สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนม

FERMENTED MILK PRODUCTION FROM YOUNG RICE

โดย

นายสุรชัย อาษาราษฎร์

นายศรชัย มีนาคุ้ม

ปพ.
ส84ฑก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 73117
วัน,เดือน,ปี - 3 ก.ค. 2550

.b 11782791
.i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ
ปีการศึกษา 2549

ชื่อเรื่อง การผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนม

Fermented Milk Production from Young Ricpe

ชื่อ – สกุล นายสุรชัย อาษาราษฎร์ และ นายศรชัย มีนาคุ้ม

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.จินตนา บุนนาค

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำนมหมักจากข้าวน้ำนมที่ใช้เชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก 2 ชนิดคือเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Lactobacillus casei* โดยศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกในระหว่างการหมัก และศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์นมหมักจากข้าวน้ำนมจากตัวแทนผู้บริโภค ในระหว่างการหมักได้มีการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงของ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก จากตัวอย่างที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง การศึกษาพบว่า ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์นมหมักจากข้าวน้ำนม เริ่มต้นเท่ากับ 6.58 6.60 และ 6.62 หลังจากผ่านการหมักที่ 50 ชั่วโมง จะมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.76 4.01 และ 4.05 ในตัวอย่างของนมผง หมักด้วยเชื้อ *L. bulgaricus* ซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุม (ทรีทเมนต์ที่ 1) และตัวอย่างของนมผงผสมข้าวน้ำนม หมักด้วยเชื้อ *L. casei* (ทรีทเมนต์ที่ 2) และตัวอย่างของนมหมักผสมข้าวน้ำนม หมักด้วยเชื้อ *L. bulgaricus* (ทรีทเมนต์ที่ 3) ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่เริ่มต้น เท่ากับ 11 16 และ 15 เมื่ออายุการหมักที่ 50 ชั่วโมง ค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 6 8 และ 8 ในทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่เริ่มต้น เท่ากับ 0.17 0.19 และ 0.18 เมื่ออายุการหมักที่ 50 ชั่วโมง ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.83 1.18 และ 1.40 ในทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ การทดสอบทางประสาทสัมผัสจะใช้นมหมักจากข้าวน้ำนมที่ผ่านการหมักแล้วในชั่วโมงที่ 50 ของทรีทเมนต์ที่ 2 และ ทรีทเมนต์ที่ 3 ส่วนทรีทเมนต์ที่ 1 จะใช้ตัวอย่างนมหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในชั่วโมงที่ 54 เพื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า นมหมักของ ทรีทเมนต์ที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดทางด้าน กลิ่น รส และความชอบรวม อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์นมหมักจากข้าวน้ำนม โดยใช้เชื้อ *L. casei* ได้คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสโดยรวมแล้วผู้บริโภคให้การการยอมรับ คือชอบมากกว่าไม่ชอบ ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และให้การช่วยเหลือจากรองศาสตราจารย์ ดร. จินตนา บุนนาค ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา โดยให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวางแผนการทดลอง จัดหาวัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรียบเรียงเอกสารเนื้อหา การจัดทำรูปเล่ม ตลอดจนช่วยแก้ไขรายงานข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคณะครูอาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทุกท่าน เคยอบรม สร้างลักษณะนิสัย ปลูกฝังด้านความคิด ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ เกี่ยวกับการเรียบเรียงเอกสาร ให้ข้อเสนอแนะในการจัดทำรูปเล่ม เจ้าหน้าที่ภาควิชาครุศาสตร์เกษตรที่อำนวยความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษ บิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกคน ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์และให้กำลังใจตลอดมา เพื่อน ๆ และ ผู้ทดสอบชิมที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นอย่างดี และทำให้การทดลองในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ความดีและประโยชน์จากปัญหาพิเศษเล่มนี้ ขอมอบแด่ ครูอาจารย์ บิดา มารดา ตลอดรวมผู้ที่ให้การช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดมา

หากปัญหาพิเศษเล่มนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ..... ก

กิตติกรรมประกาศ..... ค

สารบัญ..... ง

สารบัญตาราง..... ฉ

สารบัญภาพ..... ช

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของปัญหา..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 ผลิตภัณฑ์นมหมัก..... 3

2.1.1 โยเกิร์ต..... 3

2.1.2 ยาคูลย์..... 5

2.1.3 นมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัส..... 6

2.1.4 นมเปรี้ยวคูมิส..... 7

2.1.5 นมเปรี้ยวบัตเตอร์มิลค์..... 7

2.1.6 ครีมเปรี้ยว..... 8

2.1.7 คอตเตจชีส..... 8

2.1.8 เนยแข็ง..... 8

2.1.9 นมหมักจากแบคทีเรียแลคติกและยีสต์..... 8

2.1.10 ประโยชน์ของนมเปรี้ยว..... 9

2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตนมหมัก..... 10

2.2.1 ข้าว..... 10

2.2.2 นมผง..... 16

2.2.3 น้ำตาล..... 16

2.2.4 กล้าเชื้อผลิตภัณฑ์นม..... 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.5 กระบวนการหมัก..... 25

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ..... 30

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย..... 30

3.2 วิธีการ..... 31

3.3 สถานที่ทำการวิจัย..... 36

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย..... 36

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล..... 37

4.1 การศึกษาวัตถุดิบที่เหมาะสมในการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม..... 37

4.2 การศึกษากล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Lactobacillus bulgaricus* และ *Lactobacillus casei* ในการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม..... 38

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 46

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 46

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 46

บรรณานุกรม 48

ภาคผนวก 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมหมักและกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่ใช้	20
2	ปริมาณของสารประกอบคาร์บอนิล (พีพีเอ็ม) ที่สร้างขึ้นจากหัวเชื้อโยเกิร์ต.....	23
3	การใช้แบคทีเรียในอาหารหมัก.....	2(
4	ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ในระหว่างการหมักนมหมัก จาก ข้าวน้ำนมที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง.....	37
5	ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ในระหว่างการหมักนมหมัก จากข้าวน้ำนมที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง ของทรีทเมนต์ที่ 1 และทรีทเมนต์ที่ 2	39
6	ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกในระหว่างการหมักนมหมัก จากข้าวน้ำนมที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง ของทรีทเมนต์ที่ 1 และทรีทเมนต์ที่ 3	39
7	ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกในระหว่างการหมักนมหมัก จากข้าวน้ำนมที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง ของทรีทเมนต์ที่ 2 และทรีทเมนต์ที่ 3	40
8	ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของนมหมักจากข้าวน้ำนมที่อายุการหมัก ในชั่วโมงที่ 50 – 54 ชั่วโมง	40
9	แสดงค่าเฉลี่ยของการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภูมิของปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องในการสร้างสาร Acetaldehyde.....	24
2	แสดงแนวทางการเปลี่ยน methionine ไปเป็น acetaldehyde ของเชื้อ *Streptococcus thermophilus*.....	24
3	วิถีการผลิตกรดแลคติกของเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก.....	27
4	การเตรียมน้ำนมข้าว.....	32
5	ขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนม.....	35
6	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระหว่างการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม ที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง.....	41
7	การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ในระหว่างการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม ที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง.....	42
8	การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกในระหว่างการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม ที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง.....	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้า ใบเลี้ยงเดี่ยว ใช้เมล็ดบริโภคเป็นอาหารหลักประจำวัน และยังใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อีกมากมาย (http://th.wikipedia.org/wiki) ซึ่งนักโภชนาการวิเคราะห์พบว่า ข้าวขาว 100 กรัม จะมีน้ำ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และเส้นใยเป็นส่วนประกอบที่สมบูรณ์จึงทำให้ข้าวเป็นอาหารที่ดีมีประโยชน์ต่อสุขภาพ(http:// www.ipst.ac.th / thaiversion/publications/in_sci/rice_civilize.html)

น้ำนมข้าวผลิตจากข้าวที่ยังอ่อนอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตที่ 4 – 5 จากช่วงการเจริญเติบโตทั้งหมด 6 ระยะ โดยเมล็ดข้าวที่อยู่ในช่วงระยะนี้ภายในเมล็ดจะมีสภาพเป็นน้ำนมข้าว (http://www.ku.ac.th) ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการทั้งวิตามิน เกลือแร่ โปรตีน พลังงานที่จำเป็นต่อร่างกายและเส้นใยอาหารยังช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้ดี (http://www.rakbankerd.com) น้ำนมข้าวมีกลิ่นหอม มีสีเขียว มีไฟเบอร์ที่ช่วยในการลดการตกค้างของสารพิษในลำไส้ ช่วยในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ (http://www.otopportal.com)

นมเปรี้ยว (Fermented Milk) ตามความหมายของ มอก. 2146-2546 ได้ให้ความหมายของนมเปรี้ยวไว้ว่า นมเปรี้ยวหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมหมัก และ / หรือ ผลิตภัณฑ์นมซึ่งเกิดจากการหมักบ่มด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลคติกเป็นหลัก มีรสเปรี้ยว สามารถเก็บไว้ได้นาน โดยลักษณะของนมหมักก็จะมีรสชาติและกลิ่นที่แตกต่างกันไปตามความชอบของคนในท้องถิ่นและนมหมักยังเป็นอาหารที่อุดมด้วยโปรตีน วิตามินบี และจุลินทรีย์ ที่ช่วยปรับสมดุลของร่างกาย ป้องกันอาการท้องเสียได้ (วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2532:167)

จากประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการสูงของข้าวน้ำนมและนมเปรี้ยวที่กล่าวมาแล้ว จึงทำให้ผู้ทำปัญหาพิเศษสนใจที่จะนำข้าวน้ำนมมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักเพื่อทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ และเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับคนรักสุขภาพ และบุคคลทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวที่มีราคาค่อนข้างต่ำให้สูงขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำนมหมักจากข้าวน้ำนมที่ใช้เชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก 2 ชนิด ได้แก่ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Lactobacillus casei*

2. เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของนมหมักจากข้าวน้ำนม

3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคของนมหมักจากข้าวน้ำนม

1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. เตรียมข้าวน้ำนมเพื่อเป็นวัตถุดิบในการทำนมหมัก

