สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในนมหมักจากข้าวน้ำนม

Study to the Proper Number of Microorganisms on Fermented Yong Rice

โดย

นางสาววรรณิภา ภู่ทับทิมทอง

ปพ.
วช69ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 73115
วัน,เดือน,ปี - 3 ก.ค. 2550

b 11783126
i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สาถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2549

ชื่อเรื่อง การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในนมหมักจากข้าวน้ำนม

Study to the Proper Number of Microorganisms on Fermented Yong Rice

ชื่อ-สกุล นางสาววรรณิภา ภู่ทับทิมทอง

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. จินตนา บุนนาค

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในนมหมักจากข้าวน้ำนม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก 2 ชนิดคือ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Lactobacillus casei* ตัวอย่างของนมหมักนมผง หมักด้วยเชื้อ *L. bulgaricus* ซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุม (ทรีทเมนต์ที่ 1) และตัวอย่างของนมผงผสมข้าวน้ำนม หมักด้วยเชื้อ *L. casei* (ทรีทเมนต์ที่ 2) และตัวอย่างของนมผงผสมข้าวของน้ำนม หมักด้วยเชื้อ *L. bulgaricus* (ทรีทเมนต์ที่ 3) โดยศึกษาถึงปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมและศึกษาการยอมรับของตัวแทนผู้บริโภคในระหว่างการหมักมีการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่อายุการหมักที่ 30 50 และ 54 ชั่วโมงของตัวอย่าง ดังกล่าวการศึกษาพบว่าปริมาณของจุลินทรีย์ที่ตรวจนับได้นั้นเริ่มต้นที่ 30 ชั่วโมงมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับ $3.1x10^{7}$ $1.35x10^{9}$ $1.75x10^{8}$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (cfu/ml)ของตัวอย่างนมหมักทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ หลังจากผ่านการหมักที่ 50 ชั่วโมง จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับ $2.79x10^{7}$ $1.44x10^{8}$ และ $5.31x10^{8}$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (cfu/ml)ของตัวอย่างนมหมักทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับและพบว่า เมื่ออายุการหมักที่ 50 ชั่วโมง ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.83 1.18 และ 1.40 ในทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มตามมาตรฐาน มอก 2146 -2546 ต้องมีความเป็นกรดไม่น้อยกวาร้อยละ0.6 (คำนวณเป็นกรดแลคติก) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดไม่น้อยกว่า10^{7}โคโลนีต่อกรัมหรือโคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการหมักนมนมผงผสมข้าวน้ำนมคือช่วง $1.44x10^8$ ถึง $5.31x10^8$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตรซึ่งเป็นช่วงที่หมักระยะเวลา 50 ชั่วโมง

เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า นมหมักของ ทรีทเมนต์ที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดทางด้าน กลิ่น รส ความชอบรวม

อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์นมหมักจากข้าวน้ำนมโดยใช้เชื้อ *L. casei* ได้คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสโดยรวมแล้วผู้บริโภคให้การยอมรับคือชอบมากกว่า ไม่ชอบ ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษเรื่องการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในนมหมักจากข้าวน้ำนม ได้รับความช่วยเหลือแนะนำจาก รศ.ดร. จินตนา บุนนาค ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ โดยท่านได้ให้คำปรึกษา และแนะนำในการวางแผนการทดลอง การเก็บบันทึกข้อมูล การเรียบเรียงเนื้อหา ตลอดจนช่วยแก้ไขความบกพร่องของเนื้อหาให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ตลอดการทำปัญหาพิเศษ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาครุศาสตร์เกษตรทุกท่านที่ได้เอื้ออำนวยความสะดวกตลอดการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ความดีและประโยชน์จากการทำปัญหาพิเศษ ขอมอบให้บิดามารดา และสมาชิกครอบครัวที่สำคัญที่สุดในการเป็นกำลังใจและสนับสนุนในด้านทุนทรัพย์ตลอดมา รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ตัวผู้ทำปัญหาพิเศษ ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

วรรณิภา ภู่ทับทิมทอง

มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของปัญหา	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความสำคัญของจุลินทรีย์	4
2.1.2 กล้าเชื้อผลิตภัณฑ์นม	4
2.1.1 แบคทีเรียกรดแลคติก	10
2.1.3 การหมักกรดแลคติก	10
2.1.4 กิจกรรมของแบคทีเรียแลคติกในอาหารที่น่าสนใจ	12
2.1.5 แบคทีเรียวงศ์ *Lactobacillaceae*	14
2.1.6 ลักษณะที่ทำให้ *Lactobacilli* มีความสำคัญในอาหาร	15
2.1.7 ประโยชน์ของแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีต่ออาหารหมัก	16
2.1.8 การผลิตผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรม	18
2.2 การผลิตอาหาร	19
2.3 นมเปรี้ยว	20
2.3.1 ชนิดของนมเปรี้ยว	20
2.3.2 นมหมัก(fermented milk)	23
2.3.3 ประโยชน์ของนมหมัก	26
2.4 ข้าว	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 28
2.4.2 การเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าว 28
2.4.3 ประโยชน์ของข้าว 32
2.4.4 น้ำนมข้าวยาคู 32
2.4.5 ประโยชน์ของน้ำนมข้าวยาคู 33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 34
3.1 อุปกรณ์ 34
3.2 วัตถุดิบ 34
3.3 วิธีดำเนินการ 35
3.3.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ 36
3.3.2 การเตรียมเชื้อสำหรับนมหมัก 36
3.3.3 การเตรียมนมข้าว 36
3.3.4 การเตรียมนมหมักจากข้าวน้ำนม 36
3.3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่าง 38
3.4 สถานที่วิจัย 38
3.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย 38
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล 39
4.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี 39
4.2 การศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการหมัก 40
4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส 41
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 44
บรรณานุกรม 46
ภาคผนวก 50
ภาคผนวก ก. แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส 51
ภาคผนวก ข. ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค
ต่อนมหมักจากข้าวน้ำนม 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมหมักและกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่ใช้.....	5
2	ปริมาณของสารประกอบคาร์บอนิล (พีพีเอ็ม) ที่สร้างขึ้นจากหัวเชื้อโยเกิร์ต...	8
3	การใช้แบคทีเรียในอาหารหมัก.....	12
4	แสดงการแบ่งพวกของ *Lactobacilli* ตามชนิดของผลผลิตและอุณหภูมิที่เหมาะสม....	15
5	สารยับยั้งที่ผลิตจากแบคทีเรียกรดแลคติก	17
6	กระบวนการหมักจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตอาหารหมักประเภทนม และผลิตภัณฑ์นม.....	22
7	ปริมาณpH และ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก.....	39
8	ผลการทดลองการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในนมหมักจากข้าวน้ำนม.....	41
9	แสดงค่าเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัส.....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภูมิของปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องในการสร้างสาร Acetaldehyde.....	9
2	แสดงแนวทางการเปลี่ยน methionine ไปเป็น acetaldehyde ของเชื้อ *Streptococcus thermophilus*	10
3	วิธีการผลิตกรดแลคติกของเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก.....	14
4	การเตรียมข้าวน้ำนม.....	36
5	กรรมวิธีการผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนม.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ผลิตภัณฑ์นมหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในท้องตลาดเพื่อต้องการให้นมหมักที่มีอยู่ในท้องตลาดมีหลากหลายเพื่อผู้บริโภคได้เลือกซื้อเละเพื่อเป็นการเพิ่มคุณประโยชน์ให้แก่ผลิตภัณฑ์โดยการเติมข้าวน้ำนมเป็นส่วนประกอบ

นมเปรี้ยว (Fermented milk) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมและ/ หรือผลิตภัณฑ์นมซึ่งเกิดจากการหมักบ่มด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลคติกเป็นหลักเช่น แล็กโตบาซิลัส เดลบรูคิอิซับส์ บัลการิคัส (*Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus*) สเตรปโตค็อกคัส เทอร์โมฟิลัส *(Streptococcus thermophilus)* ไบฟิโดแบคทีเรียม *(Bifidobacterium)* แล็กโตบาซิลัส อะซิโดฟิลัส *(Lactobacillus acidophilus)* และ/หรือจุลินทร์อื่นที่ใช้ในการผลิตนมเปรี้ยวทั้งนี้จะมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงอยู่หรือไม่ก็ได้(http://irrigation.rid.go.th/rid3/fulltext/TIS2146-2546.pdf)

การที่แบคทีเรียแลคติกมีความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้เนื่องจากกรดแลคติกที่แบคทีเรียผลิตขึ้น ทำให้ความเป็น กรด-ด่าง ไม่เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ก่อโรค หรือจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาในอาหาร นอกจากนี้ยังมีการสร้างสารระเหยที่มีกลิ่นเฉพาะตัวเช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สารไดอะซิติล (diacetyl) มีผลต่อคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์อาหาร และในบรรดาสารสำคัญที่แบคทีเรียแลคติกสร้างขึ้น มีสารที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ แบคทีริโอซิน (bacteriocin) ซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของ จุลินทรีย์อื่นได้อย่างจำเพาะ ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีความพยายามที่ใช้แบคทีริโอซิน จากแบคทีเรียแลคติกมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร แบคทีริโอซินที่ได้ถูกนำมาใช้ในทางอุตสาหกรรมอาหาร และเป็นที่ยอมรับแล้วว่าบริโภคปลอดภัย ได้แก่ ไนซิน (nisin) ที่สร้างมาจาก แลคโตบาซิลัส (Lactobacillus)

แบคทีเรียที่ผลิตแลคติกได้ถูกนำมาใช้ในการผลิตอาหารหมักจากผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิดได้แก่ผลิตภัณฑ์นมเช่นนมเปรี้ยวโยเกิร์ตผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้ กิมจิ ผักกาดดอง ผลิตภัณฑ์ปลา เช่น ปลาส้ม ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ เช่น แหนม ไส้กรอกเปรี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีต่ออาหารหมัก

1. เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ
2. การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค
3. แบคทีเรียกรดแลกติกมีกิจกรรมในการลดปริมาณคอเลสเทอรอลในกระแสเลือด
4. กิจกรรมในการป้องกันมะเร็ง
5. ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันต้านทานต่อเชื้อก่อโรค

ในการผลิตโยเกิร์ตใช้กล้าเชื้อ 2% โดยปริมาณ ซึ่งมีจำนวนของเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 10^6 - 10^7 cfu / มล การหมักจะเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 4 ชั่วโมง ในระยะแรกของการหมักของสเตรปโตค็อกไซ (Streptococci)จะเจริญอย่างรวดเร็ว เมื่อมีค่าพีเอช ลดลงจาก 6.3 -6.5 เป็น 5.5 การเจริญของสเตรปโตค็อกไซ *Streptococci* จะลดลง และ *Lactobacilli* จะเจริญดีขึ้น เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ประมาณ 0.90 -0.95 เปอร์เซ็นต์ จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งสองชนิดมีประมาณ 10^8cfu /มล

ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มตามมาตรฐาน มอก 2146 -2546 ต้องมีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.5 ความเป็นกรดไม่น้อยกว่าร้อยละ0.6 (คำนวณเป็นกรดแลคติก) จุลินทรีย์ทั้งหมดที่ทำให้เกิดกรดไม่น้อยกว่า10^7โคโลนีต่อกรัมหรือโคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
(http://irrigation.rid.go.th/rid3/fulltext/TIS2146-2546.pdf)

ในมาตรฐานอาหารและยาจุลินทรีย์ที่คงเหลือในกรรมวิธีการหมักคงเหลือในนมเปรี้ยวที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อในการหมัก 1 กรัมแล้วแต่กรณี

1. แบคทีเรียไม่น้อยกว่า 10,000,000 (10^7)โคโลนี
2. ยีสต์ไม่น้อยกว่า 10,000 (10^5)โคโลนี
3. ไม่ใช้วัตถุกันเสีย
4. ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

ประโยชน์ของน้ำนมข้าวและนมหมัก จากที่ได้กล่าวมาแล้วปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมหมัก ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค และและนมหมักมีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์ ดังนั้นผู้ทำปัญหาพิเศษจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์นมหมักจากข้าวน้ำนม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมักจากข้าวน้ำนม
2. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นมหมักจากข้าวน้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตของปัญหา

1. ศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมักจากข้าวน้ำนม
2. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นมหมักจากข้าวน้ำนม ทางประสาทสัมผัส

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบกระบวนการผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนม
2. ทราบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนม
3. ทราบถึงการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นมหมักจากข้าวน้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กมากนั้น แต่ละเซลล์จะมีกระบวนการต่างๆ ของชีวิตเกิดขึ้นได้ภายในเซลล์เดียว กระบวนการเปลี่ยนแปลงนี้ส่วนใหญ่ก็เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ตัวมันเอง เช่น ยีสต์ มีการเปลี่ยนแปลงอาหารให้เป็นพลังงานด้วยกระบวนการหมัก (fermentation) ขณะเดียวกันก็ได้ผลผลิตเกิดขึ้น คือ เอทิลแอลกอฮอล์ที่เรานำไปใช้ประโยชน์ได้ มีจุลินทรีย์จำนวนมากที่มีความสำคัญในการผลิตสารต่างๆ ที่มีประโยชน์และช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่างๆ

2.1.1 กล้าเชื้อผลิตภัณฑ์นม

2.1.1.1 แบคทีเรียแลคติก

แบคทีเรียแลคติกที่ใช้ผลิตกล้าเชื้อสำหรับผลิตภัณฑ์นมหมักนั้น นอกจากจะเฟอร์เมนต์น้ำตาลกลูโคสได้แล้ว จะต้องสามารถเฟอร์เมนต์แลคโตสซึ่งเป็นน้ำตาลในนมได้ด้วย โดยแบคทีเรียแลคติกจะสามารถนำน้ำตาลแลคโตสเข้าสู่เซลได้สามวิธี และมีกระบวนการเมทาโบไลซ์ให้เกิดเป็นกรดแลคติกแตกต่างกัน นอกจากกรดแล้ว กล้าสำหรับผลิตภัณฑ์นมหมักยังต้องมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์สารระเหย ที่ให้กลิ่นเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์แต่ละอย่าง เช่น ไดอะแซธิลและอเซตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) ซึ่งเกิดจากการเมทาโบไลซ์ซิเตรท หรือกรดอะมิโน เช่น ทรีโอนีน การจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการนั้น หลายๆ ผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องใช้กิจกรรมร่วมของเชื้อมากกว่าหนึ่งชนิด ซึ่งกล้าที่ใช้อาจอยู่ในรูปเชื้อผสม หรือ ผลิตเป็นกล้าเชื้อเดียวแต่ละชนิด แล้วนำมาใช้ร่วมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม

แบคทีเรียแลคติกที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมัก มีทั้งกลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ซึ่งเรียกว่า thermophilic starter และกลุ่มที่เจริญได้ดีเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ คือ ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส (mesophilic starter) และมีเชื้อที่นำมาผลิตกล้าเพียงสามสกุลเท่านั้น ได้แก่ *Streptococcus* (*Lactococcus*) *Leuconostoc* และ *Lactobacillus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 สเตรปโตคอตคัส

สเตรปโตคอตคัสแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มไพโอเจน (pyogen) กลุ่มวิริแดน (viridian) กลุ่มเอนเทอโรคอคคัส (enterococcus) และกลุ่มแลคติก (lactic) เฉพาะกลุ่มแลคติกเท่านั้นที่ใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตอาหารหมัก สเตรปโตคอตคัสที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมักได้แก่ *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

สเตรปโตคอตคัสทั้งสาม subspecies เป็น mesophile สำหรับ *S. lactis* ssp. *diacetylactis* นั้น นอกจากจะเฟอร์เมนต์แลคโตสได้กรดแลคติกแล้ว ยังสามารถเมทาบอไลซ์ซิเตรทเป็นไดอะซิทิล จึงมักใช้ผสมในกล้าเชื้อผสมเพื่อสร้างสารดังกล่าวอันเป็นกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์หลาย นอกจาก *Streptococcus lactis* ทั้งสาม subspecies นี้แล้ว *S. thermophilus* ซึ่งเป็น thermo-phile เป็นสเตรปโตคอคคัสอีก species หนึ่งที่ใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับผลิตภัณฑ์นมหมักหลายชนิดด้วยกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมหมักและกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่ใช้

ผลิตภัณฑ์	กล้าเชื้อ
เนยแข็ง (cheese)	
เช็ดดาร์ชีส	*Streptococcus cremoris* และหรือ *S. lactis*
สวิสชีส	*Lactobacillus bulgaricus, S. thermophilus*
บริคชีส	*S. thermophilus* หรือ *S. thermophilus* และ *S. cremoris*
บลูชีส	*S. lactis* และหรือ *S. cremoris*
คามัมเบอร์ชีส	*S. lactis, S. cremoris* และ *S. diacetyl-lactis* หรือ *Leuconostoc cremoris*
เกาดาชีส และ อีเดมชีส	*S. lactis* และ *L. cremoris*
คอทเทจชีส	*S. lactis, S. cremoris* หรือ *S. lactis* และ *L. cremoris*
ครีมชีส	*S. lactis, S. cremoris, L. cremoris*
นมเปรี้ยว	
โยเกิร์ต	*L. bulgaricus* และ *S. thermophilus*
บัตเตอร์มิลท์	*S. diacetyl-lactis, S. lactis, S. cremoris, L. cremoris*
บลูกาลิคัสมิลท์	*L. bulgaricus*
อะซิโดฟิลัสมิลท์	*L. acidophilus*
ยาคูลท์	*L. casei* (สายพันธุ์ Shirota)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 ลูโคนอสตอค

แบคทีเรียในสกุล *Lenconostoc* ส่วนใหญ่เจริญในน้ำนมได้ช้ามาก จึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นกล้าเพื่อการผลิตกรด แต่จากคุณสมบัติที่สามารถเมแทโบไลซ์ซิเตรทเป็นสารไดอะเซธิล และอะเซโตอิน จึงได้มีการใช้ *Leuconostoc* spp. เช่น *L. cremoris* (citrovorum) เพื่อผลิตสารที่ให้กลิ่นหอม โดยใช้ร่วมกับเชื้อที่ผลิตกรดได้ดี เช่น *Streptococcus* spp. หรือ *Lactobacillus* spp. (ตารางที่ 2) ได้มีการแบ่งกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่ใช้เพื่อให้เกิดกลิ่นรสออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

B cultures เป็นกล้าที่ใช้ *leuconostoc* spp. เป็นเชื้อที่ผลิตสารที่ให้กลิ่น

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

BD cultures ใช้ทั้ง *Leuconostoc* spp. และ *S. lactis* spp. diacetylactis เพื่อผลิตสารที่ให้กลิ่น

O หรือ N cultures กล้าที่ไม่มีเชื้อที่ผลิตสารที่ให้กลิ่น

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

เนื่องจาก *Leuconostoc* spp. เป็น heterofermentative ดังนั้นในการเฟอร์เมนต์แลคโตสจึงมีคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นด้วย การใช้ *L. cremoris* ในการผลิตเนยแข็งกูดา (Gouda cheese) และเนยแข็งเอแดม (Edam cheese) จึงทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของเนยแข็งเหล่านี้ กล่าวคือ คาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะดันเนื้อเนยให้เกิดเป็นโพรง (eye) ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับโพรงที่เกิดจาก Proprionebacterium shermanii ในการผลิตเนยแข็งสวีส (Swiss cheese)

2.1.1.4 แลคโตแบซิลลัส (*Lactobacillus*)

