซีน ทริฟโตเฟน ไลซีน ธรีออนีน วาลีน มีไทโอนีน ซีสตีน ลูซีน ไอโซลูซีน และฮิสติดีน เคซีน เป็นโปรตีนที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยที่เรียกว่า Calcium casinate ช่วยเสริมสร้างการเจริญของกล้ามเนื้อให้มีความแข็งแรงยิ่งขึ้นจึงเหมาะสมในการบริโภคของบุคคลทั่วไป โดยเฉพาะในวัยเด็กและทารกซึ่งเป็นระยะที่ร่างกายกำลังเจริญอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังพบโปรตีนอัลบูมินและโกลบูลินในรูป Lactalbumin และ Lactoglobulin อีกด้วย (บัญญัติ, 2532)

1.3 โปรตีน องค์ประกอบของโปรตีนส่วนมากจะเป็นเคซีน (casein) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีความสำคัญในการผลิตอาหารหมักดองหลายชนิดและเป็นส่วนประกอบหลักที่มีต่อคุณลักษณะของนมมากกว่าตัวอื่นใด (ลูกจันทร์, 2524)

1.4 แลคโตส เป็นน้ำตาลในนมที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย

1.5 แร่ธาตุ แร่ธาตุที่พบในนมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของร่างกาย โดยเฉพาะในวัยทารกและวัยเด็ก นำไปใช้สร้างกระดูกและฟัน แร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ แมกนีเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม กำมะถัน เหล็ก ไอโอดีนและคลอรีน

1.6 วิตามิน วิตามินที่พบในนมมีหลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่ A D E K B, B_2 B_{12} และอินโนซิทอล ตลอดจนสารตั้งต้น (Precursor) ของวิตามินอีกหลายชนิด เช่น Carotene เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบ emzyme ต่าง ๆ ในน้ำนมอีกหลายชนิด ได้แก่ Phosphatase, Amylase, Lipase, Catalase, Peroxidase, Galactase และ Reductase

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี Rajabhat University

2. ผลิตภัณฑ์นมหมัก (Fermented Milk Products)

ผลิตภัณฑ์นมหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากนมสด นมพร่องมันเนย นมขาดมันเนย นมเข้มข้น หรือนมคืนรูปจากนมผงที่ขาดมันเนย ผ่านการโฮโมจิไนซ์เพื่อให้อนุภาคของไขมันเล็กลงหรือไม่ก็ได้ ทำการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอร์ไรซ์หรือการสเตอริไรซ์แล้วหมักต่อด้วยจุลินทรีย์ที่คัดมาเฉพาะซึ่งอาจเป็นพวกแบคทีเรียหรือยีสต์หรือทั้งสองชนิดรวมกัน (วราวุฒิและรุ่งนภา, 2534) ลักษณะการหมักของนมเป็นแบบ Lactic acid fermentation ซึ่งจะให้กลิ่นรสเฉพาะแตกต่างกันตามชนิดของเชื้อที่ใช้ ในที่นี้การทำนมหมักจะอยู่ในรูปนมเปรี้ยว ซึ่งนมเปรี้ยวที่ได้จะสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานกว่านมสด อีกทั้งไม่สูญเสียคุณค่าทางอาหารที่มีอยู่ในนมด้วย (Obormom, 1985)

ลักษณะการหมักผลิตภัณฑ์นมหมักจะมีสองชนิด คือ การหมักที่ให้กรดอย่างเดียว (Acid type) และการหมักให้กรดและก๊าซ (Kefir type) โดยลักษณะการหมักจะให้กลิ่นรสที่เฉพาะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตและปริมาณกรดแลคติค นอกจากนี้ คุณภาพของผลิตภัณฑ์นมหมักยังแตกต่างกันทางด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสเนื่องจาก คุณภาพของนมที่ได้จากสัตว์ต่างชนิดกันอีกด้วย

คุณสมบัติของน้ำนมที่ดีที่จะนำมาทำนมเปรี้ยว (พวงพร, 2530) มีดังนี้คือ

1) เป็นน้ำนมที่มาจากวัวที่มีสุขภาพดี

2) ไม่มีกลิ่น รส ที่ผิดปกติ ปราศจากจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรค

3) มีปริมาณแบคทีเรียต่ำ เนื่องจากน้ำนมที่มีจำนวนแบคทีเรียสูงอาจพบแบคทีเรียที่ทนต่อความร้อนสูงด้วย นอกจากนี้อาจมีแบคทีเรียบางชนิดที่สามารถผลิตสารปฏิชีวนะที่ทนต่อความร้อนได้ ซึ่งจะมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะใช้ในการทำนมเปรี้ยว

4) มีปริมาณของแข็งในน้ำนมร้อยละ 10 - 13

5) ในการให้ความร้อนแก่น้ำนมก่อนเติมเชื้อจุลินทรีย์ปกติจะให้ความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 30 นาที ซึ่งทำให้ตะกอนแข็งตัวเป็นลิ่ม มีลักษณะดีทำลายเอนไซม์ไลเปสในน้ำนม เนื่องจากเอนไซม์ที่ทำให้เกิดกรดไขมันโมเลกุลต่ำที่จะไปยับยั้งการเจริญของเชื้อที่สร้างกรดแลคติค ถ้าให้ความร้อนแก่น้ำนมสูงถึงขั้นสเตอริไลซ์จะทำให้น้ำนมที่ได้สุก มีกลิ่นสีจางและหลังจากการหมักแล้วตะกอนที่แข็งตัวเป็นลิ่มจะมีกลิ่นไม่ดีและไม่อยู่ตัวเท่าที่ควร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ Rajabhat University

3. กล้าผลิตภัณฑ์นม

คุณสมบัติทั่ว ๆ ไป

แบคทีเรียแลคติคที่ใช้ผลิตกล้าสำหรับผลิตภัณฑ์นมหมักนั้น นอกจากจะเฟอร์เมนต์น้ำตาลกลูโคสได้แล้ว จะต้องสามารถเฟอร์เมนต์แลคโตสซึ่งเป็นน้ำตาลในน้ำนมได้ด้วย โดยแบคทีเรียแลคติคจะสามารถนำน้ำตาลแลคโตสเข้าสู่เซลได้สามวิธีและมีกระบวนการเมแทบอไลซ์ให้เกิดเป็นกรดแลคติกแตกต่างกัน นอกจากกรดแล้ว กล้าสำหรับผลิตภัณฑ์นมหมักยังต้องมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์สารระเหย ที่ให้กลิ่นเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์แต่ละอย่าง เช่น ไดแอซีติลและแอซีลตัลดีไฮด์ (**acetaldehyde**) ซึ่งเกิดจากการเมแทบอไลซ์ซิเตรท หรือกรดอะมิโน เช่น ทรีโอนีน การจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการนั้น หลาย ๆ ผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องใช้กิจกรรมร่วมของเชื้อมากกว่าหนึ่งชนิด ซึ่งกล้าที่ใช้อาจอยู่ในรูปเชื้อผสมหรือผลิตเป็นกล้าเชื้อเดี่ยวแต่ละชนิด แล้วนำมาใช้ร่วมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม

แบคทีเรียแลคติกที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมัก มีทั้งกลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 40 – 45 องศาเซลเซียส ซึ่งเรียกว่า thermophilic starter และกลุ่มที่เจริญได้ดีเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ คือระหว่าง 25 – 30 องศาเซลเซียส (mesophilic starter) และมีเชื้อที่นำมาผลิตกล้าเพียงสามสกุลเท่านั้น ได้แก่ *Stereptococcus* (**Lactococcus**), *Leuconostoc* และ *Lactobacillus*

สเตรปโตคอคคัส

สเตรปโตคอคคัสแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มไพโอเจน (pyongen) กลุ่มวิริแดน (viridan) กลุ่มเอนเทอโรคอคคัส (**enterococcus**) และกลุ่มแลคติก (**iactic**) เฉพาะกลุ่มแลคติกเท่านั้นที่ใช้กล้าในการผลิตอาหารหมัก สเตรปโตคอคคัสที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมักได้แก่ *Streptococcus lactis, S. diacetylactis* และ *S. cremoris* ซึ่งต่อมาได้จัดจำแนกชนิดใหม่ให้แต่ละชนิดเป็น subspecies ใน **species** เดียวกัน ได้แก่ ***S. lactic*** ssp. *lactis, S. lactis ssp. Diacetyl lactis* และ *S. lactis* **ssp.** *cremoris* ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สเตรปโตคอคคัสทั้งสาม subspecies เป็น mesophile dinรับ *S. lactis* ssp. *diacetylactis* นั้น นอกจากจะเฟอรีเมนต์แลคโตสได้กรดแลคติกแล้ว ยังสามารถเมแทบอไลซ์ซิเตรทเป็นไดแอซีธิล จึงมักใช้ผสมในกล้าเชื้อผสมเพื่อสร้างสารดังกล่าวอันเป็นกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์หลายชนิด นอกจาก *Streptococcus lactis* ทั้งสาม subspecies นี้แล้ว S. *thermophilus* ซึ่งเป็น thermophile เป็นสเตรปโตคอคคัสอีก species หนึ่งที่ใช้เป็นกล้าสำหรับผลิตภัณฑ์นมหมักหลายชนิดด้วยกัน ดังตารางที่ 2

ลูโคนอสตอค

แบคทีเรียในสกุล *Leuconostoc* ส่วนใหญ่เจริญในน้ำนมได้ช้ามาก จึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นกล้าเพื่อการผลิตกรด แต่จากคุณสมบัติที่สามารถเมแท็โบไลซ์ซิเตรท เป็นสารไดแอซีธิลและแอซีโตอิน จึงได้มีการใช้ *Leuconostoc spp.* เช่น *L. cremoris* (citrovorum) เพื่อผลิตสารที่ให้กลิ่นหอม โดยใช้ร่วมกับเชื้อที่ผลิตกรดได้ดี เช่น *Streptococcus* spp. หรือ *Lactobacillus* spp. ได้มีการแบ่งกล้าแบคทีเรียแลคติกที่ใช้เพื่อให้เกิดกลิ่นรสออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

B cultures เป็นกล้าที่ใช้ *Leuconostoc* spp. เป็นเชื้อที่ผลิตสารที่ให้กลิ่น

D cultures เป็นกล้าที่ใช้ *S. lactis* ssp. *diacetylactis* เป็นเชื้อที่ผลิตสารที่ให้กลิ่น

ตารางที่ 2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมหมักและกล้าแบคทีเรียแลคติกที่ใช้

ผลิตภัณฑ์	กล้า
เนยแข็ง (cheese)	
Chedda cheese	*Streptococcus cremoris* และหรือ *S. lactis*
Swiss cheese	*Lactobacillus bulgaricus, S. thermophilus*
Brick cheese	*S. thermophilus* หรือ *S. thermophilus* และ *S. cremoris*
Blue cheese	*S. lactis* และหรือ *S. cretnoris*
Camembert cheese	S. *lactis, S. cremoris* และ *S. diaceltylactis* *Leuconostoc cremoris*
Gouda และ Edam cheese	*S. lactis* และ *L. cremoris*
Cottage cheese	*S. lactis, S. cremoris* หรือ *S. lactis* และ *L. cremoris*
Cream cheese	*S. lactis, S. cremoris, L. cremoris*

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2 (ต่อ) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมหมักและกล้าแบคทีเรียแลคติกที่ใช้

ผลิตภัณฑ์	กล้า
นมเปรี้ยว	
Yogurt	*L. bulgaricus* และ *S. thermophilus*
Butter milk	*S. diacetylactis*, *S. lactis*, *S. cremois*, *L. cremoris*
Bulgaricus milk	*L. bulgaricus*
Acidophilus milk	*L. acidophilus*
ยาคูลท์	*L. casei* (สายพันธุ์ *Shirota*)

ที่มา : รวบรวมจาก Chandan (1983) Galloway and Crawford (1985) Oberman (1985)

BD cultures	ใช้ทั้ง *Leuconostoc* spp. และ *S. lactis* ssp. Diacetylactis เพื่อผลิตสารที่ให้กลิ่น
O หรือ N cultures	กล้าที่ไม่มีเชื้อที่ผลิตสารที่ให้กลิ่น

อักษรที่เรียกชื่อกล้าแต่ละชนิดเป็นอักษรตัวหน้าของชื่อสกุล และ subspecies สำหรับ B นั้นมาจาก *Betacoccus* ซึ่งเป็นชื่อสกุลเดิมของ *Leuconostoc* และ D มาจาก diacetylactis

เนื่องจาก *Leuconostoc* spp. เป็น heterofermentative ดังนั้นในการเฟอร์เมนต์ แลคโตส จึงมีคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นด้วยการใช้ *L. cremoris* ในการผลิตเนยแข็งกูดา (Gouda cheese) และเนยแข็งเอแดม (Edam cheese) จึงทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของเนยแข็งเหล่านี้ กล่าวคือ คาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดขึ้นจะดันเนื้อเนยให้เกิดเป็นโพรง (eye) ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับโพรงที่เกิดจาก *Propionibacterium shermanii* ในการผลิตเนยแข็งสวีส (Swiss cheese)

แลคโตแบซิลลัส

แลคโตแบซิลลัสเป็นแบคทีเรียแลคติกที่มีทั้งกลุ่มที่เป็น homofermentative และ heterofermentative แต่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมักนั้นอยู่ในกลุ่มที่เป็น homofermentative ได้แก่ *L. bulgaricus*, *L. lactis*, *L. helveticus*, *L. acidophilus* และ *L. casei* และที่เป็นกล้าของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ ได้แก่ *L. bulgaricus* โดยใช้ร่วมกับ *S. thermophilus* ซึ่งจัดว่าเป็น thermophilic starter ด้วยกัน จึงอยู่ร่วมและดำเนินกิจกรรมการหมักโดยอาศัยซึ่งกันและกัน เช่น กล้าโยเกิร์ตซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียทั้งสองนี้ จะผลิตกรดได้เร็วกว่าเมื่อใช้เชื้อใดเชื้อหนึ่งเพียงเชื้อเดียว ทั้งนี้เนื่องจาก *L. bulgaricus* สร้างเอนไซม์โปรตีเอส เมื่อเจริญในน้ำนมจึงย่อยสลายโปรตีนให้ได้กรดอะมิโนโดยเฉพาะฮิสทิดีน ซึ่งจะกระตุ้นการเจริญของ *S. thermophilus* ในทำนองเดียวกัน *S. thermophilus* ผลิตกรดฟอร์มิกซึ่งส่งเสริมการเจริญของ *L. bulgaricus* เช่นกัน นอกจากนั้น *L. bulgaricus* ยังมีบทบาทในการผลิตแคซีตัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารสำคัญที่เป็นกลิ่นเฉพาะของโยเกิร์ต

4. โยเกิร์ต (Yoghurt)

ชนิดของผลิตภัณฑ์นมหมักที่ผลิตได้สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้หลายกลุ่มและโยเกิร์ตก็เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่อยู่ในกลุ่มที่มีกรดมาก ในปัจจุบันโยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่รู้จักกันแพร่หลายมากที่สุด

ในการผลิตโยเกิร์ตในระบบอุตสาหกรรมจากน้ำนมจะมีอยู่สองชนิด คือ

1) โยเกิร์ตชนิดแข็งตัว (Set yoghurt) โดยกระบวนการหมักและการตกตะกอนจะเกิดขึ้นภายในภาชนะเดียวกัน

2) โยเกิร์ตชนิดคน (Stirred yoghurt) โดยกระบวนการหมักจะได้ก้อนนมแตก ๆ เกิดขึ้นภายในถังหมักจะต้องนำมาบรรจุลงในภาชนะอีกทีหนึ่งเพื่อจัดจำหน่าย

นอกจากโยเกิร์ตทั้งสองชนิดที่กล่าวมาแล้วยังมีโยเกิร์ตชนิดอื่น ๆ อีก (Bottazzi, 1983) ได้แก่

1) โยเกิร์ตเหลว (Fluid yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่มีก้อนนมแตกกระจายอยู่ มีความหนืดต่ำ ซึ่งมีการเติมน้ำและโยเกิร์ตที่หมักได้ลงไปในอัตราส่วนเท่า ๆ กัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

2) **โยเกิร์ตผลไม้ (Fruit yoghurt)** เป็นการเติมผลไม้บดหรือแยมและน้ำตาลลงไปในโยเกิร์ตที่หมักได้

3) **โยเกิร์ตที่เติมกลิ่นรส (Flavoured yoghurt)** เป็นโยเกิร์ตที่มีการเติมกลิ่นรสเทียมและน้ำตาลหรือสารให้ความหวานลงไป