2. ทำการหมักข้าวน้ำนมโดยใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก คือ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Lactobacillus casei*

3. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ค่าความหวาน ในระหว่างการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม

4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคโดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์นมหมักจากข้าวน้ำนม

2. สามารถนำความรู้จากกระบวนการผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนมไปประกอบอาชีพได้

3. สามารถเผยแพร่และถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนมให้กับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการผลิตนมหมักจากน้ำนมข้าวในครั้งนี้ ผู้ทำการศึกษาได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาค้นคว้าข้อมูลเอกสารต่าง ๆ ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ผลิตภัณฑ์นมหมัก (Fermented Milk Products)

การหมักนมเป็นการถนอมอาหารขณะเดียวกันเป็นการเปลี่ยนนมให้มีกลิ่นรสหรือลักษณะต่างไปจากเดิม ตลอดจนทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น โดยใช้หัวเชื้อแลคติกเริ่มต้น นั่นคือเป็นการหมักแบบแลคติก (Lactic fermentation) ผลิตภัณฑ์นมหมัก มีหลายชนิด ได้แก่ นมเปรี้ยว เนยแข็ง นมเปรี้ยวซึ่งมีรสเปรี้ยวเกิดจากการหมักนมพาสเจอร์ไรซ์ด้วยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก จึงสามารถหมักน้ำตาลแล็กโทสให้เป็นกรดแลคติกได้และกรดนี้ไปทำให้โปรตีนในนมตกตะกอนเป็นลิ่มเละๆ ที่เรียกว่า เคิร์ด (Curd) มีรสเปรี้ยวและมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน ผลิตภัณฑ์นมหมักที่นิยมในปัจจุบัน ได้แก่ โยเกิร์ต นมบัตเตอร์ และนมคีเฟอร์ เป็นต้น (ลัดดาวัลย์ รัศมิทัต, 2536 : 247)

2.1.1 โยเกิร์ต (Yogurt)

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่เตรียมได้จากนมหลายชนิด อาจเป็นนมสด นมขาดมันเนย นมข้น หรือนมคืนรูปจากนมผงที่ขาดหรือพร่องมันเนยหรือผลิตภัณฑ์นมอื่นๆ หรือส่วนผสมของนมเหล่านี้ผสมเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้สัดส่วนขององค์ประกอบที่ถูกต้องสำหรับโยเกิร์ตชนิดหนึ่งๆ โดยอาศัยการเปลี่ยนน้ำตาลแล็กโทสให้เป็นกรดแลคติกของเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus thermophilus* (วราวุฒิ ครูส่งและรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532 : 209)

ก. ชนิดของโยเกิร์ต การแบ่งชนิดของโยเกิร์ตอาศัยหลักการดังต่อไปนี้

มาตรฐานกฎหมายจำแนกโยเกิร์ตตามปริมาณของไขมันในโยเกิร์ตออกเป็น โยเกิร์ตไขมันเต็ม (full fat yogurt) มีไขมันนมน้อยกว่า 3.25 เปอร์เซ็นต์ โยเกิร์ตไขมันต่ำ (low fat yogurt) มีไขมันระหว่าง 0.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ และโยเกิร์ตพร่องไขมัน(nonfat yogurt)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีไขมันนมน้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยโยเกิร์ตทุกชนิดจะต้องมีปริมาณของของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนมที่ไม่ใช่ไขมันนม 8.25 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดแลคติกมากกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ สารเสริมต่างๆ ที่เติมเข้าไปต้องมีคุณค่าทางโภชนาการโดยสารให้ความหวาน (sweeteners) สารให้สี (coloring) สารคงรูป (stabilizer) หรือส่วนผสมผลไม้ (fruit preparation) จะต้องมีคุณภาพสูง

ข. หัวเชื้อโยเกิร์ต

ในการผลิตโยเกิร์ตจะใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตที่เป็น *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ในสัดส่วนที่เท่ากัน โดยหากหัวเชื้อโยเกิร์ตอยู่ในรูปเยือกแข็งจะต้องบ่มหัวเชื้อเป็นเวลานาน 5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส หรือนาน 11 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส หรือ 14-16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 29-30 องศาเซลเซียสเสียก่อน และหากเลี้ยงเชื้อทั้งสองชนิดแยกกันแล้วจึงผสมกันก่อนการใช้จะทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ดีที่สุด ส่วนปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งสองที่ต้องใช้ในการหมักยังไม่มีมาตรฐานกำหนดแน่นอน เพียงมีการศึกษาถึงปริมาณของหัวเชื้อโยเกิร์ตที่ใส่ต่อคุณภาพของโยเกิร์ตที่ผลิตได้

หัวเชื้อโยเกิร์ต นอกจากจะต้องมีจำนวนของแลคติกแอซิดแบคทีเรียมากพอเพียงกับการผลิตแล้วยังจะต้องมีจำนวนเซลล์ที่สมดุลกัน อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าในตอนเริ่มต้นอัตราส่วนของ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* จะเท่ากับ 1 : 1 ในระหว่างการหมักอัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของการหมัก เวลาที่ใช้ในการหมัก สภาพกรดของนม ความร้อนที่ใช้ฆ่าเชื้อในนม ปริมาณของหัวเชื้อที่ใส่ เป็นต้น หากอัตราส่วน นี้ไม่เป็น 1 : 1 เราก็อาจจะทำให้จำนวนของ *Streptococcus thermophilus* เพิ่มขึ้นโดยการลด อุณหภูมิหรือเวลาที่ใช้ในการหมักอาจเพิ่มจำนวนของ *Lactobacillus bulgaricus* โดยการเพิ่มอุณหภูมิหรือเวลาที่ใช้ในการบ่มหรือหมัก เนื่องจากอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การสร้างกรดของ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* เป็น 45 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ลัดดาวัลย์ รัศมิทัต, 2536 : 247)

ค. กรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตมี 2 ลักษณะใหญ่ๆ ได้แก่ โยเกิร์ตแบบอยู่ตัว (set yogurt) และโยเกิร์ตแบบคน (stirred yogurt) กล่าวคือโยเกิร์ตแบบอยู่ตัวเป็นโยเกิร์ตที่การหมักเกิดขึ้นในภาชนะบรรจุภายหลังการเติมจุลินทรีย์ ลักษณะของโยเกิร์ตที่ได้เป็นเนื้อเดียวกัน และมีลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลว ส่วนโยเกิร์ตแบบคนเป็นโยเกิร์ตที่เกิดการหมักเกิดขึ้นในถังหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ที่เรียบร้อยแล้วจึงบรรจุในภาชนะลักษณะของโยเกิร์ตที่ได้จะแตกหรือแยกจากกันก่อนบรรจุหรือก่อนนำไปผ่านความเย็น

ง. กลิ่น รส

โยเกิร์ตจำแนกตามการเติมกลิ่นรสออกเป็นโยเกิร์ตธรรมดา (plain/natural yogurt) กับโยเกิร์ตเสริมกลิ่นรส (flavored yogurt) กล่าวคือ โยเกิร์ตธรรมดาเป็นโยเกิร์ตที่ไม่เติมกลิ่นรสหรือสีใดๆ เป็นวิธีดั้งเดิมที่ผู้บริโภคจะได้กลิ่นรสตามธรรมชาติของโยเกิร์ตที่มีรสเปรี้ยว แหลม แต่บางกรณีก็มีการเติมน้ำตาลกลายเป็นโยเกิร์ตธรรมดาชนิดหวาน ("sweet" plain yogurt) ซึ่งโยเกิร์ตธรรมดามีทั้งที่เป็นแบบอยู่ตัวและแบบคนส่วนโยเกิร์ตเสริมกลิ่นรสนั้นเป็นโยเกิร์ตที่เติมกลิ่นรสหรือสี ซึ่งอาจเป็นแบบซันเด (Sundae style) หรือแบบสวิส (Swiss style)

จ. กระบวนการหลังการหมัก

เมื่อการหมักสิ้นสุดลงโยเกิร์ตที่ได้อาจนำไปจำหน่าย หรืออาจดัดแปลงให้มีกลิ่นรส รูปทรง (body) เนื้อสัมผัส (texture) หรือคุณสมบัติอื่นๆ ต่างๆ กันออกไป เช่น อาจนำไปผ่านความร้อน ทำให้แห้ง ทำให้เหลว ทำให้เข้มข้น เติมสารให้ความหวาน สารคงรูป สารให้สี หรือแปรรูปเป็นโยเกิร์ตเยือกแข็ง (frozen yogurt) โยเกิร์ตกึ่งเหลว (soft-serve yogurt) หรือบรรจุในกล่องเป็นฮาร์ดแพคโยเกิร์ต (hardpack yogurt) พูชอัพส์ (push-ups) สกิ๊พพีคัพ (skippy cups) หรือเททระ-แพกส์ (tetrapacks) นอกจากนี้อาจเติมหัวเชื้อเข้มข้นของ *Lactobacillus bulgaricus* เข้าไปในโยเกิร์ตหลังจากบ่มแล้ว เพื่อทำเป็นแอสิโดฟิลัสโยเกิร์ต (acidophilus yogurt) หรืออาจใช้น้ำมันข้าวโพดไม่อิ่มตัวผลิตโยเกิร์ต หรืออาจทำเป็นโยเกิร์ตเสริมวิตามิน หรือทำเป็นโยเกิร์ตผง (instant yogurt) ก็ได้

2.1.2 ยาคูลท์ (Yakult)