แลคโตแบซิลลัสเป็นแบคทีเรียแลคติกที่มีทั้งกลุ่มที่เป็นhomofermentative และ heterofer-mentative แต่ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมักนั้นอยู่ในกลุ่มที่เป็น homofermentative ได้แก่ *L. bulgari-cus, L. lactis, L. helveticus, L. acidophilus* และ *L. casei* (ตารางที่ 3) และที่เป็นกล้าของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ได้แก่ *L. bulgaricus* โดยใช้ร่วมกับ *S. thermophilus* ซึ่งจัดว่าเป็น thermophilic starter ด้วยกัน จึงอยู่ร่วมและดำเนินกิจกรรมการหมักโดยอาศัยซึ่งกันและกัน เช่น กล้าโยเกิร์ตซึ่งประกอบ ด้วยแบคทีเรียทั้งสองนี้ จะผลิตกรดได้เร็วกว่าเมื่อใช้เชื้อใดเชื้อหนึ่งเพียงเชื้อเดียว ทั้งนี้เนื่องจาก *L. bulgaricus* สร้างเอนไซม์โปรตีเอส เมื่อเจริญในน้ำนมจึงย่อยสลายโปรตีนให้ได้กรดอมิโนโดยเฉพาะฮีสธิดีน ซึ่งจะกระตุ้นการเจริญของ *S. thermophilus* ในทำนองเดียวกัน *S. thermophilus* ผลิตกรดฟอร์มิกซึ่งส่งเสริมการเจริญของ *L. bulgaricus* เช่นกัน นอกจากนั้น *L. bulgaricus* ยังมีบทบาทในการผลิตอะเซธิลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสาระสำคัญที่เป็นกลิ่นเฉพาะของโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.5. การสร้างกรดแลคติก (Production of lactic acid)

หัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* จะย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสให้เป็นกรดแลคติก ซึ่งสรุปได้ดังสมการต่อไปนี้

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

กรดแลคติกที่ได้มีความสำคัญต่อโยเกิร์ตคือ

1. ย่อยสลาย casein micelles และตกตะกอนเคซีอีนที่ พีเอช 4.6-4.7 รวมทั้งทำให้เกิดเจล ของโยเกิร์ต

2. กรดแลคติกจะให้รสชาติที่เฉพาะคือ รสเปรี้ยวและเหลม (sharp and acidic taste)ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ทำให้ได้กลิ่นรสที่หอม

เชื้อแลคติกจะมีเอนไซม์แลคเตท ดีไฮโดรจีเนส (lactate dyhydrogenase : LDH) สำหรับสร้างกรดแลคติกจากกรดไพรูวิคที่ได้ในระหว่างการหมักนม กรดแลคติกที่ได้จะมีรูป (isomers) ที่แตกต่างกันคือเป็น L (+) หรือ D (-) ซึ่งจะมีโครงสร้างของอะตอมแตกต่างกันเฉพาะอะตอมคาร์บอนที่สองดังนี้

L (+) lactic acid

D (-) lactic acid

โดยทั่วไปในการหมักโยเกิร์ต หัวเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้นั้น *Streptococcus thermophilus* จะให้กรดแลคติกในรูป L (+) (L (+) lactic acid) ขณะที่เชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* จะให้กรดแลคติกในรูป D (-) (D (-) lactic acid) แต่ในการหมักโยเกิร์ตนี้เชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะเจริญได้เร็วกว่าเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* ดังนั้นกรดแลคติกในรูปของ L (+) จะเกิดขึ้นก่อน แล้วจึงเกิดกรดแลคติกในรูป D (-) ภายหลัง ด้วยเหตุนี้ เปอร์เซ็นต์ของกรดแลคติกในรูปต่าง ๆ ในโยเกิร์ตนี้สามารถสรุปสภาพของการหมักที่เกิดขึ้นได้ดังนี้ คือ

(1) โยเกิร์ตที่มีกรดแลคติกในรูป L (+) มากกว่า 70% แสดงว่าหัวเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพวก *Streptococcus thermophilus* หรืออุณหภูมิการหมักเกิดขึ้นที่ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส (ซึ่งเป็นอุณหภูมิการหมักที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Streptococcus thermophilus*) หรือโยเกิร์ตจะถูกทำให้เย็นขณะที่ความเป็นกรดต่ำประมาณ 0.8% หรือน้อยกว่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) โยเกิร์ตที่ได้มีกรดแลคติกในรูป D (-) มากกว่ากรดแลคติกในรูป L (+) แสดงว่าจะบ่มหัวเชื้อที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงคือ 45 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า หรือหมักเป็นเวลานานเกินไปทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีความเป็นกรดสูง หรือหัวเชื้อมี *Lactobacillus bulgaricus* มากกว่าเชื้อ *Streptococ-cus thermophilus*

โดยทั่วไปโยเกิร์ตมักจะมีกรดแลคติกในรูป L (+) ประมาณ 45-60% และกรดแลคติกในรูป D (-) ประมาณ 40-55% ซึ่งอัตราส่วนของ L (+) : D (-) จะใช้ในการประเมินคุณภาพของโยเกิร์ต ทั้งนี้จากการหาอัตราส่วนของ L (+) : D (-) ดังกล่าว ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่าจะมีค่าตั้งแต่ 0.35 (เปรี้ยวมาก) ถึง 8.28 (กรดแลคติกในรูป L (+) เด่น) แต่โยเกิร์ตที่ดี (good yogurt) ควรมีอัตราส่วนนี้เท่ากับสอง อย่างไรก็ตาม การประเมินคุณภาพด้วยวิธีนี้ยังขึ้นกับความต้องการของผู้บริโภคในแต่ละท้องถิ่นด้วย

2.1.1.6. การเกิดสารให้กลิ่นรส (Production of flavor compounds)

หัวเชื้อจะสร้างสารประกอบที่ให้กลิ่นรสต่าง ๆ ในโยเกิร์ตซึ่งจะพิจารณาตัวที่เป็นสารประกอบหลัก ๆ คือ กรดแลคติกและสารประกอบคาร์บอนิล (carbonyl compounds) พวก acetaldehyde, acetone, acetoin หรือ diacetyl จากการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างกลิ่นรสของหัวเชื้อ พบว่ากลิ่นรสของโยเกิร์ตเกิดจาก acetaldehyde และสารประกอบอื่น ๆ ที่ยังแยกไม่ได้ และยังพบอีกด้วยว่าระดับของ acetaldehyde ในโยเกิร์ตจะสูงขึ้นเมื่อใช้หัวเชื้อผสมของเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ดังแสดงในตารางที่ 2

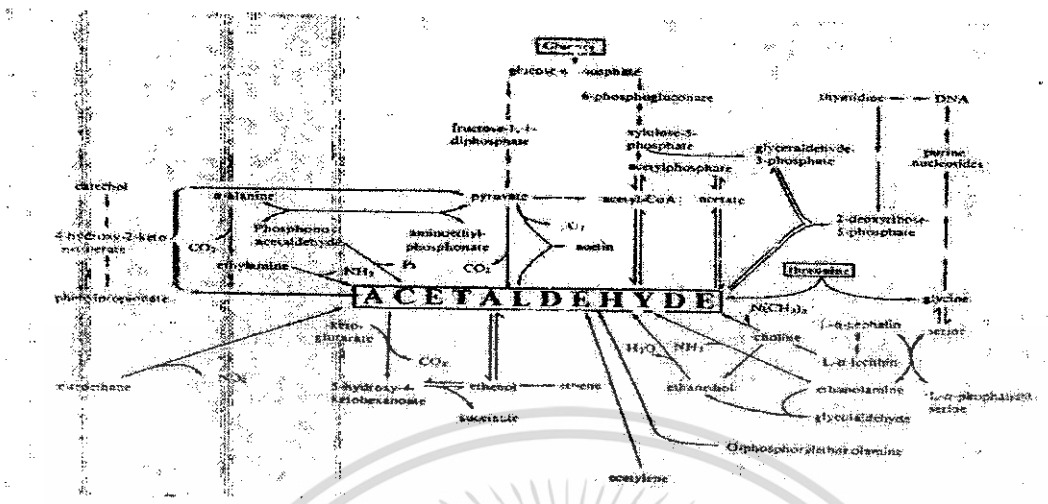
อย่างไรก็ตาม โยเกิร์ตที่มีกลิ่นรสที่ดีต้องมีปริมาณ acetaldehyde และ diacetyl รวมอยู่ด้วยซึ่งพบว่า โยเกิร์ตที่มี acetaldehyde เพียง 7 พีพีเอ็ม ไม่เพียงพอต่อการให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตที่ต้องการและระดับของ diacetyl ในนมหมักจะสูงขึ้นได้เมื่อมีเชื้อ *Streptococcus lactis* var. diacety-lactis ผสมอยู่ในหัวเชื้อ ปริมาณ acetaldehyde ที่มีในโยเกิร์ตจะขึ้นกับชนิดของนม (type of milk) ที่ใช้ (เช่น นมอุดมไขมันหรือขาดไขมัน) การให้ความร้อน และชนิดของนมที่ได้จากสัตว์ต่าง ๆ กัน โดยนมวัวจะให้ปริมาณของ acetaldehyde มากที่สุด

ตารางที่ 2 ปริมาณของสารประกอบคาร์บอนิล (พีพีเอ็ม) ที่สร้างขึ้นจากหัวเชื้อโยเกิร์ต

Organism	Acetaldehyde	Acetone	Acetoin	Diacetyl
S. thermophilus	1.0-8.3	0.2-5.2	1.5-7.0	0.1-13.0
L. bulgaricus	1.4-12.2	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

ที่มา : Tamime และ Robinson (1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

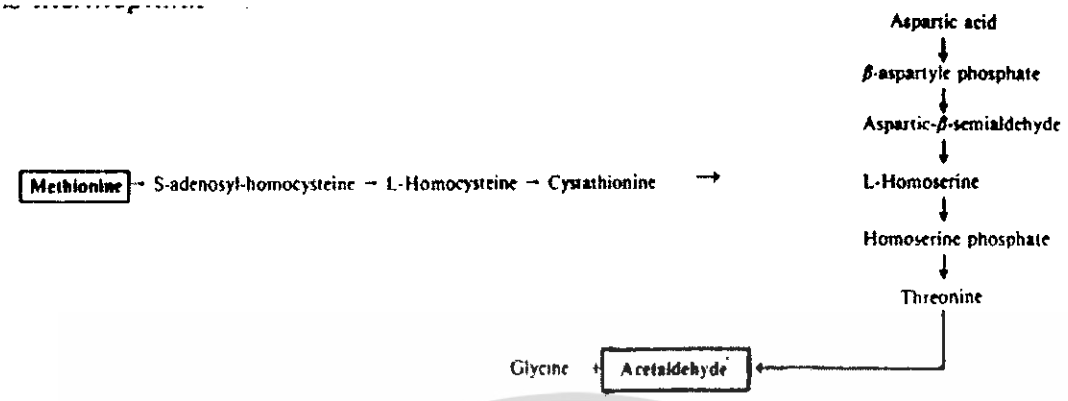


ภาพที่ 1 แผนภูมิของปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องในการสร้างสาร Acetaldehyde

ที่มา : Tamime และ Robinson (1985)

หัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* จะสร้างสารให้กลิ่นรสในระหว่างการหมัก และระดับของสารต่าง ๆ ที่ได้ จะขึ้นกับเอนไซม์ที่ใช้สังเคราะห์สารประกอบคาร์บอลนิลจากองค์ประกอบที่มีอยู่ในนม ซึ่งองค์ประกอบของนมที่สำคัญในการสร้าง acetalde-hyde คือน้ำตาลแลคโตส (โดยเฉพาะในส่วนของน้ำตาลกลูโคส) กรดอมิโนพวก threonine และ methionine จากภาพที่ 1 จะแสดงปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องในการผลิต acetaldehyde โดยที่หัวเชื้อทั้งสองจะสร้างสาร acetaldehyde และ ethanol จากกลูโคส ด้วยเอนไซม์อัลดีไฮด์ ดีไฮโดรจีเนส (aldehyde dehydrogenase) และแอลกอฮอล์ ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehydrogenase) ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของ threonine เกิดจากเอนไซม์ทรีโอนิน อัลโดเลส (threonine aldolase) ซึ่งจะเกิดใน lactobacilli มากกว่า streptococci และการเปลี่ยนแปลงของ methionine ไปเป็น acetaldehyde จะแสดงในภาพที่ 2 และจะเกิดขึ้นในเชื้อ *Streptococcus thermophilus* เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 แสดงแนวทางการเปลี่ยน methionine ไปเป็น acetaldehyde ของเชื้อ *Streptococcus thermophilus* ที่มา : Tamime และ Robinson (1985)

2.1.2 แบคทีเรียกรดแลคติก

แบคทีเรียกรดแลคติก เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเป็นสารเมตาไลท์ปฐมภูมิ พบในอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะในนม ผัก และผลไม้ รูปร่างและนิสัยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มนี้ ส่วนมากแบคทีเรียที่เจริญในสภาวะที่ไม่มีอากาศ แต่ในสภาวะที่มีอากาศก็ไม่ตายแบคทีเรียแลคติกขาดสารไซโตโครม (cytochromes) และพอร์ไฟลิน (porphyrin) จึงไม่ให้เอ็นไซม์คะทะเลสและออกซิเดส แบคทีเรียกลุ่มนี้บางชนิดได้ออกซิเจนโดยผ่านเอนไซม์ฟลาโวโปรตีนออกซิเดส (flavoprotein oxidases) และใช้ออกซิเจนสร้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และ/หรือใช้เพื่อรีออกซิไดซ์ NADH ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการดีไฮโดรจิเนชันของน้ำตาลการหมักกรดแลคติกทั้ง 2 แบบแสดงในภาพที่ 3

2.1.3 การหมักกรดแลคติก

แบคทีเรียแลคติกสร้างพลังงานจากการหมักคาร์โบไฮเดรต เกิดกรดแลคติกจากปฏิกิริยา 2 วิถีทางคือ วิถีทางที่ได้แลคติกเพียงอย่างเดียว เรียกว่า โฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (homofementative) และวิถีทางที่ได้แลคเตทร่วมกับสารอื่นในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เรียกว่า เฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (heterofementative)

แบบที่ 1 การหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ เป็นการหมักที่ได้แลคเตทอย่างเดียวเป็นผลผลิตสำคัญ ผ่านกระบวนการไกลโคไลซีส (Emden – Meyerhof-Parnas goiycoiytic pathway) หรือ EMP Pathway เริ่มจากกลูโครสที่มีคาร์บอน 6 อะตอม (C 6) ถูกเติมฟอสฟอรัสและเกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงโครงสร้างขึ้นก่อนที่เอนไซม์อัลโดเลส (aldoase) จะเข้าทำปฏิกิริยา เป็นผลให้โมเลกุลกลูโครสแตกออกเป็นกลีเซอร์รัลดีไฮด์ -3-ฟอสเฟต (ซึ่งมีคาร์บอน 3 อะตอม) 2 โมเลกุล จากนั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไพรูเวทโดยเกิด ATP ขึ้น 2 โมเลกุลจากการหมักกลูโครส 1 โมเลกุล (เนื่องจากมีการเติมฟอสฟอรัสให้กับซับสเตรต 2 แห่ง) ในชั้นสุดท้ายเป็นการรีดิวซ์ไพรูเวทเป็นแลคเตท ในขั้นตอนนี้ต้องใช้ NADH ได้ DNA กลับคืนมาจากที่ถูกใช้ไปในการออกซิเดชั่นกลีเซอรัลดีไฮด์-3-ฟอสเฟต

แบบที่ 2 การหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ

เป็นการหมักที่ได้แลคเตท เอทานอลหรืออะซิเตทและคาร์บอนไดออกไซด์จากกลูโคสรส เนื่องจากแบคทีเรียขาดเอนไซม์อัลโดเลส จึงเปลี่ยนรูปจากกลูโคสที่มีคาร์บอน 6 อะตอมไปเป็นเพนโตส (ไรโบส) ซึ่งมีคาร์บอน 5 อะตอม โดยการจัดโครงสร้างภายในโมเลกุลที่มีการออกซิเดชันและดีคาร์บอกวเลชันร่วมด้วย น้ำตาลที่มี 5 อะตอมนี้จะถูกทำให้แตกออกเป็นกลีเซอรรัลดีไฮด์ฟอสเฟต (ซึ่งเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่มีคาร์บอน 3 อะตอม) กลีเซอรัลดีไฮด์ฟอสเฟตจะเปลี่ยนไปเป็นแลคเตทเช่นเดียวกันกับการเกิดไกลโคไลซีสในการหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ แต่เนื่องจากการหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟมีกลีเซอรัลดีไฮด์ฟอสเฟตพียง 1 โมเลกุลจึงเกิด ATP เพียง 1 โมเลกุล) ส่วนอนาคตของอะเซทติลฟอสเฟตนั้น ขึ้นอยู่กับว่ามีสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนอยู่ด้วยหรือไม่ในสภาวะที่ขาดตัวรับอิเล็กตรอน อะเซทติลฟอสเฟตจะทำหน้าที่นี้เสียเอง ทำให้ถูกรีดิวซ์เป็นเอทานอล และได้ NAD^+ ขึ้นมา 2 โมเลกุลจากเอนไซม์ NADH แต่ในสภาวะมีออกซิเจน NAD^+ สามารสร้างขึ้นใหม่จากเอนไซม์ NADH oxidases หรือ peroxidases ปล่อยให้อะเซทติลฟอสเฟตมีมากพอสำกรับการเปลี่ยนไปเป็นอะซิเตท จึงเท่ากับเป็นการเติมฟอสเฟตให้กับซับสเตรตอีกทางหนึ่งเป็นผลให้ได้ ATP เพิ่มขึ้นมา 1 โมเลกุลเป็น 2 โมเลกุลจากกลูโคส 1 โมเลกุล เช่นเดียวกับการหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ ในกรณีที่มีการเพิ่มขึ้นของ ATP สะท้อนให้เห็นได้จากอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว ผลเช่นเดียวกันนี้สามารถเกิดขึ้นกับตัวรับออกซิเจนอื่นๆ ด้วย เช่น ฟรุกโตส ซึ่งจะถูกรีดิวซ์ไปเป็นแมนนิตอล

การระบุว่าเกิดการหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟหรือไม่ อาศัยการบ่งชี้ด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น เมื่อไม่นานมานี้แบคทีเรียแลคโตบาซิลไลชนิดที่ทำให้เกิดการหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟบางชนิดที่ทนกรดถูกนำมาจัดรวมไว้ในจีนีสใหม่ คือ Carnobacterium และน่าจะมีความสำคัญในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3 การใช้แบคทีเรียในอาหารหมัก

จุลินทรีย์	ชนิดของการหมัก
Carnobacterium piscicola	Heterofermentor
Enterococcus	Homofermentor
Lactobacilluss	
Group l—Themobacterium	Homofermentor
L. acidophilus	
L.delbrueckii subspecies bulgaricus	
Group ll—Steptobacterium	Heterofermentor
L. Plantarum	
Group lll---Betabacterium	Heterofermentor
L. fermentum	
Lactococcus lactic	
Subspecies lactics	Heterofermentor
Subspecies cremoris	Heterofermentor
Subspecies diacetylactis	Heterofermentor
Louconostoc cremoris	Heterofermentor
Pediococcus acidilactici	Homofermentor
Propionibacterium shermanii	Homofermentor
Streptococcus thermophilus	Homofermentor
Vagococcus	Heterofermentor

ที่มา : Peter(2003:294)

2.1.4 กิจกรรมของแบคทีเรียแลคติกในอาหารที่น่าสนใจ

1. สมบัติยับยั้งจุลินทรีย์ของแบคทีเรียแลคติก(LAB) อาหารหลายชนิดที่ได้จากการหมักกรดแลคติก เช่น นมเปรี้ยว ผัก ผลไม้ดอง ผลิตภัณฑ์เนื้อ และอาหารทะเลหมัก สามารถเก็บไว้ได้นานและปลอดภัยเมื่อนำมาบริโภค ทั้งนี้เป็นเพราะLAB มีสมบัติยังยั้งจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) การลดลงของพีเอช และการกรดอนินทรีย์การเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติก จะให้กรดอินทรย์ คือ กรดแลคติกและกรดอะซิติกเป็นสารเมตาบอไลท์ทุติยภูมิทำให้พีเอชของสับสเตรทที่ต่ำลง ความเป็นกรดสูง จึงมีผลยับยั้งจุลินทรีย์

(ข) การเกิดแบคทีริโอซินส์

แบคทีริโอซินส์เป็นสารประเภทแปบไทด์หรือโปรตีนสามารถฆ่าแบคทีเรียซึ่งมีลักษณะนิสัยคล้ายกับแบคทีเรียที่ให้กรดแลคติกได้ เนื่องจากแบคทีริโอวซินส์เป็นสารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จึงมีความปลอดภัยมากกว่าสารเคมีสังเคราะห์ที่นำมาใช้เป็นชาปฏิชีวนะ เพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามแบทีริโอวินส์ที่ยอมรับและอนุญาตให้นำมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารไดในขณะนี้