4) **โยเกิร์ตแช่แข็ง (Frozen yoghurt)** เป็นโยเกิร์ตที่มีลักษณะคล้ายไอศครีม

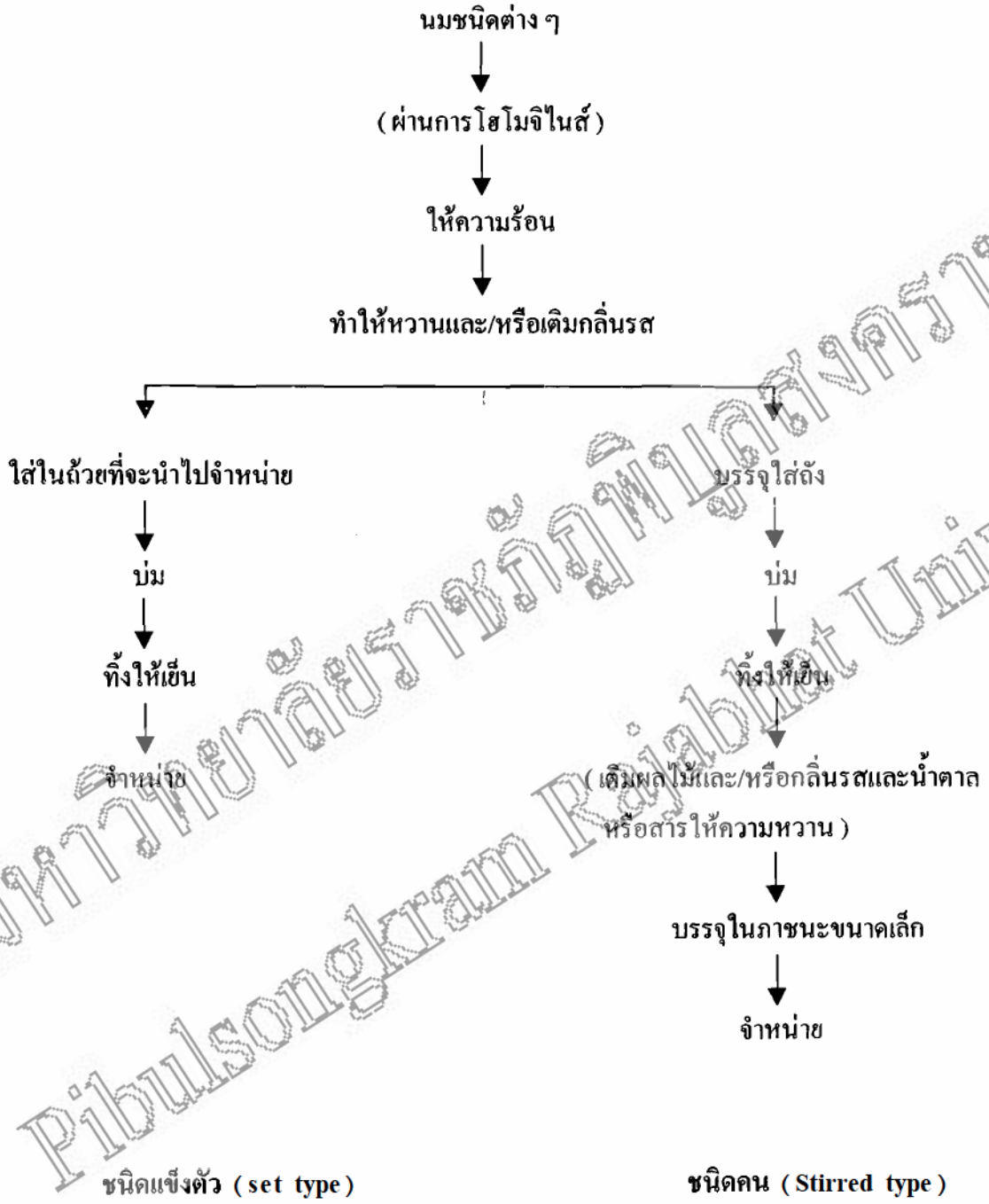
5) **โยเกิร์ตแห้ง (Dried yoghurt)** เป็นการนำโยเกิร์ตมาทำให้แห้งโดยการตากแดด โยเกิร์ตชนิดนี้พบในแถบตะวันออกกลางและมักผลิตในฤดูร้อน

6 j **โยเกิร์ตที่มีแล็กโทสต่ำ (Low lactose yoghurt)** เป็นผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างใหม่ได้จากการย่อยแล็กโทสด้วยเอนไซม์เบต้า – ดี – กาแล็กโทซิเดส (β - D – galactosidase)

7) **โยเกิร์ตที่มีแคลอรีต่ำ (Low calorie yoghurt)** เป็นโยเกิร์ตที่มีการลดระดับพลังงานจากปกติ 250 – 300 กิโลจูด (KJ) ต่อ 100 กรัม เป็น 170 กิโลจูดต่อ 100 กรัม

กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตทั้งสองชนิดแสดงได้ดังภาพที่ 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University



ภาพที่ 1 : กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตชนิดแข็งตัวและชนิดคน

ที่มา : Marshaii (**1986**)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

5. กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ต

5.1 การเตรียมส่วนผสมเบื้องต้น

5.1.1 การปรับปริมาณของไขมันนม ปรับให้มีปริมาณไขมันนมตามชนิดของโยเกิร์ตที่จะผลิต เช่น ร้อยละ 1.5 สำหรับโยเกิร์ตไขมันปานกลาง และร้อยละ 0.5 สำหรับโยเกิร์ต

5.1.2 การปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนม ปริมาณของของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนม เช่น แลกโตส เคซีน เกลือแร่ มีผลโดยตรงต่อกลิ่นรส และความหนืดของโยเกิร์ต กล่าวคือ แลกโทสในนมจะถูกใช้เป็นแหล่งอาหารของหัวเชื้อ โยเกิร์ต เคซีนเกี่ยวข้องกับการตกตะกอนหรือการจับก้อนซึ่งมีผลต่อความหนืดและความเป็นเนื้อสม่ำเสมอของโยเกิร์ต โดยทั่วไปปริมาณของของแข็งในของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตยิ่งสูง ผลิตภัณฑ์ก็จะยิ่งหนืด โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีได้จากนมที่มีปริมาณของของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15 – 16 ซึ่งจะได้เป็นโยเกิร์ตที่มีปริมาณของของแข็งทั้งหมดร้อยละ 14 – 15 อย่างไรก็ตามถ้าปริมาณของของแข็งทั้งหมดในของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตสูงกว่าร้อยละ 25 ขึ้นไป จะทำให้มีความชื้นลดลง และมีผลทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงด้วย การเพิ่มปริมาณของของแข็งอาจกระทำได้โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เช่น การให้ความร้อนเพื่อเพิ่มความเข้มข้น การเติมนมผง เคซีน หางนมผง หรือผงบัตเตอร์มิลค์ เป็นต้น

5.1.3 การเติมสารคงรูป เพื่อทำให้โยเกิร์ตคงรูปร่างและเนื้อสัมผัส เพิ่มความหนืด ทำให้มีเนื้อสม่ำเสมอ และลดปัญหาการแยกตัวของหางนม นอกจากนี้สารคงรูปยังช่วยยืดอายุ การเก็บ การใช้สารคงรูปอาจใช้เพียงสารประกอบชนิดเดียวหรือหลายชนิดผสมกันก็ได้ ในทางการค้านิยมใช้สารคงรูปหลายตัว เนื่องจากสามารถใช้ได้กับโยเกิร์ตหลายชนิด

5.1.4 การเติมสารให้ความหวาน เพื่อลดความเปรี้ยวของโยเกิร์ต โดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ อันได้แก่ ชนิดของสารให้ความหวาน ความชอบของผู้บริโภค ผลที่อาจยับยั้งหัวเชื้อ ชนิดของผลไม้ที่ใช้ กฎหมาย ฯลฯ ทั่วไปหากจะผลิตโยเกิร์ตเสริมผลไม้หรือโยเกิร์ตชนิดหวานมักเติมสารให้ความหวาน เช่น น้ำตาลในความเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 10 แต่โยเกิร์ตเสริมกลิ่นรส

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

หรือโยเกิร์ตชนิดหวาน อาจมีคาร์โบไฮเดรตสูงถึงร้อยละ 20 ซึ่งอาจมาจากน้ำตาลในนมที่เหลือจากการหมัก น้ำตาลในผลไม้ และน้ำตาลที่เติมเข้าไป ถ้าความเข้มข้นของน้ำตาลสูงเกินไป อาจมีผลยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ตอันเนื่องมาจากผลกลับของการออสโมซิสของสารถูกละลายในน้ำ และผลของความชื้นสัมพันธ์ในโยเกิร์ต

สารให้ความหวานที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่ ซูโครส กลูโคส ฟรักโทส น้ำตาลข้าวโพด น้ำเชื่อมกลูโคส น้ำเชื่อมกาแลกโทส ซอร์บิทอล แซ็กคาริน เป็นต้น

5.1.5 การเติมสารประกอบอื่น เช่น สารกันเสีย แลกเทส (lactase) เพนิซิลลิสเนส (**peniciilinase**) เป็นต้น

5.2 การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

การนำนมที่ปรับส่วนผสมแล้วมาทำให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยการโฮโมจิไนเซชัน (**Homogenization**) ในเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (**Homogenizer**) เพื่อให้น้ำนมเป็นเนื้อเดียวกันและได้โยเกิร์ตที่มีเนื้อสัมผัสเนียนดีและมีกลิ่นรสละมุนละม่อมแบบครีม ตลอดจนช่วยลดการแยกตัวของครีมที่ผิวหน้าของโยเกิร์ตหรือการแยกตัวของหางนม

5.3 การให้ความร้อน

การให้ความร้อนแก่นม เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการช่วยทำลายจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการในนม และเพิ่มความเข้มข้นให้แก่นม ทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดี อุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่โยเกิร์ต อาจเป็นได้ตั้งแต่การฆ่าเชื้อแบบปาสเตอร์อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 15 วินาที จนถึงยูเอสที ด้วยอุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 1 วินาที โดยทั่วไปอุตสาหกรรมผลิตโยเกิร์ตนิยมให้ความร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที หากผลิตแบบแบตซ์ หรือ 90 – 95 องศาเซลเซียส นาน 5 – 10 วินาที หากผลิตแบบต่อเนื่องอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่นมและของผสมที่ใช้ในการเตรียม โยเกิร์ตต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 3 ซึ่งความร้อนที่ใช้มักเพียงพอต่อการทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ ส่วนใหญ่ที่อยู่ในนมดิบ แต่สปอร์และเอนไซม์ที่ทนความร้อนได้ยังคงเหลืออยู่ในนม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 3 อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่นมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	กระบวนการให้ความร้อน	ผล
65	30	LTLT pasteurization	ทำลายเซลล์จุลินทรีย์ร้อยละ 99
72	15	HTST pasteurization	ทำลายเซลล์จุลินทรีย์ร้อยละ 99
85	30	HTST pasteurization	ทำลายเซลล์ทั้งหมดและสปอร์บางชนิด
90 – 95	5	HTST pasteurization	ทำลายเซลล์ทั้งหมดและสปอร์บางชนิด
110 – 115	20	Sterilization ในขวด	ทำลายเซลล์ทั้งหมดและสปอร์เกือบหมด
135	15	Long time UHT	ทำลายเซลล์ทั้งหมดและสปอร์บางชนิด
140	1 – 2	UHT	ทำลายเซลล์ทั้งหมดและสปอร์ทั้งหมด
150	0.8	UHT French process	ทำลายเซลล์ทั้งหมดและสปอร์ทั้งหมด

การให้ความร้อนแก่นม อาจเป็นการยับยั้งหรือเร่งกิจกรรมของหัวเชื้อโยเกิร์ต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ ดังนี้

- 62 องศาเซลเซียส 30 นาที หรือ 72 องศาเซลเซียส 40 นาที เร่งการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ต

- 72 องศาเซลเซียส 45 นาที, 82 องศาเซลเซียส 10 – 120 นาที หรือ 90 องศาเซลเซียส 1 – 45 นาที ยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ต

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ Buriram Rajabhat University

- 90 องศาเซลเซียส SO–180 นาที หรือ 120 องศาเซลเซียส 15 – 30 นาที ความดัน 15 ปอนด์/นิ้ว^2 เร่งการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ต

- 120 องศาเซลเซียส 15 – 30 นาที ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้วยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ต

นมที่ผ่านความร้อนอาจจะมีความเข้มข้นขึ้น โปรตีนในนมยังถูกย่อยสลายเป็นโมเลกุลเล็กลงที่เหมาะเป็นแหล่งอาหารช่วยเร่งกิจกรรมของหัวเชื้อโยเกิร์ต นอกจากนี้โปรตีนของหางนมซึ่งได้แก่ แอลบิวมิน (albumin) และกลอบิวลิน (globulin) จะถูกแปรสภาพและตกตะกอนและยังเกิดการรวมตัวของโมเลกุลของเคซินกลายเป็นร่างแห ทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีความหนืดมากขึ้น นอกจากที่กล่าวมาแล้วนี้ การให้ความร้อนแก่นมยังเป็นการกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในนม ทำให้เกิดสภาวะเป็นไมโครแอโรฟิลิก (microaerophilic) ที่เหมาะแก่การเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ต

5.4 การหมัก

นมที่ผ่านการให้ความร้อนจะต้องทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิ 40 – 45 องศาเซลเซียส แล้วจึงส่งไปยังถังหมัก เพื่อทำการหมักด้วยหัวเชื้อโยเกิร์ตที่เตรียมไว้ต่อไป หัวเชื้อโยเกิร์ตจะประกอบด้วย *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophillus* ในอัตราส่วนทีเท่า1 กัน โดยทั่วไปจะใส่เชื้อในความเข้มข้นประมาณร้อยละ 0.5 – 2.0 (v/v) และบ่มไว้ที่ 42 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หรือ 44 องศาเซลเซียส นาน 2.5 ชั่วโมง ซึ่งการหมักจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์โดยมีจำนวนของแลกทิกแอสิดแบคทีเรียประมาณ 30 – 40 x 10^6 เซลล์/มิลลิลิตร

การหมักมี 2 ลักษณะ คือ ในกรณีที่เป็นโยเกิร์ตแบบอยู่ตัว การหมักจะเกิดในภาชนะที่บรรจุที่จะจำหน่าย ส่วนในกรณีที่เป็นโยเกิร์ตแบบคน การหมักจะเกิดในถังหมักใหญ่จนเสร็จสมบูรณ์ แล้วจึงนำไปบรรจุ เพื่อจำหน่ายต่อไป อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นการหมักแบบใด การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีหรือการเกิดเจลจะมีลักษณะเหมือนกัน แตกต่างกันก็เพียงคุณสมบัติของความเหลวข้นของเนื้อโยเกิร์ต ซึ่งลักษณะเนื้อของโยเกิร์ตที่ได้จากการหมักโยเกิร์ตแบบอยู่ตัว จะไม่ถูกรบกวน เจลที่ได้จึงเป็นมวลแข็งกึ่งเหลวตลอดทั้งภาชนะบรรจุ ในขณะที่การหมักโยเกิร์ตแบบคน เจลจะมีลักษณะแตกแยกจากกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

5.5 การให้ความเย็น

ทั่วไปใช้อุณหภูมิประมาณ 5 – 10 องศาเซลเซียส เพื่อหยุดปฏิกิริยาการหมัก กล่าวคือ เมื่อการหมักเสร็จสมบูรณ์ได้ความเป็นกรดตามต้องการคือมีพีเอช 4.6 หรือมีปริมาณกรดแลกทิกร้อยละ 0.9 ก็จะหยุดปฏิกิริยาการหมักโดยการปรับอุณหภูมิให้เย็นลงทันทีจากอุณหภูมิประมาณ 30 – 45 องศาเซลเซียส เป็น 5 – 10 องศาเซลเซียส

5.6 การเติมสารประกอบที่ให้กลิ่นรสหรือสี

การจะเติมสารที่ให้กลิ่นรสหรือสีชนิดใดมากน้อยเพียงไรนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของโยเกิร์ต ความนิยมของผู้บริโภค กฎหมาย ฯลฯ โดยจะปรับอุณหภูมิของโยเกิร์ตให้เย็นลงเป็น 15 – 20 องศาเซลเซียส ก่อนจะผสมกับสารที่ใช้เติม ซึ่งได้แก่ ผลไม้ สารให้กลิ่น รส สี เช่น สตรอเบอร์รี่ ลิ้นจี่ สับปะรด ลูกบัว ถั่ว กาแฟ น้ำผึ้ง ฯลฯ

6. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของโยเกิร์ต

ในการผลิตโยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีนั้นนับว่าเป็นเรื่องยิ่งยากพอสมควร ทั้งนี้เพราะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากและควบคุมยาก จำเป็นต้องอาศัยความรู้ ความชำนาญมากที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จะต้องมี รสชาติสม่ำเสมอ มีกลิ่นตามต้องการ มีความคงรูป ไม่มีการแยกตัวเป็นชั้น คุณภาพ ดังกล่าวเป็นผลมาจากการเตรียมน้ำนมและการเตรียมจุลินทรีย์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของการผลิต ได้แก่

1. มาตรฐานของน้ำนมที่ใช้
2. สารที่จะทำให้มีความคงรูป (Milk Additives)
3. โฮโมจีไนเซชัน
4. ความร้อนที่ใช้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Pibulsongkram Rajabhat University

6.1 มาตรฐานของน้ำนม น้ำนมดิบที่จะนำมาทำโยเกิร์ตจะต้องเป็นน้ำนมที่มีคุณภาพดีมาก โดยเฉพาะทางด้านปริมาณจุลินทรีย์จะต้องมีจำนวนน้อยด้วย รวมทั้งจะต้องปราศจากสารปนปลอมอื่น ๆ ที่จะมีผลทำให้ชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะทำปฏิกิริยา เช่น สารปฏิชีวนะ ได้แก่ เพนนิซิลิน แบคทีริโอฟาก์ส หรือสารที่ใช้ในระบบการทำความสะอาด น้ำนมที่รับมาจากเกษตรกรจะต้องคัดเลือกอย่างดี และต้องมีการตรวจสอบอย่างดีด้วย มาตรฐานของน้ำนมที่จะใช้มีส่วนประกอบหลายตัวที่จะต้องให้เป็นไปตามมาตรฐาน ได้แก่