ยาคูลท์เป็นนมเปรี้ยวที่ทำจากหางนมที่เติมเชื้อ *Lactobacillus casei shirota* วิธีการผลิตยาคูลท์ทำโดยใช้นมผงพร่องไขมันร้อยละ 52 ของส่วนผสมทั้งหมดและเติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 18 แล้วเติมจุลินทรีย์ *Lactobacillus casei shirota* จำนวน 8.0 x 10^9 เซลล์/มิลลิลิตร เพื่อให้ *Lactobacillus casei shirota* ย่อยแลกโทสในนมให้เป็นกรดแลคติกและสารให้กลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ยาคูลท์ที่ได้จะมีรสเปรี้ยวเล็กน้อยและมีกลิ่นรสนม มีเนื้อสัมผัสที่เหลวไม่ข้นแบบโยเกิร์ต ใช้ดื่มเพื่อเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ *Lactobacillus casei* ในระบบทางเดินในอาหารของร่างกายให้มีปริมาณมากพอในการช่วยผลิตกรดแลคติกเพื่อทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่นๆ ใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพและเป็นการบำบัดโรคเพื่อลดปัญหาระบบการย่อยอาหารผิดปกติ นอกจากนี้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศญี่ปุ่นยังใช้หางนมผสมกับเซลล์ที่ยังคงมีชีวิต *Lactobacillus casei shirota* จำนวน 10^8 เซลล์/มิลลิลิตร สาหร่ายคลอเรลลาและวิตามินซีเพื่อดื่มบำรุงร่างกาย

2.1.3 นมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัส (Aacidophillus Milk)

นมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัสเป็นนมเปรี้ยวชนิดหนึ่งทำจากนมเติมเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่ของ *Lactobacillus acidophilus* ใช้เป็นเครื่องดื่มบำบัดโรคเพื่อลดปัญหาระบบย่อยอาหารผิดปกติ โดยปกติแลกโทสในนมซึ่งเป็นไดแซ็กคาไรด์จะถูกดูดซึมอย่างช้าๆ และไม่ถูกย่อยในระบบย่อยอาหารจะถึงลำไส้ ซึ่งจะถูกย่อยโดย *Lactobacillus acidophilus* ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ให้เป็นกรดแลคติก ซึ่งสภาวะที่เป็นกรดนี้จะทำให้จุลินทรีย์พวกพิวทรีแฟคทิฟที่สร้างแก๊ส (gas-forming putrefactive organisms) ในลำไส้ไม่เจริญหรือขยายพันธุ์ต่อ จึงใช้หลักนี้ในการทำนมเปรี้ยว แอสิโดฟิลัสที่มีรสเปรี้ยวและมีเซลล์ที่มีชีวิตของ *Lactobacillus acidophilus* ดังกล่าวเพื่อใช้ดื่มเป็นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพและบำบัดรักษาโรค

นมที่ใช้ทำนมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัสเป็นนมเต็มรูป นมพร่องไขมันหรือนมไขมันต่ำ ส่วนหัวเชื้อแอสิโดฟิลัส (acidophilus cell concentrate) ที่ใช้ใส่ลงในน้ำนม เตรียมโดยการเพาะเลี้ยง *Lactobacillus acidophilus* ให้เจริญเติบโตดีและมีจำนวนเซลล์มากพอเพียงกับขนาดของการผลิต แล้วนำอาหารเลี้ยงเชื้อนี้ไปปั่นแล้วถ่ายเซลล์ใส่ลงในนมที่ปรับอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส

หลักในการผลิตนมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัสทำโดยนำนมไปผ่านความร้อนอุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หรือ 145 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วินาที ก่อนใส่เชื้อ *Lactobacillus acidophilus* ทั้งนี้เนื่องจาก *Lactobacillus acidophilus* เป็นจุลินทรีย์ที่มีการย่อยช้าแต่ทำให้เจริญเติบโตได้เร็วขึ้นโดยการใช้ความร้อนระยะเวลาสั้น จากนั้นบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส จนได้พีเอช 4.7 หรือวัดกรดแลคติกได้ร้อยละ 0.65 ก็จะหยุดการบ่มเพื่อทำให้เซลล์ยังคงมีชีวิตอยู่โดยการทำให้ เย็นทันทีที่ 5 องศาเซลเซียส ก็จะได้นมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัสพร้อมที่จะบรรจุลงในขวด และเก็บที่ 5 องศาเซลเซียส ได้นานประมาณ 3-4 สัปดาห์ ซึ่งนมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัสที่สดใหม่จะมีเซลล์ที่ยังคงมี ชีวิตอยู่ของ *Lactobacillus acidophilus* อยู่อย่างน้อย 5.00×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร แต่จำนวนจุลินทรีย์ ที่ยังคงมีชีวิตอยู่จะลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการเก็บจะเห็นว่าหลักในการทำนมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัสคล้ายคลึงกับการทำโยเกิร์ต ต่างกันตรงที่มีการปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมต่างๆ ให้เหมาะสมกับจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก

นมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัสที่ได้หากทำการบ่มต่ออีกก็จะทำให้มีสภาพกรดเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 1 อย่างไรก็ตามนมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัสที่ผลิตด้วยวิธีดังกล่าว อาจมีรสเปรี้ยวมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกินไปสำหรับผู้บริโภคบางคน จึงมีการผสมนมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัสกับนมเปรี้ยวบัตเตอร์มิลค์ (cultured buttermilk) เพื่อให้มีรสเปรี้ยวน้อยลง โดยการใช้จุลินทรีย์ผสมชนิดที่มีจุลินทรีย์อย่างน้อย 2 ชนิด เช่น *Lactobacillus acidophilus* กับ *Streptococcus lactis* ก็จะได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นไบโอเกิร์ต (bioghurt) ที่มีรสเปรี้ยวน้อยกว่านมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัส นอกจากนี้ยังอาจทำให้นมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัสมีกลิ่นรสต่างๆ โดยใช้ส่วนผสมของจุลินทรีย์ต่างๆ กัน หรืออาจใช้ *Lactobacillus acidophilus* (Bifidobacterium) bifidus แทน *Lactobacillus acidophilus* ก็ได้ นมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัสที่ได้จะมีอายุการเก็บประมาณ 3-4 สัปดาห์ หากเก็บแช่เย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งตลอดระยะเวลาการเก็บและขนส่งจะไม่มีการหมักเกิดขึ้นแต่อย่างไร ทำให้ได้นมเปรี้ยวแอสิโดฟิลัสมีรสหวานของนมและมีเซลล์ที่ยังคงมีชีวิตอยู่ของ *Lactobacillus acidophilus* อยู่ด้วย

2.1.4 นมเปรี้ยวคูมิส (Koumiss)

นมเปรี้ยวคูมิส เป็นนมเปรี้ยวชนิดหนึ่งที่ได้จากการหมักแบบกรดและแอลกอฮอล์คล้ายกับนมเปรี้ยวคีเฟอร์ ต่างกันที่ใช้นมม้าแทนนมวัวเท่านั้น นิยมใช้ในประเทศรัสเซีย ในการรักษาวัณโรคปอด ขนาดที่ใช้ดื่มเป็น 1.4 ลิตรต่อวัน นาน 2 เดือน แต่เนื่องนมเปรี้ยวคูมิสมีแอลกอฮอล์ปนอยู่ร้อยละ 1-2.5 แล้วแต่การหมัก จึงมีปัญหาเล็กน้อยของพิษจากแอลกอฮอล์ นอกจากนี้นมเปรี้ยวคูมิสจะมีปริมาณแลคติกไม่แน่นอนตั้งแต่ร้อยละ 0.7-1.8 แต่เนื่องจากนมม้ามีปริมาณของเคซีนต่ำ จึงทำให้เกิดเป็นก้อนดังเช่นนมวัว เหตุนี้นมเปรี้ยวคูมิสจึงใสไม่ข้นและมีสีเทาขาว

จุลินทรีย์ที่เป็นตัวเริ่มต้นที่สำคัญในการผลิตนมเปรี้ยวคูมิสคือ *Lactobacillus bulgaricus* และ Torulopsis *holmii* ซึ่งเป็นยีสต์ชนิดที่ย่อยแลกโทสในนมให้เป็นเอธานอลกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในขณะที่ *Lactobacillus bulgaricus* จะย่อยแลกโทสให้เป็นกรดแลคติก และมีแก๊สของคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งทำให้เกิดความดันเมื่อเปิดจุกที่อัดแน่นไว้ วิธีการผลิตนมเปรี้ยวคูมิสเหมือนกับนมเปรี้ยวคีเฟอร์ทุกประการ

เนื่องจากนมเปรี้ยวคูมิสเป็นที่นิยมในประเทศรัสเซียในระยะหลังนี้จึงมีการดัดแปลงใช้นมวัวพร่องไขมันแทน นอกจากนี้ในกรณีผลิตแบบระบบหมักช้าที่ใช้นมม้า บางครั้งจะมีการเติมเนื้อม้า เอ็นม้า และผักต่างๆ เข้าไปเป็นวัตถุดิบด้วย ทั้งนี้สันนิษฐานว่าอาจใส่เพื่อใช้เป็นแหล่งของอาหารเลี้ยงเชื้อให้เจริญเติบโตได้ดี

2.1.5 นมเปรี้ยวบัตเตอร์มิลค์

นมเปรี้ยวบัตเตอร์มิลค์เป็นนมหมักชนิดเหลวที่ได้จากการหมักนมพร่องไขมันด้วย แลคติกแอสิดแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลคติกและกลิ่น เกิดเป็นนมเหลวหนืดมีกลิ่นรสเปรี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง ต่างจากบัตเตอร์มิลค์ที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักตรงกันข้ามเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการแยกครีมในอุตสาหกรรมทำเนยที่มีปริมาณฟอสโฟลิพิตสูง

2.1.6 ครีมเปรี้ยว (Cultured cream)

ครีมเปรี้ยวหรือที่รู้จักกันดีว่าซาวร์ครีม (sour cream) เป็นนมเปรี้ยวอีกชนิดหนึ่งคล้ายนมเปรี้ยวบัตเตอร์มิลค์ ต่างกันที่เป็นนมที่หมักให้เปรี้ยวโดยใช้แลคติกแอสิดแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดและกลิ่น แต่มีความข้นหนืดและมีรสเปรี้ยวมากกว่านมเปรี้ยวบัตเตอร์มิลค์ และมีกลิ่นคล้ายเนยเหลวทั่วไป ใช้ใส่บนสลัดปลา เนื้อ ผัก ผลไม้ ฯลฯ หรือใช้เป็นไส้ในขนมเค้ก ซุป หรืออาจใช้แทนนมเปรี้ยว บัตเตอร์มิลค์ในการปรุงอาหาร นอกจากนี้ยังอาจทำให้แห้งเป็นผงเป็นสารให้กลิ่นรส

2.1.7 คอตเตจชีส (Cotage cheese)