(ค) การเกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(H_2O_2)

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ใช้สัญลักษ์ H_2O_2) เป็นสารยับยังจุลินทรีย์ แบคทีเรียกรดแลคติกสามารถสร้าง H_2O_2 สารนี้ทำหน้าที่เป็นตัวรับออกซิเจน เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติกมีเอนไซม์ฟลาวโวโปรตีนออกซิเดส แต่ขาดเอนไซม์คตะเลสแบคทีเรียแลคติกจะสร้าง H_2O_2ในสภาวะที่มีออกซิเจนเท่านั้น เหตุที่แบคทีเรียแลคติกสามารถสร้าง H_2O_2แบคทีเรียและแลคติกจึงทนสารนี้ได้มากกว่าแบคทีเรียอื่นๆจากการสังเกตพบว่าในอาหารหมักบางชนิดเกิด H_2O_2 สะสมแม้ว่าปริมาณที่เกิดขึ้นจะไม่มากนักก็ตาม เนื่องจากการหมักกรดแลคติก ขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนที่ลายอยู่ในซับสเตรตในตอนของการหมักเท่านั้น แต่ข้อจำกัดนี้กลับเป็นผลดีเพราะหลังจากการหมักดำเนินไปแล้ว จะไม่เกิด H_2O_2 ขึ้นมาอีก การเกิด H_2O_2 มากเกินไปอาจจะไปยับยั้งแบคทีเรียกรดแลคติกที่เป็นตัวการหมักได้

(ง) การเกิดเอทธานอล

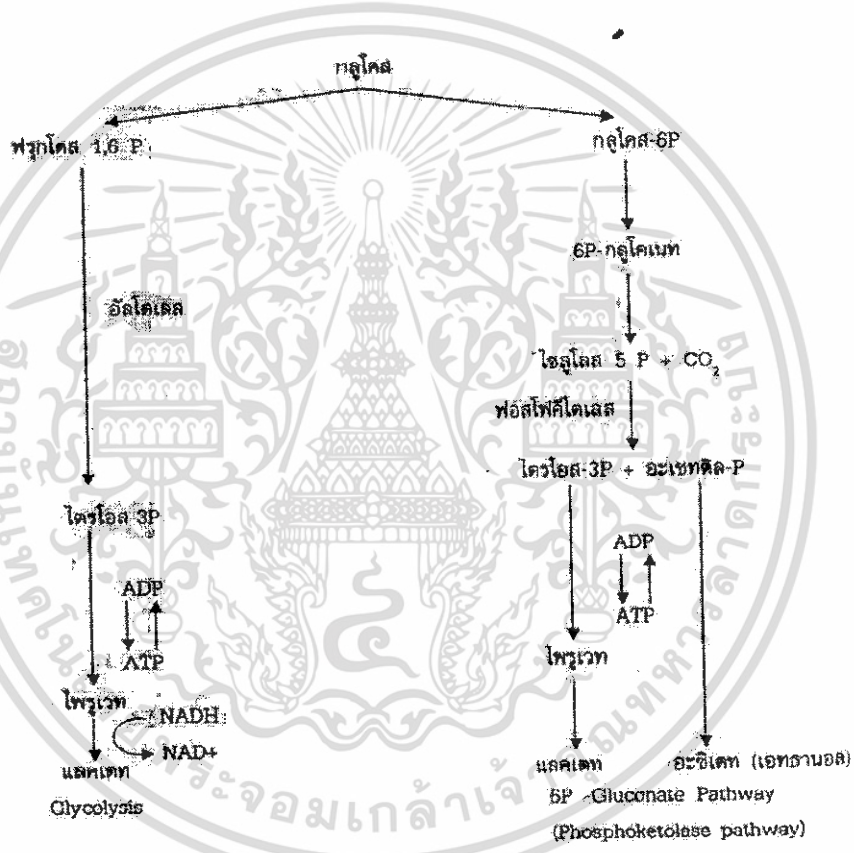
การหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟในสภาวะที่ไม่มีอากาศทำให้เกิดเอทธานอลขึ้น เอทธานอลเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง ทำให้แบคทีเรียแลคติกได้เปรียบในการแข่งขันเหนือแบคทีเรียอื่น ๆ ในการเจริญเติบโต แม้ว่าเอทธานอลที่เกิดขึ้นไม่มากนักก็ตาม นอกจากนี้แบคทีเรียแลคติกยังมีประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อีก แต่มีวามสำคัญน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดแลคติกที่แบคทีเรียผลิต (อาจถึง 100 มิลลิโมลาร์) จนมีผลทำให้พีเอชของสับสเตรสลดลงมาอยู่ระหว่าง 3.5 -4.5 กรดแลคติกเป็นกรดที่มีราคาแพงและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารและยา

2. ประโยชน์ของแบคทีเรียแลคติกในด้านการส่งเสริมสุขภาพ

อาหารหมักได้เชื่อมานานแล้วว่ามีบางสิ่งบางอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพมนุษย์ ในขณะที่อาหารปกติไม่มี เมท์ชนิคอฟ (Metchnikoff) ชาวรัสเซีย เจ้าของทฤษฎีว่าด้วยภูมิคุ้มกันที่เกิดจากทำลาย เซลล์จากการกินแบบที่เรียกว่า(Phagocytic immunity)เช่นกินแบคทีเรียของเม็ดเลือดขาว แนะนำให้บริโภคอาหารหมักถือได้ว่าเขาเป็นผู้ใช้วิธีธรรมชาติในการบำบัดความไม่สมดุลของร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขาเชื่อว่าในลำไส้มนุษย์อาจเกิดความไม่สมดุลขึ้นได้ สืบเนื่องจากแบคทีเรียเจริญและสร้างสารพิษออกมาทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้นในลำไส้ เป็นผลให้มนุษย์มีอายุขึ้น ทางแก้ปรากฏในหนังสือที่เขาเขียนขึ้นมีชื่อว่า The prolongation of life (Metchanikoff 1907) ในหนังสือเล่มนี้ได้กล่าวถึงการบริโภคอาหารที่เป็นกรดโดยเฉพาะโยเกริต์นปริมาณที่เพียงพอ ซึ่งจะช่วยให้มนุษย์มีชีวิตที่ยืนยาวได้ ทั้งนี้เพราะเขาเชื่อว่ากิจกรรมการยับยั้งจุลินทรีย์ของแบคทีเรียแลคติกในโยเกริต์ จะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในลำไส้ในลักษณะเดียวกันกับที่ยับยั้งการเน่าเสียของอาหาร และเป็นเหตุผลที่นำมาอธิบายถึงการมีอายุยืนของชาวนาบัลแกเรียที่บริโภคโยเกริต์เป็นประจำ



<u>ภาพที่ 3</u> วิธีการผลิตกรดแลคติกของเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก
ที่มา : บวรศักดิ์ ลีลานนท์ (2548 : 284)

2.1.5 แบคทีเรียวงศ์ *Lactobacillaceae*

สกุล *Lactobacillus* พวกนี้มีรูปร้างเป็นท่อนค่อนข้างยาวมักเรียงต่อกันเป็นลูกโซ่ เป็นพวกต้องการออกซิเจนเพียงเล็กน้อยในการเจริญ แต่มีบางชนิดเป็นพวกแอนแอโรบิก ไม่สร้างเอนไซม์คะตาเลส น้อมติดสีแกรมบวกสลายน้ำตาลแล้วให้กรดแลคติกเป็นส่วนใหญ่ถ้าเป็นพวกโฮโมเฟอร์เม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นทีฟ จะสลายน้ำตาลแล้วให้กรดแลคติกเกือบทั้งหมด มีกรดอะซิติก คาร์บอนไดออกไซด์และอื่นๆ บ้างเล็กน้อยแต่ถ้าเป็นพวกเฮตเทอโรเฟอร์เมนทีฟจะสลายน้ำตาลแล้วให้สารระเหยได้รวมทั้งแอลกฮอล์ในปริมาณมากพอ กับกรดแลคติกตัวอย่างของโฮโมเฟอรเมททีฟและเฮตเทอโรเฟอร์เมนเททีฟได้แสดงไว้ในตาราง

สปีชีส์ทั้งหมดที่ได้กล่าวไว้ในตารางที่ 4 ยกเว้น *L.delbrucckii, L.leichmanii, L.hilgardii, L. trichcdes* และบางสายพันธุ์ของ *L. brevis* จะใช้แล็กโทสแล้วให้กรดแลคติกจึงมีความสำคัญในอุตสาหกรรมนม แหล่งที่มาของ lactobacilli คือ บริเวณผิวใบของพืช ปุ๋ยและผลิตภัณฑ์นม

ตารางที่ 4 แสดงการแบ่งพวกของ *lactobacilli* ตามชนิดของผลผลิตและอุณหภูมิที่เหมาะสม

	พวกโฮโมเฟอร์เมททีฟ	พวกเฮตเทอโรเฟอร์เมนทีฟ
อุณหภูมิที่เหมาะสม ไม่ต่ำกว่า 37 องศาเซลเซียส	*L. bulgaricus* *L. helvaticus* *L. lactis* *L. acidophilus* *L. thermophilus* *L. delbrueckil*	*L. fermentum*
อุณหภูมิที่เหมาะสม ต่ำกว่า 37 องศาเซลเซียส	*L. casei* *L. plantarum* *L.leichmanii*	*L. brevis* *L. buchneri* *L. pastorianus* *L. hilgardii* *L. trichodes*

ที่มา : จุลชีววิทยาทางอาหาร รศ.ดร. สุมาลี เหลืองสกุล : 2527

2.1.6 ลักษณะที่ทำให้ lactobacilli มีความสำคัญในอาหารได้แก่

1. ความสามารถในการใช้น้ำตาลแล้วให้กรดแลคติกปริมาณพอสมควร ทำให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการหมักพืชและน้ำนมได้ผลผลิตออกมา หรือนำไปผลิตกรดแลคติกออกมาโดยเฉพาะเพื่อนำกรดแลคติกไปใช้กับผลิตภัณฑ์บางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความสามารถในการให้ก๊าซและสารระเหยบางอย่างออกมาของพวกเฮตเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ เช่น *L. fermentum* ที่เจริญในเนยแข็งสวิส (swiss cheese) หรือ *L. hilgardii* หรือ *L.trichodes* ในไวน์

3. ไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินเกือบทุกชนิดที่เซลต้องการ เพราะฉะนั้นจึงไม่สามารถเจริญในอาหารที่ขาดวิตามินได้ เรานำมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ปริมาณของวิตามินในอาหารได้

4. มีคุณสมบัติทนความร้อนได้ดี ทำให้มีชีตรอดหลังการพาสเจอร์ไรส์ได้จึงทำให้เกิดการตกตะกอนโปรตีนได้ในกระบวนการผลิตเนยแข็ง

มี *lactobacillus* หลายสปีชีส์มีคุณสมบัติแตกต่างไปจากที่กล่าวมาแล้ว คือสามารถเจริญในเนื้อแช่เย็นได้ เช่น *L.viridescens* ทำให้ได้ไส้กรอกมีสีเขียว และ *L. salinmandus* เจริญได้ในไส้กรอก

2.1.7 ประโยชน์ของแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีต่ออาหารหมัก

1. เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ จากการศึกษาถึงข้อมูลในกลุ่มของธัญพืช พบว่าคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมากขึ้นมาจากกิจกรรมการหมักที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต โดยเฉพาะการเพิ่มองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็นนอกจากนั้นคุณค่าทางด้านโปรตีนในอาหารที่มีส่วนของธัญพืชและถั่วยังเพิ่มขึ้นอีกด้วย องค์ประกอบของวิตามินบางชนิดยังพบได้ในระหว่างการหมัก เพราะมีจุลินทรีย์บางชนิดสังเคราะห์วิตามินที่จำเป็นต่อการเจริญ จึงทำให้องค์ประกอบของวิตามินในอาหารที่ผ่านการหมักสูงกว่าอาหารที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก เช่น ในเทมเป้จากแป้งสาลีพบว่าปริมาณไนอะซินไรโบฟลาวินและไทอะมินก่อนการหมักเท่ากับ 46.0,0.4และ 3.2 ไมโครกรัม/กรัม เพิ่มเป็น135,3.2และ3.2 ไมโครกรัมภายหลังการหมักโดยส่วนใหญ่แล้วปริมาณของวิตามินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 5 สารยับยั้งที่ผลิตจากแบคทีเรียกรดแลคติก

Inhibitor substance	Strain of lactic acid bacteria
Hydrogen peroxide	*Lactobacillus sp.*
	Pediococus sp.
Nisin and diplococcin	*Streptococcud sp.*
Lacotcin and lactobacillin	*Lactobacillus plantarum*
Lactobrevin	*Lactobacillus brevis*
Bulgarican	*Lactobacillus bulgaricus*
Acidophilin, lactocidin	*Lactobacillus acidophilus*
Acidolin,lactolin	

ที่มา : Vuyst and Vandamme (1994)

2. ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บทบาทของแบคทีเรียกรดแลคติกในอาหารหมักพบว่าสามารยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยสูงขึ้น ตลอดจนการเก็บรักษาได้นานขึ้น โดยปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งคือ การสร้างกรดและการลดลงของค่าพีเอช กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมทาบอลิซึมของแบคทีเรียทั้งกรดแลคติก และกรดแอซตริก นอกจากนั้นยังมีสารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่เกิดขึ้นและมีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อื่นเช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แบคเทอริโอซิน ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ประเภทพอลีเปปไทด์โครงสร้างทางเคมีเกิดจากการเรียงตัวของกรดอะมิโนเป็นสายยาว มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มที่ใกล้เคียงแบคเทอริโอซินส่วนใหญ่ผลิตจากแบคทีเรียกรดแลคติก โดยแบคทีเรียกรดแลคติกแต่ละสายพันธุ์จะให้คุณสมบัติของแบคทีเรียชนิดอื่น น้ำหนักโมเลกุล โครงสร้างโมเลกุลสมบัติทางพันธุกรรมและสมบัติทางชีวเคมี (Klaenhammer, 1988; Hiller and Davision, 1991; Stiles and Hasting,1991) ตัวอย่างที่ผลิตจากแบคทีเรียกรดแลคติกบางสายพันธุ์

3. แบคทีเรียกรดแลคติกมีกิจกรรมในการลดปริมาณคอเลสเทอรอลในกระแสเลือด มีรายงานโดย Adam and moss (1995) ว่าการบริโภคผลิตภัณฑ์นมหมักจะช่วยยับยั้งการเกิดคอเลสทอรอลได้ นอกจากนี้ยังมีผลในการลดน้ำหนักได้ 2.3-2.7 กิโลกรัมใน 3 สัปดาห์ ซึ่งต้องบริโภคผลิตภัณฑ์พร้อมกับหารออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอนอกจากนั้นในโยเกิร์ตยังมีองค์ประกอบของสารที่ยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเทอรอล ดังนั้นการบริโภคนมหมักที่มีเชื้อ Lactobacillus acidophilus จะช่วยให้คอเลสเทอรอลในเลือดลดลงกว่าการบริโภคนมที่ไม่มีเชื้อดังกล่าว(Marvin ,1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
73115

4. กิจกรรมในการป้องกันมะเร็ง แบคทีเรียกรดแลคติกโดยเฉพาะ Lactobacillus acidophilus เป็นแบคทีเรีย ที่เกี่ยวข้องกับมะเร็งในลำไส้ใหญ่ การศึกษาถึงการบริโภคอาหารประเภทเนื้อแดง พบว่าทำให้ระดับของเอรไวม์ β - lucuronidase, azoreductase และเอนไซม์ introreductase เพิ่มสูงขึ้นกว่าการบริโภคอาหารประเภทผัก และเอนไซม์เหล่านี้ยังความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความเปลี่ยนแปลงของ Procarcinogen ไปเป็น carcinogen ในส่วนปลายของลำไส้ ผลของ L. acidophilus สามารถยับยั้งกิจกรรมของแอนนิไซม์เหล่านี้ได้ทำให้โอกาสเสี่ยงต่อการเกดมะเร็งของผู้ป่วยลดลง (Adam and Moss , 1995 : Marvin, 1981)

5. ช่วยกระตุ้นภูมิค้ามกัน มีการศึกษาที่พบว่าแบคทีเรียกรดแลคติกเป็นตัวกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โดยมีความไวต่อ micorphage และ lymcocyte ทำให้เพิ่มระดับของ immunoglobulin (IgA) และผลิต gamma interferon ซึ่งผลดังกล่าวทำให้มีความต้านทานต่อเชื้อโรค (pathogens) และยังมีคุณสมบัติเป็น antitumor โดยเฉพาะ Lactobacillus acidopillus (Adam and Moss, 1995)

2.1.8 การผลิตผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรม

ผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมหลายชนิดที่เกิดจากการกระทำของแบคทีเรีย ได้แก่

<u>การผลิตกรดแลคติก</u> ที่ใช้รักษาโรคขาดแคลเซียม ในรูปแคลเซียมแลคเตต (calcium lactate) รักษาโรคโลหิตจาง โดยใช้ในรูปไอเอินแลคเตต, (iron lactate) และใช้เป็นตัวทำละลายแลคเกอร์ในรูปเอ็นบิวทิลแล็กเตต (N-butyl lactate)

การผลิตกรดแลคติก ใช้วัตถุดิบพวกแป้งข้าวโพด มันฝรั่ง กากน้ำตาล หางนมที่ได้จากอุตสาหกรรมนม ถ้าวัตถุดิบเป็นแป้งจะถูกย่อยเป็นกลูโคสก่อนด้วยกรดหรือเอนไซม์ ชนิดของแบคทีเรีย ที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ เช่น ใช้เชื้อ *L. bulgaricus* เมื่อใช้หางนมเป็นวัตถุดิบ บางครั้งอาจต้องเติมสารประกอบไนโตรเจนหรือสารอื่นเพื่อช่วยให้เชื้อเจริญได้ดี ระหว่างการหมักจะเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อทำปฏิกิริยากับกรดแลคติกให้เป็นกลาง ได้แคลเซียมแลคเตต หลังจากนั้นจึงแยกแคลเซียมแลคเตตออกมาและทำให้เข้มข้นขึ้น

<u>การผลิตกรดซิตริกหรือกรดส้ม</u> ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เป็นเครื่องปรุงรสอาหาร ในอุตสาหกรรมน้ำหมึก สีย้อม และใช้ในวงการแพทย์ มีเชื้อราหลายชนิดที่เปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดส้มได้ แต่ที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ *Aspergillus niger*

<u>การผลิตกรดอะมิโน</u> จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนจากสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งอาจสังเคราะห์ได้มากเกินความต้องการ จึงขับออกมาในอาหารเลี้ยงเชื้อ จุลินทรีย์บางชนิดสังเคราะห์กรดอะมิโนได้มากจนผลิตเป็นการค้าได้ เช่น แอล-ไลซีน (L-lysine) ผลิตโดยเชื้อ *Enterobacter aerogenes* กรดแอล-กลูตามิก (L-glutamic acid) โดยแบคทีเรีย *Micrococus, Arthrobacter* เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตเอนไซม์ มีราและแบคทีเรียหลายชนิดที่สังเคราะห์เอนไซม์และขับออกจากเซลล์มาอยู่ในอาหาร ในทางอุตสาหกรรม สามารถเลี้ยงเชื้อราและแบคทีเรียให้สร้างเอนไซม์และทำให้เอนไซม์บริสุทธิ์ได้ เช่น

เอนไซม์อะไมเลส (Amylase) ได้จาก *Rhizopus delemar*, *Mucor rouxii*, *Aspergillus oryzae* ใช้ย่อยแป้งให้เป็นเดกซ์ทรินและน้ำตาล จึงใช้เอนไซม์นี้ในการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล เพื่อการผลิตแอลกอฮอล์ ใช้ในการทำให้ไวน์ เบียร์ และน้ำผลไม้ใสขึ้น

เอนไซม์อินเวอร์เทส (Invertase) ได้จากยีสต์ *S. cerevisiae* ใช้ย่อยซูโครสให้เป็นกลูโคสกับฟรักโทส จึงใช้ในอุตสาหกรรมทำลูกกวาด ไอศกรีม

โปรตีเอส (Protease) เป็นคำเรียกเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน ซึ่งมีหลายชนิด ได้จาก *Bacillus subtilis* และ *A. oryzae* ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหนัง การทำกาว การทำให้เนื้อนุ่ม ทำให้เครื่องดื่มใส