6.1.1 ไขมัน ปริมาณไขมันของโยเกิร์ตจะมีปริมาณเท่ากับปริมาณไขมันในน้ำนมดิบที่จะใช้ ซึ่งอาจจะจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1) โยเกิร์ตที่มีไขมันสูง คือจะมีปริมาณไขมันเกินร้อยละ 3 ขึ้นไป
2) โยเกิร์ตที่มีไขมันต่ำ คือ จะมีปริมาณเกินร้อยละ 1.5 - 3
3) โยเกิร์ตที่ไม่มีไขมัน คือจะมีปริมาณไขมันน้อยมาก คือ ประมาณร้อยละ 0.1 เท่านั้น

6.1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Dry Solid Content) ปริมาณของแข็งในน้ำนมทั้งหมดจะรวมถึงเคซีน ไขมัน น้ำตาลแลคโตส ปริมาณเคซีนในน้ำนมมีผลต่อความคงตัวของโยเกิร์ตอย่างมาก ปริมาณของแข็งในโยเกิร์ตจะประมาณร้อยละ 12 – 18 การทำให้น้ำนมได้ปริมาณของแข็ง ได้มาตรฐานอาจจะกระทำโดย

1) การระเหยน้ำออกจากน้ำนมบ้าง (ประมาณร้อยละ 10 – 20)
2) เติมนมข้น
3) เติมหางนมผงปริมาณที่เติมประมาณร้อยละ 0.5 – 2.5 โดยน้ำหนัก

จากประสบการณ์ของการผลิต พบว่าการทำให้ปริมาณของแข็งในน้ำนมสูงขึ้นโดยการระเหยน้ำออกจะทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีความอยู่ตัวสูงและมีผิวเป็นประกายมันดีกว่าการใช้นมผงเติม

6.2 สารที่จะให้คงรูป การที่จะทำให้โยเกิร์ตมีความคงรูปดีขึ้น จำเป็นต้องใส่สารที่ทำให้คงรูปด้วย (Stabilizer) นอกจากนั้นอาจจะมีการใส่สารที่ทำให้หวาน (Sweetener) ในบางครั้ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

จะมีการเติมพวกวิตามินด้วย เช่น วิตามินซี สารที่ทำให้คงรูปจะนิยมใช้สารที่มีสมบัติที่ทำให้น้ำเกาะกับของแข็งในน้ำนม เพื่อให้ความสม่ำเสมอของเนื้อของโยเกิร์ตไม่แตกแยก ปริมาณที่ใช้นั้นผู้ผลิตแต่ละแห่งจำเป็นจะต้องศึกษาและทดลองใช้เอง ถ้าใช้ในปริมาณที่สูงเกินไปจะทำให้เนื้อแข็งเกินไป

ในการผลิตโยเกิร์ตธรรมดาที่ดี ไม่จำเป็นต้องใช้สารที่ทำให้อยู่ตัว แต่ถ้ามีการเติมผลไม้ลงไปจำเป็นอย่างมากที่ต้องใช้สารที่ทำให้อยู่ตัว สารที่ทำให้อยู่ตัวที่นิยมใช้กัน ได้แก่ เจลาติน เปคติน และอาการ์ ปริมาณที่ใช้ประมาณร้อยละ 0.1 – 0.5

ในบางฤดูน้ำนมอาจจะตกตะกอนไม่ดี ทั้งนี้เพราะขาดไอออนส์ (Positive ions) ดังนั้นจำเป็นต้องมีการเติมสารพวกแคลเซียมไอออนส์ เช่น แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ลงไปประมาณร้อยละ 0.02 – 0.04 ก็จะทำให้ตกตะกอนดีขึ้น

การเติมสารที่ให้ความหวาน มักจะใช้ในรูปของกลูโคส หรือซูโครส ในการผลิตโยเกิร์ตที่ใส่ผลไม้ปริมาณที่เติมประมาณร้อยละ 7 – 15 ส่วนผลไม้จะมีน้ำตาลอยู่ประมาณร้อยละ 50 ในโยเกิร์ต ที่ไม่ได้เติมผลไม้อาจจะเติมสารที่ให้ความหวานบ้าง

6.3 การโฮโมจีไนเซชัน การโฮโมจีไนส์น้ำนมก่อนที่จะใช้ผลิตจะมีส่วนทำให้ความสม่ำเสมอและความอยู่ตัวของเนื้อโยเกิร์ตดีขึ้น ความหนาแน่นของเนื้อโยเกิร์ตจะเพิ่มขึ้น ถ้าเพิ่มความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนส์ ความดันปกติที่ใช้คือ 20 kPa โดยใช้อุณหภูมิระหว่าง 55 – 70 องศาเซลเซียส การโฮโมจีไนส์ยังมีส่วนทำให้ป้องกันการแยกตัวของโยเกิร์ตด้วย

6.4 ความร้อนที่ใช้ การให้ความร้อนแก่น้ำนมก่อนที่จะใช้ผลิตโยเกิร์ตนี้มีประโยชน์หลายประการ คือ

6.4.1 ทำให้น้ำนมมีความเหมาะสมที่เป็นอาหารแก่จุลินทรีย์ยิ่งขึ้น

6.4.2 ทำให้การตกตะกอนของน้ำนมสมบูรณ์และทำให้ตะกอนมีความแน่นเพียงพอ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

6.4.3 ทำให้หางเนยไม่แยกออกจากตะกอนที่ตกแล้วอุณหภูมิที่เหมาะที่สุดที่ใช้กับน้ำนม คือ 90 – 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งอุณหภูมินี้จะเพียงพอให้โปรตีนของหางเนยตกตะกอน ทำให้เนื้อโยเกิร์ตแน่นยิ่งขึ้น

6.5 การเตรียมจุลินทรีย์ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะการเตรียมจุลินทรีย์ที่จะใช้ต้องมีการควบคุมด้านสุขลักษณะเป็นอย่างดี การเตรียมจุลินทรีย์จะต้องทำการด้วยความระมัดระวังที่จะไม่ให้จุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์แปลกปลอมเข้าไป จุลินทรีย์ที่ใช้จะเป็นแบคทีเรียชื่อ สเตรปโตคอคคัส เทอร์โมฟิลัส (***Streptococcus thermophilus***) และแลคโตบาซิลบัสบุลการิคัส (***Lactobacillus bulgaricus***) อัตราส่วนของปริมาณของแบคทีเรียระหว่างทั้งสองชนิดอาจจะเป็น 1 : 1 หรือ 2 : 1 สัดส่วนนี้อาจกระทบกระเทือนถ้าการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ไม่แน่นอน จุลินทรีย์ที่เตรียมไว้ จะต้องมีชุดใหม่อยู่ตลอดเวลา เพราะถ้าใช้ชุดเก่าจุลินทรีย์นั้นอาจจะไม่แข็งแรง และอัตราส่วนของจุลินทรีย์ก็อาจจะเปลี่ยนแปลงด้วยเพราะเมื่ออยู่ด้วยกันนาน ๆ แลคโตบาซิลลัสมักจะมีปริมาณมากกว่าซึ่งจะมีผลทำให้โยเกิร์ตเปรี้ยวจัดเพราะมีกรดสูง

การเตรียมจุลินทรีย์ต้องปราศจากจุลินทรีย์อื่น ๆ เช่น รา ยีสต์ หรือแบคทีเรีย การที่มีจุลินทรีย์อื่นปนเข้าไป เช่น สปอร์ของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นประเภทที่ทนทานต่อความร้อนได้สูง จะทำให้โยเกิร์ตมีรสขมได้ หลังจากการผลิตโยเกิร์ตได้มาตรฐานแล้ว จะมีกรดอยู่ประมาณร้อยละ 0.9 – 1.0 และกรดจะเพิ่มขึ้นระหว่างที่มีการนำไปจัดจำหน่าย โดยเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.5 ความเป็นกรดจะวัดได้ พีเอส 4.4 – 4.3 ปริมาณของกรดจะควบคุมได้ด้วยอุณหภูมิที่ใช้บ่ม (incubation) และการทำให้เย็นลงเมื่อได้กรดพอเพียง การมีกรดสูงมักจะทำให้โยเกิร์ตมีรสชาติและหอมมากขึ้น การเติมสารที่มีกลิ่นหอม ก็จะมากกว่าปกติด้วย

7. การควบคุมคุณภาพของโยเกิร์ต

การจะผลิตโยเกิร์ตให้มีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสดี เป็นที่นิยมของผู้บริโภคอยู่เสมอนั้นจะต้องมีการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบทุกชนิดที่ใช้ในการผลิตนับตั้งแต่หัวเชื้อ นม สารให้กลิ่นรส สารให้สี สารให้ความหวาน สารคงรูป ส่วนผสมผลไม้และสารเสริมอื่น ๆ โดยต้องคัดเลือกสายพันธุ์ของแลกทิกแอสิดแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพดี เข้ากันได้และสมดุลกัน วัตถุดิบทุกชนิดจะต้องมีคุณสมบัติตามต้องการและมีคุณภาพทางจุลชีววิทยา เคมีและฟิสิกส์ที่ดี ไม่มีสาร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ปฏิชีวนะ หรือสารตกค้าง ตลอดจนการใช้เครื่องมือที่ดีสะอาด และทำการผลิตทุกขั้นตอนอย่างถูกหลักสุขาภิบาลและมีการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้และภายหลังการเก็บไว้ระยะหนึ่ง โดยเน้นการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับกลิ่น รส สี และเนื้อสัมผัส

8. อายุการเก็บของโยเกิร์ต

โดยทั่วไปโยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บนานประมาณ 10 – 14 วัน ถ้าเก็บแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หากเก็บนานกว่านี้ อาจมีรสชาติผิดไปไม่น่าบริโภค ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสนั้น หัวเชื้อโยเกิร์ตยังคงมีกิจกรรมอยู่บ้าง ถึงแม้จะผลิตกรดได้น้อยมาก แต่เมื่อระยะเวลานานขึ้น ปริมาณกรดที่สะสมไว้จะมากขึ้นทุกทีจนอาจทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไปไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และที่สุดหัวเชื้อโยเกิร์ตเองก็จะถูกทำลาย และโยเกิร์ตจะมีการแยกชั้นของเนื้อและหางนม ซึ่งทำให้จุลินทรีย์อื่น โดยเฉพาะยีสต์และราเจริญเติบโตและทำให้กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไปไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ในระหว่างเก็บแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เอนไซม์เพปทิเดสของ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* อาจย่อยโปรตีนในนมที่เป็นเพปไทด์ที่มีรสขม

อย่างไรก็ตามเราอาจทำให้โยเกิร์ตมีอายุการเก็บยาวขึ้นได้โดยการนำโยเกิร์ตที่หมักเสร็จสมบูรณ์แล้วไปผ่านความร้อนอุณหภูมิ 60 – 65 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ ซึ่งจะช่วยทำให้มีอายุการเก็บนานประมาณ 6 – 8 สัปดาห์ หากเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส (ลัดดาวัลย์, 2536)

9. การเสียของโยเกิร์ต

แม้ว่าปริมาณกรดที่อยู่ในโยเกิร์ตสามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หลายชนิด โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ย่อยโปรตีน แต่นมเปรี้ยวอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต้องการ มีลักษณะไม่ดีหรือเสียได้ดังต่อไปนี้ คือ

9.1 มีการคงรูปไม่ดี พบในโยเกิร์ตชนิดแข็งตัวเป็นลิ่ม เกิดจากใช้น้ำนมที่มีปริมาณของแข็งน้อยเป็นซับสเตรต หรือมีการเขย่ามากไปในขณะบ่ม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

9.2 มีน้ำแยกชั้นออกมา โยเกิร์ตชนิดแข็งตัวเป็นลิ่มจะมีน้ำแยกชั้นออกมาจากตะกอนเมื่อใช้อุณหภูมิในการบ่มสูง บ่มนานจนเกิดกรดในปริมาณมากเกินไป น้ำนมมีปริมาณของเกลือไม่สมดุลหรือหลังจากได้ตะกอนที่แข็งตัวเป็นลิ่มแล้วไม่ได้นำมาเก็บที่อุณหภูมิต่ำชั่วระยะเวลาหนึ่งก่อนนำออกจำหน่าย ป้องกันมิให้มีน้ำแยกชั้นออกมาได้โดยใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการบ่มเหมาะสมกับบักเตรีที่เป็น starter ใช้น้ำนมที่มีปริมาณเกลือสมดุลหรือให้ความร้อน น้ำนมเพียงเล็กน้อยแล้วเติมแคลเซี่ยมคลอไรด์ลงไปในน้ำนมก่อนเติม starter หรือนำนมเปรี้ยวที่ผลิตเสร็จแล้วมาเก็บที่อุณหภูมิต่ำชั่วระยะเวลาหนึ่งก่อนนำออกจำหน่าย

9.3 มีกลิ่นรสไม่ดี เนื่องจากใช้น้ำนมที่มีปริมาณกรดซิตริคน้อย do มีเพียง ร้อยละ 0.07 จึงควรเติมกรดซิตริคหรือโซเดียมซิเตรตลงไปประมาณร้อยละ 0.1 – 0.2 ก่อนการเติม starter เพื่อให้มีปริมาณกรดซิตริคใกล้เคียงกับน้ำนมสดโดยทั่วไป นอกจากนี้ กลิ่นรสไม่ดีอาจเกิดจากการใช้บักเตรีสายพันธุ์ไม่ดี อุณหภูมิในการบ่มไม่เหมาะสม หรือบักเตรีที่เป็น starter อยู่ในสภาพไม่ว่องไว ทำให้เกิดกรดน้อย บักเตรีที่ให้กลิ่นรส เช่น *Streptococcus thermophilus* หรือ *Lactobacillus bulgaricus* เจริญเติบโตและให้กลิ่นรสดีเมื่อซับสเตรตมีพีเอชเป็นกรด

9.4 มีรสขม อาจเกิดจากใช้น้ำนมมีคุณภาพไม่ดีคือ มีบักเตรีที่ย่อยโปรตีน เช่น Streptococcus liquefaciens เจริญเติบโตก่อนจะนำมาทำโยเกิร์ต หรือมีบักเตรีที่ย่อยโปรตีนและทนต่อความร้อนสูง ๆ ได้ contaminate เมื่อบักเตรีที่เป็น starter เจริญเติบโตช้า มันก็จะเจริญเติบโตแล้วย่อยโปรตีน ทำให้มีรสขม ซึ่งจะพบว่าน้ำนมมีรสขมพร้อม ๆ กับการตกตะกอนเป็นลิ่ม

9.5 มีปริมาณกรดน้อย เนื่องจากมีบักเตรีบางชนิดเจริญเติบโตในน้ำนมก่อนจะให้ความร้อน แล้วสร้างสารบางชนิดซึ่งทนร้อนออกมาชะงักการเจริญเติบโตของบักเตรีที่ให้กรแลคติค นอกจากนี้การใช้น้ำนมที่มีคลอรีนเหลืออยู่มากกว่า 5 พีพีเอม. มี bacteriophage หรือเป็นน้ำนมที่มาจากวัวเป็นโรคเต้านมอักเสบ ก็ทำให้บักเตรีที่ให้กรดแลกติคสร้างกรดในปริมาณลดลง

เมื่อ bacteriophage เข้าไปในเซลล์บักเตรีที่ให้กรดแลคติค บักเตรียังคงสร้างกรดแลคติคได้จนกระทั่งเซลล์บักเตรีไลซิส (lysis) หรือที่เรียกกันว่า " ระเบิด " ซึ่งในสภาวะเหมาะสม ใช้เวลาประมาณ 40 – 60 นาที และเมื่อเซลล์บักเตรีไลซิสแล้วจะไม่สามารถสร้างกรดได้อีก ป้องกัน

ว
637.1476
ช443ก
ฉ.1
138441

มิให้ **bacteriophage contaminate** ลงในน้ำนมโดยทำการผลิตนมเปรี้ยวในห้องที่มีแสงอุลตรา-ไวโอเล็ตหรือห้องที่ทำความสะอาดแล้วด้วยสารประกอบพวกคลอรีน

9.6 เกิดแก๊ส มักจะพบหลังจากผลิตเสร็จแล้วโดยจุลินทรีย์บางชนิดซึ่งทนต่อปริมาณกรดที่อยู่ในโยเกิร์ตเฟอร์เมนต์น้ำตาลแลคโตสในขณะทำการเก็บ เช่น ยีสต์และราบางชนิด ยีสต์ที่มักพบเสมอ ได้แก่ *Candida pseudotropicalis* และ *Torulopsis sphaerica* เฟอร์เมนต์น้ำตาลแลคโตสให้แอลกอฮอล์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

Leuconostoc sp. บางสายพันธุ์เฟอร์เมนต์กรดซิตริคให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณสูงกว่าปกติ ซึ่งจะไม่เห็นแก๊สเกิดขึ้นในขณะที่เก็บ ณ อุณหภูมิต่ำ แต่เมื่อนำโยเกิร์ตมาวางที่อุณหภูมิห้องจะเห็นแก๊ส ทั้งนี้เนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในส่วนที่เป็นน้ำได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