คอตเตจชีส เป็นเนยแข็งธรรมชาติชนิดอ่อน (soft cheese) ที่ไม่บ่มต่างจากเนยแข็งตรงที่มีไขมันน้อยกว่าจึงจัดเป็นอาหารที่แคลอรี่ต่ำ นิยมใช้เป็นส่วนประกอบหลักของสลัดต่างๆ คอตเตจชีสที่ดีควรมีกลิ่นรสเหมือนครีมเปรี้ยวหรือนมเปรี้ยวบัตเตอร์มิลค์ที่ใหม่สดสะอาดและควรมีรสเปรี้ยวปานกลางออกเค็มเล็กน้อย มีกลิ่นรสของหัวเชื้อเริ่มต้นแลคติกที่ดี ควรมีเนื้อสัมผัสที่เนียนละมุนละม่อมสม่ำเสมอและข้นแบบมีเนื้อ ไม่แน่นจนเกินไปหรือไม่อ่อนนุ่มจนเหลว ควรมีชั้นของครีมที่สม่ำเสมอรอบๆ เคิร์ด และมีน้ำนมที่แยกตัวจากครีมปริมาณน้อยที่เหนียวข้นหรือเป็นน้ำเหลว นอกจากนี้ยังควรมีขนาดสม่ำเสมอและมีสีธรรมชาติ

2.1.8 เนยแข็ง (Chesse)

เนยแข็ง เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักอีกชนิดหนึ่งที่ใช้หัวเชื้อแลคติกในการผลิต โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญเป็นเคซีนและไขมันนม เนยแข็งมีมากมายหลายชนิดอาทิ เช่น Cheddar cheese, Swiss cheese, Brick cheese, Limburger cheese, Camembert cheese, Brie, Process cheese ฯลฯ

2.1.9 นมหมักจากแบคทีเรียแลคติกและยีสต์

แบคทีเรียแลคติกที่ใช้หมักนมประเภทนี้เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ ณ อุณหภูมิปานกลางถึงอุณหภูมิสูง มีหลายสปีชีส์ ส่วนยีสต์มักได้แก่ สายพันธุ์ *Kluyveromyces* นอกจากนี้อาจมี *Candida* และ *Saccharomyces* และยีสต์สายพันธุ์อื่นด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์และสภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ที่ทำการผลิต ผลผลิตที่ได้คือ กรดแลคติกและเอธานอล ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้ จึงได้ชื่อว่า นมหมักประเภท แอซิดแอลกอฮอล์ ผลิตภัณฑ์นี้เป็นที่นิยมในเอเชียและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะวันออกกลาง โดยจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปในแต่ละท้องถิ่นผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันแพร่หลายคือ คีเฟอร์ (kefir)

2.1.10 ประโยชน์ของนมเปรี้ยว

นมเปรี้ยว คือ ผลิตภัณฑ์นมชนิดหนึ่ง ย่อมมีคุณค่าทางอาหารเหมือนนมทั่วๆ ไป เป็นอาหารนมที่ย่อยง่ายกว่านมธรรมดา ทั้งนี้เพราะแลคโตสลดลง และเคิร์ด(Curd) ย่อยง่าย นอกจากนี้ ยังมีคุณค่าทางยารักษาโรค กล่าวคือ คนที่เป็นโรคท้องผูก (Constipation) เมื่อรับประทานนมเปรี้ยวทำให้ถ่ายคล่องขึ้น ส่วนคนที่เป็นโรคท้องเดิน (Diarrhoea) เมื่อกินนมเปรี้ยวเข้าไปอาการท้องเดินจะหายทันที การทดลองในคนป่วยซึ่งเป็นโรคอหิวาต์ กินนมเปรี้ยวเป็นอาหารประจำวันละ 3 เวลา ในขณะที่พักรักษาตัวที่โรงพยาบาลบำราศนราดูร ในปี 2515 ปรากฏว่าคนไข้หายป่วยเร็วขึ้นกว่าปกติ ทองยศ อเนกะเวียง(2524:25) และ ชูศรี บำรุงพฤกษ์(2531:12) ยังรายงานถึง คุณค่าทางอาหารของนมเปรี้ยวว่า มีคุณค่าเท่ากับนมที่ไม่แยกไขมันหรือหางนมซึ่งนำมาใช้ในการเตรียมนมเปรี้ยว ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์ลักษณะที่ต้องการในการหมักจะทำให้เกิดกรดแลคติกเป็นส่วนใหญ่ นมเปรี้ยวส่วนมาก ถือกันว่าเป็นอาหารเสริมสร้างพลานามัยเป็นพิเศษ บางชนิดให้แบคทีเรียชนิดที่ต้องการซึ่งจะไปอยู่ในส่วนล่างของลำไส้แล้วจะไปต่อสู้กับแบคทีเรียชนิดที่ทำให้เกิดการบูดเน่า ชนิดที่ไม่ต้องการ และพวกนี้มักจะมีอยู่ในทางเดินของลำไส้จำนวนมาก โดยจะไปผลิตสารมีพิษเมื่อมีแลคโตสจากน้ำนมหรือโดยการเพิ่มเติมลงไปในอาหาร แบคทีเรียชนิด ที่ต้องการก็จะเข้าไปเพิ่มจำนวนมากกว่าพวกที่ไม่ต้องการ ทำให้เกิดการหมักชนิดเกิดกรด

แลคโตสมีในนมเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ความสำคัญของแลคโตสทางด้านโภชนะมีมากเท่ากับทางด้านการแพทย์ คือ ใช้ในการรักษาโรคบางอย่างได้ นอกจากมีคุณค่าเท่าซูโครสแล้ว ยังประกอบด้วยคุณสมบัติทางฟิสิกส์อื่นๆ ซึ่งให้ประโยชน์ในการส่งเสริมพลานามัยอันดี แลคโตส เป็นสิ่งที่โปรดปรานของจุลินทรีย์ ซึ่งบางชนิดทำให้เกิดผลประโยชน์อันดีต่อผู้บริโภค เป็นที่ย้อมรับ กันมานานแล้วว่าแลคโตสในนมเปรี้ยวทำให้ผู้ดื่มมีสุขภาพดี ชูศรี บำรุงพฤกษ์ (2531: 9)

สำหรับประโยชน์ของจุลินทรีย์ในนมเปรี้ยวนั้น ทองยศ อเนกะเวียง(2524:25) กล่าวว่า เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ทำนมเปรี้ยว มีประโยชน์ต่อร่างกาย เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหลายเป็นสาเหตุของโรคต่างๆนั้นเป็นพวกไม่สร้างกรดและเป็นพวกที่ไม่ทนกรด ในระบบทางเดินอาหารของเรา คือ เริ่มจากกระเพาะไปสู่ลำไส้เล็ก ลำไส้เล็กนี้บางทีจะมีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการบูดเน่าอยู่ด้วย และมักเป็นสาเหตุของโรคทางเดินอาหาร ท้องร่วงอย่างรุนแรง ตลอดจนเชื้ออหิวาต์ เชื้อพวกนี้มักจะไม่เจริญเติบโต หรือขยายพันธุ์ในสภาพที่เป็นกรด และอีกประการหนึ่ง สารพวกปฏิชีวนะทั้งหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มักจะเป็นตัวยาซึ้งป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหลาย ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ที่นำมาเป็นเชื้อหมักทำนมเปรี้ยวนั้นมักเป็นพวกที่สร้างกรดได้ดีทนกรด และบางชนิดยังสร้างสารปฏิชีวนะออกมาได้อีกด้วย การรับประทานนมเปรี้ยว คือการรับประทานจุลินทรีย์พวกสร้างกรด กรดที่มันสร้างขึ้นนั้นจะเป็นอันตรายต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆหรือถ้าเป็นชนิดที่ผลิตสารปฏิชีวนะได้ ก็ยังจะไปช่วยหยุดยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคเหล่านั้นได้ สำหรับประกาย จิตรกร (2526:42) รายงานถึงประโยชน์ของนมเปรี้ยวว่า โยเกิร์ตเป็นนมเปรี้ยวที่เก่าแก่ที่สุดจนเป็นที่เชื่อถือกันว่า รับประทานนมเปรี้ยวแล้วจะอายุยืน เพราะชาวบัลข่านไม่น้อยมีอายุยืนและแข็งแรงอย่างน่าประหลาดใจ

2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตนมหมัก

2.2.1 ข้าว วิทย์ เที่ยงบุญธรรม (2547) ได้กล่าวถึงข้าวไว้ดังนี้

ชื่อสามัญ Rice Plant

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Oryza sativa Linn.*

วงศ์ GRAMINEAE

2.2.1.1 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 ส่วนผิวใบและขอบใบนั้นจะมีขนสั้นๆ ทั้ง 2 ด้าน

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

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

5. การขยายพันธุ์ โดยการหว่านเมล็ดมักจะหว่านในดินเหนียวที่เป็นโคลนจะทำให้เจริญเติบโตงอกงามได้ดีกว่าดินอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 การเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าว ระยะการเจริญเติบโต และพัฒนาการของข้าวตั้งแต่ปลูกไปจนกระทั่งเก็บเกี่ยวแบ่งออกเป็น 3 ระยะใหญ่ ๆ คือ

1. ระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นและใบ (vegetative phase)

2. ระยะการเจริญและพัฒนาทางด้านการสร้างส่วนขยายพันธุ์ (reproductive phase)

3. ระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางด้านการสร้างเมล็ดและการสุกแก่ของเมล็ด (grain formation and ripening phase)

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) เป็นระยะที่เริ่มจากเมล็ดข้าวงอกส่วนที่เป็นยอดขึ้นมา (emergence) ไปจนถึงระยะที่เกิดหน่อแรก (first tiller) การงอกของข้าวใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน สำหรับการเพาะข้าวนาดำนั้นจะต้องนำเมล็ดข้าวไปแช่ในน้ำประมาณ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นก็นำเมล็ดข้าวที่แช่แล้วขึ้นมาหุ้มอีก 36-48 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปหว่านในแปลงกล้า ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวข้าวมีรากปฐมภูมิ (primary root) งอกออกมายาวประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร

1.2 ระยะแตกกอ (tillering stage) เป็นระยะที่ต่อจากระยะต้นกล้าโดยเริ่มจากการเกิดของหน่อแรกจากตาด้านข้าง (axillary bud) ที่อยู่บริเวณข้อของลำต้นด้านล่างสุด (lowermost nodes) หลังจากที่หน่อชุดแรกแตกจากต้นแม่หมดแล้วก็จะเกิดการแตกของหน่อชุดที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และหลังจากนั้นก็จะมีหน่อชุดที่สามเกิดขึ้นตามจำนวนหน่อจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงระยะที่มีจำนวนหน่อสูงสุด (maximum tillering stage) หลังจากนั้นหน่อบางหน่อก็จะตายลงและจำนวนหน่อจะลดลงถึงจุดหนึ่งแล้วจะคงที่ หน่อที่เหลือทั้งหมดส่วนใหญ่จะเป็นหน่อที่ให้รวง (productive tiller)โดยทั่วไปแล้วต้นข้าวจะหยุดสร้างหน่อหลังจากที่มีการเกิดของหน่อชุดที่สามแล้ว

ระยะการเจริญเติบโต และพัฒนาการทางลำต้นและใบของข้าวพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสงเป็นระยะที่มีความแปรปรวนมากที่สุดซึ่งในข้าวพวกนี้สามารถแบ่งระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นและใบของมันออกได้เป็น 2 ระยะ คือ

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

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 กับระยะแตกหน่อสูงสุดและระยะย่างปล้องโดยตายอดจะเริ่มเปลี่ยนแปลงเป็นตาดอกในช่วงราว ๆ 60-70 วันหลังจากที่หว่านเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2.3 ระยะตั้งท้องของข้าว (booting stage) ระยะนี้เป็นระยะปลายของระยะพัฒนาการของช่อดอกข้าว ซึ่งจะเกิดหลังจากที่ช่อดอกข้าวปรากฏให้เห็น โดยที่ช่อดอกของข้าวมีการเจริญขยายตัวขึ้นทำให้ดันกาบใบข้าวให้โป่งออก ลักษณะลำต้นกลมพองออก ซึ่งเราเรียกว่าข้าวตั้งท้องในระยะนี้ใบของข้าวที่บริเวณฐานของต้นข้าวและหน่อที่ไม่ให้รวง (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 และแสงแดด สำหรับข้าวพันธุ์ที่ปลูกส่วนใหญ่ดอกจะบานระหว่างเวลาเช้าไปจนเที่ยง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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) เป็นระยะที่แป้งน้ำนมในเมล็ดจะเปลี่ยนจากลักษณะเหลวมาเป็นแป้งอ่อน และค่อนข้างแข็งขึ้น

3.3 ระยะแก่ของเมล็ด หรือ ระยะพลับพลึง (maturation stage) เป็นระยะที่เมล็ดมีการพัฒนาของขนาดอย่างเต็มที่สีของเปลือกเมล็ดจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวมาเป็นสีเหลือง ระยะนี้เป็นระยะที่ข้าวมีน้ำหนักแห้งของเมล็ดสูดสุด หลังจากนั้นน้ำหนักของเมล็ดจะลดลง เล็กน้อย เนื่องจากความชื้นในเมล็ดลดลง

2.2.1.3 ประโยชน์ของข้าว วิทย์ เที่ยงบุญธรรม(2547) ได้กล่าวถึงประโยชน์ต่างๆของข้าวไว้ดังนี้

1. ข้าวมีรสชุ่ม ให้พลังงาน บำรุงร่างกาย กระเพาะอาหารและลำไส้ใช้แก้ท้องร่วง บิด

2. น้ำข้าว ใช้กินได้ตอนอุ่นๆพอสมควร มีรสชุ่ม บรรเทาอาการร้อนและกระหายน้ำหรืออาเจียนเป็นเลือด ตาแดง เลือดกำเดาออกง่าย ไม่มีพิษ สามารถขับปัสสาวะได้

3. น้ำซาวข้าว สามารถนำมาดื่มได้พอสมควรหรือผสมน้ำอุ่นกิน มีรสชุ่มเย็นบรรเทาอาการร้อนและกระวนกระวายหรือกระหายน้ำ รักษาอหิวาตกโรค อาหารที่ไม่ย่อยและแก้พิษได้โดยการกินน้ำซาวข้าว 1 แก้ว และเป็นน้ำซาวข้าวที่ไม่มีพิษ

4. รำข้าว อุดมไปด้วยวิตามินบี อาจจะนำรำข้าวมาทำเป็นเม็ดหรือนำมาบดเป็นผงกิน มีรสชุ่มและมีกลิ่นฉุน ใช้บำบัดโรคเหน็บชาหรือช่วยหล่อลื่นลำไส้ จะช่วยย่อยและเจริญอาหารเป็นรำข้าวที่ไม่มีพิษ

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

2.2.1.4 น้ำนมข้าวยาคู

กาญจนา นาดสกุล (2545) กล่าวว่า ข้าวยาคู เป็นผลิตภัณฑ์แรกสุดที่ได้จากข้าวเจ้า ข้าวยาคูทำจากเมล็ดข้าวอ่อน เมล็ดข้าวนี้มีเนื้อข้าวอยู่แล้วแต่ยังไม่ถึงเวลาที่เก็บเกี่ยวได้ วิธีทำข้าวยาคู สามารถทำได้โดยนำข้าวอ่อนทั้งรวงมาตำให้เปลือกแตกออก จะทำให้เนื้อข้าวสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมกับสีเขียวของเปลือกข้าวและก้านรวง จึงได้น้ำข้าวที่มีสีเขียวอ่อน จากนั้นนำน้ำข้าวนี้ไปต้มไฟ และคอยคนผสมไม่ให้เป็นลูก ใส่น้ำตาลทรายให้ได้รสหวานอ่อนๆจะได้ข้าวยาคูเป็นอาหารธัญพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะวิตามินต่างๆ ได้แก่ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตามินอี นอกจากนี้ยังมีปริมาณแคลเซียมในปริมาณพอควร มีรสอร่อย และมีกลิ่นหอมของข้าวอ่อนเหมาะอย่างยิ่งสำหรับคนเจ็บ คนชรา ซึ่งคำว่า ยาคู เป็นคำภาษาบาลี แปลว่า ข้าวต้ม

น้ำนมข้าว หมายถึง ข้าวอ่อนที่ได้จากข้าวระยะตั้งท้อง ชาวนาเก็บเกี่ยวข้าวในระยะนี้มาส่วนหนึ่งนำมาคั้นเอาน้ำ ซึ่งจะได้น้ำที่มีสีเขียวอ่อนมีกลิ่นหอม หวานมัน โดยธรรมชาติมีรสมันเป็นรสโดดเด่น เราจะเอามาเปียกหรือบางคนก็นำมาปรุงแต่งรส ซึ่งคนไทยเรียกว่า ข้าวยาคู

2.2.1.4 ประโยชน์ของน้ำนมข้าวยาคู

ประโยชน์ของน้ำนมข้าวยาคูมีมากมาย สามารถใช้ดื่มแทนน้ำนมได้เป็นอย่างดี โดยน้ำนมข้าวจะประกอบไปด้วยวิตามินมากมายหลายชนิดและอุดมไปด้วยไฟเบอร์ ทำให้ผู้ที่ดื่มเป็นประจำนอกจากได้คุณค่าทางโภชนาการแล้วยังขับถ่ายได้สะดวก เหมาะสำหรับผู้สูงอายุและบุคคลทั่วไปโดยเฉพาะผู้ที่เป็นเบาหวาน ข้าวยาคูหรือน้ำนมข้าวยังนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลายชนิดไม่ว่าจะเป็นคุกกี้ ขนมปังหรือแม้แต่ซาลาเปาไส้น้ำนมข้าวที่หอม มัน รสหวานอ่อนแทนซาลาเปาไส้ครีมที่มีไขมันมากมายได้ โดยไม่ต้องกลัวอ้วนและโรคอันเกิดจากโรคอ้วน 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

2.2.2 นมผง

โดยปกตินำ้นมจะมีส่วนที่เป็นของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน อยู่ประมาณ 9-10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อทำเป็นโยเกิร์ตแล้วมีลักษณะค่อนข้างเละ และอาจเกิดรอยแยกตัว (whey) คือ ส่วนที่นำ้แยกตัวออกจากส่วนที่เป็นเคิร์ด ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ดีของโยเกิร์ต อาจแก้ไขปัญหาโดย การเติมนมผงพร่องมันเนย ประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ (รวมนำ้ตาล) เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของ SNF (นภาศรี ไวศยะนันท์, 2536 : 145)

2.2.3 นำ้ตาล

นำ้ตาล หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน เป็นสารประกอบอินทรีย์ มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน รวมอยู่ในโมเลกุล ซึ่งมีสูตรโครงสร้างทั่วไป $(CH_2O)_n$ คาร์โบไฮเดรต แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

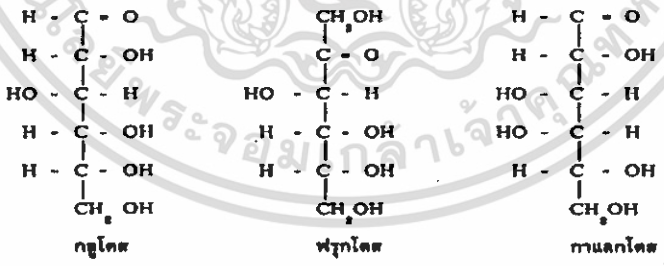
ก. นำ้ตาลชั้นเดียว คือคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กที่สุด สามารถถูกดูดซึมได้ในระบบทางเดินอาหาร นำ้ตาลชั้นเดียวที่สำคัญมี 3 ชนิดคือ กลูโคส ฟรุกโตส กาแลกโตส