เอนไซม์เพกทิเนส (Pectinase) ได้จาก *Aspergillus niger*, *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp. ใช้ในการทำให้น้ำผลไม้ใส และย่อยเพกทินในการแช่ต้นแฟลกซ์ เพื่อทำผ้าลินิน

2.2 การผลิตอาหาร

อาหารและเครื่องดื่มหลายชนิดที่เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์ ซึ่งมนุษย์เราได้ใช้ประโยชน์มาเป็นเวลานานแล้ว อาหารที่เกิดจากการหมักของจุลินทรีย์ เรียกว่า อาหารหมัก (fermented food) เช่น กะหล่ำปลีดอง แตงกวาดอง ไส้กรอก เกิดจากการกระทำของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเป็นส่วนใหญ่ แบคทีเรียเหล่านี้อาจมีอยู่ตามธรรมชาติบนอาหารหรือเราตั้งใจใส่เชื้อนั้นลงในอาหาร

2.2.1 ผลิตภัณฑ์นมหมัก (fermented milk) มีหลายชนิด ได้แก่ นมเปรี้ยว เนยแข็ง นมเปรี้ยวซึ่งมีรสเปรี้ยวเกิดจากการหมักนมพาสเจอร์ไรซ์ด้วยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก จึงสามารถหมักน้ำตาลแล็กโทสให้เป็นกรดแลคติกได้ และกรดนี้ไปทำให้โปรตีนในนมตกตะกอนเป็นลิ่มเละๆ ที่เรียกว่า เคิร์ด (curd) มีรสเปรี้ยว และมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน ผลิตภัณฑ์นมหมักที่นิยมในปัจจุบัน ได้แก่ โยเกิร์ต นมบัตเตอร์ นมคีเฟอร์ เป็นต้น

2.2.2 โยเกิร์ต (yogurt) เป็นนมเปรี้ยวที่เชื่อว่าดื่มแล้วอายุยืน ทั้งชนิดกึ่งแข็งและ เหลว ใช้เชื้อต้นตอ (starter) คือ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* เติมลงในนมพาสเจอร์ไรซ์และบ่มไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 43 องศาเซลเซียส 7 - 8 ชั่วโมง จนวัดความเป็นกรดได้ 0.9 % และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว เพื่อหยุดปฏิกิริยาการหมัก

2.2.3 ผลิตภัณฑ์อื่นที่ทำจากนม ได้แก่ เนยเหลว (butter) ซึ่งทำจากไขมันในนม โดยนำนมมาปั่น ไขมันจะรวมตัวเป็นเม็ดแล้วกรองเอาส่วนที่เป็นน้ำออก นำไขมันมาเติมเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ *Streptococcus lactis* ร่วมกับ *Leuconostoc citrovorum* ซึ่งทำให้เนยเหลวมีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว ส่วนการทำเนยแข็ง (cheese) ซึ่งมีแตกต่างกันหลายชนิดนั้นจะมีการเติมแบคทีเรีย ซึ่งเป็นเชื้อต้นตอต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดกัน เช่น *S. lactis* หรือ *Streptococcus cremoris* ทำให้ได้เนยแข็งต่างชนิดกัน แต่ละชนิดมีรสชาติและเนื้อของเนยที่แตกต่างกัน กรดที่แบคทีเรียแต่ละชนิดสร้างขึ้น จะช่วยให้นมจับตัวเป็นก้อนเคิร์ด หลังจากนี้มีการเติมเอนไซม์เรนนินลงไป เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัวของนม ทำให้แยกส่วนที่เป็นน้ำหรือหางนมออก ส่วนน้ำนี้เรียกว่าเวย์ (whey) แล้วจึงบีบเอาส่วนหางนมออกทำให้เนยแข็งขึ้น โดยนำไปไล่ความชื้นและใส่เกลือ เพื่อดึงน้ำออกและช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ ที่ไม่ต้องการ หลังจากนี้จึงนำไปบ่มด้วยแบคทีเรียหรือรา เจอร์ไรซ์และบ่มไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 43 องศาเซลเซียส 7 - 8 ชั่วโมง จนวัดความเป็นกรดได้ 0.9 % และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว เพื่อหยุดปฏิกิริยาการหมัก

2.2.4 ผลิตภัณฑ์อื่นที่ทำจากนม ได้แก่ เนยเหลว (butter) ซึ่งทำจากไขมันในนม โดยนำนมมาปั่น ไขมันจะรวมตัวเป็นเม็ดแล้วกรองเอาส่วนที่เป็นน้ำออก นำไขมันมาเติมเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ *Streptococcus lactis* ร่วมกับ *Leuconostoc citrovorum* ซึ่งทำให้เนยเหลวมีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว ส่วนการทำเนยแข็ง (cheese) ซึ่งมีแตกต่างกันหลายชนิดนั้นจะมีการเติมแบคทีเรีย ซึ่งเป็นเชื้อต้นตอต่างชนิดกัน เช่น *S. lactis* หรือ *Streptococcus cremoris* ทำให้ได้เนยแข็งต่างชนิดกัน แต่ละชนิดมีรสชาติและเนื้อของเนยที่แตกต่างกัน กรดที่แบคทีเรียแต่ละชนิดสร้างขึ้น จะช่วยให้นมจับตัวเป็นก้อนเคิร์ด หลังจากนี้มีการเติมเอนไซม์เรนนินลงไป เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัวของนม ทำให้แยกส่วนที่เป็นน้ำหรือหางนมออก ส่วนน้ำนี้เรียกว่าเวย์ (whey) แล้วจึงบีบเอาส่วนหางนมออกทำให้เนยแข็งขึ้น โดยนำไปไล่ความชื้นและใส่เกลือ เพื่อดึงน้ำออกและช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ ที่ไม่ต้องการ หลังจากนี้จึงนำไปบ่มด้วยแบคทีเรียหรือรา

2.3 นมเปรี้ยว

เป็นน้ำนมหรือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม ที่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น เชื้อ แลกโต บาซิลลัส ที่ช่วยในการย่อยอาหาร และผลิตวิตามินเค และทำให้เกิดการหมักตัว มีความเปรี้ยวขึ้น น้ำนมที่นำมาใช้ทำนมเปรี้ยวนั้น มีทั้งเป็นน้ำนมสด และนมที่ได้สกัดเอามันเนยออก แล้วอาจมีการเติมสี กลิ่น รสชาติ เช่นเติมผลไม้เชื่อม องุ่น ลิ้นจี่ ฯลฯ

2.3.1 ชนิดของนมเปรี้ยว

2.3.1.1นมเปรี้ยวชนิดผง ดัดแปลงมาจากน้ำนมวัวธรรมดา และคงคุณค่าของสารอาหารในน้ำนมได้ ทั้งด้านโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และเกลือแร่ต่างๆ แต่ผ่านกระบวนการหมัก จนเกิดกรดที่มีรสเปรี้ยวเสียก่อน จึงนำมาทำให้แห้งเป็นผง นมเปรี้ยวชนิดนี้ใช้สำหรับเด็ก โดยใช้เป็นส่วนหนึ่งในการรักษาโรคระบบทางเดินอาหารของเด็ก

2.3.1.2โยเกิร์ต เป็นผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว ทำโดยการเติมเชื้อจุลินทรีย์ หรือเชื้อราบางชนิด ตามธรรมชาติ ที่ไม่เป็นโทษต่อร่างกาย ลงไปในนมและทิ้งไว้ให้เกิดการหมัก และเกิดรสเปรี้ยว ในอดีต การผลิตนมเปรี้ยวจะไม่มีการปรุงแต่งสี กลิ่น รส ต่อมาได้มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาดัดแปลงปรุงแต่ง เติมทั้ง สี กลิ่น รส ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกันหลายอย่างให้ผู้บริโภคเลือกซื้อได้ตามความพอใจดังตารางที่ 6

2.3.1.3นมเปรี้ยวที่เป็นของเหลว มักจะทำมาจากนมขาดมันเนย และมีการเติมน้ำตาลลงไป เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดี เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้มักจะเป็น แลกโต บาซิลลัส แล้วปล่อยให้เกิดการหมักและย่อยนมบางส่วนจนกระทั่งมีรสเปรี้ยว จึงนำออกมาจำหน่าย

2.3.1.4นมเปรี้ยวเทียม คือ น้ำนม ที่นำมาเติมกรดแลคติก หรือกรดอื่นๆ เพื่อทำให้เกิดรสเปรี้ยว โดยไม่ผ่านการหมัก หรือเติมจุลินทรีย์ใดๆ แล้วปรุงแต่งสี กลิ่น รส แล้วนำออกมาจำหน่าย สารอาหารที่ได้รับจากการบริโภคนมเปรี้ยวจะแตกต่างกันออกไปตามนมที่นำมาใช้ในการทำ โดยแยกตามปริมาณของไขมัน มี 3 ระดับคือ นมเปรี้ยวที่มีไขมันสูง จะมีไขมันประมาณ 3% ขึ้นไป นมเปรี้ยวไขมันต่ำ จะมีไขมันปริมาณ 1.5 - 3% และชนิดที่มีไขมันน้อยมาก

นอกจากนี้จะมีปริมาณโปรตีนประมาณ 12 - 18% ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรทจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับการปรุงแต่งรส และมีปริมาณเหล็กและทองแดงต่ำมาก คุณค่าทางโภชนาการของนมเปรี้ยว จึงขึ้นอยู่กับชนิดของนมที่นำมาใช้ และปรุงแต่งลงไป ถ้าทำมาจากนมสด คุณค่าจะเท่ากับนมสด ถ้าทำมาจากหางนมที่ได้สกัดไขมันออกจะมีคุณค่าทางโภชนาการน้อยลงไป จึงไม่ควรรับประทานนมเปรี้ยวเป็นอาหารหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 กระบวนการหมักจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตอาหารหมักประเภทนมและผลิตภัณฑ์นม

Product	**Fermentation Type**	**Usual Fermentation Time and Temperature**	**Microorganisms**
Yogurt	Lactic acid	43 -45 องศาเซลเซียส for 3 ชั่วโมง	*Lactobacillus bulgaricus and Streptococus thermophilus*
Buttermilk and sour cream	Lactic acid	22องศาเซลเซียส for 18 ชั่วโมง	*Streptococcus lactis subsp. Diaceylactis, S. lactis, S.cremoris, Leuconostoc cremoris*
Kefir and koumiss	Lactic acid	15 -22 องศาเซลเซียส for 24 องศาเซลเซียส – And alcoholic 24-36 ชั่วโมง	*Streptococcus lactis, S. cremoris,lactose fermenting yeasts (Torula, Candida)*
A cidophilus milk	Lactic acid	37 -40 องศาเซลเซียส for 16-18 ชั่วโมง	*Lactobacillus acidophilus*
B ulgaricus milk (Bulgarianbutter)	Lactic acid	37 องศาเซลเซียส for 10-12 ชั่วโมง	*Lactobacillus bulgaricus*

ที่มา : จุลินทรีย์กับอุตสาหกรรมอาหาร ดร.ลัดดาวัลย์ รัศมิทัต : 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2นมหมัก(fermented milk)

นมหมัก (fermented milk) เป็นนมหมักที่มีส่วนแบ่งตลาดประมาณร้อยละ 20 ของอาหารหมักทั้งหมด (Oberman and Libudzisz,1978) และมีแนวโน้มว่าจะมีความต้องการเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะเป็นการขยายฐานผู้บริโภคที่เน้นคุณภาพ การหมักนั้นจะเป็นการหมักแบบพื้นบ้านที่ได้พัฒนาไปสู่อุตสาหกรรมจากการอาศัยแบคทีเรียตามธรรมชาติ (Marshal 1984) โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสิ่งที่ทำให้ชีวิตยืนยาวคโปรไบโอติก Probiotics สปีชี Lactobacillus acid acidophiilus และ Bifidobacterium subspecies ลงไป (Kurman, 1988;Hunnger and Peiterson, 1992) มาเป็นการเพาะเลี้ยงหัวเชื้อสำหรับใช้หมัก นอกจากนี้แล้วยังมีการพัฒนาไปสูตรเพิ่มมูลค่าโดยการเติมสารบำรุงสุขภาพหรือเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการหรือลดพลังงานเป็นอาหารสำหรับผู้คนที่ต้องการที่จะลดน้ำหนัก ซึ่งถือว่าเป็นกุลยุทธ์ของการนำผลิตภัณฑ์เข้าสู่ตลาดเจาะกลุ่มผู้บริโภคที่เป็นเป้าหมาย

เมื่อเอ่ยถึงนมหมักแล้ว หลายคนมักนึกถึง นมเปรี้ยวหรือโยเกิรต์ (yoghurt) ทั้งที่โยเกิรต์เป็นเพียงอาหารนมหมักอย่างหนึ่งเท่านั้น ดังนั้น ในที่นี้จะพูดถึงนมหมักต่างๆที่จำแนกแล้วจะอาศัยโดยแบคทีเรียแลคติกที่ใช้เป็นตัวการหมัก

ทั้งนี้ทั้งนั้นก็จะจำแนกออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.3.2.1นมหมักจากบัตเตอร์มิลค์ (butter milk)

นมหมักจากบัตเตอร์มิลค์ (butter milk) คำว่าบัตเตอร์มิลค์จะใช้เรียกส่วนของนมที่เป็นผลพลอยจากการทำเนยสด (butter) และบัตเตอร์มิลค์เป็น สีรัมสดที่เหลือจากการตกตะกอนที่แยกครีมออกไปใช้ทำเนย บางประเทศจะใช้เป็นอาหารและบางประเทศจะนำมาเป็นอาหารสัตว์

แต่จะพูดถึงแค่การผลิตบัตเตอร์มิลค์เป็นอาหารคน หลังจากที่เราแยกครีมออกไปแล้ว นำของเหลวที่เหลือมาพาสเจอไรซ์ หรือบางทีก็เติมนมที่มีไขมันต่ำผสมเข้าไปก่อนพาสเจอไรซ์บัตเตอร์มิลค์ก่อนหมักจะมีไขมันราวละ 1.7 พอหลังจากพาสเจอไรซ์บัตเตอร์มิลค์จะเย็นลงอุณหภูมิอยู่ที่ 22 องศาเซลเซียส จากนั้นก็จะเติมเชื้อหมักร้อยละ 1 ซึ่งเชื้อหมักนั้นจะประกอบแบคทีเรียแลคโตคอกไค ซึ่งแบคที่เรียชอบอยู่ที่อุณหภูมิปานกลาง (mesochilic Lactococci) และบางทีก็จะเติมแบคทีเรียลิวโคนอสตอคด้วย แต่ว่าในการค้านิยมใช้ *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactis ssp.*และ *Subspecies cremoris Leuconstoc mesentoroides ssp. cremoris*อาจเติม (*Lactis ssp. lactis variety diacetylactis*) จะต้องเป็นสายพันธุ์ที่ผลิตไดอะเซทติลต่ำ ลินด์เซและคณะกล่าวว่าการผลิตบัตเตอร์มิลค์ที่ทีรสชาติดีจะต้องควบคุมอัตราส่วนไดอะเซทติลต่ออะเซทติลดีไฮด์ 4:1 (Lindsay et al., 1965) เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ให้กรดและแบคทีเรียที่ให้กลิ่น-รส อยู่ในสัดส่วนที่สมดุลกัน การบ่มก็อุณหภูมิ 21-24 องศา เพราะถ้าใช้อุณหภูมิมากกว่าก็จะทำให้แบคทีเรียที่ให้กรด เจริญได้เร็วกว่าแบคทีเรียที่ให้กลิ่น-รส ทำให้บัตเตอร์มิลค์มีแต่ความเปรี้ยว แต่ขาดกลิ่น-รส เฉพาะไดอะเซทติล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นมที่ใช้ผลิตบัตเตอร์มิลค์ควรที่จะมีคุณภาพทางกายภาพและทางจุลชีววิทยาดี เพราะว่าปริมาณกรดซิตริกในนมไม่คงที่ คือในรอบปีจะแปรไปตามฤดูระหว่างร้อยละ 0.15-0.19 การเติมกรดซิตริกหรือโซเดียมซิเตรทอาจจำเป็น เพื่อให้ระดับของไดอะเซทติลเหมาะสม นอกจากนี้เติมสารเพื่อให้ความคงตัว (stabilizers) สารให้ความหวานจากคาร์โบไฮเดรตสีนมผง หางนมผงที่เป็นของแข็ง หลังจากบ่มเพาะเชื้อใช้เวลา 14-16 ชั่วโมง การตกตะกอนเป็นก้อนของนมจะมี pHที่ 4.6-4.7 และได้กรดจากไตเตรทร้อยละ 0.8 การเคลื่อนย้ายควรระวัง หลังจากที่ทำผลิตภัณฑ์บัตเตอร์มิลค์เสร็จแล้วจึงลดอุณหภูมิอยู่ที่ 5 องศา บรรจุจำหน่ายภายใน 24 ชั่วโมง

2.3.2.2นมหมักจากเชื้อแลคโตแบซิลลัส (Laetobacillus)

ผลิตภัณฑ์นมหมักของชาวสวีเดนที่เรียกว่า ลางฟิล (Langfil) และชาวสวีเดนที่เรียกว่า วิอิลี (viili) จำเป็นต้องใช้แบคทีเรียแลคติกสายพันธุ์ที่สร้างเมือกได้แก่ *Lactococcuslactis ssp. lactis* และ *ssp. cremoris*เพื่อให้เกิดสารคล้ายไกลโคโปรตีนในนม (Macura and Townsley, 1984)

การใช้กล้าเชื้อผสม (mixed-strain starter cultures) ได้เปรียบในแง่ของการเสริมประโยชน์กันและกัน ดังเช่น กรดแลคติก

การใช้เชื้อผสมแม้ว่าแบคทีเรียสายพันธ์หลักจะถูกทำลาย แต่แบคทีเรียสายพันธ์ที่หลงเหลืออยู่ก็สามารถจะดำเนินต่อไปได้และผลผลิตสุดท้ายไม่ต่างกันนักการคัดเลือกเชื้อผสมที่เหมาะสมเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายตามที่ต้องการจำเป็นจะต้องยึดต้นแบบการหมักแบบพื้นบ้านในการผลิตต่อไป

นมหมักจากเชื้อแลคโตบาซิลลัส *(Lactobacillus)* ตัวอย่างนมหมักประเภทนี้ ได้แก่ การทำนมหมักของชาวบัลกาเรีย และนมหมักอีกชนิดหนึ่งของญี่ปุ่นในชื่อการค้าว่า ยาคูลท์ (Yakut)

ก.นมหมักของชาวบัลกาเรีย สาหรับการผลิตนมหมักบัลกาเรียเป็นการค้าในปัจจุบันใช้เชื้อนมหมักที่ประกอบด้วย *Lactobacillus delbeueckii ssp. bulgaricus* อย่างเดียว นอกจากนี้อาจจะเติมเชื้อ *Streptococcus thermophilus* ลงไปด้วย ก่อนที่จะเติมจะต้องทำพาสเจอไรซ์นมที่ 85 องศา เป็นเวลา 30 นาที แล้วเติมกล้าเชื้อประมาณร้อยละ 2 บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศา พอเป็นกรดประมาณร้อยละ 1.4 แต่ถ้าปล่อยให้หมักจนได้เปอร์เซ็นต์ร้อยละ 4 ส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในรูป D (-) (Tamime and Deeth, 1980) จากนั้นหยุดการหมักโดยการเก็บนมเปรี้ยวที่อุณหภูมิ 7 องศา นมหมักบัลกาเรียเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่น-รส ไม่ชวนรับประทาน สารที่ให้ตัวกลิ่น รส มาจากอะเซทตัลดีไฮด์ แต่อยู่ในระดับความเข้มข้นสูงถึง 12 พีพีเอ็ม ผลิตจากแบคทีเรีย (*L. delbrueckii ssp. bulgaricus*) (lamime and Robinson, 1985) ผู้ผลิตบางรายใช้เชื้อ *L.. delbrueckii ssp bulgaricus* ร่วมกับแบคทีเรียแลคติกที่กมักบัตเตอร์มิลค์ *(Lactococcus. lactis)* ในการผลิตนมหมักบัลกาเรีย