9.7 เกิดกรดมากเกินไป เกิดเนื่องจากบ่มนานเกินไป หรือหลังจากผลิตเสร็จแล้ว ปัญหาของอุตสาหกรรมโยเกิร์ตคือ อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากในขณะรับประทานโยเกิร์ตบางชนิดต้องการให้บักเตรีสร้างกรดแลคติกมีชีวิตอยู่ และโยเกิร์ตหลังจากผลิตเสร็จใหม่ ๆ มีบักเตรีเหล่านี้จำนวนสูง ซึ่งยังสามารถเจริญเติบโตและให้กรดแลคติคต่อไป กรดที่เกิดขึ้นจะทำให้โยเกิร์ตมีกลิ่นรส และลักษณะไม่ดี นอกจากนี้ยังเป็นอันตรายต่อเซลล์ของมันเองแล้ว ทำให้เซลล์มีจำนวนลดลง ซึ่งเมื่อเก็บไว้นานพอควรอาจตรวจไม่พบบักเตรีที่ให้กรดแลคติค ปกตินิยมเก็บโยเกิร์ตที่ผลิตเสร็จแล้ว ณ อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าจะเก็บไว้ได้นานประมาณ 1 – 2 สัปดาห์

9.8 ราบางชนิดใช้กรดในการเจริญเติบโต ทำให้โยเกิร์ตมีปริมาณกรดลดลงแล้วมีจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนกรดในปริมาณสูง ๆ ได้มาเจริญเติบโตต่อไป

9.9 บักเตรีที่เป็นตัวการก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ไม่สามารถเจริญเติบโตในโยเกิร์ตแต่สามารถมีชีวิตในโยเกิร์ตเป็นระยะเวลาหลายวัน ดังนั้นโยเกิร์ตจึงเป็นพาหะนำบักเตรีที่เป็นตัวการก่อให้เกิดโรคมาสู่ผู้บริโภคได้ บักเตรีที่สามารถพบเสมอได้แก่ **Salmonella** sp. Shigella sp.. **Broccoli sp.** 10:: Tuberculocis **sp.** เป็นต้น ป้องกันมิให้โยเกิร์ตเป็นพาหะนำเชื้อโดยใช้น้ำนม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ชั้น 1 เป็นซับเตรต พาสเจอไรล์น้ำนมก่อนเติม starter และระมัดระวังด้านสาธารณสุขในการผลิต

10. จุลินทรีย์ในโยเกิร์ต (Microbiology of natural yogurt)

หัวเชื้อเป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตโยเกิร์ต ลักษณะที่ต้องการของหัวเชื้อโยเกิร์ต คือ ปลอดจากการปนเปื้อนเจริญได้ดีในส่วนผสมของนมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต ให้กลิ่นรสที่ต้องการ โครงสร้างลักษณะเนื้อดี และต้านทานต่อ phages และสารปฏิชีวนะ ในการสร้างกลิ่นรส (flavor) และลักษณะของเนื้อสัมผัส (texture) ต้องใช้หัวเชื้อผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus thermophilus* โดยทั่วไปจะใช้หัวเชื้อทั้งสองชนิดนี้ในอัตราส่วนที่เท่ากัน (จำนวนเซลล์)

เมื่อใช้หัวเชื้อที่แช่แข็งในการผลิตโยเกิร์ต จำเป็นต้องบ่มหัวเชื้อเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ที่ 45 องศาเซลเซียส หรือ 11 ชั่วโมงที่ 32 องศาเซลเซียส หรือ 14 – 16 ชั่วโมง ที่ 29 – 30 องศาเซลเซียสเสียก่อน โดยทั่วไปหัวเชื้อที่ใช้ประกอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ในส่วนที่เท่ากัน แบคทีเรียเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพากัน เมื่อใช้ร่วมกันที่เรียกว่า symbiosis โดยปกติจะให้เชื้อทั้งสองเจริญร่วมกับภายใต้สภาวะที่ควบคุม เพื่อให้ได้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีสมดุลที่ถูกต้อง

ลักษณะการพึ่งพาอาศัยกันของจุลินทรีย์เหล่านี้ในหัวเชื้อโยเกิร์ต คือ เริ่มแรกเชื้อ *Streptococci* มีอุณหภูมิการหมักที่เหมาะสมที่ 40 องศาเซลเซียส ทำให้เชื้อเจริญขึ้นอย่างเด่นชัด ระหว่างการหมักช่วงแรกนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างขึ้นมา เชื้อ *Streptococci* เป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิด diacetyl และสารประกอบที่คล้ายกัน ซึ่งมีผลต่อกลิ่นรสของครีมเนย (creamy / buttery) ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

เชื้อ *Streptococcus thermophilus* นี้จะช่วยกำจัดออกซิเจนออกจากนมซึ่งหากเหลืออยู่อาจก่อให้เกิดไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ การเจริญจะดำเนินต่อไปจนกระทั่งความเป็นกรดถึงพีเอส 5.5 จะมีสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อ *Lactobacilli* ต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ Chiang Mai Rajabhat University

เชื้อ *Lactobacillus* ***bulgaricus*** มีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญที่ 45 องศาเซลเซียสและยังให้ปริมาณกรดแลคติคที่มากพอที่จะสร้าง **acetaldehyde** ซึ่งให้กลิ่นรสเฉพาะของโยเกิร์ตได้ ในกรณีของโยเกิร์ตที่มีกลิ่นรสดีมากจะมีปริมาณ **acetaldehyde** อยู่ **23 – 41** พีพีเอ็ม คิดเป็นสัดส่วนของสารประกอบที่ให้กลิ่น (**volatile flavor**) ถึงร้อยละ 90 นอกจากนี้แล้วเชื้อ **Lactobacilli** จะปล่อยกรดอะมิโนบางตัวที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ **Streptococci** อีกด้วย หลังการหมักเสร็จสิ้นแล้ว โยเกิร์ตที่ได้จะมีลักษณะเนื้อที่แน่นขึ้นที่เรียกว่า **thickened yogurt** ซึ่งจะถูกทำให้เย็นลงเป็น **4.5** องศาเซลเซียสและคงไว้ที่อุณหภูมินี้ตลอดระยะเวลาการจำหน่าย ณ อุณหภูมินี้ แบคทีเรียยังคงมีชีวิตอยู่ แต่กิจกรรมค่อนข้างจำกัด ทำให้การแบ่งตัวและสร้างกรดจะช้าลงมาก

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตโยเกิร์ต คือ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* แต่ในบางประเทศ เช่น นิวซีแลนด์หรือสวิตเซอร์แลนด์ อาจยอมให้เชื้อแลคติคชนิดอื่นร่วมอยู่ด้วย อย่างไรก็ตามจะต้องมีจุลินทรีย์ที่สำคัญสองชนิดนี้เสมอ ซึ่งลักษณะนี้ทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะที่เด่น ลักษณะการพึ่งพาอาศัยของหัวเชื้อทั้งสองนี้อาจจะพิจารณาจากการสร้างกรดแลคติคจะเพิ่มขึ้นในระหว่างการผลิตโยเกิร์ตเมื่อใช้สายพันธุ์ผสมของเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus therrnophilus* เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อดังกล่าวเพียงสายพันธุ์เดียวเท่านั้น นอกจากนี้จำนวนเซลล์ที่เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งหน่วยเวลาของหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมจะเพิ่มขึ้น เป็นจำนวนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับหัวเชื้อที่มีสายพันธุ์เดียว ทั้งนี้เนื่องจากเอทั้งสองสายพันธุ์มีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน (**symbiosis relationship**) นั่นเอง ในความเป็นจริงแล้วในหัวเชื้อผสมนี้จำนวนเชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะมีการเพิ่มจำนวนมากกว่า *Lactobacillus* ***bulgaricus*** เนื่องมาจากเชื้อ ***Lactobacillus bulgaricus*** จะย่อยโปรตีนแล้วให้กรดอะมิโนพวก valine, glycine และ histidine ออกมาในนม ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อ *Streptococcus therrnophilus* อีกต่อหนึ่ง

ในการสร้างสารให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตโดยหัวเชื้อสายพันธุ์ผสม พบว่าเชื้อ **Streptococcus therrnophilus** จะสร้างกรดฟอร์มิคออกมา ซึ่งเชื้อ ***Lactobacillus*** *bulgaricus* จะนำกรดฟอร์มิคนี้ไปใช้ในการสร้างสารที่ให้กลิ่นรสรวมทั้ง acetaldehyde ออกมาด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเชื้อ *Lactobacillus* ***bulgaricus*** นี้เป็นตัวการสำคัญในการสร้างสารที่ให้กลิ่นรสในโยเกิร์ต แต่อย่างไรก็ตาม เชื้อ *Streptococcus thermophilus* ก็สามารถสร้างสารให้กลิ่นรสพวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร Rajabhat University

acetaldehyde ได้ด้วย แต่ปริมาณของ **acetaldehyde** ที่ได้จากเชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของสารดังกล่าวที่ได้จากเชื้อ ***Lactobacillus bulgaricus*** เมื่อการเปลี่ยนแปลงของสารเกิดขึ้นที่อุณหภูมิการหมักปกติประมาณ 40 องศาเซลเซียส

ในระหว่างการหมัก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของเชื้อสายพันธุ์ผสมจะเท่ากับ 40 – 42 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมินี้หัวเชื้อโยเกิร์ตที่ผสมกันสามารถมีกิจกรรมร่วมกันได้สูงสุด เนื่องจากหัวเชื้อทั้งสองชนิดมีอุณหภูมิการหมักที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน คือ ที่อุณหภูมิการหมักเป็น 45 องศาเซลเซียส จะเหมาะสำหรับการสร้างกรดของเชื้อสายพันธุ์ *Lactobacillus bulgaricus* และที่อุณหภูมิ *39* องศาเซลเซียส จะเหมาะสมสำหรับการสร้างกรดของเชื้อสายพันธุ์ *Streptococcus thermophilus*

ดังนั้นสามารถสรุปลักษณะของหัวเชื้อโยเกิร์ต ได้ดังนี้

1) เชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะมีกิจกรรมสูงในการปล่อยกรดแลคติคในช่วงแรกของการหมัก ดังนั้นถ้าสามารถคัดเลือกเชื้อสายพันธุ์นี้ให้สามารถสร้างกรดได้อย่างรวดเร็วจะทำให้สามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก

2) สารอื่น ๆ ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของเชื้อ นอกจากกรดแลคติคแล้วยังมีสารที่มีความสำคัญต่อการสร้างกลิ่นรส (**aroma and flavor**) ของโยเกิร์ตซึ่งสารประกอบเหล่านี้ได้จากหัวเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ จึงจำเป็นต้องให้เชื้อทั้งสองชนิดนี้เจริญในสัดส่วนที่สมดุลกัน

ดังนั้น สิ่งที่สำคัญของหัวเชื้อโยเกิร์ต นอกจากจะให้แบคทีเรียที่มีชีวิตจำนวนมากแล้ว หัวเชื้อยังจำเป็นต้องมีจำนวนเซลล์ที่สมดุลกันอีกด้วย อัตราการถ่ายเชื้อโดยทั่วไปจะใช้ประมาณร้อยละ 2 (v/v) ซึ่งสามารถทำให้การหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ภายใน 4 ชั่วโมง เพื่อให้นมมีจำนวนเชื้อแลคติค (30 – 40) x 10^6 เซลล์ / มิลลิลิตร การเลี้ยงเชื้อทั้งสองชนิดแยกกันจะเจริญได้ดีที่สุด แล้วจึงผสมกันเป็นหัวเชื้อก่อนการใช้ แต่ในทางปฏิบัติจะนิยมใช้หัวเชื้อผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* เท่ากัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

11. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของการหมักโยเกิร์ต

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของการหมักโยเกิร์ตเกิดจากเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ของ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ที่เป็นหัวเชื้อ ซึ่งประกอบด้วยปฏิกิริยาหลายชนิด รวมทั้งการย่อยสลายสารอาหารที่มีอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อและในวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอันได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และสารอื่น ๆ ให้มีโมเลกุลเล็กลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีความสำคัญต่อกลิ่นรส และคุณสมบัติต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต หัวเชื้อโยเกิร์ต *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* จะเจริญเติบโตร่วมกันในนม โดยในระยะแรก *Streptococcus thermophilus* จะเจริญได้เร็วกว่า *Lactobacillus bulgaricus* หลังจากนี้ *Lactobacillus bulgaricus* จะเจริญเติบโตขึ้นมาและผลิตกรดอะมิโนพวกไกลซีน (glycine) ฮีสทีดีน (histidine) และวาลีน (valine) ที่จะกระตุ้นให้ *S. thermophilus* เจริญเติบโตดีและเปลี่ยนแลกโทสให้เป็นกรดแลกทิก กล่าวคือ หัวเชื้อโยเกิร์ตทั้งสองนี้จะได้พลังงานจากการย่อยแลกโทสที่มีอยู่ในรูปนมโดยการย่อย แลกโทสจะเกิดขึ้นภายในเซลล์ของหัวเชื้อโยเกิร์ตทั้งสอง โดยการนำแลกโทสผ่านผนังเซลล์ของหัวเชื้อทั้งสอง ซึ่งสันนิษฐานว่าอาศัยเอนไซม์ กาแลกโทสไซด์ เพอร์มีเอส (galactoside permeate) จากนั้นเอนไซม์บีตา – ดี – กาแลกโทซิเดส (B – D – galactosidase, B – gal) จะย่อยแลกโทสภายในเซลล์ให้เป็นดี – กลูโคสกับ ดี – กาแลกโทส ซึ่งกลูดคสที่ได้นี้จะเปลี่ยนเป็นกรดไพรูวิกและกรดแลกทิก ในที่สุดอยู่ภายในเซลล์ของหัวเชื้อทั้งสอง ในขณะเดียวกันเอนไซม์บีตา – ดี ฟอสดพกาแลกโทซิเดส (B – D – phosphogalactosidase, B – Pgal) จะย่อยแลกโทสให้เป็นดีกลูโคส และดี – กาแลกโทส – 6 – ฟอสเฟต (D – galactose – 6 – phosphate) ซึ่ง ดี – กลูโคสจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกต่อไป

12. การสร้างกรดแลคติก

กรดแลคติกมีความสำคัญต่อกลิ่นรสและการเกิดเจลของโยเกิร์ต โดยทำให้โยเกิร์ตมีรสเปรี้ยวแหลมและย่อยเคซีนไมเซลล์ (casein rnicelles) ทำให้เคซีนตกตะกอนที่พีเอช 4.6 – 4.7 ตลอดจนทำให้โยเกิร์ตเกิดเจล ซึ่งหัวเชื้อโยเกิร์ต *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* จะย่อยแลกโทสเป็นกรดไพรูวิก (Pyruvic acid) ตามวิถีไกลโคลิซิส และอาศัยเอนไซม์แลกเทตดีไฮโดรจีเนส (lactate dehydrogenase, LDH) เปลี่ยนกรดไพรูวิกให้เป็นกรด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

แลคติก โดยทั่วไปในการหมักโยเกิร์ต ให้เป็นกรดแลคติก โดยทั่วไปในการหมักโยเกิร์ต หัวเชื้อโยเกิร์ตส่วนที่เป็น *Streptococcus thermophilus* จะให้ กรดแลคติกโดยทั่วไปในการหมักโยเกิร์ตหัวเชื้อโยเกิร์ตส่วนที่เป็น *Streptococcus thermophilus* จะให้ กรดแลคติกในรูป *L* (+) ขณะที่ *Lactobacillus bulgaricus* จะให้กรดแลคติก ในรูป *D* (-) อย่างไรก็ตามในการหมักโยเกิร์ต *S. thermopilus* จะเจริญได้เร็วกว่า *Lactobacillus bulgaricus* ดังนั้น *L* (+) lactic acid จะเกิดขึ้นก่อน D (-) lactic acid เหตุนี้เปอร์เซ็นต์ของกรดแลคติกในรูปไอโซเมอร์ (isomers) ต่าง ๆ ในโยเกิร์ตสามารถช่วยสรุปสภาพของการหมักที่เกิดขึ้นได้ดังนี้ คือ ถ้าโยเกิร์ตมี L (+) lactic aicd มากกว่าร้อยละ 70 แสดงว่าหัวเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้ส่วนใหญ่ เป็น *Streptococcus thermophilus* หรืออุณหภูมิการหมักเกิดขึ้นที่ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส ถ้าโยเกิร์ตมี D (-) lactic acid มากกว่า L (+) lactic acid แสดงว่าบ่มหัวเชื้อที่อุณหภูมิ ค่อนข้างสูง คือสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส หรือหมักเป็นเวลานานเกินไป ทำให้ได้โยเกิร์ตที่ความเป็นกรดสูง หรือหัวเชื้อมี *Lactobacillus bulgaricus* มากกว่า *Streptococcus thermophilus* โดยทั่วไปโยเกิร์ตจะมีกรดแลคติกอยู่ในรูป L (+) ประมาณร้อยละ 45 – 60 และในรูป D (-) ประมาณร้อยละ 40 – 55 ซึ่งอัตราส่วนของ L (+) : D (-) จะใช้ในการประเมินคุณภาพของโยเกิร์ต โดยพบว่าโยเกิร์ตที่จำหน่ายในท้องตลาด มีค่า 0.35 (เปรี้ยวมาก) ถึง 8.285 (มีกรดแลคติกที่เป็น L (+) เด่น) ซึ่งโยเกิร์ตที่ดีควรมีอัตราส่วนนี้เป็น 2 อย่างไรก็ตามการประเมินคุณภาพโยเกิร์ตโดยวิธีนี้ขึ้นกับรสนิยมของผู้บริโภคในแต่ละท้องถิ่น