กลูโคส (glucose or dextrose) เป็นนำ้ตาลชั้นเดียวที่พบในผักและผลไม้ ที่มีรสหวาน

ฟรุกโตส (fructose or levulose) พบในผลไม้ที่มีรสหวานและนำ้ผึ้ง

กาแลกโตส (galactose) จะเกิดจากการสลายตัวของแลกโตส ซึ่งเป็นนำ้ตาลในนำ้นม

สูตรโครงสร้างของกลูโคส ฟรุกโตส และกาแลกโตส มีดังนี้



ข. นำ้ตาลสองชั้น คือนำ้ตาลซึ่งเกิดจากนำ้ตาลชั้นเดียว สองโมเลกุล ได้แก่ มอลโตส ซูโครส และแลกโตส นำ้ตาลสองชั้นจำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์ เพื่อย่อยสลายให้เป็นนำ้ตาลชั้นเดียวจึงดูดซึมได้ นำ้ตาลจากอ้อยและบีชมีซูโครสมากกว่าร้อยละ 99 นำ้ตาลสองชั้นแบ่งได้ดังนี้

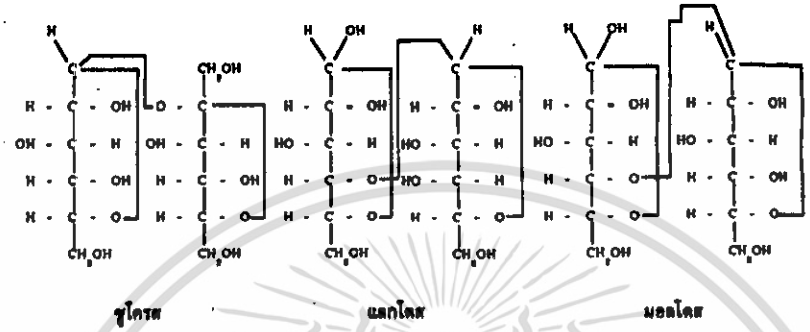
ซูโครส (sucrose) พบในนำ้ตาลทราย นำ้เชื่อมเมเปิล สับปะรด ผักและผลไม้ นำ้ตาลซูโครส เมื่อสลายตัวจะได้กลูโคสและฟรุกโตส

แลกโตส (lactose) เป็นนำ้ตาลที่พบในนมเมื่อสลายตัวจะได้กลูโคส และกาแลกโตส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอลโตส (maltose) เป็นน้ำตาลที่พบในเมล็ดธัญพืชที่กำลังงอก และการย่อยสลายแป้ง น้ำตาล มอลโตสเมื่อสลายตัวได้ กลูโคส 2 โมเลกุล

สูตรโครงสร้างของซูโครส แลกโตส มอลโตส มีดังนี้



ซูโครส แลกโตส มอลโตส

ค. น้ำตาลหลายชั้น เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วย น้ำตาลชั้นเดียว จำนวนมากรวมกัน ทำให้คุณภาพไม่เหมือนน้ำตาลคือไม่มีรสหวาน น้ำตาลหลาย ชั้น ได้แก่ ไกลโคเจนในสัตว์ เซลลูโลสและแป้งในพืช

ง. ชนิดของน้ำตาล น้ำตาลที่ใช้ประกอบอาหารในชีวิตประจำวันสามารถ จำแนกได้หลายพวกตามลักษณะดังนี้

น้ำตาลทราย เป็นน้ำตาลที่ได้จากอ้อย หรือหัวบีช สำหรับเมืองร้อน เช่น ประเทศ ไทยน้ำตาลทรายได้จากอ้อย กรรมวิธีการทำน้ำตาลทราย มี 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่หนึ่ง บีบอ้อยเพื่อได้ น้ำอ้อย ขั้นที่สอง สกัดให้น้ำอ้อยที่ได้บริสุทธิ์ด้วยการต้มกับปูนขาว ขั้นที่สาม ระเหยน้ำอ้อย เพื่อให้ สารละลายเข้มข้น ขั้นที่สี่ตกผลึกน้ำตาล ขั้นที่ห้าแยกผลึกโดยเข้าเครื่องเหวี่ยง จะได้น้ำตาลดิบและ กากน้ำตาลหรือโมลาส น้ำตาลดิบมีสีน้ำตาล มีเกลือแร่ วิตามินเล็กน้อย และมีกลิ่นหอม น้ำตาลดิบ จะต้องนำไปฟอกสี และตกผลึกใหม่ได้เป็นน้ำตาลทรายขาว น้ำตาลทรายขาวที่มีใช้ทั่ว ๆ ไป แบ่ง ได้หลายรูปคือ

น้ำตาลทรายขาวชนิดเม็ด คือ น้ำตาลทรายขาวที่นำไปตกผลึกให้ได้ขนาดตาม ต้องการ น้ำตาลชนิดนี้ประกอบด้วย ซูโครส ประมาณร้อยละ 99.5

น้ำตาลทรายขาวชนิดผง หรือน้ำตาลไอซิ่ง คือน้ำตาลทรายชนิดผงละเอียดมาก มี แป้งข้าวโพดปนอยู่ร้อยละ 3 เพื่อป้องกันความชื้น น้ำตาลชนิดนี้ใช้ทำหน้าขนม ผสมแป้งสำเร็จรูป และใช้ทำแองเจิลเค้ก

น้ำตาลก้อนทำจากน้ำตาลทรายขาว ลักษณะเป็นชิ้นหรือก้อนสี่เหลี่ยมตามต้องการ

73117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลสีรำหรือน้ำตาลทรายแดง คือน้ำตาลดิบที่ยังมิได้สกัดให้ขาว สีอ่อนแก่ของน้ำตาล สีรำขึ้นกับปริมาณกากน้ำตาล

โมลาสหรือกากน้ำตาล มีสีน้ำตาลไหม้และกลิ่นน้ำตาลไหม้ โมลาสจะมีน้ำตาลประมาณร้อยละ 60 โมลาสที่มีสีน้ำตาลแก่จะมีแร่ธาตุ เหล็ก และวิตามินบีต่าง ๆ ปนอยู่นอกจากใช้ทำขนม ยังสามารถใช้ในการหมักแอลกอฮอล์ ผงชูรส ซีอิ้ว น้ำส้มสายชู และอาหารสัตว์

น้ำเชื่อมจากข้าวโพด คือน้ำเชื่อมซึ่งย่อยแป้งข้าวโพดด้วยกรดหรือเอนไซม์เกิดน้ำตาลหลายชนิด ได้แก่ กลูโคส มอลโตส และเดกซตริน น้ำเชื่อมข้าวโพด ใช้ทำขนมหลายชนิด

น้ำเชื่อมจากเมเปิล ได้จากน้ำหวานของต้นเมเปิล ที่เคี่ยวให้ระเหยน้ำหรือความชื้นประมาณร้อยละ 35 ส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส

น้ำผึ้ง ได้จากน้ำหวานของดอกไม้ชนิดต่าง ๆ มีความชื้นร้อยละ 25 ประกอบด้วยน้ำตาล กลูโคสและฟรุกโตส ประมาณร้อยละ 70-80 น้ำผึ้งใช้เป็นส่วนผสมของขนมหลายชนิดและทำให้ขนมเค้กชุ่มชื้น

น้ำตาลที่ไม่ตกผลึก ได้แก่ น้ำตาลโตนดและน้ำตาลมะพร้าว ได้จากน้ำหวานของดอกตาลและดอกมะพร้าวนำมาเคี่ยวให้มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 25

น้ำตาลเทียม ได้แก่ โซเดียมไซคลาเมต ให้ความหวานเป็น 30 เท่าของน้ำตาล ส่วนแซ็กคารินให้ความหวานเป็น 300 เท่าของน้ำตาล น้ำตาลเทียมทั้งสองชนิดไม่ให้พลังงาน จึงใช้สำหรับผู้ป่วยเป็นเบาหวานหรือผู้ควบคุมน้ำหนัก การใช้น้ำตาลเทียมอาจเกิดโทษ มีอาการแพ้ เช่น อาเจียน ท้องเดิน และผิวหนังเป็นผื่นแดง จากการทดลองในสหรัฐอเมริกา พบว่า หนูทดลองที่กินโซเดียมไซคลาเมต จำนวนมากเป็นเวลานานทำให้เป็นมะเร็งในกระเพาะปัสสาวะ

น้ำตาลปี๊บ หรือบางคนเรียกว่าน้ำตาลปึกเป็นน้ำตาลที่ทำจากมะพร้าว หรือจากจั่นของต้นตาล ธรรมชาติของน้ำตาลปี๊บ ทำเสร็จแล้วจะมีสีน้ำตาลอ่อนบางแห่งก็อาจออกเป็นสีน้ำตาลค่อนข้างเข้ม ซึ่งขึ้นอยู่กับสีน้ำตาลและกรรมวิธีในการเคี่ยวและปั่น

จ. หน้าที่ของน้ำตาล

1. ให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์
2. เป็นอาหารของยีสต์ทำให้การหมักเกิดขึ้นได้เร็ว
3. ใช้เตรียมครีมชนิดต่าง ๆ สำหรับแต่งหน้าเค้ก
4. ช่วยในการตีครีมและตีไข่ให้มีความคงตัวและขึ้นฟู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำให้ผิวนอกของผลิตภัณฑ์มีสีสวย

6. เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ กลิ่น และรสของผลิตภัณฑ์

ฉ. การเลือกซื้อน้ำตาล

1. เลือกซื้อชนิดของน้ำตาลให้เหมาะสมกับขนมที่จะทำ

2. น้ำตาลทราย เลือกน้ำตาลที่ปราศจากสิ่งปนปลอม

3. น้ำตาลปึก เลือกที่มีลักษณะแข็ง สีเหลืองอ่อน ไม่มีสารอื่นเจือปน

ช. การเก็บรักษา

น้ำตาลทรายขาว น้ำตาลทรายแดง และน้ำตาลมะพร้าว เป็นตัวดูดความชื้น จึงควรเอาออกจากถุงและนำไปใส่ในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท หรือกล่องโลหะที่บุด้วยพลาสติกหรือขวดปากกว้างที่มีฝาปิดสนิท มิฉะนั้นน้ำตาลจะชื้นและแฉะ ซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์บางพวกเจริญเติบโต ได้ดี น้ำตาลจะเปรี้ยว ส่วนน้ำตาลไอซิ่งหรือน้ำตาลทรายป่น ควรใส่กล่องปิดผนึกไว้ในที่แห้ง เพื่อป้องกันมิให้น้ำตาลจับตัวเป็นก้อน