ยาคูลท์ เป็นนมหมักอีกประเภทหนึ่งของชาวญี่ปุ่นที่ใช้เชื้อ *Lactobacillus-casei* ผลิตจากหางนมที่เติมน้ำตาลกลูโคสและสาหร่าย cholorella ละลายในน้ำร้อน กรองฆ่าเชื้อและเติม *L. casei* (สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธ์ชิโรตะเป็นแบคทีเรียในทางเดินอาหารของมนุษย์ ซึ่งแยกจากอุจจาระเด็ก) แล้วจะหมักที่อุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4 วัน จนได้กรดอยู่ที่ร้อยละ 2.7 ของแป้งนมต่ำกว่านมทั่วไป คือ โปรตีนร้อยละ 1.2 น้ำตาลแลคโตร้อยละ1.1 และไขมันอยู่ที่ร้อยละ 1.1 จึงต้องเพิ่มของแข็ง การเติมแซคคาไรด์อื่น ๆถ้าให้เพิ่มเป็นร้อยละ 14.1 ทำให้สมบัติทางประสาทสัมผัสที่ดี (Tamime and Robinson, 1988) สำหรับคนที่ดื่มยาคูลท์เป็นประจำ จะทำให้แบคทีเรีย *L. casei* ในอุจจาระเพิ่มและมีจำนวน E.coli ลดลง และยังต้านทานโรคในระบบทางเดินอาหารดีกว่าคนที่ไม่ดื่ม (Speck,1976)

2.3.2.3อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรีย

นมหมักจากแบคทีเรียแลคติกที่ชอบอุณหภูมิสูงเชื้อแบคทีเรียในนมผ่านความร้อนนำมาใช้ในการหมักนม ซึ่งมีการผลิตกันในฤดูร้อนในยุโรปตอนกลางและยุโรปตะวันออก มีอุณหภูมิอากาสขั้นสูงกว่า 40 องศา แต่มีแบคทีเรียที่สามารถได้อยู่ 2 สปีชี คือ *Lactobacillus delbruecki ssp. bulgaricus*และ *streptococcus thermophilus* แบคทีเรียทั้งสองแตกต่างกันที่สมบัติทางกายภาพ และกิจกรรมการเมตาบอลิสึม ปริมาณกรดแลคติกที่ *Lactobacillus delbruecki ssp. bulgaricus* อาจจะผลิตได้สูงถึงร้อยละ 2-2.5 ส่วนใหญ่แล้วมันจะอยู่ในรูปของ D(-) ในขณะที่ Streptococcus thermophilus ผลิตกรดแลคติกที่อยู่ในรูปของ L (+) มันจำเป็นต่อร่างกาย แต่มันผลิตน้อยกว่าแบคทีเรียสปีชีอันแรกมาก (ร้อยละ 0.6 -0.8) (Kandier,1983;Dellaglio,1988) แบคทีเรียสปีชีแรกเจริญอุณหภูมิอยู่ที่ 38 -45 องศา ส่วนสปีชีที่สองเจริญอุณหภูมิที่แคบกว่า คือ 42 – 45 องศา (Bottazzi,1983) ในบรรดานมหมักที่ชอบอุณหภูมิสูง คือ โยเกิร์ต

โยเกิร์ต การผลิตโยเกิร์ตนี้มีมานานแล้ว เพื่อต้องการบริโภคและเป็นการค้าโยเกิร์ตนี้มีกำเนิดในทวีปเอเชีย ซึ่งโยเกิร์ตมีวิธีการผลิตคล้ายกับนมหมักบัลกาเรีย โดยนำนมวัวหรือนมแพะมาต้ม แต่ในปัจจุบันนี้มีการผลิตโยเกิร์ตนิยมใช้เชื้อ Strep. thermophilusและ *L. delbrueckii ssp bulgaricus* และบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 40 -45 องศา จนโยเกิร์ตมีค่า พีเฮช อยู่ที่ ราว 4.2 -4.3 สองสปีชีนี้จะทำเกิดการหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ ซึ่งแบคทีเรีย ทั้ง 2 สปีชีในโยเกิร์ต จะมีการเสริมประโยชน์ซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะแบคทีเรีย (strep. thermophilus) มีความไวต่อยาปฏิชีวนะและสารยับยั้งที่มีในนม ระดับของเพนิลินที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียแลคติกจะขึ้นอยู่กับสายพันธ์ แต่ถ้าเพนิซิลระดับ 0.004- 0.01 ไอยู ก็จะสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้แล้ว (Tamime and Robinson, 1988) ส่วนสัดส่วนของแบคทีเรียนี้จะมีชนิดท่อนสั้น (rods) และชนิดกลม (cocci) ถ้าให้โยเกิร์ตมีรสดีก็ควรเป็น 1 ต่อ 1 (chandan et al . 1969, Vedamuthu. 1982) แต่จะต้องเพาะเชื้ออยู่ที่ 42 องศาเซลเซียส โดยใช้กล้าเชื้อร้อยละ 2 (Tamime,1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.4 นมหมักจากแบคทีเรียแลคติกและยีสต์

นมหมักจากแบคทีเรียแลคติกและยีสต์ แบคทีเรียแลคติกที่ใช้หมักนมประเภทนี้เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้อุณหภูมิปานกลางถึงสูง มีหลายสปีชี ได้แก่ สายพันธุ์ Kluyveromyces อาจมี (Candid และ Saccharomyces) และยีสต์สายพันธุ์อื่นด้วย ผลิตผลที่ได้ คือ กรดแลคติกและเอธานอล ผลิตภัณฑ์นี้จึงได้ชื่อว่า นมหมักประเภทแอซิด –แอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกัน แพร่หลาย คือ คีเฟอร์

เมล็ดคีเฟอร์ มีขนาดประมาณ 0.3 -2 เซ็นติเมตร .มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ ผิวนอกจะมีลักษณะยับยู่ยี่ เกาะกันคล้ายข้าวสุก เมล็ดคีเฟอร์ใช้ผลิตนมเปรี้ยวแบบดั้งเดิมจากธรรมชาติ เมื่อเติมลงในนมเมล็ดจะพองออก และเปลี่ยนเป็นสีขาวเป็นเมือก ลักษณะยืดหยุ่นคล้ายเจลลี่ เมล็ดคีเฟอร์เป็นที่อยู่ของแบคทีเรียแลตติก (Lactobocilli และLactococci) และยีสต์มีความเข้มข้นประมาณ 10-10 เซลล์ และ 10 เซลล์ต่อกรัม โดยทั่วไปแล้วแลคโตสบาซิไลอยู่ในเมล็ดคีเฟอร์ ร้อยละ 65-80 แลคโตคอกไค (ทำให้เกิดกลิ่น – รส)ร้อยละ 20 ส่วนที่เหลือก็จะเป็นร้อยละ 5 คือ ยีสต์ (ทั้งสปีชีที่หมักน้ำตาลและไม่หมักน้ำตาลแลคโตส) ยีสต์ที่ไม่หมักน้ำตาลแลคโตสอยู่บริเวณชั้นใน และยีสต์ที่หมักน้ำตาลแลคโตสอยู่บริเวณผิวนอกของเมล็ดคีเฟอร์ นอกจากนี้อาจมีแบคทีเรียที่ทำให้กรดน้ำส้ม คือ *Acetobacter aceti* และ A rancecs มีบทบาทรักษาสภาวะที่เหมาะสมของการอยู่รวมกันจุลินทรีย์ ชนิดต่าง ๆ และมีบทบาทในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสเพิ่มความหนืดด้วย (Koroieva 1988) ในระดับอุตสาหกรรมแล้วก็จะผลิตกล้าเชื้อคีเฟอร์เป็น 2 ระยะ คือ ระยะให้เมล็ดคีเฟอร์เป็นหัวเชื้อ (mother cuiture) เพื่อนำมาผลิตเป็นกล้าเชื้อจำนวนมาก (buik starter) ส่วนในระยะที่สองจะให้เมล็ดคีเฟอร์ต่อนมในอัตราส่วนที่ 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก (Libudzisz and Piatkiewicz,1990) นี้ก็คือสายพันธุ์ ของแบคทีเรียที่แยกออกจากอุจจาระ ซึ่งได้พัฒนาเทคนิคในการผลิต ผลิตภัณฑ์ใหม่ เรียกว่า เครื่องดื่มของคนในรุ่นที่สาม โดยใช้กล้าเชื้อเพาะเลี้ยงทำให้บริสุทธิ์ ได้แก่ แบคทีเรียสปีชีต่อไปนี้

2.3.3 ประโยชน์ของนมหมัก

ก) นมหมักย่อยง่ายและมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่านมสด แบคทีเรียในนมหมักสร้างเอมไซม์สามารถย่อยสารอาหารได้มากกว่าปกติ ไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ เช่น แบคทีเรียให้กรดแลคติกมีเอมไซม์ย่อยน้ำตาลแลคโตส (B-galactosidase)และเอมไซม์ย่อยโปรตีน สารอาหรโมเลกุลเล็กที่ร่างกายสามารถย่อยกรดแลคติกที่แบคทีเรียสร้างขึ้นในนมหมักมีอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพของตะกอนเคซีน ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่มีอยู่มากในนม จะช่วยให้การย่อยเคซีนง่ายขึ้น ช่วยให้มีการหลั่งน้ำลายและเอมไซม์ในกระเพาะอาหารและตับอ่อนและยังช่วยให้การเคลื่อนไหวของลาไส้ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น (Gurr,1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) ลดปริมาณแลคโตส น้ำตาลแลคโตสเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในนมถูกย่อยง่ายเป็นน้ำตาลชั้นเดียว คือ กลูโคส และ กาแลคโตสเสียก่อนจะดูดซึมได้จากลำไส้ปรากฏว่าประชากรส่วนใหญ่ของโลกขาดเอมไซม์นี้หลังจากมีอายุ 10 หรือ 20 ปี ขึ้นไปที่มีปัญหาบริโภคนมแล้วจะมีอาการท้องเดินมีแก๊สในกระเพาะมากและปวดท้อง (Fernandes and Shahani, 1989) จากแบคทีเรียรอดชีวิตและผ่านการกร้เพาะอาหารได้ ทำหน้าที่ย่อยแลคโตสในลำไส้เล็กประมาณร้อยละ 15 สามารถผ่านกระเพาะอาหารและมีชีวิตรอดมาได้ ร้อยละ 1 เท่านั้นที่สามารถผ่านได้ถึงลำไส้ใหญ่ (Pochart at al, 1989)

ค) เพิ่มความดูดซึมเกลือแร่และธาตุเหล็ก การหมักมีผลต่อปริมาณเกลือแร่ในนมหมักเพียงเล็กน้อยเท่านั้น คุณค่าทางอาหารไม่ได้ขึ้ว่าจะมีธาตุอาหารมากเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความสามารถของร่างกายรูซอฟฟ์กล่าวว่าการดูดซึมของแคลเซียมจะดีขึ้นถ้ามีแลคโตส (Rusoff,1987)

ง) ควบคุมจุลินทรีย์ในลำไส้และยับยั้งเชื้อโรคของอาหารเป็นพิษ ในนมหมักมีสารเมตาบอไลท์ที่แบคทีเรียแลคติกขับออกมาสะสมสารเหล่านี้มีสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการในผลิตภัณฑ์อาหารในลำไส้อีกด้วยกรดแลคติกยังเป็นสารหลักที่แบคทีเรียประเภทนี้ขับออกมาทำให้เกิดน้ำเน่าเสีย เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก และกรดเบนโซอิก สารเหล่านี้แม้ว่าจะเกิดขึ้นจะว่องไวและสามารถทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญเติบโต ของจุลินทรีย์ ได้หลายชนิด เช่น กรดอะซิติก ส่วน *Streptococcus thermophilus* ให้กรดฟอร์มิกด้วย และ *Lactobacillus dellrueckii ssp.*และ *bulgaricus Lactobacillus acidophilus* จะให้กรดเบนโซอิกเหนือกว่ากรดแลคติก (Bottazzi,1983) แบคทีเรียแลคติกยังให้สารที่มีสมบัติทางปฏิชีวนะ เรียกว่า แบคเทอริโอซินส์ ซึ่งสามารถยับยั้งแบคทีเรียในลำไส้ที่ทำให้เกิดโรค เช่น ซัลโมเนลลา หรือ ชิเกลลาได้ด้วย (Klaenhammer,1988,1993 : Daeschel,1993) ตัวอย่างเช่นไนซิน เป็นสารปฏิชีวนะชนิดเดียวที่ US.FDA ใช้ได้ในอาหาร(code of Federal Regulation. 21. Part.178

จ) สมบัติในการสร้างระบบภูมิคุ้มกันต้านเซลล์มะเร็ง มีกลไกสามารถต้านการเกิดโรคมะเร็งบางชนิด

- ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับเซลล์มะเร็งโดยตรงหรือกำจัดเซลล์ที่จะกลายเป็นเซลล์มะเร็งต่อไป
- ลดระดับของเอมไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปจากโปรดาร์ซิโนเจน ไปเป็นคาร์ซิโนเจน (ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดเซลล์มะเร็ง
- กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งจากการทดลองปรากฏว่าแลคโตบาซิลลัสบางสายพันธุ์ที่สร้างเอมไซม์ที่มีสมบัติลดไนไตรท์ แต่จากการทดลองกับแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกันมาก (Doddsand Collins-Thompsn,1984) แบคทีเรียที่ใช้ไนไตรท์ทำให้ผลดีต่ออาหาร เป็นการลดความเสี่ยงการก่อเกิดมะเร็งในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ) สมบัติในการลดโคเลสเตอรอล ในเรื่องโรคหัวใจกับระดับโคเลสเตอรอลมีความสัมพันธุ์กัน ซึ่งมีการอ้างว่าการบริโภคนมหมักช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด (Mann and Spoarry,1974) กิลลิแลนด์และคณะ (Gilliland et al.,1985) ซึ่งแยกได้แบคทีเรีย *Lactobacillus acid ophilus* สายพันธุ์หนึ่ง

2.4 ข้าว

วิทย์ เที่ยงบุญธรรม (2547) ได้กล่าวถึงข้าวไว้ดังนี้

ชื่อสามัญ Rice Plant

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Oryza sativa Linn.*

วงศ์ GRAMINEAE

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1. ต้น ข้าวเป็นพรรณไม้จำพวกหญ้าล้มลุก เป็นพรรณไม้น้ำลำต้นนั้นภายในจะกลวงและเป็นข้อมีความสูงประมาณ 1-1.5 เมตร ส่วนมากจะขึ้นในโคลนที่เป็นดินเหนียว

2. ใบ ลักษณะของมันบางแคบและยาวประมาณ 30 – 60 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.6 – 2.5 เซนติเมตร เส้นกลางใบนั้นเราจะเห็นได้ชัดตรงปลายใบแหลมและโคนใบที่หุ้มรอบลำต้นนั้นยาวประมาณ 0.8 – 2.5 เซนติเมตร ส่วนผิวใบและขอบใบนั้นจะมีขนสั้นๆทั้ง 2 ด้าน

3. ดอก จะออกเป็นช่อดอกรวม ซึ่งเรียกว่ารวงข้าว ดอกกลมรียาวประมาณ 6-8 เซนติเมตร ดอกที่ไม่ติดผลนั้นมันจะฝ่อและลีบเป็นหนามแหลม ส่วนดอกย่อยจะมีเกสรตัวผู้อยู่ 6 อัน และอับเรณูยาวราว 2 มิลลิเมตร ก้านเกสรตัวเมียมีอีก 2 อัน ลักษณะนั้นคล้ายนก ช่อดอกถ้าแก่จัดจะงอลง

4. เมล็ด (ผล) เป็นรูปไข่ปลายแหลมมีเส้นผ่านศูนย์กลางราว 2 – 3 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 0.6 – 1.5 เซนติเมตร เมื่อยังอ่อนจะมีสีเขียวถ้าสุกเต็มที่มีสีเหลืองทอง เป็นพรรณไม้ที่ขึ้นในเมืองร้อน

5. การขยายพันธุ์ โดยการหว่านเมล็ดมักจะหว่านในดินเหนียวที่เป็นโคลนจะทำให้เจริญเติบโตงอกงามได้ดีกว่าดินอื่นๆ

2.4.2 การเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าว ระยะการเจริญเติบโต และพัฒนาการของข้าวตั้งแต่ปลูกไปจนกระทั่งเก็บเกี่ยวแบ่งออกเป็น 3 ระยะใหญ่ ๆ คือ

1. ระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นและใบ (vegetative phase)

2. ระยะการเจริญและพัฒนาทางด้านการสร้างส่วนขยายพันธุ์ (reproductive phase)

3. ระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางด้านการสร้างเมล็ดและการสุกแก่ของ เมล็ด (grain formation and ripening phase)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทั้ง 3 ระยะใหญ่ ๆ ยังสามารถแบ่งออกเป็นระยะย่อยอีกหลายระยะ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละระยะของการเจริญเติบโตและพัฒนาการต่าง ๆ มีดังนี้

1. ระยะการเจริญเติบโต และพัฒนาการทางลำต้นและใบ เป็นระยะที่เริ่มตั้งแต่เมล็ดงอก (seed germination) ไปจนถึงระยะที่เริ่มมีการสร้างตาดอก (panicle initiation) ในสภาพที่อากาศอบอุ่น และความชื้นพอเพียงเมล็ดข้าวที่ไม่มีระยะพักตัวของเมล็ด (seed dormany) สามารถงอกได้ทันทีหลังจากที่เมล็ดสุกแก่ สำหรับพันธุ์ข้าวที่มีระยะพักตัวของเมล็ดนั้นต้องอาศัยระยะเวลาช่วงหนึ่งหลังจากที่เมล็ดสุกแก่แล้ว เมล็ดถึงจะสามารถงอกได้ เราสามารถทำลายระยะพักตัวดังกล่าวของเมล็ดข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ ๆ โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น ใช้ความร้อน 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาประมาณ 4-5 วัน หรือวิธีกลเช่น การขัดเปลือกหุ้มเมล็ด (dehulling) หรือวิธีการทางเคมี เช่น ใช้สาร HNO_3 เป็นต้น พันธุ์ข้าวในเขตร้อนหลายพันธุ์โดยเฉพาะข้าวพันธุ์พื้นเมืองมักจะมีระยะฟักตัวของเมล็ดช่วงหนึ่งหลังจากที่เมล็ดสุกแก่แล้ว ซึ่งมีผลดีเพราะช่วยป้องกันไม่ให้เมล็ดข้าวงอกคารวงในช่วงเก็บเกี่ยว หรือในกรณีที่ข้าวเกิดการหักล้ม (lodging) และรวงแตะกับความชื้น ซึ่งพบบ่อย ๆ ในช่วงการทำนาในฤดูนาปี สำหรับระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นและใบนี้พอจะแบ่งออกเป็นระยะย่อย ๆ ได้อีก 2 ระยะ คือ

1.1 ระยะที่เป็นต้นกล้า (seedling stage) เป็นระยะที่เริ่มจากเมล็ดข้าวงอก ส่วนที่เป็นยอดขึ้นมา (emergence) ไปจนถึงระยะที่เกิดหน่อแรก (first tiller) การงอกของข้าวใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน สำหรับการเพาะข้าวนาดำนั้นจะต้องนำเมล็ดข้าวไปแช่ในน้ำประมาณ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นก็นำเมล็ดข้าวที่แช่แล้วขึ้นมาหุ้มอีก 36-48 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปหว่านในแปลงกล้า ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวข้าวมีรากปฐมภูมิ (primary root) งอกออกมากมายาวประมาณ 0.5 - 1 เซนติเมตร

1.2 ระยะแตกกอ (tillering stage) เป็นระยะที่ต่อจากระยะต้นกล้าโดยเริ่มจากการเกิดของหน่อแรกจากตาด้านข้าง (axillary bud) ที่อยู่บริเวณข้อของลำต้นด้านล่างสุด (lowermost nodes) หลังจากที่หน่อชุดแรกแตกจากต้นแม่หมดแล้วก็จะเกิดการแตกของหน่อชุดที่สอง และหลังจากนั้นก็จะมีหน่อชุดที่สามเกิดขึ้นตามจำนวนหน่อจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงระยะที่มีจำนวนหน่อสูงสุด (maximum tillering stage) หลังจากนั้นหน่อบางหน่อก็จะตายลงและจำนวนหน่อจะลดลงถึงจุดหนึ่งแล้วจะคงที่ หน่อที่เหลือทั้งหมดส่วนใหญ่จะเป็นหน่อที่ให้รวง (productive tiller)โดยทั่วไปแล้วต้นข้าวจะหยุดสร้างหน่อหลังจากที่มีการเกิดของหน่อชุดที่สามแล้ว