13. การสร้างสารให้กลิ่นรส

หัวเชื้อโยเกิร์ตจะสร้างสารประกอบที่ให้กลิ่นรสต่าง ๆ ซึ่งตัวที่เป็นสารประกอบหลักที่สำคัญคือ กรดแลคติก สารประกอบคาร์บอนิล อะเซทัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล อะซีโตน อะซีตอย และพบว่าระดับของอะเซทัลดีไฮด์ในโยเกิร์ตสูงขึ้นเมื่อใช้หัวเชื้อผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* จะเห็นได้จากตารางที่ *4*

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4 ปริมาณของสารประกอบคาร์บอนิล (พีพีเอ็ม) ที่สร้างขึ้นจากหัวเชื้อโยเกิร์ต

จุลินทรีย์	Acetaldehyde	Acdtone	Acetion	Diacetyl
Streptococcus thermophilus	1.0 – 8.3	0.2 – 5.2	1.5 – 7.0	0.1 – 12.0
Lactobacillus bulgaricus	1.4 – 12.2	0.3 – 3.2	Trace – 2.0	0.5 – 13.0
Mixed cultures	2.0 – 41.0	1.3 – 4.0	2.2 – 5.7	0.4 – 0.9

หัวเชื้อโยเกิร์ต *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* จะเจริญเติบโตอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพากัน โดย *Lactobacillus bulgaricus* จะเจริญเติบโตสร้างไกลซีน ฮีสทีดีนและวาลินช่วยกระตุ้นให้ *Streptococcus thennophilus* เจริญเติบโตดีและย่อยแลกโทสในนมเป็นกรดไพรูวิก ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นไดอะเซทิลในที่สุด นอกจากนี้ *Streptococcus thermophilus* ยังช่วยกำจัดออกซิเจนออกจากนม ช่วยทำให้มีสภาวะการหมักเป็นไมโครแอโรฟิลิก การเจริญเติบโตจะเกิดเรื่อยไปจนกระทั่งสภาพกรดมีพีเอช 5.5 ก็จะมีสารอาหารที่เหมาะแก่การเจริญของ *Lactobacillus bulgaricus* ต่อไป กล่าวคือ *Streptococcus thermophilus* จะผลิตกรดฟอร์มิค (formic acid) ออกมาซึ่ง *Lactobacillus bulgaricus* จะนำกรดฟอร์มิคนี้ไปใช้ในการสร้างสรรให้กลิ่นรสรวมทั้งอะเซทัลดีไฮด์ จึงนับว่า *Lactobacillus bulgaricus* เป็นตัวการสำคัญในการสร้างสารให้กลิ่นรสแก่โยเกิร์ต อย่างไรก็ตาม *Lactobacillus bulgaricus* ก็สามารถสร้างสารให้กลิ่นรสพวกอะเซทัลดีไฮด์ ได้เช่นกัน แต่เป็นปริมาณน้อยกว่าที่ได้จาก *Lactobacillus bulgaricus* ตรงกันข้ามที่ 40 องศาเซลเซียส *Streptococcus thermophilus* สร้างกรด แลคติกได้มากกว่า *Lactobacillus bulgaricus*

อย่างไรก็ตาม โยเกิร์ตที่มีกลิ่นรสที่ดีต้องมีอะเซทัลดีไฮด์และไดอะเซทิลรวมอยู่ด้วย พบว่าระดับของไดอะเซทิลจะสูงขึ้นเมื่อมีเชื้อ *Streptococcus lactis* vas. *Diacetylactis* ผสมอยู่ในหัวเชื้อและพบว่าปริมาณอะเซทัลดีไฮด์ ที่มีในโยเกิร์ตขึ้นอยู่กับชนิดของนมที่ใช้ (เช่น นมพร่องไขมัน นมเต็มรูป ฯลฯ) การให้ความร้อน และชนิดของนมที่ได้จากสัตว์ต่าง ๆ กัน โดยนมวัวจะให้ปริมาณของอะเซทัลดีไฮด์มากที่สุด แต่ถ้าหากโยเกิร์ตมีอะเซทัลดีไฮด์ เพียง 7 พีพีเอ็ม จะไม่เพียงพอแก่การให้กลิ่นรสแก่โยเกิร์ต ซึ่งโยเกิร์ตที่จะมีกลิ่นรสดี ควรมีปริมาณอะเซทัลดีไฮด์ 23 – 41 พีพีเอ็ม คิดเป็นสัดส่วนของสารประกอบที่ให้กลิ่นรสทั้งหมด

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี Rajabhat University

ระดับของสารให้กลิ่นรสต่าง ๆ ที่ได้ขึ้นกับเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์สารประกอบคาร์บอนิลจากองค์ประกอบที่มีอยู่ในนม ซึ่งองค์ประกอบของนมที่สำคัญในการสร้างอะเซทัลดีไฮด์ คือ น้ำตาลนมแลกโทส (โดยเฉพาะในส่วนของกลูโคส) กรดอะมิโนในพวกทรีโอนีน (threonine) โดยอาศัยเอนไซม์แอลดีไฮด์ดีไฮโดรจีเนส (aldehyde dehydrogenase) และแอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehydrogenase) ตามลำดับส่วนการเกิดอะเซทัลดีไฮด์จากทรีโอนีน เกิดจากเอนไซม์ทรีโอนีนแอลโดเลส (threonine aldolase) ซึ่งจะเกิดใน lactobacilli มากกว่า streptococci และการเปลี่ยนแปลงจากเมทิโอนีนเป็นอะเซทัลดีไฮด์ จะเกิดในเชื้อ *Streptococcus thermophilus* เท่านั้น

นอกจากนี้หัวเชื้อโยเกิร์ตยังมีคุณสมบัติเป็นโปรทีโอไลติกย่อยโปรตีนในนมให้เป็นเพปไทด์ และกรดอะมิโนต่าง ๆ ที่เป็นพรีเคอร์เซอร์เกิดเป็นสารให้กลิ่นรสต่าง ๆ ที่มักเกิดจาก Lactobacillus bulgaricus และยังมีคุณสมบัติเป็นลิโพไลติกย่อยไขมันให้เป็นกรดระเหย (volatile acid) ที่ให้กลิ่นรสต่าง ๆ แก่โยเกิร์ต

14. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของหัวเชื้อ (factors affecting starter growth)

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของหัวเชื้อจะช่วยให้การผลิตผลิตภัณฑ์นมหมักมีคุณภาพตามที่ต้องการ ปัจจัยดังกล่าวได้แก่

14.1 องค์ประกอบของนม (milk ingredients)

เนื่องจากนมดิบมีสารยับยั้งต่อการเจริญของหัวเชื้อแลคติก ได้แก่ แลคโทเปอร์ออกไซด์ แอคกลูนิน และไลโซไซม์ สารเหล่านี้มีอยู่ในนมทุกชนิดและแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ (breed) ของสัตว์ที่ให้นมและฤดูกาล (season) ที่รีดนม คุณสมบัติในการยับยั้งของสารเหล่านี้จะลดลงเมื่อได้รับความร้อน เช่น เมื่อนมผ่านการพาสเจอไรซ์ที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วินาที สารยับยั้งธรรมชาตินี้จะถูกทำลายอย่างสิ้นเชิง นอกจากนี้การเจริญของหัวเชื้อในนมที่ผ่านความร้อนจะดียิ่งขึ้นเนื่องจากเกิดการย่อยสลายเคซีนบางส่วนให้ sulfhydryl groups และเกิด formate จากน้ำตาลแลคโตส เชื้อ lactic acid bacteria สามารถกรดได้เร็วเมื่อใช้น้ำนมที่ถูกทำให้ร้อนที่ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือ 16

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

องศาเซลเซียส 15 นาที หรือ 121 องศาเซลเซียส 10 นาที สายพันธุ์ที่ทำให้กลิ่นรสของเชื้อ *Leuconostoc cremocis* จะเจริญได้ดีในนมที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ในการฆ่าเชื้อนมที่ผ่านกระบวนการยูเอชที (UHT : ultra high temperature treatment) ซึ่งเป็นวิธีการยืดอายุการเก็บของนมอย่างหนึ่งกำลังเป็นที่น่าสนใจในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นมหมัก (cultured dairy product) เนื่องจากการเจริญของหัวเชื้อแลคติกในนมยูเอชทีอยู่ในระดับที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญของเชื้อในนมที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบอื่น ๆ

นมที่ได้จากสัตว์ที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ เรียกว่า mastitis milk ทำให้เชื้อเจริญได้ไม่ดี เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี กล่าวคือความเข้มข้นของน้ำตาลแลคโตสและโปรตีนที่ไม่ย่อยสลาย (unhydrolyzed) ลดลง ปริมาณคลอรีนสูงขึ้น และ pH สูงกว่านมทั่วไป นอกจากนี้ปริมาณเม็ดเลือดขาว (leucocyte) ที่มีอยู่ในนมดังกล่าวยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย แต่การให้ความร้อนแก่นมจะทำให้เชื้อแลคติกเจริญได้ดีเหมือนเดิม

ส่วนน้ำนมน้ำเหลือง (colostum) และน้ำนมที่ได้จากแม่วัวในช่วงปลายของระยะให้นม (latelactation milk) ก็หลีกเลี่ยงการใช้เนื่องจากจะไปทำให้หัวเชื้อสร้างกรดได้ลดลง

นอกจากนี้ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (solids – not – fat) ที่ฤดูกาลของการรีดนมแตกต่างกันมีผลทำให้การเจริญและสมดุลของสายพันธุ์ในหัวเชื้อที่แตกต่างกันด้วย โดยทั่วไปแล้วนมที่มีปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในระดับสูง จะส่งผลต่อการเจริญของเชื้อแลคติกที่ดีกว่าในนมที่มีปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในระดับต่ำ

14.2 จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน (Contamhating microorganisms)

โดยทั่วไปจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมีผลต่อการเจริญของเชื้อแลคติกก่อนการย่อยสลายขององค์ประกอบนม การเติมเชื้อจุลินทรีย์พวกที่สามารถเจริญในอุณหภูมิต่ำ (psychrophic organisms) ในนมก่อนจะช่วยเสริมการสร้างกรดของ ***Streptococcus*** *thermophilus, Lactobacillus bulgaricus, Streptococcus lactis* และ *Streptococcus cremoris* อย่างไรก็ตาม การแยกเอาเชื้อจุลินทรีย์ที่เติมลงไปในช่วงต้นออกไปก่อนเป็นสิ่งจำเป็นต้องกระทำเพื่อให้เกิดการสร้างกลิ่นรสของเชื้อแลคติกเป็นไปด้วยดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

1.4.3 สารปฏิชีวนะและสารเคมี (Antibiotics and chemicals)

สารปฏิชีวนะต่าง ๆ ที่ให้แก่สัตว์ในระหว่างการติดเชื้อ อาจตกค้างอยู่ในนมได้ สารเหล่านี้จะยับยั้งการสร้างกรดได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อแบคทีเรีย รวมทั้งชนิดและปริมาณของสารปฏิชีวนะที่มีอยู่ เช่น ถ้าในนมที่มีเพนนิซิลิน (penicillin), ออริโอมัยซิน (aureomycin), เทอร์รามัยซิน (terramycin) หรือสเตรปโตมัยซิน (streptomycin) ที่ระดับความเข้มข้น 0.005 – 0.05 หน่วย (International Units) ต่อมิลลิลิตร จะสามารถยับยั้งประสิทธิภาพการหมักของหัวเชื้อทั้งหมดหรือบางส่วนได้ ดังนั้นจึงควรใช้หัวเชื้อที่มีประสิทธิภาพต้านทานสารปฏิชีวนะรวมทั้งอาจเติมสารต่าง ๆ เช่น สารสกัดจากตับอ่อน (pancreatic extract) หรือเอนไซม์เหมือนเพนนิซิลลิเนส (enzymes like penicillinase) รวมลงไปด้วย อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติมักจะตรวจสอบและหลีกเลี่ยงการใช้นมที่ผลการทดสอบพบว่ามีสารปฏิชีวนะตกค้างอยู่ วิธีการทดสอบสารปฏิชีวนะที่รวดเร็วจะอาศัยหลักการที่ว่า ถ้ามีสารปฏิชีวนะตกค้างอยู่เพียงเล็กน้อยมากจะสามารถยับยั้งการผลิตกรดแลคติกของเชื้อ *Bacillus stearothermophilus* var. calidolactis ในเวลา 2.5 ชั่วโมง

ส่วนสารเคมีที่ตกค้าง เช่น Quaternary ammonium compound และคลอรีนที่ใช้ในการสุขาภิบาลโรงงานจะทำให้การสร้างกรดของหัวเชื้อลดลง สารเหล่านี้แม้มีความเข้มข้นเพียง 1 – 5 พีพีเอ็ม (ppm : หนึ่งส่วนในล้านส่วน) ก็มีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (bactericidal) ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องระมัดระวังเมื่อใช้สารเหล่านี้ในโรงงาน นอกจากนี้กรดไขมัน (C – 10 ถึง C – 16) ก็มีความสามารถในการยับยั้งหัวเชื้อเช่นเดียวกัน

มีรายงานว่า ยาฆ่าแมลงแทบจะไม่มีผลต่อความสามารถในการหมักของเชื้อแลคติก แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาผลกระทบของยาฆ่าแมลงต่อหัวเชื้อยังคงต้องดำเนินต่อไป

1.4.4 การเปลี่ยนพฤติกรรมการหมัก (Change in fermentation behavior)

หลังจากการใช้หัวเชื้ออย่างต่อเนื่อง หัวเชื้ออาจเปลี่ยนกิจกรรมการหมักและให้ปริมาณกรดแลคติกลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมจากสิ่งแวดล้อม

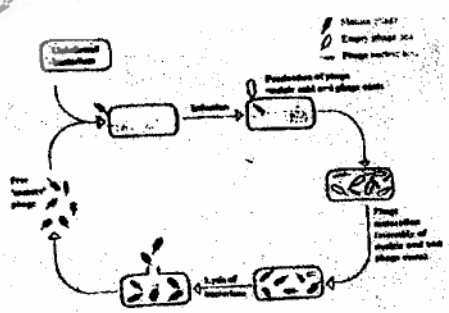
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เมื่อใช้จุลินทรีย์แช่แข็ง หรือ lyophiluized ในการเตรียมหัวเชื้ออาจทำให้ความสามารถในการผลิตกรดลดลงอย่างมาก การใช้สารเคมีต่าง ๆ เช่น กลีเซอรีน อไซด์ (azide) และน้ำตาลซูโครส สามารถทำให้ความสามารถในการผลิตกรดกลับคืนมา อย่างไรก็ตามการผลิตกรดจะถูกกระตุ้นให้เพิ่มขึ้นโดยสารสกัดจากตับอ่อนในระดับความเข้มข้น 0.25 % ก็ได้

14.5 กิจกรรมของ phage (Phage action)

การเข้าทำลายของไวรัสพวก bacteriophages หรือ phages เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เชื้อแลคติกผลิตกรดได้ช้าลง ทั้งนี้เพราะเมื่อ phage ซึ่งแพร่ (infect) เข้าไปอยู่ในเซลล์แบคทีเรียแล้วเพิ่มจำนวนขึ้นจนถึงระดับสูงสุด phage เหล่านั้นจะทำการย่อยสลายเซลล์แบคทีเรียทำให้เซลล์แบคทีเรียแตก โดย phage แบคทีเรียที่ต้านทาน phage ได้ การหมักจึงจะดำเนินต่อไปได้

Phage เป็นไวรัสสายพันธ์เฉพาะ (strain specific viruses) ประกอบด้วยหัว (ความกว้าง 70 นาโนเมตร) และหาง (200 นาโนเมตร x 30 นาโนเมตร) phage เข้าทำลายเชื้อ *streptococci* และเชื้อ *lactobacilli* โดยยึดหางติดกับผนังเซลล์ของแบคทีเรีย แล้วส่ง *DNA* จากส่วนหัวของ phage เข้าไปยังเซลล์ จากนั้นจึงสังเคราะห์ phage ใหม่ขึ้นภายในเซลล์แบคทีเรีย และเมื่อ phage เพิ่มจำนวนได้สูงสุดแล้วจะทำการย่อยเซลล์แบคทีเรียออกมา ตามปกติจะปล่อย phage ใหม่ออกมาถึง 200 อนุภาค ซึ่งจะเข้าทำลายย่อยเซลล์แบคทีเรียต่อไป สำหรับวงจรการทำงานของ phage ดังที่กล่าวมาแล้วจะแสดงอยู่ในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 วงจรการเข้าทำลายแบคทีเรียของ bacteriophage

ที่มา : Hayes (1981)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เราสามารถควบคุม phage ในโรงงานนมหมักได้โดยใช้คลอรีน 200 – 300 พีพีเอ็ม ทำความสะอาดเครื่องมือการแปรรูปรวมทั้งทำการรมห้องเตรียมด้วยคลอรีน 500 – 1,000 พีพีเอ็ม นอกจากนี้การให้ความร้อนนม (75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรือ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที) ก็เพียงพอต่อการทำลาย phages ต่าง ๆ ที่ทำลาย lactic acid bacteria ได้ อย่างไรก็ตามก็ต้องอาศัยวิธีการอื่น ๆ ที่เหมาะสมร่วมด้วย เช่น การสุขาภิบาลที่ดี การคัดเลือกเชื้อ การหมุนเวียนเชื้อ (culture rotation) เป็นต้น ซึ่งจะสามารถลดปัญหาที่เกิดจาก phage ได้ โดยทั่วไปนิยมใช้เชื้อที่มีความสามารถในการต้านทานการทำลายของเชื้อไวรัสและมักเป็นหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมด้วย

15. การเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์

ในการศึกษาเชื้อบริสุทธิ์ จะต้องมีวิธีเก็บรักษาเชื้อนี้ให้มีชีวิตรอดอยู่ ซึ่งในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่จะมีหน่วยเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์ การเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์มีหลายวิธี ซึ่งเลือกวิธีใดก็ขึ้นอยู่กับแรงงาน ค่าใช้จ่าย เครื่องมือ คุณค่าและประโยชน์ของเชื้อ เป็นต้น

วิธีการเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์ มีดังต่อไปนี้

15.1 การถ่ายเชื้อไปสู่อาหารใหม่

เชื้อแบคทีเรียจะเก็บไว้ในอาหารระยะเวลาหนึ่ง แล้วเปลี่ยนอาหารใหม่ ระยะเวลาในการย้ายเชื้อขึ้นกับชนิดของเชื้อ อาจเก็บไว้ได้หลายสัปดาห์หรือหลายเดือน นอกจากนี้มักเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อให้เชื้อลดการเจริญเติบโต (ตารางที่ 5)

ดังนั้นการเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์โดยวิธีนี้ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บ ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ และช่วงเวลาในการเปลี่ยนอาหาร เพราะต้องการใช้อุณหภูมิและชนิดของอาหารที่ทำให้เชื้อบริสุทธิ์นั้นเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ มากกว่าที่จะทำให้เจริญอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ระยะเวลาในการย้ายเชื้อยาวนานที่สุด

วิธีการเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์โดยการถ่ายเชื้อไปสู่อาหารใหม่ มีข้อเสียเปรียบที่ไม่อาจป้องกันการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสายพันธุ์ได้เพราะอาจเกิดการกลายพันธุ์หรือการผ่าเหล่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 5 แสดงช่วงเวลาการถ่ายเชื้อ เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อต่าง ๆ

แบคทีเรีย	อาหารเลี้ยงเชื้อ	ช่วงเวลาการถ่ายเชื้อ	อุณหภูมิในการเจริญ (°C)	อุณหภูมิที่เก็บเชื้อ (°c)
Neisseria spp.	Cystine trypticase agar	1 เดือน	35	35
Bacillus spp.	Nutrient agar	12 เดือนหรือมากกว่า	28	10
Pseudomonas spp.	Nutrient agar	3 เดือน	28	10
Clostridium spp.	cooked meat medium	6 เดือนหรือมากกว่า	28	อุณหภูมิห้อง
Mycobacterium spp.	glycerol ager	4 เดือน	30	10

ที่มา : นงลักษณ์ และปรีชา. (2539)

15.2 ปิดทับด้วยน้ำมันแร่

แบคทีเรียที่เจริญอยู่บนอาหารวุ้นผิวเอียง (agar slant) จะถูกปิดทับด้วยน้ำมันแร่ที่ปราศจากเชื้อหนาประมาณครึ่งนิ้ว โดยวิธีนี้สามารถเก็บรักษาเชื้อไว้ได้เป็นปี ๆ การเก็บรักษาเชื้อโดยวิธีนี้มีข้อดี คือ สามารถเขี่ยเชื้อออกมาใช้ศึกษาหรือนำไปเลี้ยงต่อได้โดยใช้เข็มที่ปราศจากเชื้อเขี่ยออกมา และยังเก็บเชื้อหลอดเดิมไว้ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

15.3 ไลโอฟิไลเซชัน (Lyophilization)

ไลโอฟิไลเซชันเป็นการทำให้เชื้อแห้งโดยเร็วในสภาพเย็นจนแข็ง (freeze – dry) วิธีนี้ทำได้โดยบรรจุเชื้อในหลอดแก้วขนาดเล็ก ทำให้เย็นจัดจนแข็งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ - 60 องศาเซลเซียส ถึง - 78 องศาเซลเซียส โดยจุ่มหลอดลงในน้ำแข็งแห้งที่แช่อยู่ในแอลกอฮอล์และต่อเข้ากับท่อดูดอากาศ ทำให้เกิดสภาพสุญญากาศขึ้นภายในหลอด น้ำแข็งในหลอดจะระเหิดออกไปและเชื้อจุลินทรีย์จะแห้งสนิท ปิดปากหลอดโดยใช้ไฟลนให้ปากหลอดหลอมติดกัน ข้อดีของวิธีนี้ คือ เก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์ไว้ได้นานมากโดยที่เชื้อยังมีชีวิตอยู่และไม่เปลี่ยนแปลงลักษณะพันธุกรรมและยังใช้เนื้อที่ในการเก็บน้อย แต่วิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายสูงมาก เหมาะสำหรับห้องปฏิบัติการขนาดใหญ่

15.4 การเก็บรักษาเชื้อไว้ที่อุณหภูมิต่ำมาก (frozen starter)

การเก็บรักษาเชื้อไว้ที่อุณหภูมิต่ำมาก เช่น การเก็บเชื้อไว้ในไนโตรเจนเหลว ซึ่งมีอุณหภูมิ - 196 องศาเซลเซียส เป็นวิธีที่เก็บรักษาเชื้อไว้ได้นาน โดยวิธีนี้เซลล์จะถูกเตรียมไว้เป็นซัสเพนชันที่เข้มข้นอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารป้องกันอันตรายให้แก่เซลล์อันจะเกิดจากผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้น สารนั้นได้แก่ กลีเซอรอล หรือไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide, DMSO) เซลล์ซัสเพนชันจะเก็บไว้ในขวดเล็ก ๆ ที่ปิดผนึก และแช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -150 องศาเซลเซียสแล้วจึงเก็บขวดเหล่านั้นไว้ในถังที่มีไนโตรเจนเหลว (- 196 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นถังขนาดใหญ่ที่มีสภาพเป็นสุญญากาศ

วิธีใช้ไนโตรเจนเหลวได้ผลดีกับเชื้อหลายชนิดที่ไม่สามารถเก็บรักษาไว้ด้วยวิธีไลโอฟิไลเซชัน และเชื้อส่วนใหญ่จะยังมีชีวิตอยู่ได้นานตั้งแต่ 10 – 30 ปี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะ อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาโดยวิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายแพง เนื่องจากต้องมีการเติมไนโตรเจนเหลวเป็นระยะ ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี Rajabhat University

16. **การเตรียมหัวเชื้อ (Starter preparation)**

ในสหรัฐอเมริกานิยมใช้หัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็ง (frozen culture concentrates) อย่างแพร่หลาย เราสะดวกในการใช้ในโรงงานหมักนม อย่างไรก็ตามการอบรมพนักงานและให้ความรู้ในด้านหัวเชื้อแลคติกก็ยังมีความจำเป็น โดยเฉพาะประเทศที่ยังไม่ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านหัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็งอย่างเต็มที่ หรือในบางโรงงานที่ยังต้องซื้อหัวเชื้อชนิดดังกล่าวจากผู้จำหน่ายก็จำเป็นต้องพัฒนาผู้เชี่ยวชาญด้านจุลินทรีย์ในการเพิ่มจำนวนหัวเชื้อ การเก็บรักษา และการควบคุมหัวเชื้อแลคติกเพื่อให้การหมักเป็นไปตามที่ต้องการ

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของ phage มักเตรียมจากน้ำหางนม (whey) ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้คือ นมผงขาดมันเนย น้ำหางนม ทั้งนี้เพื่อปรับให้ปริมาณของแข็งในนมอยู่ร้อยละ 9 – 10 และสารอื่น ๆ ที่ผสมต้องปราศจากสารที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อ ซึ่งได้แก่ คลอรีน ไอโอดีน และสารประกอบ quaternary ammonium รวมทั้งสารปฏิชีวนะ และ phage ดังที่ได้กล่าวถึงมาแล้ว

อาหารเลี้ยงเชื้ออาจซื้อได้จากบริษัทที่จำหน่ายเชื้อ ซึ่งประกอบด้วยหางนมที่กำจัดแร่ธาตุออก นมผงขาดไขมัน ฟอสเฟส ซิเตรท และ growth factors ที่มีอยู่ในสารสกัดของเซลล์ยีสต์ (yeast extracts) โดยฟอสเฟสทำหน้าที่ยึดจับกับประจุแคลเซียม (Ca^{++}) เพื่อยับยั้งการเจริญของ phage ที่ต้องการแคลเซียมในการเจริญของ phage ได้ ส่วนซิเตรทเป็นสารที่ใช้สำหรับผลิตสาร diacetyl และเมื่อร่วมกับฟอสเฟสจะให้สภาพการเป็นบัฟเฟอร์ ซึ่งช่วยรักษาระดับความเป็นกรด – ด่าง (pH) ไม่ให้เปลี่ยนแปลงได้ง่าย

หัวเชื้อที่มีจำหน่ายในปัจจุบันอาจอยู่ในรูปของ lyophilized หรือหัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็งซึ่งอาจบรรจุภายในไนโตรเจนเหลวหรือน้ำแข็งแห้งก็ได้ อย่างไรก็ตามสำหรับหัวเชื้อเข้มข้นที่บรรจุอยู่ในรูปกระป๋อง ซึ่งต้องการเก็บในช่วงเวลาสั้น ๆ เช่น 4 – 6 สัปดาห์ อาจเก็บหัวเชื้อในห้องแช่แข็งพิเศษที่ - 40 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดกว่า ถ้าอัตราการใช้ของเชื้อในโรงงานสูงและมีการหมุนเวียนกระป๋องหัวเชื้อได้เหมาะสม หัวเชื้อแช่แข็งอาจใช้สำหรับเตรียมหัวเชื้อในปริมาณสูงก่อนที่จะผสมเติมลงในถังหมัก ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อหลายขั้นตอนลงในของของผสมผลิตภัณฑ์ (product mixes) ซึ่งประหยัดเวลาโดยไม่ต้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เตรียมหัวเชื้อหลักที่ใช้ (mother cultures) หรือหัวเชื้อที่เติมลงไปในระหว่างการหมัก (intermediate culture) ก็ได้

อย่างไรก็ตาม ในการใช้หัวเชื้อในการหมักควรต้องเข้าใจลักษณะการเจริญเติบโตของเชื้อก่อนเพื่อให้การควบคุมการสร้างกรดและกลิ่นของผลิตภัณฑ์เป็นไปได้ด้วยดีโดยอาศัยการปรับปรุง อัตราการถ่ายเชื้อ (inoculation rate) อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการหมัก รวมทั้งต้องรักษาสมดุลของสายพันธุ์ของเชื้อที่ใช้เพื่อให้ความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiotic relationship) ยังคงอยู่

17. ความบกพร่องของหัวเชื้อ (Starter defects)

การเจริญเติบโตของเชื้อแลคติกอย่างต่อเนื่อง ในระหว่างการหมักนั้นหัวเชื้อยังคงมีกิจกรรมสูงและรักษาคุณสมบัติเฉพาะได้ในช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น ต่อมาเชื้อแลคติกอาจสูญเสียกิจกรรมที่ต้องการอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ขึ้นกับความเข้ากันได้ (compatibility) ของสายพันธุ์และสภาวะแวดล้อมทางกายภาพเป็นสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการหมักจากสภาพปกติเราเรียกว่าความบกพร่องของหัวเชื้อ (starter defects) ซึ่งจะพอแบ่งออกได้ดังนี้

17.1 **การสร้างกรดไม่เพียงพอ (Insufficient development)** เนื่องมาจากปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อดังกล่าวมาแล้ว

17.2 **การสร้างกลิ่นรสที่น้อยลงเกินไปหรือผิดปกติ (Insufficient or abnrmal flavor development)** กรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นจะลด pH จนถึงระดับที่ diacetyl และสารประกอบอื่น ๆ จะถูกสร้างขึ้นในปริมาณที่มากพอในผลิตภัณฑ์นมหมักซึ่งจะช่วยให้มีกลิ่นรสที่ดี ดังนั้นปัจจัยใด ๆ ที่มีผลทำให้การสร้างกรดลดลงจะส่งผลกระทบทำให้การสร้างกลิ่นรสลดลงด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

กลิ่นรสที่ไม่ดี (flavor defects) ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างการหมัก ได้แก่ maltiness, metallic flavor, methyl sulfide flavor, green flavor และ fishy flavor

17.3 การสร้างเมือกและก๊าซ (Ropiness and gassiness) นมที่มีลักษณะเป็นเมือกเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเชื้อ lactic streptococci หรือเนื่องจากมีเชื้อบางสายพันธุ์สามารถสร้างเมือก เช่น *Leuconostoc mesenteroides* ปนเปื้อนลงไป นอกจากนี้เชื้อปนเปื้อนที่เจริญในอุณหภูมิต่ำ เช่น *Alcaligenes visoluctis, Aerobacter aerogenes* และ Pseudomonas ล้วนทำให้เกิดลักษณะที่เป็นความบกพร่องชนิดนี้

การสร้างก๊าซของเชื้อจะทำให้เกิดการสะสมก๊าซระหว่างการหมัก หัวเชื้อที่มีความสามารถในการสร้างก๊าซ ได้แก่ *Streptococcus lactis sub.* sp. Diacetylactis อาจปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาปริมาณมาก นอกจากนี้เชื้อปนเปื้อนในกลุ่มของ Escherichia Enterobactor จะให้ผลต่อการเกิดก๊าซมากที่สุด

17.4 ความขม (Bitterness) ข้อเสียเนื่องมาจากกิจกรรมการย่อยสลายโปรตีนของหัวเชื้อบางสายพันธุ์ ซึ่งพบได้ในเชื้อที่ทำเนยเชดดาร์ (cheddar cheese cultures) และอาจเป็นผลเนื่องมาจากการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียที่ย่อยโปรตีน เช่น Streptococcus liquefaciens และเชื้อที่สร้างสปอร์ ซึ่งโดยทั่วไปการให้ความร้อนนมตามปกติไม่สามารถทำลายได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

1. น้ำนม
2. ทางนมผง (Skime milk)
3. น้ำตาล
4. หัวเชื้อโยเกิร์ตผสม *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* (YC 380)

2. อุปกรณ์ในการผลิต

1. เครื่องปั่นผสมอาหารไฟฟ้า (Blender)
2. เครื่องโอโมจีไนเซอร์
3. Water bath
4. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autocave)
5. ตู้บ่มเชื้อ
6. หม้อสแตนเลส
7. เทอร์โมมิเตอร์

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

1. เครื่องวัด pH
2. Refactometer
3. ชุดอุปกรณ์ในเตรท
4. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เคมีภัณฑ์ และอาหารเลี้ยงเชื้อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4. วิธีการทดลอง

4.1 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อที่แช่แข็ง และที่ผลิตจากเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ

4.1.1 การเตรียมหัวเชื้อโยเกิร์ต

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้หัวเชื้อจาก 2 แหล่ง คือ

1) หัวเชื้อผสมระหว่าง *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ถูกเก็บรักษาโดยวิธีไลโอฟิไลเซชัน โดยใช้อัตราส่วนร้อยละ 0.1 ใน GYP broth ที่ฆ่าเชื้อแล้วที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 – 18 ชั่วโมง (SL) และใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตในอัตราส่วนร้อยละ 2 และ 5 ตามวิธีการทดลอง

2) หัวเชื้อผสมระหว่าง *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* หัวเชื้ออยู่ในรูปของ *Plain* Yogurt (SPY) ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตในอัตราส่วนร้อยละ 2 และ 5 ตามวิธีการทดลอง

4.1.2 การเตรียมโยเกิร์ต

นำน้ำนมที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ มาทำการปรับมาตรฐานให้มีปริมาณของแข็งไม่รวมมันเนย เท่ากับร้อยละ 16 จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องไฮโมจีไนซ์ ที่ 1,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 72 – 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้น้ำนมเย็นจนกระทั่งมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส แล้วจึงเติมหัวเชื้อที่เตรียมไว้ ร้อยละ 2 และ 5 ตามลำดับ แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง วิธีการเตรียมโยเกิร์ตแสดงดังในภาพที่ 3

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม Rajabhat University

น้ำนมดิบผ่านการตรวจสอบคุณภาพ

↓

ปรับมาตรฐานน้ำนม
(ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่มันเนยร้อยละ 16)

↓

โฮโมจิไนซ์ 1,500 – 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

↓

ให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียสนาน 15 วินาที

↓

ทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ← วิเคราะห์ค่าต่าง ๆ
- เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก
- ความเป็นกรด - ด่าง
- ปริมาณของที่ละลายได้

↓

เติมหัวเชื้อสำหรับหมักโยเกิร์ตปริมาณร้อยละ 2 และ 5

↓

บ่มอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียสตามกำหนดระยะเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง

↓

ทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

↓ ← วิเคราะห์ค่าต่าง ๆ
- เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก
- ความเป็นกรด - ด่าง
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

โยเกิร์ต

ภาพที่ 3 แสดงวิธีการเตรียมโยเกิร์ต

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

4.1.3 การวิเคราะห์คุณภาพของโยเกิร์ต

ทำการวิเคราะห์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total **Soluble** Solid, **TSS**) ด้วย refactometer, ปริมาณกรดอยู่ในรูปของกรดแลคติก (**Titratable acidity, TA**) (AOAC, **1986**) และความเป็นกรด – ด่าง โดยใช้ pH **meter**

4.2 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสของนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม

นำโยเกิร์ตที่ได้จากเชื้อ 4.1.2 มาทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยให้ผู้ชิมจำนวน 15 คน โดยกำหนดคะแนนตั้งแต่ 1 – 5 ทำการประเมินผลในด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม (1 = ไม่ชอบ, 2 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 = ชอบเล็กน้อย, 4 = ชอบ และ 5 = ชอบมาก) แล้วนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติด้วยการวิเคราะห์วาเรียนซ์ โดยใช้ **Duncan** Multiple Rang Test แยกความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อที่แช่แข็งและที่ผลิตจากเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธรรมชาติ

1.1 คุณภาพของโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อที่แช่แข็งและหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ (ปริมาณเชื้อร้อยละ 2)

เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ความเป็นกรด - ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อที่แช่แข็ง และหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธรรมชาติ โดยใช้ปริมาณเชื้อร้อยละ 2 ได้ผลดังตารางแสดงในตารางที่ 6

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 6 แสดงเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ความเป็นกรด – ด่างและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 2

เวลา (ชั่วโมง)	Treatment *					
	SL 2			SPY 2		
	TSS (°Brix)	pH	TA (%)	TSS (°Brix)	pH	TA (%)
0	16	6.3	0.35	16	6.3	0.33
2	16	6.2	0.39	16	6.3	0.33
4	14	5.8	0.62	13	6.1	0.42
6	14	5.3	0.86	13	5.2	0.90
8	14	5.1	1.06	13	4.9	1.20
10	14	4.9	1.15	13	4.7	1.44

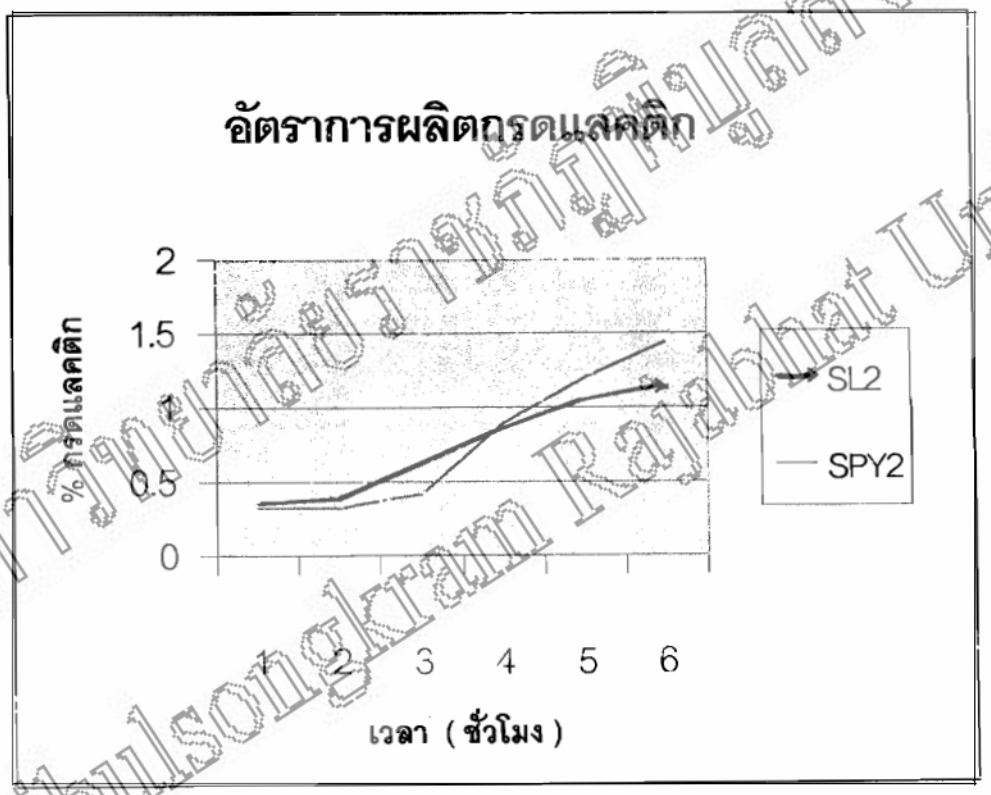
* SL 2 = โยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อแช่แข็งใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 2

SPY 2 = โยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธรรมชาติใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 2

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของโยเกิร์ตจะลดลงหลังการหมัก 10 ชั่วโมง ทั้ง 2 แหล่ง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ ใช้หางนมผงเป็นแหล่งของโปรตีน และแร่ธาตุต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างกรดของเชื้อแบคทีเรียแลคติค (Patal และคณะ, 1980) ส่วนค่าความเป็นกรด – ด่าง ก็จะลดลงเนื่องจากมีการสร้างกรดขึ้นโดยเชื้อโยเกิร์ต ในขณะที่ปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นทั้ง 2 แหล่ง

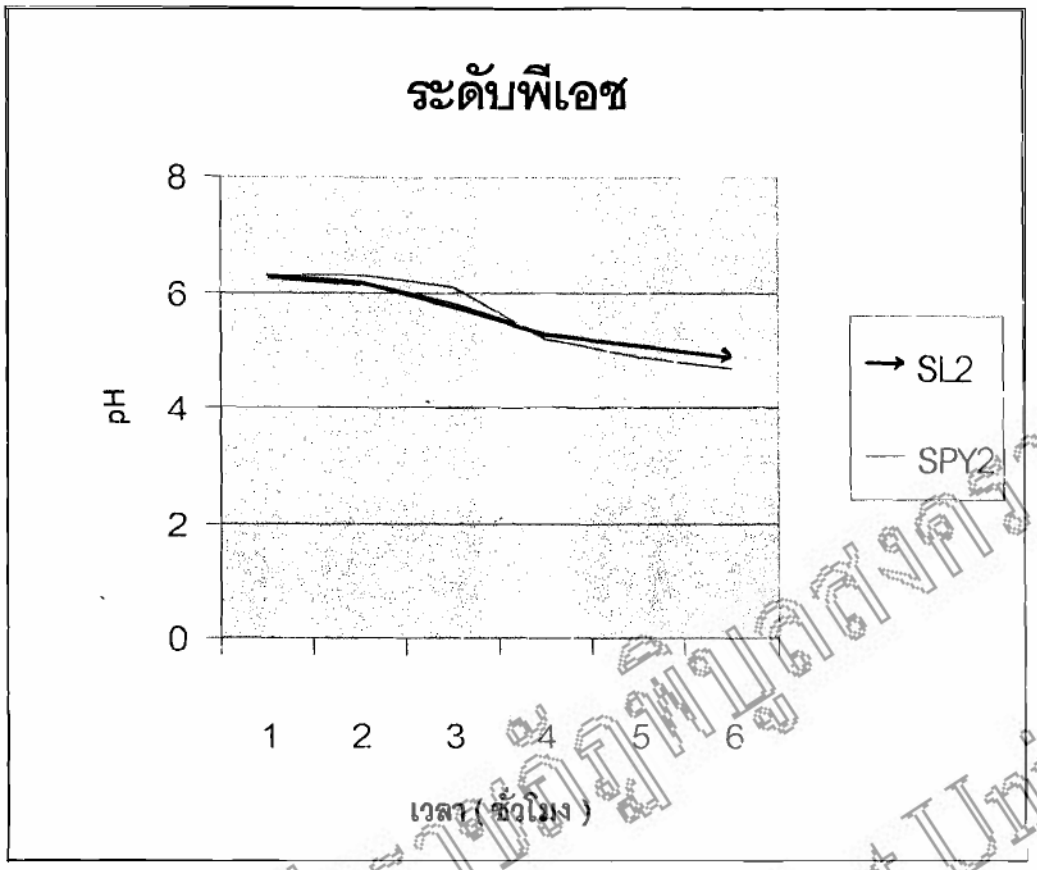
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่า โยเกิร์ตที่ได้หลังจากหมักด้วยหัวเชื้อแช่แข็งจะมีปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติกต่ำกว่าโยเกิร์ตที่หมักด้วยหัวเชื้อที่มีอยู่ในโยเกิร์ตธรรมชาติ โดยที่เวลา 10 ชั่วโมง โยเกิร์ตที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อเชื้อแช่แข็งมีปริมาณกรดเท่ากับ 1.15 ส่วนโยเกิร์ตที่หมักด้วยหัวเชื้อที่มีอยู่ในโยเกิร์ตธรรมชาติมีปริมาณเท่ากับ 1.44 อัตราการผลิตกรดแลคติกและพีเอชของโยเกิร์ตที่หมักด้วยหัวเชื้อแช่แข็งกับหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธรรมชาติ ที่ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 แสดงผลเปรียบเทียบอัตราการผลิตกรดแลคติกของโยเกิร์ตภายหลังจากการหมักด้วยหัวเชื้อระหว่างหัวเชื้อแช่แข็งกับหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 2 ที่เวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



ภาพที่ 5 แสดงผลเปรียบเทียบระดับพีเอชของโยเกิร์ตภายหลังจากการหมักด้วยหัวเชื้อระหว่างหัวเชื้อแช่แข็งกับหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ โดยใช้หัวเชื้อร้อยละ 2 ที่เวลา 0, 2, 3, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง

1.2 คุณภาพของโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อที่แช่แข็งและหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธรรมชาติ (ปริมาณเชื้อร้อยละ 5)

เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ความเป็นกรด – ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อแช่แข็งและหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ โดยใช้ปริมาณเชื้อร้อยละ 2 ได้ผลดังตารางแสดงในตารางที่ 7

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตาราง 7 แสดงเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ความเป็นกรด – ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 5

เวลา (ชั่วโมง)	Treatment *					
	SL 5			SPY 5		
	TSS (°Brix)	pH	TA (%)	TSS (°Brix)	pH	TA (%)
0	16	6.3	0.37	16	6.3	0.33
2	16	6.1	0.47	16	6.3	0.33
4	14	5.4	0.76	12	5.6	0.67
6	14	5.1	[illegible]	12	5.0	1.00
8	14	4.6	[illegible]	12	4.7	1.22
10	14	4.6	1.32	12	4.9	1.48

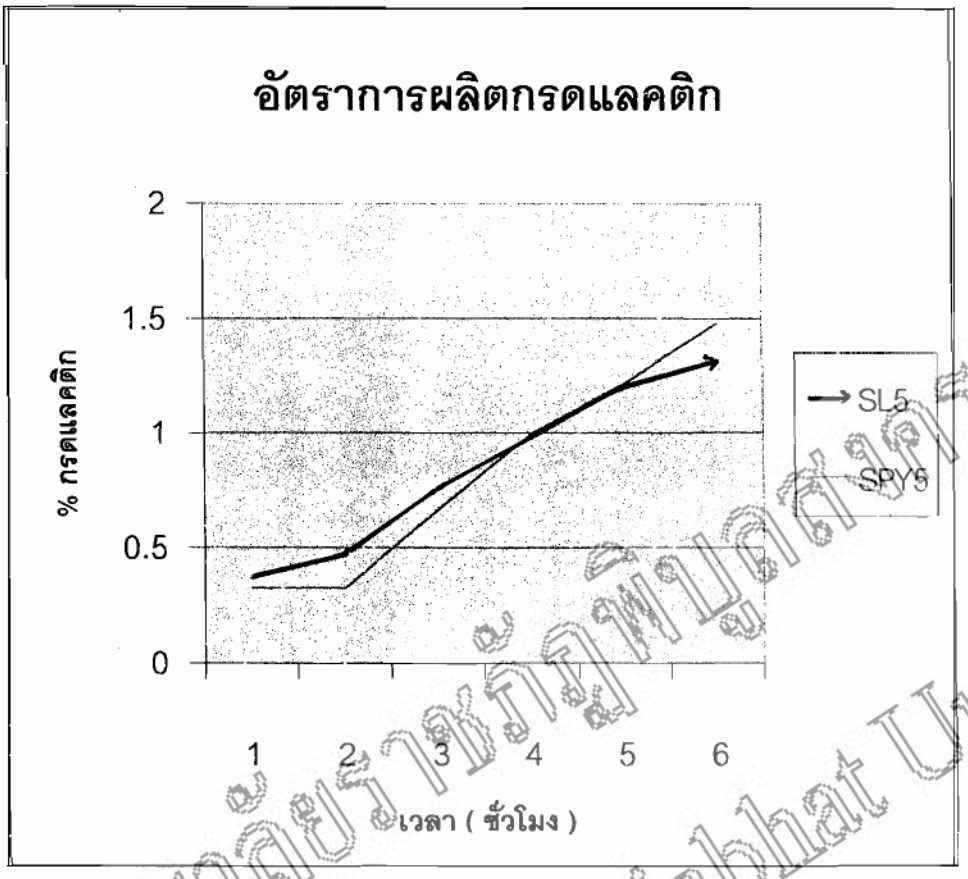
* SL 5 = โยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อแช่แข็งใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 5

SPY 5 = โยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 5

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของโยเกิร์ตจะลดลงหลังจากการหมัก 10 ชั่วโมง ทั้ง 2 แหล่ง ส่วนค่าความเป็นกรด – ด่างก็จะลดลงเช่นกัน ในขณะที่ปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติก จะเพิ่มขึ้นทั้ง 2 แหล่ง

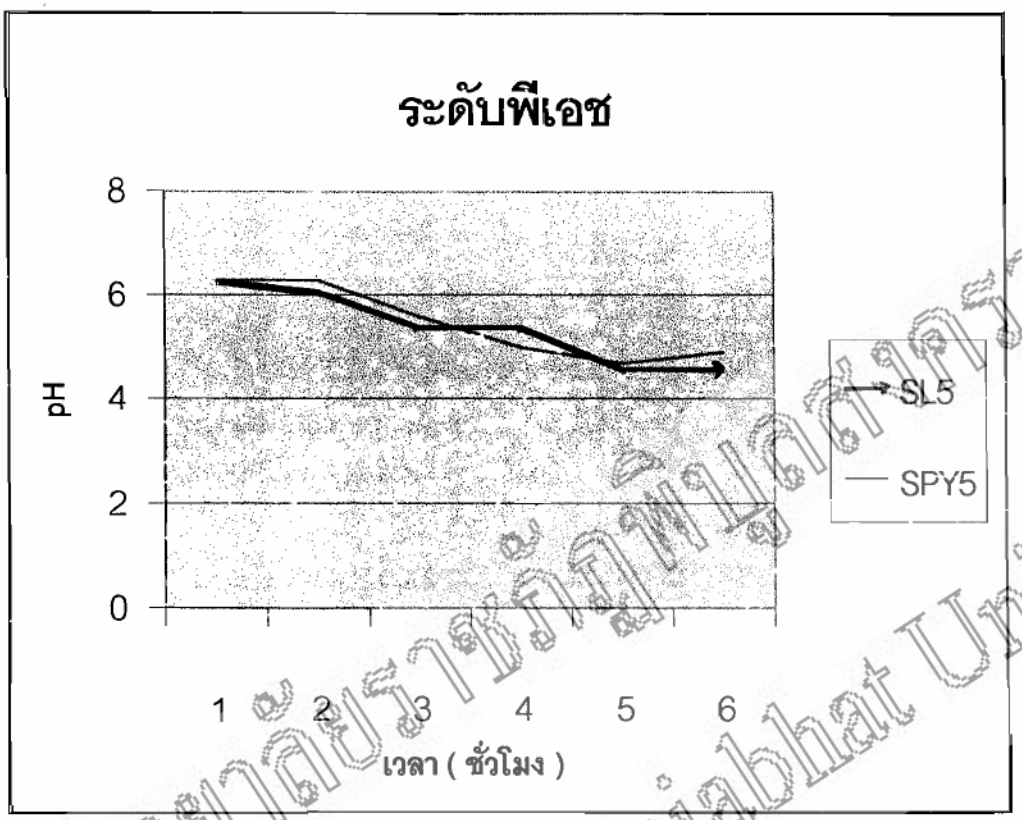
จากผลการศึกษาจะพบว่า โยเกิร์ตที่ได้หลังการหมักด้วยหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ จะมีปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติกสูงกว่าโยเกิร์ตที่หมักด้วยหัวเชื้อแช่แข็ง โดยที่ 10 ชั่วโมง โยเกิร์ตที่ได้จากการหมักด้วยหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ มีปริมาณกรดเท่ากับ 1.48 ส่วนโยเกิร์ตที่หมักด้วยหัวเชื้อแช่แข็งมีปริมาณกรดเท่ากับ 1.32 การผลิตกรดแลคติก และพีเอชของโยเกิร์ตที่หมักโดยหัวเชื้อแช่แข็ง กับหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติที่ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง ดังแสดงภาพที่ 6

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี Rajabhat University



ภาพที่ 6 แสดงผลเปรียบเทียบอัตราการผลิตกรดแลคติกของโยเกิร์ตภายหลังจากการหมักด้วยหัวเชื้อระหว่างหัวเชื้อแช่แข็งกับหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติโดยใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 5 ที่เวลา *0*, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



ภาพที่ 7 แสดงผลเปรียบเทียบระดับพีเอชของโยเกิร์ตภายหลังจากการหมักด้วยหัวเชื้อระหว่างหัวเชื้อแข่งแข็งกับหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติโดยใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 5 ที่เวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการผลิตกรดของหัวเชื้อที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตทั้ง 2 ชนิด พบว่า หัวเชื้อที่มีอัตราการผลิตกรดที่ดีที่สุด คือ หัวเชื้อที่มีอยู่ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติโดยปริมาณเชื้อที่ร้อยละ 2 และ 5 ที่ค่าความเป็นกรดเท่ากับ 1.44 และ 1.48 ตามลำดับ ส่วนหัวเชื้อแช่แข็ง มีอัตราการผลิตกรดน้อยกว่า โดยที่ปริมาณเชื้อร้อยละ 2 และ 5 มีค่าความเป็นกรดเท่ากับ 1.15 และ 1.32 ตามลำดับ

2. การศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม

ในการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่จะได้จากโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อชนิดต่าง ๆ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 8 จากการทดลองพบว่า นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตจากโยเกิร์ตที่ใช้หัวเชื้อจากผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติที่ร้อยละ 2 ได้รับการยอมรับสูงสุดทั้งในด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม โดยมีค่าคะแนนเท่ากับ 3.6, 3.9 และ 3.8 ตามลำดับ

นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตโยเกิร์ตที่ใช้หัวเชื้อแช่แข็งที่ร้อยละ 2 ได้รับคะแนนต่ำสุด ทั้งในด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม โดยมีค่าคะแนนเท่ากับ 3.1, 2.7 และ 3.1 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 8 แสดงคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตจากโยเกิร์ตที่หมักด้วยหัวเชื้อต่างกัน *

Treatment **	กลิน	รสชาติ	การยอมรับโดยรวม
DY – SL2	3.1"	2.7[b]	3.1"
DY – SPY 2	3.6"	3.9"	3.8"
DY – SL 5	3.3"	3.0[b]	3.6
DY – SPY 5	3.3"	3.0[b]	3.3"

* ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

** DY – SL 2 = นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตจากโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อแช่แข็งใช้ปริมาณเชื้อร้อยละ 2

DY – SPY 2 = นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตจากโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ ใช้ปริมาณเชื้อร้อยละ 2

DY – SL 5 = นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตจากโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อแช่แข็งใช้ปริมาณเชื้อร้อยละ 5

DY – SPY 5 = นมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตจากโยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ ใช้ปริมาณเชื้อร้อยละ 5

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. โยเกิร์ตที่หมักจากหัวเชื้อ 2 ชนิด คือ หัวเชื้อแช่แข็ง และหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติ ซึ่งผ่านการหมักเป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากหัวเชื้อที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธรรมชาติ ที่ปริมาณเชื้อร้อยละ 2 มีเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่าความเป็นกรดด่าง ดีที่สุด คือ 1.44, 13 และ 4.7 ตามลำดับ

2. การเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่ผลิตได้จากโยเกิร์ตที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธรรมชาติ ที่ปริมาณเชื้อร้อยละ 2 ได้รับคะแนนสูงสุดทั้งด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม โดยมีคะแนนเท่ากับ 3.6, 3.9 และ 3.8 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บรรณานุกรม

ดรุณี เอ็ดเวิร์ดส. 2532. **เทคโนโลยีการผลิต.** กรุงเทพฯ

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2539. **จุลชีววิทยาทั่วไป.** โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 735 หน้า.

นภา โล่ห์ทอง. 2535. **กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต.** พิมพ์ครั้งที่ 2. มันนี่ พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 159 หน้า.

นราศรี ไวศยะนันท์. 2526. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารอุตสาหกรรมการเกษตร.** กรุงเทพฯ.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2532. **จุลชีววิทยา 2.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ.

ลินจง สุขลำภู. 2540. **วิทยานิพนธ์เรื่องการศึกษากรรมวิธีการทำโยเกิร์ตถั่วเหลือง เพื่อพัฒนาคุณภาพทางด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัส.** เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

ลูกจันทร์ ภัครัชพันธุ์. 2524. **อุตสาหกรรมอาหารหมักดอง.** โรงพิมพ์ศรีอนันต์. กรุงเทพฯ.

ลัดดาวัลย์ รัศมีทัต. 2536. **จุลชีววิทยาอุตสาหกรรมจุลินทรีย์อุตสาหกรรมอาหาร.** มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2538. **ปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพนมและผลิตภัณฑ์นม.** พิมพ์ครั้งที่ 3. สหมิตรออฟเซท. กรุงเทพฯ.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2538. **จุลินทรีย์วิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร.** โรงพิมพ์โอ.เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. **เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม.** โรงพิมพ์โอ.เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2540. **คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร.** สำนักพิมพ์ชัยเจริญ. กรุงเทพฯ.

Marion Bennion. 1980. **Chemical and physical composition of milk.** The Science of Food : 406.

Hui, Y.H. 1993. Produci manufacturing. **Dairy Science and Technology** (2) : 13 – *23.*

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ Buriram Rajabhat University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์ความเป็นกรด – ด่าง (pH)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. พีเอสมิเตอร์
2. บีกเกอร์

วิธีการวิเคราะห์

1. นำพีเอสมิเตอร์จุ่มในโยเกิร์ต
2. อ่านค่าที่คงที่ บันทึกผล

การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด

อุปกรณ์และสารเคมี

1. แฮนด์รีแฟลกโตมิเตอร์

วิธีการวิเคราะห์

1. วัดโดยใช้รีแฟลกโตมิเตอร์
2. อ่านค่าที่ได้ (เป็น $^{\circ}$Brix)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (% Lactic acid)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. บิวเรต
2. เครื่องชั่ง
3. บีกเกอร์
4. ขวดรูปชมพู่
5. หลอดหยด
6. ฟีนอฟทาลีน
7. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N

การวิเคราะห์

1. นำโยเกิร์ตชั่งประมาณ 5 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่น
2. หยดฟีนอฟทาลีน 2 – 3 หยด นำไปไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 N จนกว่าจะถึงจุดยุติซึ่งเป็นสีชมพูคงที่
3. คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก} = \frac{(\text{ml. ของ } 0.1\ \text{NaOH}) \times (0.0090) \times (100)}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ข

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อในการเตรียม starter

1. **Glucose Yeast Extract Peptone Broth (GYP)**

- Glucose	1	กรัม
- Yeast Extract	1	กรัม
- Peptone	1	กรัม

ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ค

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม

ชื่อผู้ตัดสิน.....**วันที่**.....**เดือน**.....**พ.ศ**.....

คำแนะนำ

ตัวอย่างที่ท่านได้รับเป็นนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม กรุณาชิมนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่เสริฟตามลำดับที่จัดไว้ แล้วให้คะแนนคุณภาพด้านต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ โดยกำหนดคะแนนดังต่อไปนี้ และกรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบ 2 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ชอบเล็กน้อย

4 = ชอบ 5 = ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....
คลื่น	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
ความชอบรวม	.....	.....	.....	.....

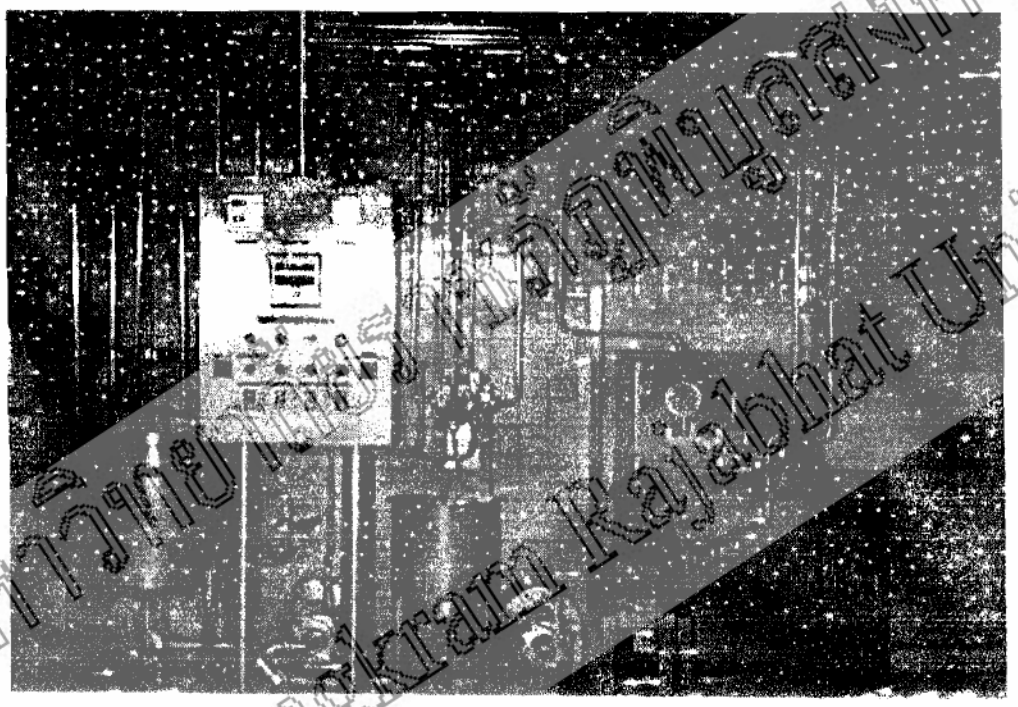
ข้อเสนอแนะ .....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
Pibulsongkram Rajabhat University

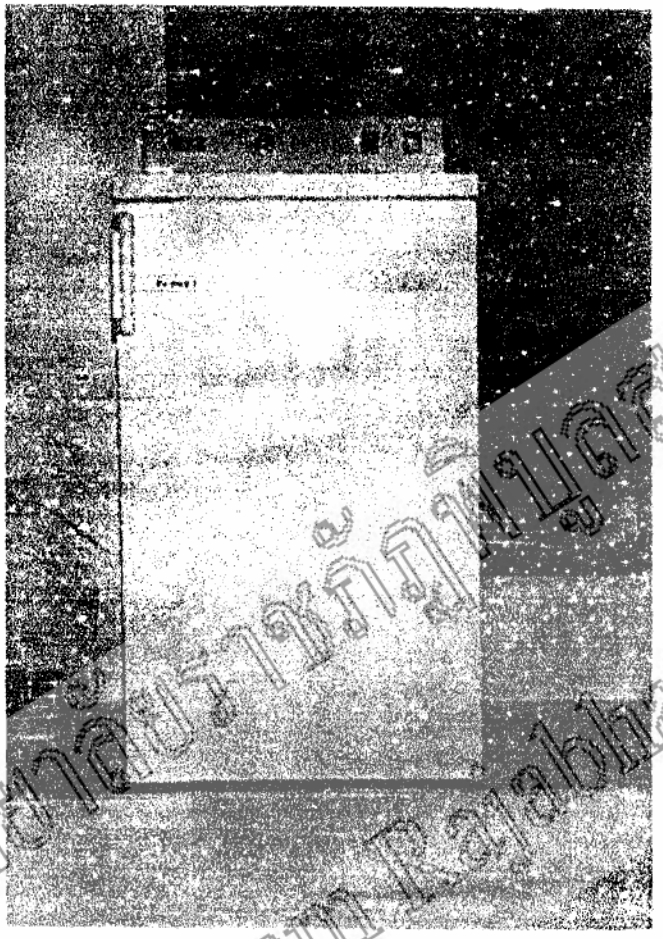
ภาคผนวก จ

กระบวนการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม



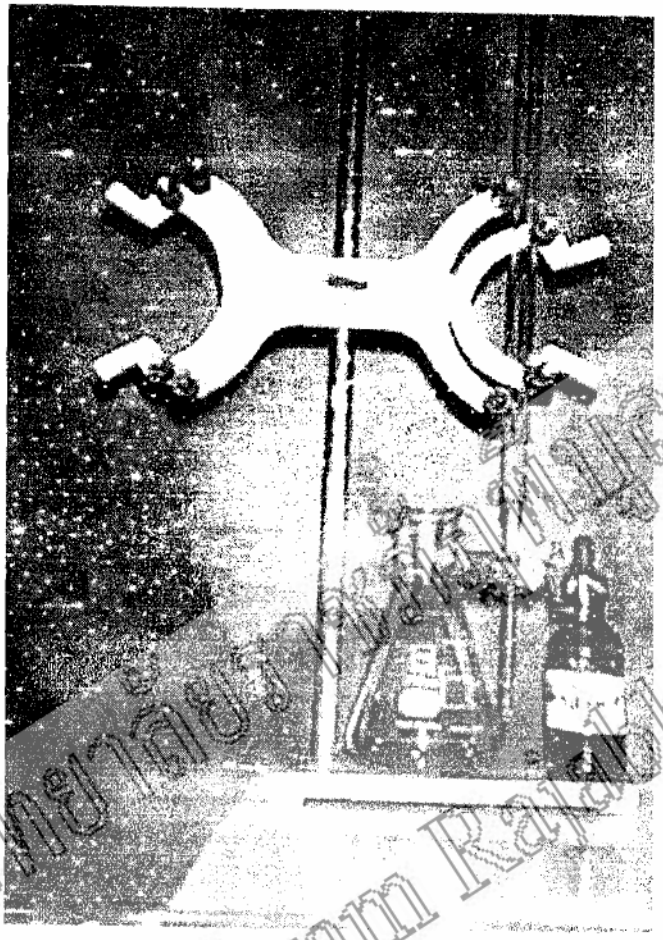
รับน้ำนมดิบมาตรวจสอบคุณภาพด้านเคมี กายภาพ ให้ได้มาตรฐานตามที่กำหนด จากนั้นนำน้ำนมดิบเข้าสู่กระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการโฮโมจิไนซ์เซชั่นเพื่อทำให้น้ำนมมีขนาดเล็กลง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



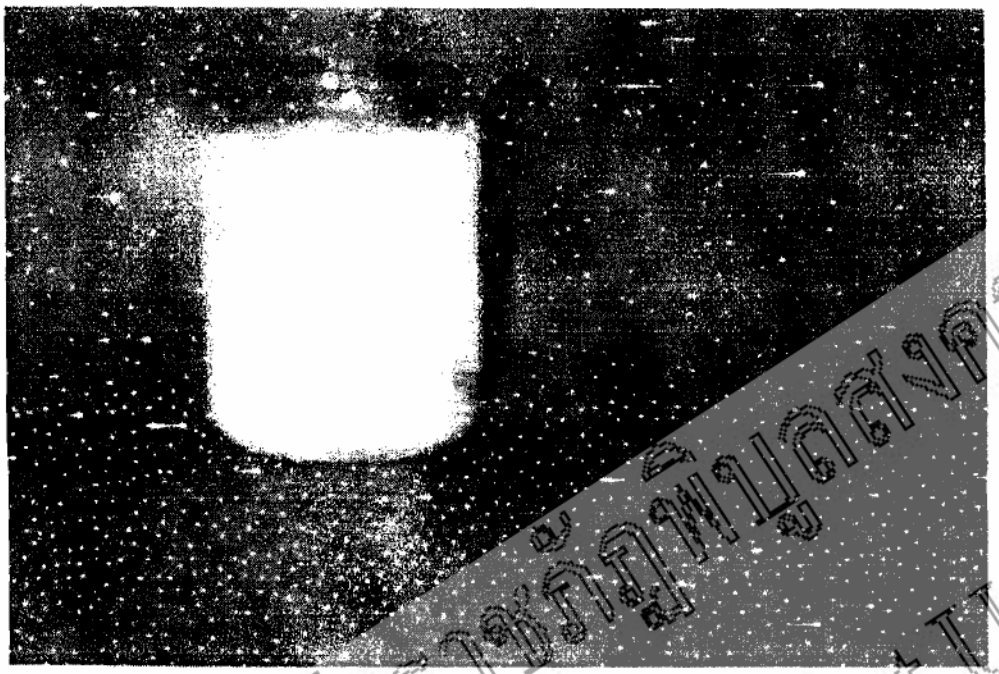
ทำการถ่ายหัวเชื้อโยเกิร์ตลงน้ำนมดิบส่วนหนึ่งเพื่อทำเป็นหัวเชื้อของการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่ม โดยนำไปบ่มที่ 42 องศาเซลเซียส ที่ 10 ชั่วโมง ซึ่งในระหว่างการบ่มจะมีการนำตัวอย่างมาตรวจสอบอัตราการสร้างกรด, pH และลักษณะเนื้อสัมผัสทุก ๆ 2 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University



การตรวจสอบอัตราการสร้างกรด pH และลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการใช้เครื่องมือการไตเตรท

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University



หลังจากที่บ่มได้ 10 ชั่วโมงที่มีเปอร์เซ็นต์กรดประมาณร้อยละ **1.40** มาผสมกับน้ำ โดยมีอัตราการผสมเท่ากับ 1 : 1 จากนั้นนำไปปรับความหวานให้ได้เท่ากับ **15** °Brix แล้วนำไปให้ความร้อนที่ 72 องศาเซลเซียส UHT **15** วินาที พร้อมทั้งผ่านการปั่นผสมให้เข้ากันดีจึงจะได้เป็นผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม จากนั้นนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นางชุติมา ไชยเชาวน์

(ภาษาอังกฤษ) **Mrs. Chutima Chaichaw**

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ 1 ระดับ 5

3. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ตรี โท เอก	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
2537	ปริญญาตรี	วท.บ วิทยาศาสตรบัณฑิต	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	สถาบันราชภัฏพิบูลสงครามพิษณุโลก
2540	ปริญญาโท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	วิทยาศาสตร์การอาหาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. ประสบการณ์หรืองานวิจัยที่เคยทำ

- ปี พ.ศ. 2542 เรื่อง เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากเนื้อปลานิล ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ
- ปี พ.ศ. 2543 เรื่อง การศึกษาชนิดของหัวเชื้อโยเกิร์ตที่มีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ต ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University