2.2.4 กล้าเชื้อผลิตภัณฑ์นม

2.2.4.1 คุณสมบัติทั่วๆ ไป

แบคทีเรียแลคติกที่ใช้ผลิตกล้าสำหรับผลิตภัณฑ์นมหมักนั้น นอกจากจะเฟอร์เมนต์น้ำตาลกลูโคสได้แล้ว จะต้องสามารถเฟอร์เมนต์แลคโตสซึ่งเป็นน้ำตาลในนมได้ด้วย โดยแบคทีเรียแลคติกจะสามารถนำน้ำตาลแลคโตสเข้าสู่เซลได้สามวิธี และมีกระบวนการเมแทโบไลซ์ให้เกิดเป็นกรดแลคติกแตกต่างกัน นอกจากกรดแล้ว กล้าสำหรับผลิตภัณฑ์นมหมักยังต้องมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์สารระเหย ที่ให้กลิ่นเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์แต่ละอย่าง เช่น ไดอแซทิลและอเซตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) ซึ่งเกิดจากการเมแทโบไลซ์ซิเตรท หรือกรดอะมิโน เช่น ทรีโอนีน การจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการนั้น หลายๆ ผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องใช้กิจกรรมร่วมของเชื้อมากกว่าหนึ่งชนิด ซึ่งกล้าที่ใช้อาจอยู่ในรูปเชื้อผสมหรือผลิตเป็นกล้าเชื้อเดียวแต่ละชนิด แล้วนำมาใช้ร่วมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม

แบคทีเรียแลคติกที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมัก มีทั้งกลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 40-45°ซ. ซึ่งเรียกว่า thermophilic starter และกลุ่มที่เจริญได้ดีเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ คือระหว่าง 25-30°ซ. (mesophilic starter) และมีเชื้อที่นำมาผลิตกล้าเพียงสามสกุลเท่านั้น ได้แก่ *Streptococcus* (*Lactococcus*) *Leuconostoc* และ *Lactobacillus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.2 สเตรปโตคอตคัส

สเตรปโตคอตคัสแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มไพโอเจน (pyogen) กลุ่มวิริแดน (viridian) กลุ่มเอนเทอโรคอคคัส (enterococcus) และกลุ่มแลคติก (lactic) เฉพาะกลุ่มแลคติกเท่านั้นที่ใช้เป็นกล้าในการผลิตอาหารหมัก 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 ยังสามารถเมแทบอไลซ์ซิเตรทเป็นไดอแซทิล จึงมักใช้ผสมในกล้าเชื้อผสมเพื่อสร้างสารดังกล่าวอันเป็นกลิ่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์หลาย นอกจาก *Streptococcus lactis* ทั้งสาม subspecies นี้แล้ว *S. thermophilus* ซึ่งเป็น thermo-phile เป็นสเตรปโตคอคคัสอีก species หนึ่งที่ใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับผลิตภัณฑ์นมหมักหลายชนิดด้วยกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมหมักและกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่ใช้

ผลิตภัณฑ์	กล้าเชื้อ
เนยแข็ง (cheese)	
เช็คดาร์ชีส	*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

2.2.4.3 ลูโคนอสตอค

แบคทีเรียในสกุล *Lenconostoc* ส่วนใหญ่เจริญในน้ำนมได้ช้ามาก จึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นกล้าเพื่อการผลิตกรด แต่จากคุณสมบัติที่สามารถเมแทโบไลซ์ซิเตรทเป็นสารไดอแซธิล และอแซโตอิน จึงได้มีการใช้ *Leuconostoc* spp. เช่น *L. cremoris* (citrovorum) เพื่อผลิตสารที่ให้กลิ่นหอมโดยใช้ร่วมกับเชื้อที่ผลิตกรดได้ดี 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)

2.2.4.4 แลคโตแบซิลลัส (*Lactobacillus*)

แลคโตแบซิลลัสเป็นแบคทีเรียแลคติกที่มีทั้งกลุ่มที่เป็น homofermentative 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 กล้าโยเกิร์ตซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียทั้งสองนี้จะผลิตกรดได้เร็วกว่าเมื่อใช้เชื้อใดเชื้อหนึ่งเพียงเชื้อเดียว ทั้งนี้เนื่องจาก *L. bulgaricus* สร้างเอนไซม์โปรตีเอส เมื่อเจริญในน้ำนมจึงย่อยสลายโปรตีนให้ได้กรดอมิโนโดยเฉพาะฮีสธิดีน ซึ่งจะกระตุ้นการเจริญของ *S. thermophilus* ในทำนองเดียวกัน *S. thermophilus* ผลิตกรดฟอร์มิกซึ่งส่งเสริมการเจริญของ *L. bulgaricus* เช่นกัน นอกจากนั้น *L. bulgaricus* ยังมีบทบาทในการผลิตอแซธิลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารสำคัญที่เป็นกลิ่นเฉพาะของโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.5. การสร้างกรดแลคติก (Production of lactic acid)

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

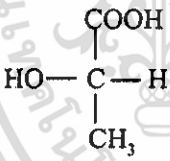
$$\underset{\text{Lactose}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{Water}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{Lactic acid}}{4\,C_3H_6O_3}$$

กรดแลคติกที่ได้มีความสำคัญต่อโยเกิร์ตคือ

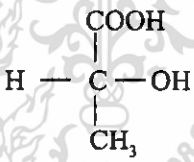
1. ย่อยสลาย casein micelles และตกตะกอนเคซีอีนที่ พีเอช 4.6-4.7 รวมทั้งทำให้เกิดเจล ของโยเกิร์ต

2. กรดแลคติกจะให้รสชาติที่เฉพาะคือ รสเปรี้ยวและแหลม (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 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าหัวเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพวก *Streptococcus thermophilus* หรืออุณหภูมิการหมักเกิดขึ้นที่ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส (ซึ่งเป็นอุณหภูมิการหมักที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Streptococcus thermophilus* หรือโยเกิร์ตจะถูกทำให้เย็นขณะที่ความเป็นกรดประมาณ 0.8เปอร์เซ็นต์หรือน้อยกว่า)

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

2.2.4.6. การเกิดสารให้กลิ่นรส (Production of flavor compounds)

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

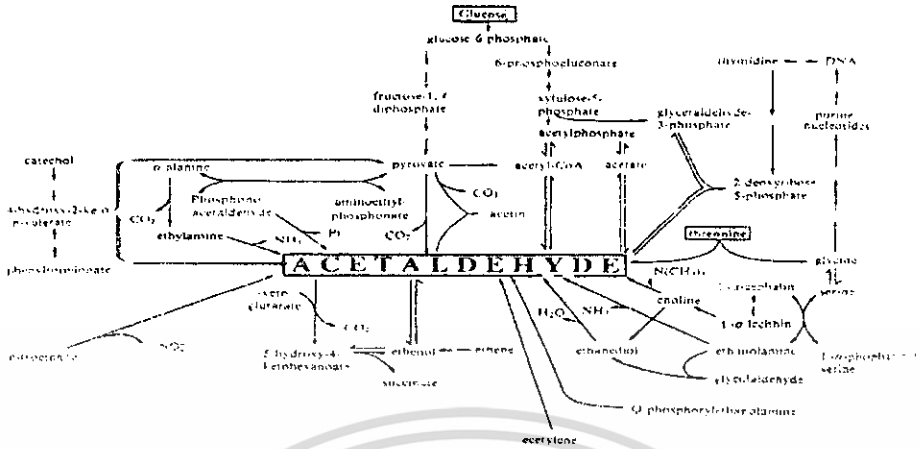
อย่างไรก็ตาม โยเกิร์ตที่มีกลิ่นรสที่ดีต้องมีปริมาณ acetaldehyde และ diacetyl รวมอยู่ด้วยซึ่งพบว่า โยเกิร์ตที่มี acetaldehyde เพียง 7 พีพีเอ็ม ไม่เพียงพอต่อการให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตที่ต้องการและระดับของ diacetyl ในนมหมักจะสูงขึ้นได้เมื่อมีเชื้อ *Streptococcus lactis* var. diacety-lactis ผสมอยู่ในหัวเชื้อ 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)

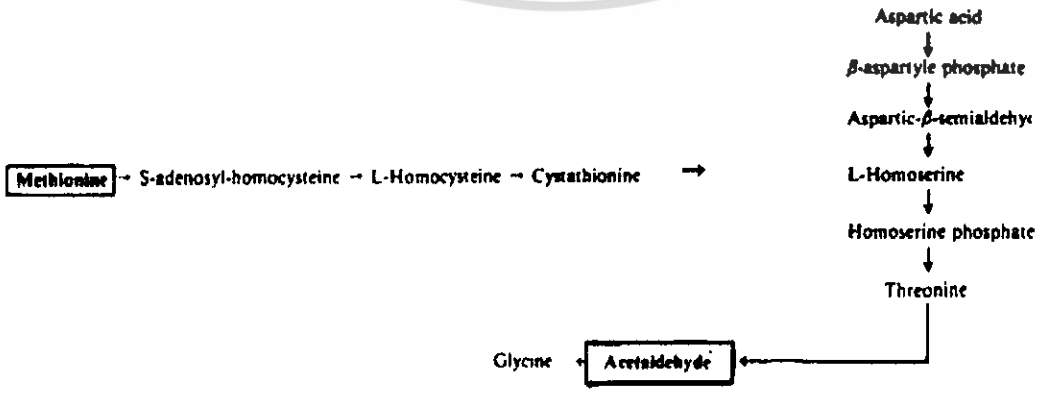
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 แผนภูมิของปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องในการสร้างสาร Acetaldehyde

ที่มา : Tamime และ Robinson (1985)

หัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* จะสร้างสารให้กลิ่นรสในระหว่างการหมัก และระดับของสารต่าง ๆ ที่ได้ จะขึ้นกับเอนไซม์ที่ใช้สังเคราะห์สารประกอบคาร์บอลนิลจากองค์ประกอบที่มีอยู่ในนม ซึ่งองค์ประกอบของนมที่สำคัญในการสร้าง acetaldehyde 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 เกิดจากเอนไซม์ทรีโอนีน อัลโดเลส (threonine aldolase) ซึ่งจะเกิดในlactobacilli มากกว่า streptococci และการเปลี่ยนแปลงของ methionine ไปเป็น acetaldehyde จะแสดงในภาพที่ 2 และจะเกิดขึ้นในเชื้อ *Streptococcus thermophilus* เท่านั้น