ระยะการเจริญเติบโต และพัฒนาการทางลำต้นและใบของข้าวพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสงเป็นระยะที่มีความแปรปรวนมากที่สุดซึ่งในข้าวพวกนี้สามารถแบ่งระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นและใบของมันออกได้เป็น 2 ระยะ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ระยะ basic vegetative phase (b.v.p.) หรือระยะ active vegetative phase ระยะนี้เป็นระยะการเจริญเติบโตในช่วงแรกของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบของข้าว เป็นระยะที่สั้นที่สุดในการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบของข้าวก่อนที่จะมีการเริ่มสร้างตาดอก ข้าวที่ไวต่อแสงจะต้องการมีเจริญเติบโตผ่านช่วงนี้ก่อนจึงจะสามารถตอบสนองต่อช่วงแสงที่จะชักนำให้เกิดการสร้างตาดอก ในช่วงระยะ b.v.p. นี้ถึงแม้ข้าวจะถูกกระตุ้นด้วยช่วงแสงวันสั้นก็จะไม่ทำให้การสร้างตาดอก แต่ว่าในข้าวบางพันธุ์อุณหภูมิอาจจะมีผลต่อช่วงของระยะนี้ โดยที่อุณหภูมิต่ำจะยืดขยายระยะนี้ออกไป ขณะที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ระยะนี้หดสั้นลง

2. ระยะ photoperiod sensitive phase (p.s.p.) หรือระยะ lagvegetative phase เป็นระยะที่วันเริ่มสร้างตาดอกของข้าวถูกกำหนดโดยจำนวนของแสงที่ข้าวได้รับ ระยะนี้ได้แก่ช่วงจากระยะสิ้นสุดของระยะ b.v.p. ไปจนถึงระยะเริ่มสร้างตาดอก ช่วงระยะเวลานี้จะแปรปรวนโดยขึ้นอยู่กับช่วงแสง และพันธุ์ข้าวระยะนี้อาจจะยาวมากจนไม่มีที่สิ้นสุดถ้าข้าวได้รับช่วงแสงที่ยาวมาก ๆ

ความแตกต่างของระยะเวลาในการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสง จากช่วงปลูกไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยวเป็นผลเนื่องมาจากระยะ p.s.p. นี้เอง ถ้าระยะนี้สั้นเนื่องจากข้าวได้รับช่วงแสงวันสั้นที่เหมาะสมไว้ หลังจากที่ผ่านระยะ b.v.p. แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าระยะนี้ยาวอันเป็นผลเนื่องมาจากหลังจากระยะ b.v.p. แล้วข้าวได้รับช่วงแสงวันสั้นที่เหมาะสมช้า

2. ระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางด้านการสร้างส่วนขยายพันธุ์ ระยะนี้เริ่มมีการสร้างตาดอกไปจนถึงระยะที่ข้าวแทงรวง ซึ่งระยะนี้สามารถแบ่งเป็นระยะย่อย ๆ ได้ดังนี้

2.1 ระยะการเริ่มเกิดการปรากฏของตาดอก (panicle initiation)ในพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแรก ระยะนี้จะเกิดขึ้นใกล้เคียงหรือพร้อม ๆ กับระยะแตกหน่อสูงสุดและระยะย่างปล้อง โดยตายอดจะเริ่มเปลี่ยนแปลงเป็นตาดอกในช่วงราว ๆ 60-70 วันหลังจากที่หว่านเมล็ด และหลังจากนั้นราว ๆ สองถึงสามวันก็จะปรากฏเป็นตาดอกให้เห็นด้วยตาเปล่าถ้าทำการผ่าลำต้นบริเวณโคนต้นตามยาวดู ตาดอกจะเริ่มเกิดขึ้นในต้นหลักก่อน และถึงจะเกิดขึ้นในหน่อต่างๆ สำหรับในข้าวพันธุ์ที่ไวต่อแสง หลังจากสิ้นสุดระยะแตกหน่อสูงสุดแล้วปล้องที่อยู่ฐาน (basal internodes) จะมีการยืดตัวก่อนแล้วจึงจะเริ่มเกิดตาดอก

2.2 ระยะพัฒนาการของช่อดอกข้าว (panicle development) ตลอดช่วงระยะเวลานี้ดอกข้าว (spikelets) จะถูกสร้างขึ้นและปรากฏให้เห็นช่อดอกของข้าว (panicle) จะเริ่มเจริญเติบโต และดันขึ้นข้างในของกาบใบธง (flag leaf sheath) และช่อดอกมีการพัฒนาอย่างช้า ๆ และเมื่อช่อดอกเจริญจนกระทั่งยาวประมาณ 5 เซนติเมตร หรือประมาณ 7 วันหลังจากเริ่มมองเห็นช่อดอก จำนวนของดอกข้าว (หรือเมล็ดข้าว) จะถูกตัดสินในช่วงนี้ ซึ่งตลอดช่วงระยะเวลานั้นผลผลิตของข้าวมักถูกกระทบโดยความเครียด (stress) ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับต้นข้าว เช่นการขาดน้ำ การขาดธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระยะตั้งท้องของข้าว (booting stage) ระยะนี้เป็นระยะปลายของระยะพัฒนาการของช่อดอกข้าว ซึ่งจะเกิดหลังจากที่ช่อดอกข้าวปรากฏให้เห็น โดยที่ช่อดอกของข้าวมีการเจริญขยายตัวขึ้นทำให้ดันกาบใบข้าวให้โป่งออก ลักษณะลำต้นกลมพองออก ซึ่งเราเรียกว่า ข้าวตั้งท้อง ในระยะนี้ใบของข้าวที่บริเวณฐานของต้นข้าวและหน่อที่ไม่ให้รวง (nonpanicle-bearingtillers) จะเริ่มแห้งและตายลง

2.4 ระยะแทงรวง (heading stage) เป็นยะยะที่รวงของข้าวโผล่พ้นจากกาบใบธงออกมา

2.5 ระยะดอกข้าวบาน (flowering or blooming) เริ่มจากการที่อับละอองเกสรตัวผู้เปิดออก (dehiscing anther) ในระยะนี้รวงข้าวอยู่ในลักษณะตั้งตรงระยะนี้จะเกิดขึ้นหลังจากที่ข้าวตั้งท้องได้ประมาณ 25 วัน ดอกข้าวจะเริ่มบานจากส่วนยอดของดอกแล้วมาส่วนกลางและตามด้วยส่วนล่าง ซึ่งจะเกิดในช่วง 1-3 วัน หลังจากรวงข้างแทงขึ้นมา ดอกในช่อหนึ่ง ๆ จะบานทั้งหมดภายใน 6-7 วัน จะบานอยู่นาน 6 นาทีจนถึงมากกว่า 1 ชั่วโมงซึ่งขึ้นอยู่กับความชื้นของอากาศ อุณหภูมิ และแสงแดดสำหรับข้าวพันธุ์ที่ปลูกส่วนใหญ่ดอกจะบานระหว่างเวลาเช้าไปจนเที่ยง

2.6 ระยะการผสมเกสรและการปฏิสนธิ (pollination และ fertilization) ข้าวเป็นพืชที่มีการผสมเกสรในตัวเอง (self- pollination) เมื่อดอกข้าวบานอับเกสรของดอกข้าวก็จะแตกทำให้ละอองเกสรตัวผู้จะหล่นลงบนยอดเกสรตัวเมีย แล้ว pollen tube ก็จะงอกเข้าสู่รังไข่ผสมกับไข่ จากนั้น lemma และ palea ก็จะปิด

3. ระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางการสร้างเมล็ด และระยะสุกแก่ของเมล็ด หลังจากที่ดอกข้าวผสมติดแล้วเมล็ดก็จะเริ่มเจริญเติบโตและพัฒนาขึ้น ระยะนี้จะใช้เวลาประมาณ 25-35 วัน สำหรับข้าวในเขตร้อน ส่วนในเขตอบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น ทางใต้ของออสเตรเลียและอเมริกา ระยะนี้จะประมาณ 45-60 วัน ระยะนี้ยังแบ่งออกเป็น 3 ระยะย่อย ๆ คือ

3.1 ระยะน้ำนม (milk stage) ระยะนี้ส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ดมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว

3.2 ระยะแป้งอ่อน (dough stage) เป็นระยะที่แป้งน้ำนมในเมล็ดจะเปลี่ยนจากลักษณะเหลวมาเป็นแป้งอ่อนและค่อนข้างแข็งขึ้น

3.3 ระยะแก่ของเมล็ด หรือ ระยะพลับพลึง (maturation stage) เป็นระยะที่เมล็ดมีการพัฒนาของขนาดอย่างเต็มที่สีของเปลือกเมล็ดจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวมาเป็นสีเหลือง ระยะนี้เป็นระยะที่ข้าวมีน้ำหนักแห้งของเมล็ดสูดสุด หลังจากนั้นน้ำหนักของเมล็ดจะลดลง เล็กน้อยเนื่องจากความชื้นในเมล็ดลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ประโยชน์ของข้าว

วิทย์ เที่ยงบุญธรรม(2547) ได้กล่าวถึงประโยชน์ต่างๆของข้าวไว้ดังนี้

1. ข้าวมีรสชุ่ม ให้พลังงาน บำรุงร่างกาย กระเพาะอาหารและลำไส้ใช้แก้ท้องร่วง บิด

2. น้ำข้าว ใช้กินได้ตอนอุ่นๆพอสมควร มีรสชุ่ม บรรเทาอาการร้อนและกระหายน้ำหรืออาเจียน เป็นเลือด ตาแดง เลือดกำเดาออกง่าย ไม่มีพิษ สามารถขับปัสสาวะได้

3. น้ำซาวข้าว สามารถนำมาดื่มได้พอสมควรหรือผสมน้ำอุ่นกิน มีรสชุ่มเย็นบรรเทาอาการร้อนและกระวนกระวายหรือกระหายน้ำ รักษาอหิวาตกโรค อาหารที่ไม่ย่อยและแก้พิษได้ โดยการกินน้ำซาวข้าว 1 แก้ว และเป็นน้ำซาวข้าวที่ไม่มีพิษ

4. รำข้าว อุดมไปด้วยวิตามินบี อาจจะนำรำข้าวมาทำเป็นเม็ดหรือนำมาบดเป็นผงกิน มีรสชุ่มและมีกลิ่นฉุน ใช้บำบัดโรคเหน็บชาหรือช่วยหล่อลื่นลำไส้ จะช่วยย่อยและเจริญอาหารเป็นรำข้าวที่ไม่มีพิษ

5.ข้าวงอก (rice malt) ใช้เป็นยาช่วยย่อยอาหารเพราะในข้าวงอกมีน้ำย่อยแป้ง ใช้ข้าวงอกแห้งประมาณ 10 – 15 กรัม นำไปต้มกิน

2.4.4 น้ำนมข้าวยาคู

กาญจนา นาคสกุล (2545) กล่าวว่า ข้าวยาคู เป็นผลิตภัณฑ์แรกสุดที่ได้จากข้าวเจ้า ข้าวยาคูทำจากเมล็ดข้าวอ่อน เมล็ดข้าวนี้มีเนื้อข้าวอยู่แล้วแต่ยังไม่ถึงเวลาที่เก็บเกี่ยวได้ วิธีทำข้าวยาคูสามารถทำได้โดยนำข้าวอ่อนทั้งรวงมาตำให้เปลือกแตกออก จะทำให้เนื้อข้าวสีขาวผสมกับสีเขียวของเปลือกข้าวและก้านรวง จึงได้น้ำข้าวที่มีสีเขียวอ่อน จากนั้นนำน้ำข้าวนี้ไปต้มไฟ และคอยคนผสมไม่ให้เป็นลูก ใส่น้ำตาลทรายให้ได้รสหวานอ่อนๆจะได้ข้าวยาคูเป็นอาหารธัญพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะวิตามินต่างๆ ได้แก่ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตามินอี นอกจากนี้ยังมีปริมาณแคลเซียมในปริมาณพอควร มีรสอร่อย และมีกลิ่นหอมของข้าวอ่อนเหมาะอย่างยิ่งสำหรับคนเจ็บ คนชรา ซึ่งคำว่ายาคู เป็นคำภาษาบาลี แปลว่า ข้าวต้ม

น้ำนมข้าว หมายถึง ข้าวอ่อนที่ได้จากข้าวระยะตั้งท้อง ชาวนาเก็บเกี่ยวข้าวในระยะนี้มาส่วนหนึ่งนำมาคั้นเอาน้ำ ซึ่งจะได้น้ำที่มีสีเขียวอ่อนมีกลิ่นหอม หวานมัน โดยธรรมชาติมีรสมันเป็นรสโดดเด่น เราจะเอามาเปียกหรือบางคนก็นำมาปรุงแต่งรส ซึ่งคนไทยเรียกว่า ข้าวยาคู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 ประโยชน์ของน้ำนมข้าวยาคู

ประโยชน์ของน้ำนมข้าวยาคูมีมากมาย สามารถใช้ดื่มแทนน้ำนมได้เป็นอย่างดี โดยน้ำนมข้าวจะประกอบไปด้วยวิตามินมากมายหลายชนิดและอุดมไปด้วยไฟเบอร์ ทำให้ผู้ที่ดื่มเป็นประจำนอกจากได้คุณค่าทางโภชนาการแล้วยังขับถ่ายได้สะดวก เหมาะสำหรับผู้สูงอายุและบุคคลทั่วไปโดยเฉพาะผู้ที่เป็นเบาหวาน ข้าวยาคูหรือน้ำนมข้าวยังนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลายชนิดไม่ว่าจะเป็นคุกกี้ ขนมปังหรือแม้แต่ซาลาเปาไส้น้ำนมข้าวที่หอม มัน รสหวานอ่อนแทนซาลาเปาไส้ครีมที่มีไขมันมากมายได้ โดยไม่ต้องกลังวลต่อร่างกายอ้วนและโรคอันเกิดจากโรคอ้วน นอกจากนี้ยังมีการนำน้ำนมข้าวมาทำเป็นไอศกรีม ให้ความมันแทนนมและน้ำตาล เหมาะสำหรับผู้สูงวัยที่ชื่นชอบไอศกรีม โดยไม่ก่อให้เกิดโรคอ้วนและอันตรายจากไขมันอุดตัน

จากการศึกษาวิจัยพบว่า ในน้ำนมข้าว มีสารที่เป็นประโยชน์มากไม่ว่าจะเป็นเกลือแร่ วิตามิน กรดอะมิโนไทอะมิน (Thiamine) 25- 33 % น้ำตาล และ Gelatinized Starch

1. สามารถใช้ดื่มแทนน้ำนมได้เป็นอย่างดี ประกอบด้วยวิตามินนานาชนิดและอุดมไปด้วยเส้นใยอาหาร

2. เนื่องจากอุดมไปด้วยไฟเบอร์ จึงทำให้ผู้ดื่มเป็นประจำนอกจากได้คุณค่าทางโภชนาการแล้วยังขับถ่ายได้สะดวก เหมาะสำหรับผู้สูงอายุและบุคคลทั่วไป โดยเฉพาะผู้ที่เป็นเบาหวาน

3. บำรุงสมอง ช่วยให้ความจำดี

4. เป็นแหล่งวิตามินและสารอาหารต่างๆ ได้แก่ วิตามินบี 1 ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี 2 ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก วิตามินอี ทำหน้าที่เป็นสารที่ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระและสารก่อมะเร็งต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีแคลเซียม ช่วยป้องกันโรคกระดูกอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือ

1. ตู้บ่มเชื้อ (incubator) ยี่ห้อ Memmert รุ่น W 8540
2. ตู้ปลอดเชื้อยี่ห้อ Clean รุ่น V5-V6
3. หม้อนึ่งอัดความดัน (Autoclave)

อุปกรณ์

1. จานเพลท
2. กระบอกตวง
3. ฟอยด์อลูมิเนียม
4. บีคเกอร์
5. ปิเปต
6. ฟาลสก์
7. ขวดดูแรน
8. หลอดแก้ว
9. แท่งแก้วสามเหลี่ยม

3.2 วัตถุดิบ

1. นมข้าว
2. จมูกข้าว
3. นมผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (MRS)
2. วุ้น(Agar)
3. น้ำกลั่น

3.3 วิธีการดำเนินงาน

3.3.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อMRS กับผงวุ้น ผสมกันน้ำกลั่น คนจนละลายเป็นเนื้อเดียวกันนำเข้าเครื่อง Autoclave 15 นาทีอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นำอาหารเลี้ยงเชื้อเทลงในจานเพลสที่ได้รับการอบเรียบร้อยแล้ว

3.3.2 การเตรียมเชื้อสำหรับนมหมัก

ในการเตรียมเชื้อที่ใช้ต้องเตรียม *L. bulgaricus* ล่วงหน้าก่อนการถ่ายเชื้อลงในนมหมัก 2 วันเพื่อให้เชื้อเจริญเติบโตเนื่องจาก *L. bulgaricus* เป็นเชื้อที่มีการเจริญเติบโตช้า ส่วนของเชื้อ *L. casei* จะต้องมีการเตรียมเชื้อล่วงหน้า 1 วันเพื่อให้เชื้อได้มีการเจริญเติบโตก่อนการถ่ายลงในน้ำนมหมัก

3.3.3 การเตรียมข้าวน้ำนม

นำข้าวน้ำนมมาบดให้ละเอียด ชั่งข้าวน้ำนมที่บดแล้ว 200 กรัม ผสมกับน้ำอุ่น 1,000 มิลลิลิตร นำขึ้นตั้งไฟจนข้าวน้ำนมสุกแล้วนำมากรองผ่านกระชอน จะได้ข้าวน้ำนมในภาพที่3

3.3.4 การเตรียมนมหมักจากข้าวน้ำนม

1.ชั่งข้าวน้ำนม 210 กรัม ผสมกับนมผง(มิชชั่น) 120 กรัม และน้ำอุ่น 670 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

2.นำขึ้นตั้งไฟคนจนส่วนผสมละลายเข้ากันดี

3.เทลงในขวดรูปชมพู่ ปิดจุกด้วยสำลี ห่ออีกครั้งด้วยอลูมิเนียมฟอยด์

4.นำไปฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนในส่วนผสมของข้าวน้ำนมที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

5.จากนั้นนำมาทำให้เย็นจนอุณหภูมิประมาณ 30 – 40 องศาเซลเซียส

6.เติมกล้าเชื้อแบคทีเรีย จำนวน 1 มิลลิลิตร ในข้อ 3.3.2 ทั้ง 2 สายพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

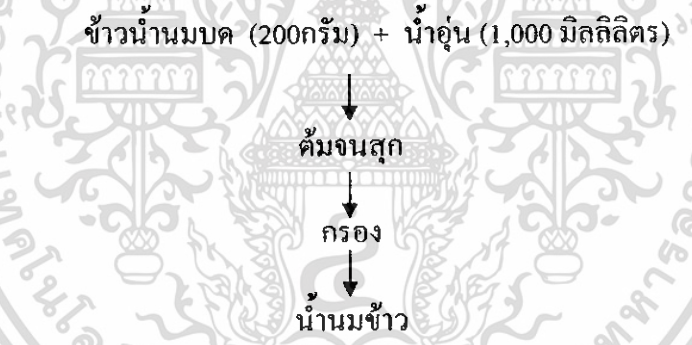
7.แบ่งออกตัวอย่างที่เตรียมเป็น 3 ทรีทเมนต์ คือ ทรีทเมนต์ที่ 1เติมกล้าเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus bulgaricus* แต่ไม่ผสมข้าวน้ำนมเป็นตัวควบคุม (Control) ทรีทเมนต์ที่ 2 เติมกล้าเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus casei* ทรีทเมนต์ที่ 3 เติมกล้าเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus bulgaricus* เขย่าให้เข้ากัน

8.นำไปบ่มใน Water bath ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 58 ชั่วโมง

9.ในระหว่างการหมักทำการชักตัวอย่างเพื่อตรวจสอบ ปริมาณจุลินทรีย์ เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วก็นำตัวอย่างออกมาจาก Water bath แล้วทำการผสมกับน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 20 องศาบริกซ์ จะได้นมหมักจากข้าวน้ำนม

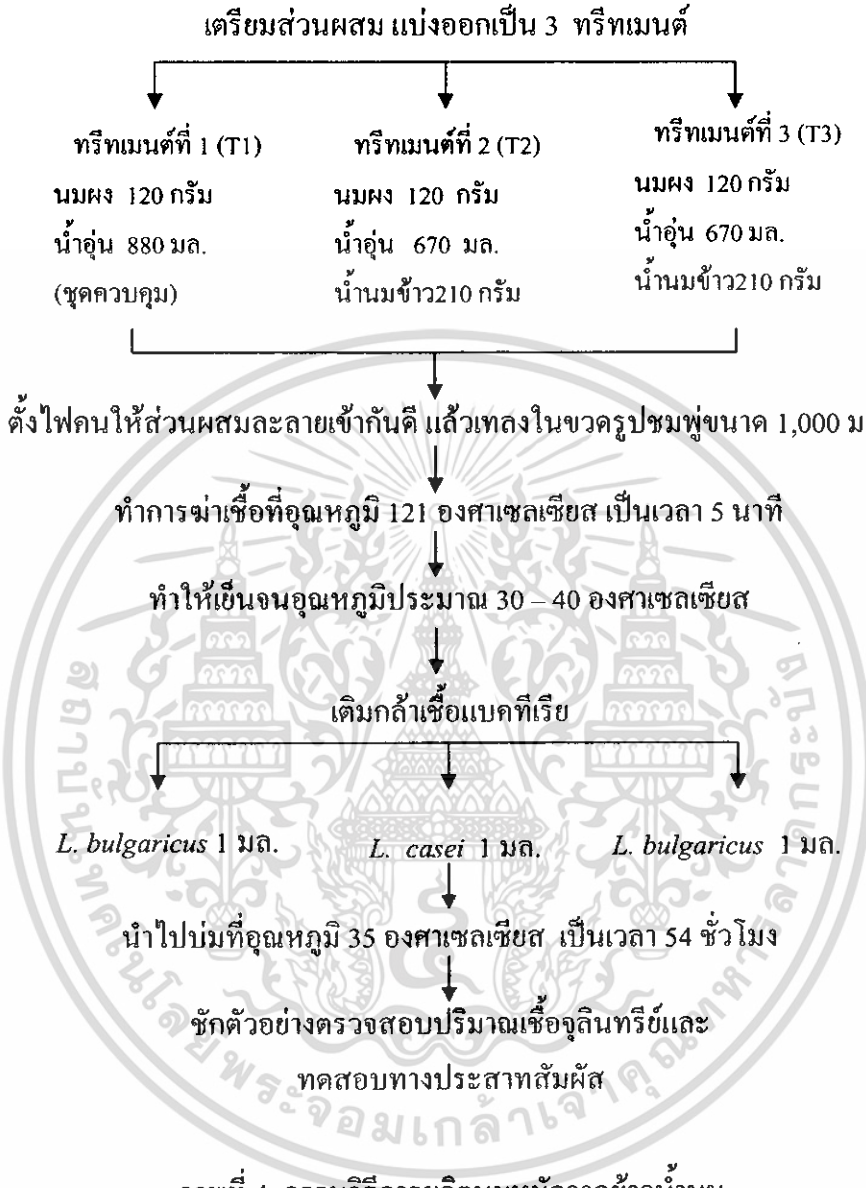
10.นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส

11.ขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนมดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 การเตรียมข้าวน้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 กรรมวิธีการผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ทำการชักตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์โดยชักตัวอย่างที่ผ่านการหมักที่ 50 และ 54 ชั่วโมงโดยใช้ตัวอย่าง 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 90 มิลิลิตรนำมาวิเคราะห์ ตรวจนับแบคทีเรียกรดแลคติกโดยการตรวจนับบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS สภาพอาหารแข็ง

3.4 สถานที่การวิจัย

ห้องปฏิบัติการ ค. 140 และ ค. 149

3.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ตั้งแต่ เดือน พฤศจิกายน 2549 – มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยละวิจารณ์ผล

4.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

จากการศึกษาการปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในนมหมักจากข้าวน้ำนมโดยทรีทเมนต์ที่ 1 ใช้กล้าเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* (ชุดควบคุม) ทรีทเมนต์ที่ 2 ใช้กล้าเชื้อ *Lactobacillus casei* และ ทรีทเมนต์ที่ 3 ใช้กล้าเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และในระหว่างการหมักได้มีการสุ่มนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่อายุการหมัก 30 50 และ 54 ชั่วโมงดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงพีเอชและเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก

		เชื้อแบคทีเรียแลคติก		
เวลา (ชั่วโมง)	**คุณภาพทางเคมี**	**T1**	**T2**	**T3**
30	pH	5.75	4.55	5.37
	เปอร์เซ็นกรดแลคติก	0.36	0.72	0.53
50	pH	4.76	4.01	4.05
	เปอร์เซ็นกรดแลคติก	0.83	1.18	1.4
54	pH	4.46		
	เปอร์เซ็นกรดแลคติ	0.9		

หมายเหตุ **T1 คือ** ***L. bulgaricus*** **(ไม่เติมข้าวน้ำนม)** **T2 คือ** ***L. casei***
T3 คือ ***L. bulgaricus***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7 ค่าเปอร์เซ็นกรดแลคติกและ pH ของนมหมักจากข้าวน้ำนมเพิ่มขึ้นค่าพีเอช เท่ากับ 5.7 4.67 และ 4.46 ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก มีค่าเท่ากับ 0.36 0.83 และ 0.9 ที่อายุการหมัก 30 50 และ 54 ชั่วโมงตามลำดับ

ทรีทเมนท์ที่ 2 หมักโดยเติมข้าวน้ำนม และใช้เชื้อ *L. casei* ทำการหมัก เมื่ออายุการหมักเพิ่มขึ้นค่าพีเอชเท่ากับ 4.55 และ 4.01 ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก มีค่าเท่ากับ 0.72 และ 1.18 ที่อายุการหมัก 30 และ50 ชั่วโมงตามลำดับ

ทรีทเมนท์ที่ 3 หมักโดยการเติมข้าวน้ำนมและใช้เชื้อ *L. bulgaricus* ทำการหมักเมื่ออายุการหมักเพิ่มขึ้น ค่าพีเอชเท่ากับ 5.37 และ 4.05 ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก มีค่าเท่ากับ 0.53 และ 1.4 ที่อายุการหมัก 30 และ 50 ชั่วโมงตามลำดับ

จากผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม โดยใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Lactobacillus bulgaricus* และ *Lactobacillus casei* ซึ่งค่าพีเอชที่ลดลงทำให้นมหมักมีรสชาติที่เปรี้ยว ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้สอดคล้องกับข้อมูลของ วราวุฒิ ครูส่งและรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต (2532 : 209) ที่กล่าวว่า ค่าพีเอชระหว่าง 4.6 – 4.7 จะทำให้โยเกิร์ตเกิดการตกตะกอนบางส่วนออกมา เพราะโยเกิร์ตที่ดีจะต้องมีค่าพีเอชสิ้นสุดอยู่ระหว่าง 3.7 – 4.2 โดยค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่เหมาะสมในการผลิตนมหมักควรมีค่าประมาณ 0.6 เปอร์เซ็นต์ (มอก.2146-2546) แสดงว่านมหมักในทรีทเมนท์ที่ 1 2 และ 3 จัดเป็นนมหมักที่มีเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

4.2 การศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการหมัก

จากตารางที่ 8 การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในนมหมักจากข้าวน้ำนม พบว่าตัวอย่างที่ 1 ชุดควบคุมใช้เชื้อ *L. bulgaricus* ไม่ใส่ข้าวน้ำนมทำการหมัก เมื่ออายุการหมักเพิ่มขึ้นพบว่าปริมาณเซลของจุลินทรีย์เท่ากับ $3.1x10^{7}$ $2.79x10^{7}$ และ $3.78x10^{8}$ ที่อายุการหมักที่ 30 50 และ 54 ชั่วโมงตามลำดับ

ตัวอย่างที่ 2 หมักโดยเติมข้าวน้ำนม และใช้เชื้อ *L. casei* ทำการหมัก เมื่ออายุการหมักเพิ่มขึ้นพบว่าปริมาณเซลของจุลินทรีย์เท่ากับ $1.35x10^{9}$ และ $1.44x10^{8}$ ที่อายุการหมัก ที่ 30 และ 50 ชั่วโมงตามลำดับ

ตัวอย่างที่ 3 หมักโดยเติมข้าวน้ำนม และใช้เชื้อ *L. bulgaricus* ทำการหมัก เมื่ออายุการหมักเพิ่มขึ้นพบว่าปริมาณเซลของจุลินทรีย์เท่ากับ $1.75x10^{8}$ และ $5.31x10^{8}$ ที่อายุการหมัก ที่ 30 และ 50 ชั่วโมงตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในนมหมักจากข้าวน้ำนมที่มีอายุการหมักแตกต่างกัน

อายุการหมัก (ชั่วโมง)	*L. bulgaricus*	*L. casei*	*L. bulgaricus*	หมายเหตุ
	โคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (cfu/ml)			
30	$3.1x10^7$	$1.35x10^9$	$1.75x10^8$	
50	$2.79x10^7$	$1.44x10^8$	$5.31x10^8$	
54	$3.78x10^8$	-	-	

จากการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในนมหมักจากข้าวน้ำนมทั้ง 3 ทรีทเมนต์คือ ทรีทเมนท์ที่ 1 สูตรที่ใช้ควบคุม เติมเชื้อ *L. bulgaricus* และสูตรที่มีส่วนผสมของนมข้าวที่ใช้เชื้อที่ต่างกันในทรีทเมนท์ที่ 2 เติมเชื้อ *L. casei* ทรีทเมนท์ที่ 3 เติมเชื้อ *L. bulgaricus* ผลการทดลองที่ได้ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในนมหมักคือ $3.78x10^8$ $1.44x10^8$ $5.31x10^8$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ นมหมักทั้ง 3 ทรีทเมนต์ จัดเป็นนมหมักที่มีลักษณะที่ดี ซึ่งเป็นไปตามมาตราฐานของมอก. 2146-2546ซึ่งกำหนดว่า ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวต้องมีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดไม่น้อยกว่า10^7 cfu/ml ซึ่งจากผลการทดลองมีปริมาณเชื้อ $1.44x10^8$ ถึง $5.31x10^8$ cfu/ml และใช้เวลาในการหมักที่ 50 ชั่วโมงจึงจะเหมาะสมในการผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนม

4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดลองการศึกษานมหมักจากน้ำนมข้าวโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนมาก่อน จำนวน 30 คน โดยการศึกษานี้จะศึกษาถึงการยอมรับของผู้ทดสอบในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยมีผลจากการศึกษา ดังนี้

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของนมหมักจากข้าวน้ำนม ที่อายุการหมัก 50 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยของการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส

ทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ยของการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	6.57[b]	6.80[a]	6.73[a]	6.60[b]	6.83[a]
2	6.47[b]	6.13[ab]	5.57[b]	5.83[b]	5.73[b]
3	6.83[b]	5.47[b]	5.20[b]	5.97[b]	5.67[b]

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของนมหมักจากข้าวน้ำนม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน การวิเคราะห์ในด้านสีของนมหมักจากข้าวน้ำนม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในทรีทเมนต์ที่ 3 มีค่าเฉลี่ยที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดรองลงมาเป็นทรีทเมนต์ที่ 1 และทรีทเมนต์ที่ 2 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.83 6.57 และ 6.47 ตามลำดับ โดยสีที่ปรากฏจะมีสีที่ใกล้เคียงกันจึงทำให้ไม่มีความแตกต่างกันมาก

การวิเคราะห์ด้านกลิ่นของนมหมักจากข้าวน้ำนม พบว่า ค่าเฉลี่ยของนมหมักทั้ง 3 ทรีทเมนต์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.80 6.13 และ 5.47 ในทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ โดยในทรีทเมนต์ที่ 1 ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบความต่างจะเห็นได้ว่า ทรีทเมนต์ที่ 1 และ ทรีทเมนต์ที่ 3 จะมีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนทรีทเมนต์ที่ 2 จะไม่แตกต่างจาก ทรีทเมนต์ที่ 1 และ ทรีทเมนต์ที่ 3 โดยความแตกต่างนี้อาจเป็นเพราะในทรีทเมนต์ที่ 1 จะใช้วัตถุดิบคือนมผงเพียงอย่างเดียวทำให้มีกลิ่นหอมของนมและมีความมันจากครีมมากกว่าทรีทเมนต์อื่น ๆ แต่ในทรีทเมนต์ที่ 2 และ 3 จะมีส่วนผสมของข้าวน้ำนมซึ่งกลิ่นข้าวน้ำนมจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกลิ่นเปรี้ยวแทนในระหว่างการหมัก นอกจากนี้ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์แต่ละสายพันธุ์ เมื่อเกิดกระบวนการหมักก็จะให้กลิ่นรสเฉพาะของจุลินทรีย์แตกต่างกันออกไป

การวิเคราะห์ในด้านรสชาติพบว่าค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ทรีทเมนต์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดคือ ทรีทเมนต์ที่ 1 รองลงมาเป็น ทรีทเมนต์ที่ 2 และทรีทเมนต์ที่ 3 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.73 5.57 และ 5.20 ตามลำดับ โดยทรีทเมนต์ที่ 2 และ 3 จะแตกต่างจากทรีทเมนต์ที่ 1 อาจเนื่องมาจาก ในทรีทเมนต์ที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงเป็นกรดได้ช้ากว่าทรีทเมนต์ อื่น ๆ จึงทำให้ความเปรี้ยวของนมมีน้อยกว่า และมีความมันของนมเพิ่มมาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากใช้นมผงเพียงอย่างเดียว จึงทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับทรีทเมนต์ที่ 1 มากกว่าทรีทเมนต์ที่ 2 และ 3

การวิเคราะห์ด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 6.60 5.97 และ 5.83 ในทรีทเมนต์ที่ 1 3 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งทรีทเมนต์ที่ 1 ผู้บริโภคจะให้การยอมรับมากที่สุด อาจเนื่องจากในระหว่างการหมักในทรีทเมนต์ที่ 1 จะมีลักษณะที่เหลวกว่าทรีทเมนต์ที่ 2 และ 3 เมื่อนำมาทำการปั่นผสมจึงทำให้มีเนื้อสัมผัสที่ดีกว่า แต่ก็ไม่เกิดความแตกต่างกันมากเท่าไร

การวิเคราะห์ความชอบรวมของผู้บริโภคพบว่า ค่าเฉลี่ยนมหมักทั้ง 3 ทรีทเมนต์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยในทรีทเมนต์ที่ 1 ทรีทเมนต์ที่ 2 และ ทรีทเมนต์ที่ 3 เท่ากับ 6.83 5.73 และ 5.67 ตามลำดับ โดยทรีทเมนต์ที่ 1 ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด รองลงมาเป็นทรีทเมนต์ที่ 2 และ 3 จะเห็นได้ว่าสอดคล้องกับการวิเคราะห์ในด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส แต่อย่างไรก็ตาม ทรีทเมนต์ที่ 2 และ 3 การยอมรับของผู้บริโภคก็อยู่ในระดับคะแนน คือ 5.73 และ 5.67 ซึ่งเป็นลำดับคะแนนที่ชอบมากกว่าไม่ชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในนมหมักจากข้าวน้ำนม

จากการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในนมหมักจากข้าวน้ำนมทั้ง 3 ทรีทเมนต์ โดยใช้เชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Lactobacillus casei* ซึ่งได้ทดลอง ทรีทเมนต์ที่ 1 คือ ตัวอย่างของนมผง หมักด้วยเชื้อ *L. bulgaricus* ซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุม ทรีทเมนต์ที่ 2 คือ ตัวอย่างของนมผงผสมข้าวน้ำนม หมักด้วยเชื้อ *L. casei* และทรีทเมนต์ที่ 3 คือ ตัวอย่างของนมหมักผสมข้าวน้ำนม หมักด้วยเชื้อ *L. bulgaricus* แล้วนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ได้เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ ในระหว่างการหมักที่อายุการหมัก30 50 และ 54 ชั่วโมง

จากผลการทดลองพบว่าการทำนมหมักจากข้าวน้ำนม ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการหมัก เพื่อนำไป ต่อหมักเป็นเวลา 50 ชั่วโมงโดยพบปริมาณจุลินทรีย์ที่เหมาะสมมีจำนวนเท่ากับ $1.44x10^8$ ถึง $5.31x10^8$ cfu/ml มีเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.83 ถึง 1.4 ซึ่งผลการทดลองนทหมักจากข้าวน้ำนมนั้นมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2146-2546ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวต้องมีปริมาณกรดไม่น้อยกว่าร้อยละ0.6 (คำนวณเป็นกรดแลคติก)และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดไม่น้อยกว่า10^7 โคโลนีต่อกรัมหรือโคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยตัวแทนผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พบว่า นมหมักจากข้าวน้ำนมทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ในด้านสี และเนื้อสัมผัส ส่วนด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบรวม พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งทรีทเมนต์ที่ 1 เป็นทรีทเมนต์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด รองลงมาคือ ทรีทเมนต์ที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับอยู่ในระดับคะแนนที่ชอบมากกว่าไม่ชอบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมาตรฐานเป็นที่ยอมรับและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภคที่จะได้เลือกซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพควรมีการควบคุมขั้นตอนและวัตถุดิบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ควรใช้เชื้อผสมที่ผลิตกรดแลคติกได้แก่ *Streptococcus thermophilu* ผสมกับ *Lactobacillus bulgaricus*
2. อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มเชื้อและบ่มเฉพาะนมหมักจะต้องคงที่ได้มาตรฐาน
3. ควรมีการศึกษาขั้นตอนในการทำก่อนการลงมือปฏิบัติทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กาญจนา นาคสกุล. 2545 . **ข้าวแม่โพสพ ข้าวยาคู ข้าวเมา ข้าวเปลือก ข้าวตาก** . กรุงเทพ ฯ : บริษัท อักษรโสภณ จำกัด

ดุษณี ธณะบริพัฒน์ .2534.**จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม** .:โรงพิมพ์โดราชไทยรุ่งกิจ.439 หน้า

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ.2541.**จุลชีววิทยาทั่วไป** .พิมพ์ครั้งที่ 2 : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.758 หน้า

นภา โล่ทอง. 2538. **กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต**. พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพ ฯ : หจก. ฝันนี่พับบลิชชิ่ง. 159 น.

บวรศักดิ์ ลีลานนท์. 2548. **จุลชีววิทยาของอาหาร.** มหาวิทยาลัยบูรพา. 225 น.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง.2546 "**แบคทีเรียกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์อาหารหมักดอง**"วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรมปีที่ 3 ฉบับที่ 1 (ตุลาคม - มีนาคม 2547) .62 น.

ลัดดาวัลย์ รัศมิทัต.2536 .**จุลชีววิทยากับอุตสาหกรรมอาหาร** :สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยบูรพา .247 หน้า

วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม. 2547. "**ข้าว**" แหล่งที่มา: www.thaiherbclub.com

สุลัยมาน แมเมาะสะ. 2547. **การศึกษาการหมักคีเฟอร์จากน้ำนมข้าวยาคู น้ำนมข้าวโพด และน้ำนมถั่วเหลือง**. กรุงเทพ ฯ : ปัญหาพิเศษระดับ ปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 59 น.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2539.**จุลชีววิทยา.** พิมพ์ครั้งที่3.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชัยเจริญ. 224 หน้า

สุมาลี เหลืองสกุล.2527.**จุลชีววิทยาทางอาหาร.**พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชัยเจริญ.315 หน้า

" นมเปรี้ยว ". **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2146-2546.** สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

" นมเปรี้ยว ". **ประกาศกระทรวงสาธารณะสุข (ฉบับที่ 289) พ.ศ. 2548.กระทรวงสาธารณะสุข** เรื่อง นมเปรี้ยว แหล่งที่มา(http://thainakarin.co.th/tipsdetailth.php?id=49) 8มีนาคม 2550

" น้ำนมข้าว " แหล่งที่มา : http://www.otopportal.com/newsdsc.asp?snewsid=000717161803

http://www.ku.ac.th/kaset60/Theme04/theme-04-49/index-04-49.html

Peter, S.M.2003. **Understanding Food Science andTechnoiogy,Theomson** Learning. singapore.pp.449

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bottazzi;v 1983. **"other *fermented* dairy products."*In:Biotechology***; Vol. 5ed. G. Reed ; Varlag Chemine ; pp.315 – 363.

Code of Federal Reguiation " 21 CFR. Part 178, Food Additives" Government Prinnting office. Washington, D .C.

Chandan, R.C.,J.F. Gordon, and D.A. walker. 1969. "**Dairy fermentation – processes. Process Biochemistry**, 4:13-22.

Chandan , R.C. 1983. **Other fermented dairy products.** Industrial Microbiology 4 ed. AV1 Publishing Company, Inc.,Westport, Connecticut.

Daeschel, M.A. 1993 "**Application and interactions of bacteriocins from lactic acid bacteria in food and beverage.**" In *: Bacteriocccins of Lactic acid Acid Bacteria* eds D.G. Hoover and

Dellagio, F. 1988 " **Starters for fermented milks.**

Dodds, K.L., and D.L. Collins-thompson.1984. " **Icidence of nitrie-depleting lactic acid bacteria in cured meats and in meat starter-cultires."** *Joural of food Protection*. 47: 7-10

Fernanddes, C.F., and K.M. Shahani. 1989. " **Lactose intolerance and its modulation with Lactobacilli and other microbial supplements."** Journal of Applied tNurition. 42: 50-64

Gilliland, S.E. , and D.K. Walker.1990. " **Factors to consider when selecting a culture of *Lactobacillus acidophilus* as a dietary adjunct to producccce a hypocholerolemic effect in humans of Journal Dairy Science.** 73: 905-911

Gurr, M.I. 1987 " **Nutritional aspects of Fermentd milk produccccts**." FEMS ." Journal Microbiology Reviews. 46:337-1627

Hunger, W., and N. Peiterson.1992. " **New technical aspects of the preparationof starter culture."** Bulletin of the International Dairy Federation(IDF) ,No. 277 pp.17-21.

Kandler, o.1983. " **Carbohydrate metabolism in lactic bactetia**." Antonic van Leeuwenhoek, 49:209-224.

Klaenhammer, T.R. 1988. " **Bacteriocins of lactic bacteria**." Biochimie, 70 : 337-349.

Klaenhammer 1993. " **Genetics of bacteriocins produced by lactic acid bacteria**." FEMS Microbiology Reviees, 12 : 39 -86.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Koroleva, N.S. 1988. " **Tachnology of kefir and kumys.**" Bulletin of the International Dairy Fedration IDF, No. 227,pp. 96-100.

Kurman, J.A. 1988. " **Starters with selected intestinal bacteria**." Bulletin of the International dairy Fderation IDF, No. 227,pp. 41-55.

Libudzisz, z. and Piaatkiewicz. 1990. " **Kefir production in Poland**." Daity Industries International, 55 : 31,33.

Lindsay, R.C.,E.A. Day,and W.E. Sandine. 1965. " **Studies on the green Flavour defect in lactic starter cultures.**" Journal of Dairy Sciennce, 48 : 863 -869.

Macura, D., and P.M. Townsley. 1984. " **Scandinavian ropy milk-identification and charavterization of endogenous ropy lactic streptococci and thair extracellular extraction**." Journal of DaiRy Science, 67 : 735-744.

Mann, G.V.,and A. Spoeerry. 1974. " **studies of a surfactant and cholesition, 27 :464 – 469.**

Marshall, V.M. 1984. " Flavour development in fermented milk." In : Advances in the Microbiology and Biochemistry of cheese and F ermented Milk the eds F.L. Davies and B.A. law, London : Elsevier Applied Science, pp. 153-186.

Marteau, P. and J.-C. Rambaud. 1993. " **Potial of using lactic acid bacteria for therapy and immunomodulation in man.**" FEMS Microbiology Reviews, 12 : 207 – 220.

Oberman, H.; z. libudzissz. 1978. " **Physiological activiyy of Streptococcus diacetilactis and Lactobacillus casei strains in continuous cullture system.**" Acta Alimentatia Polonica, IV : 201 – 215.

Pochart, P.,O. Dewit, J.F. Desjeux, et ., al. 1989. " **Viable starter culture, B – galactosidase activity and lactose in duodenum after yogurt ingestion in lactase – deficient humans**." American Journal of Clinical Nutrition, 49 : 407 – 413.

Russell, L.L. 1987. " **Calcium – osteoprosis and blood pressusre**." Journal of Dairy Science, 70 : 407 – 413.

Speck, M.L. 1976. " **Interaction among lactobacilli and man.**" Journal of Dairy Science, 59 : 338 – 343.

Tamine, A.Y. 1977. " **Some aspects of the production of yoghurt and condensed yoghurt.**" PhD Thesis, University of Reading, UK.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tamine, A.Y., and H.C. Deeth. 1980. " **Yoghurt technology and biochemistry**," Journal of Food Protection, 43 : 939 – 977.

Tamine, A.Y., and R.K. Robinson. 1985. **Yoghurt : Science and Technology**, Peeerss, Oxford.

Tamine, A.Y., and RK. Robinson. 1988. ' **Technology of thermophilic fermented milk**." Bullentin of the International Dairy Federation IDF, No. 227, pp.82-95.

Vedamuthu, E.R.1982. **Fermented milk." In : Economic Microbiology**, Voi. 7 ed.A.H.Rose, Chur : Acccademic Press, pp. 199 – 225.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ นมหมักจากน้ำนมข้าว วันที่ .....

ชื่อผู้ทดสอบ ..... เวลา .....

กรุณาทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ แล้วประเมินคุณภาพในด้านสี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส โดยทดสอบชิมแต่ละตัวอย่างแล้วให้ระดับคะแนนที่เหมาะสม โดยใช้สเกลให้ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ระดับ	9	ชอบมากที่สุด	ระดับ	4	ไม่ชอบเล็กน้อย
ระดับ	8	ชอบมาก	ระดับ	3	ไม่ชอบปานกลาง
ระดับ	7	ชอบปานกลาง	ระดับ	2	ไม่ชอบมาก
ระดับ	6	ชอบเล็กน้อย	ระดับ	1	ไม่ชอบที่สุด
ระดับ	5	เฉย ๆ			

รหัสตัวอย่าง				
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อนมหมักจากข้าวน้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Judge	T 1	T 2	T 3	Total
1	8	7	8	23
2	6	7	7	20
3	3	9	5	17
4	8	3	5	16
5	7	9	8	24
6	5	5	5	15
7	5	7	7	19
8	8	6	7	21
9	8	8	8	24
10	7	7	7	21
11	5	5	4	14
12	3	9	9	21
13	3	5	9	17
14	7	5	5	17
15	7	7	4	18
16	7	8	8	23
17	8	6	9	23
18	8	7	7	22
19	7	8	9	24
20	7	9	9	25
21	9	7	8	24
22	6	6	7	19
23	9	7	7	23
24	6	7	8	21
25	8	7	6	21
26	6	1	7	14
27	5	5	4	14
28	5	6	5	16
29	9	3	5	17
30	7	8	8	23
Total	197	194	205	596
Sample mean score	6.57	6.47	6.83	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่าแบบ Analysis of Variance ของการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสีของนมหมักจากข้าวน้ำนม

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F – value	F - table
Sample	2.16	2	1.08	0.42 ^{ns}	3.15
Judges	116.49	29	4.02	1.55 ^{ns}	1.65
Error	150.51	58	2.60		
Total	269.16	89			

เมื่อ ns = Non Significant at 5 % level

นำค่าที่คำนวณได้ไปเปิดตาราง (Variance ratio) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ (P 0.05) โดยดูที่ค่า df , Sample = 2 และ df , Error = 58 จะได้ค่า F – table เท่ากับ 3.15 และ 1.65 ผลการเปรียบเทียบค่า F – value กับ F – table จะเห็นได้ว่า F – value ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าจากตาราง จึงสรุปได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Judge	T 1	T 2	T 3	Total
1	7	7	6	20
2	7	6	5	18
3	6	8	9	23
4	4	9	5	18
5	8	8	5	21
6	5	5	5	15
7	7	7	7	21
8	8	5	4	17
9	9	6	6	21
10	5	2	6	13
11	6	4	5	15
12	7	6	7	20
13	9	3	5	17
14	8	6	7	21
15	7	6	5	18
16	8	8	8	24
17	9	5	4	18
18	7	6	6	19
19	9	7	7	23
20	4	9	9	22
21	8	6	6	20
22	4	4	2	10
23	8	6	6	20
24	5	6	4	15
25	9	8	7	24
26	5	5	1	11
27	7	5	1	13
28	5	5	7	17
29	5	9	3	17
30	8	7	6	21
Total	204	184	164	552
Sample mean score	6.80	6.13	5.47	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่าแบบ Analysis of Variance ของการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของนมหมักจากข้าวน้ำนม

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F – value	F - table
Sample	26.67	2	13.33	5.23 *	3.15
Judges	129.73	29	4.47	1.75 *	1.65
Error	148	58	2.55		
Total	304.40	89			

เมื่อ * = Significant at 5 % level

นำค่าที่คำนวณได้ไปเปิดตาราง (Variance ratio) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ (P 0.05) โดยดูที่ค่า df , Sample = 2 และ df , Error = 58 จะได้ค่า F – table เท่ากับ 3.15 และ 1.65 ผลการเปรียบเทียบค่า F – value กับ F - table จะเห็นได้ว่า F – value ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าจากตาราง จึงสรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าตัวอย่างใดมีความแตกต่างกัน จึงต้องมีการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าตัวอย่างใดมีความแตกต่างกัน โดยใช้วิธีแบบ Lest Significant Difference (LSD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Judge	T 1	T 2	T 3	Total
1	6	8	7	21
2	8	6	6	20
3	8	9	6	23
4	8	5	4	17
5	8	8	7	23
6	5	6	3	14
7	7	6	6	19
8	8	3	4	15
9	9	8	7	24
10	3	2	6	11
11	7	3	3	13
12	9	5	5	19
13	8	3	6	17
14	8	7	7	22
15	4	6	4	14
16	6	8	5	19
17	9	4	4	17
18	8	6	7	21
19	9	7	7	23
20	1	4	3	8
21	9	4	7	20
22	7	3	3	13
23	7	8	6	21
24	5	7	7	19
25	9	7	6	22
26	6	4	3	13
27	4	1	1	6
28	6	2	7	15
29	3	9	3	15
30	7	8	6	21
Total	202	167	156	525
Sample mean score	6.73	5.57	5.20	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่าแบบ Analysis of Variance ของการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของนมหมักจากข้าวน้ำนม

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F – value	F - table
Sample	38.47	2	19.24	6.90 *	3.15
Judges	204.50	29	7.05	2.53 *	1.65
Error	161.53	58	2.79		
Total	404.5	89			

เมื่อ * = Significant at 5 % level

นำค่าที่คำนวณได้ไปเปิดตาราง (Variance ratio) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ (P 0.05) โดยดูที่ค่า df , Sample = 2 และ df , Error = 58 จะได้ค่า F – table เท่ากับ 3.15 และ 1.65 ผลการเปรียบเทียบค่า F – value กับ F table จะเห็นได้ว่า F – value ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าจากตาราง จึงสรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าตัวอย่างใดมีความแตกต่างกัน จึงต้องมีการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าตัวอย่างใดมีความแตกต่างกัน โดยใช้วิธีแบบ Lest Significant Difference (LSD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Judge	T 1	T 2	T 3	Total
1	6	7	7	20
2	7	7	7	21
3	6	8	7	21
4	6	5	6	17
5	6	8	8	22
6	7	7	7	21
7	7	7	7	21
8	7	2	6	15
9	9	8	7	24
10	1	5	5	11
11	5	5	5	15
12	9	5	5	19
13	6	9	3	18
14	8	6	8	22
15	5	6	4	15
16	8	6	8	22
17	8	4	4	16
18	8	7	7	22
19	8	7	7	22
20	5	5	5	15
21	7	6	6	19
22	7	5	4	16
23	9	7	5	21
24	5	6	8	19
25	8	6	5	19
26	5	3	4	12
27	5	3	4	12
28	4	3	8	15
29	9	5	4	18
30	7	7	8	22
Total	198	175	179	552
Sample mean score	6.60	5.83	5.97	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่าแบบ Analysis of Variance ของการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของนมหมักจากข้าวน้ำนม

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F – value	F - table
Sample	10.07	2	5.04	2.32 ^{ns}	3.15
Judges	118.4	29	4.08	1.88 *	1.65
Error	125.93	58	2.17		
Total	254.4	89			

เมื่อ * = Significant at 5 % level

ns = Non Significant at 5 % level

นำค่าที่คำนวณได้ไปเปิดตาราง (Variance ratio) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ (P 0.05) โดยดูที่ค่า df , Sample = 2 และ df , Error = 58 จะได้ค่า F – table เท่ากับ 3.15 และ 1.65 ผลการเปรียบเทียบค่า F – value กับ F – table จะเห็นได้ว่า F – value ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าจากตาราง จึงสรุปได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนของ F – value ของ Judges จะได้ค่าเท่ากับ 1.88 ผลการเปรียบเทียบค่า F – value กับ F – table ของ Judges จะเห็นได้ว่า F – value ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าจากตาราง จึงสรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าตัวอย่างใดมีความแตกต่างกัน จึงต้องมีการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าตัวอย่างใดมีความแตกต่างกัน โดยใช้วิธีแบบ Lest Significant Difference (LSD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อนมหมักจากข้าวน้ำนม ด้านความชอบรวม

Judge	T 1	T 2	T 3	Total
1	7	8	8	23
2	8	7	7	22
3	6	8	9	23
4	9	8	5	22
5	8	8	9	25
6	4	4	4	12
7	7	6	6	19
8	8	2	5	15
9	9	7	6	22
10	2	3	5	10
11	6	4	4	14
12	9	6	5	20
13	9	3	5	17
14	8	7	7	22
15	5	6	4	15
16	7	8	5	20
17	9	4	4	17
18	8	7	7	22
19	8	7	7	22
20	1	6	5	12
21	8	6	7	21
22	7	4	3	14
23	9	8	6	23
24	6	7	8	21
25	9	6	5	20
26	5	3	2	10
27	5	1	1	7
28	3	5	8	16
29	9	5	6	20
30	6	8	7	21
Total	205	172	170	547
Sample mean score	6.83	5.73	5.67	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่าแบบ Analysis of Variance ของการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของนมหมักจากข้าวน้ำนม

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F – value	F - table
Sample	25.76	2	12.88	4.93*	3.15
Judges	213.13	29	7.35	2.82*	1.65
Error	151.57	58	2.61		
Total	390.46	89			

เมื่อ * = Significant at 5 % level

นำค่าที่คำนวณได้ไปเปิดตาราง (Variance ratio) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ (P 0.05) โดยดูที่ค่า df , Sample = 2 และ df , Error = 58 จะได้ค่า F – table เท่ากับ 3.15 และ 1.65 ผลการเปรียบเทียบค่า F – value กับ F – table จะเห็นได้ว่า F – value ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าจากตาราง จึงสรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าตัวอย่างใดมีความแตกต่างกัน จึงต้องมีการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าตัวอย่างใดมีความแตกต่างกัน โดยใช้วิธีแบบ Lest Significant Difference (LSD)

จากการวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ในคุณลักษณะต่าง ๆ ของนมหมักจากข้าวน้ำนม ซึ่งวิธีการคิดสามารถคิดได้ตามตัวอย่างของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวม ดังนี้

1. การคำนวณหาค่า CF (Correction Factor)

CF = (จำนวนผลรวม)^2 / จำนวนหน่วยทั้งหมด

= (547)^2 / (30 x 3)

= 299,209 / 90

= 3,324.54

2. การคำนวณหาค่า df (Degree of freedom)

2.1 df , sample = จำนวนตัวอย่าง - 1

= 3 – 1

= 2

2.2 df , judges = จำนวนผู้ทดสอบ - 1

= 30 – 1

= 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 df , total = จำนวนสิ่งรวมทั้งหมด - 1

= (30 x 3) - 1

= 90 - 1

= 89

2.4 df , error = df of total - df of judges - df of Sample

= 89 - 29 - 2

= 58

3. การคำนวณหาค่า SS (Sum of Squares)

3.1 SS , sample = (ผลรวมของค่ารวมในแต่ละตัวอย่าง) ^{2} / จำนวนผู้ทดสอบ - CF

= (205^2 + 172^2 + 170^2) / 30 - 3,324.54

= (42,025 + 29,584 + 28,900) / 30 - 3,324.54

= 100,509 / 30 - 3,324.54

= 25.76

3.2 SS , judges = (ผลรวมของผู้ชิมแต่ละท่าน) ^{2} / จำนวนตัวอย่าง - CF

= (23^2 + 22^2 + 23^2 + 22^2 .....+ 21^2) / 3 - 3,324.54

= (529 + 484 + 529 + 484 .....+ 441) / 3 - 3,324.54

= 10,613 / 3 - 3,324.54

= 213.13

3.3 SS , total = (ผลรวมของค่าประเมินทุกค่าของผู้ทดสอบ) ^{2} - CF

= (7^2 + 8^2 + 6^2 + 9^2 ..... + 7^2) - 3,324.54

= (49 + 64 + 36 + 81 ..... 49) - 3,324.54

= 3,715 - 3,324.54

= 390.46

3.4 SS , error = SS of total - SS of Sample - SS of judges

= 390.46 - 25.76 - 213.13

= 151.57

4. การคำนวณหาค่า MS (Mean Square)

4.1 MS , sample = SS , sample / df , sample

= 25.76 / 2

= 12.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 MS , judges = SS , judges / df , judges

= 213.13 / 29

= 7.35

4.3 MS , error = SS , error / df , error

= 151.57 / 58

= 2.61

5. การคำนวณหาค่า F (Variance ratio หรือ F value) ของ Sample และ Judgesb โดยคำนวณได้ดังนี้

5.1 F , sample = MS , sample / MS , error

= 12.88 / 2.61

= 4.93

5.2 F , judges = MS , judges / MS , error

= 7.35 / 2.61

= 2.82

เมื่อได้ค่าจากการวิเคราะห์ของตาราง ANOVA เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอย่าง แต่ถ้าตัวอย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติจะต้องมีการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอย่าง วิธีการเปรียบเทียบจะเปรียบเทียบโดยใช้วิธี Lest Significant Difference (LSD) สามารถหาได้ดังนี้

1. นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาจัดลำดับจากมากไปน้อย

ลำดับที่	ทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ย
1	T 1	6.83
2	T 2	5.73
3	T 3	5.67

2. คำนวณหาค่า Standard error (SE)

$$SE = \sqrt{\frac{MS, error}{replicate}}$$

$$= \sqrt{\frac{2.61}{30}}$$

$$= 0.29$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เปิดตารางหา Significant Studentized Range (SSR) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

df , Error = 58

ค่า p (ตามจำนวนตัวอย่าง) = 2 , 3

4. คำนวณหาค่า Lest Significant Difference (LSD) โดยใช้สูตรการคำนวณ คือ

LSD = SE x SSR

p	2	3
ค่า SSR	2.83	2.98
ค่า LSD (SSR x SE)	2.83 x 0.29	2.98 x 0.29
ค่า LSD	0.82	0.86

5. ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ที่ได้จัดเรียงลำดับไว้ทีละคู่

ลำดับการเปรียบเทียบ	ทรีทเมนต์ที่เปรียบเทียบ	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	เปรียบเทียบกับค่า LSD	สรุป
1 กับ 2	T 1 – T2	6.83 – 5.73	1.10	0.82	แตกต่างทางสถิติ
1 กับ 3	T 1 – T3	6.83 – 5.67	1.16	0.86	แตกต่างทางสถิติ
2 กับ 3	T 2 – T3	5.73 – 5.67	0.06	0.82	ไม่แตกต่างทางสถิติ

6. แสดงผลการทดสอบ โดยใช้ตัวอักษรกำกับเหนือตัวเลขค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ โดยค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ที่ไม่แตกต่างกันจะถูกกำกับด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน

ทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ย
1	6.83 [a]
2	5.73 [b]
3	5.67 [b]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้