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 กระบวนการหมัก

การหมักเป็นกระบวนการแปรรูปโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปรับสภาวะของอาหารให้เหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการ แต่ไม่เหมาะสมกับการเจริญและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ชนิดที่เป็นอันตรายและชนิดที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียและยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสหรือลักษณะที่ต้องการ (http://swu.ac.th/ royal/book5/b5c4t6.html) ในการหมักนั้นจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องในกระบวนการหมัก ส่วนมากจะเป็นแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียที่สำคัญในการหมักคือแบคทีเรียกรดแลคติก

2.2.5.1 แบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria -LAB)

แบคทีเรียแลคติก (เขียนย่อว่า LAB) เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเป็นสารเมตา-บอไลท์ทปฐมภูมิ พบในอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะในนม ผัก และผลไม้ รูปร่างและนิสัยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มนี้ ส่วนมากแบคทีเรียนี้เป็นแบคทีเรียที่เจริญในสภาวะที่ไม่มีอากาศ แต่ในสภาวะที่มีอากาศก็ไม่ตาย แบคทีเรียแลคติกขาดสารไซโตโครม (cytochromes) และฟอร์ไฟลิน (porphyrins) จึงไม่ให้เอนไซม์คะทะเลสและออกซิเดส แบคทีเรียในกลุ่มนี้บางชนิดได้ออกซิเจนโดยผ่านเอนไซม์ฟลาโวโปรตีนออกซิเดส (flavoprotein oxidases) และใช้ออกซิเจนนี้สร้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และ/หรือใช้เพื่อรีออกซิไดซ์ NADH ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการดีไฮโดรจิเนชันของน้ำตาล

2.2.5.2 การหมักกรดแลคติก

แบคทีเรียแลคติกสร้างพลังงานจากการหมักคาร์โบไฮเดรต เกิดกรดแลคติกจากปฏิกิริยา 2 วิถีทาง คือ วิถีทางที่ได้แลคติกเพียงอย่างเดียว เรียกว่า โฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (homofermentative) และวิถีทางที่ได้แลคเตทร่วมกับสารอื่นในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เรียกว่า เฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (heterofermentative) ดังในภาพที่ 2

แบบที่ 1 การหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ เป็นการหมักที่ได้แลคเตทอย่างเดียวเป็นผลผลิตสำคัญ ผ่านกระบวนการไกลโคไลซีส (Emden-Meyerhof-Parnas glycolytic pathway) หรือ EMP Pathway เริ่มจากกลูโคสที่มีคาร์บอน 6 อะตอม (C-6) ถูกเติมฟอสฟอรัสและเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างขึ้นก่อนที่เอนไซม์อัลโดเลส (aldolase) จะเข้าทำปฏิกิริยาเป็นผลให้โมเลกุลกูลโคสแตกออกเป็นกลีเซอรัลดีไฮด์-3-ฟอสเฟต (ซึ่งมีคาร์บอน 3 อะตอม) 2โมเลกุล จากนั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไพรูเวทโดยเกิด ATP ขึ้น 2 โมเลกุลจากการหมักกลูโคส 1 โมเลกุล (เนื่องจากมีการเติมฟอสฟอรัสให้กับซับสเตรต 2 แห่ง) ในชั้นสุดท้ายเป็นการรีดิวซ์ไพรูเวทเป็นแลคเตท ในขั้นตอนนี้ต้องใช้ NADH ได้ NAD^+ กลับคืนมาจากที่ถูกใช้ไปในการออกซิเดชันกลีเซอรัลดีไฮด์ -3- ฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การใช้แบคทีเรียในอาหารหมัก

จุลินทรีย์	ชนิดของการหมัก
Carnobacterium piscicola	Heterofermentor
Enterococcus	Homofermentor
Lactobacilluss	
Group 1---Themobacterium	Homofermentor
L. acidophilus	
L. delbrueckii subspecies bulgaricus	
Group 2----Steptobacterium	Heterofermentor
L. Plantarum	
Group 3----Betabacterium	Heterofermentor
L. fermentum	
Lactococcus lactic	
Subspecies lactics	Heterofermentor
Subspecies cremoris	Heterofermentor
Subspecies diacetylactis	Heterofermentor
Leuconostoc cremoris	Heterofermentor
Pediococcus acidilactici	Homofermentor
Propionibacterium shermanii	Homofermentor
Streptococcus thermophilus	Heterofermentor
Vagococcus	Homofermentor

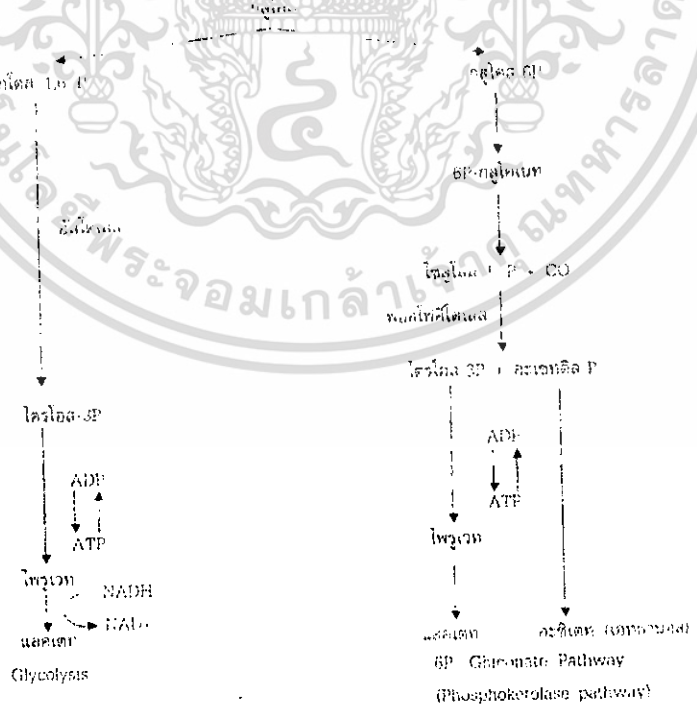
ที่มา : Peter (2300 : 294)

แบบที่ 2 การหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ เป็นการหมักที่ได้ แลคเตท เอธานอลหรืออะซิเตทและคาร์บอนไดออกไซด์จากกลูโคส เนื่องจากแบคทีเรียขาดเอนไซม์อัลโดเลส จึงเปลี่ยนรูปจากกลูโคสที่มีคาร์บอน 6 อะตอมไปเป็นเพนโตส (ไรโบส) ซึ่งมีคาร์บอน 5 อะตอมโดยการจัดโครงสร้างภายในโมเลกุลที่มีการออกซิเดชัน และดีคาร์บอกซิเลชันร่วมด้วย น้ำตาลที่มี 5 อะตอมนี้จะถูกทำให้แตกออกเป็นกลีเซอรัลดีไฮด์ฟอสเฟต (ซึ่งเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่มีคาร์บอน 3 อะตอม) และอะเซทติลฟอสเฟตโดยเอนไซม์ฟอสโฟคีโตเลส (phosphoketolase) กลีเซอรัลดีไฮด์ฟอสเฟตจะเปลี่ยนไปเป็นแลคเตทเช่นเดียวกับการเกิดไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดไลซีสในการหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ(แต่เนื่องจากการหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟมีกลีเซอรัลดีไฮด์ฟอสเฟตเพียง 1 โมเลกุลจึงเกิด ATP เพียง 1 โมเลกุล) ส่วนอนาคตของอะเซทติลฟอสเฟตนั้น ขึ้นอยู่กับว่าจะมีสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนอยู่ด้วยหรือไม่ในสภาวะที่ขาดตัวรับอิเล็กตรอน อะเซทติลฟอสเฟตจะทำหน้าที่นี้เสียเอง ทำให้ถูกรีดิวซ์เป็นเอธานอล และได้ NAD^+ ขึ้นมา 2 โมเลกุลจากเอนไซม์ NADH แต่ในสภาวะที่มีออกซิเจน NAD^+ สามารถสร้างขึ้นใหม่จากเอนไซม์ NADH oxidases หรือ peroxidases ปล่อยให้อะเซทติลฟอสเฟตมีมากพอสำหรับการเปลี่ยนไปเป็นอะซิเตท จึงเท่ากับเป็นการเติมฟอสเฟตให้กับซับสเตรตอีกทางหนึ่ง เป็นผลให้ได้ ATP เพิ่มขึ้นมา 1 โมเลกุลเป็น 2 โมเลกุลจากกลูโคส 1 โมเลกุล เช่นเดียวกับการหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ ในกรณีที่มีการเพิ่มขึ้นของ ATP สะท้อนให้เห็นได้จากอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว ผลเช่นเดียวกันนี้สามารถเกิดขึ้นกับตัวรับออกซิเจนอื่น ๆ ด้วย เช่น ฟรุกโตส ซึ่งจะถูกรีดิวซ์ไปเป็นแมนนิตอล

การระบุว่าเกิดการหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟหรือไม่ อาศัยการชี้บ่งด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น เมื่อไม่นานมานี้แบคทีเรียแลคโตบาซิลไลชนิดที่ทำให้เกิดการหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟบางชนิดที่ทนกรดถูกนำมาจัดรวมไว้ในจีนีสใหม่ คือ Carnobacterium และน่าจะมีความสำคัญในอนาคตต่อไป



<u>ภาพที่ 3</u> วิถีการผลิตกรดแลคติกของเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก

ที่มา : บวรศักดิ์ ลีลานนท์ (2548 : 284)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.3 กิจกรรมของแบคทีเรียแลคติกในอาหารที่น่าสนใจ

1. สมบัติยับยั้งจุลินทรีย์ของแบคทีเรียแลคติก (LAB) ผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดที่ได้จากการหมักกรดแลคติก เช่น นมเปรี้ยว ผัก-ผลไม้ดอง ผลิตภัณฑ์เนื้อ และอาหารทะเลหมัก สามารถเก็บไว้ได้นานและปลอดภัยเมื่อนำไปบริโภค ทั้งนี้เป็นเพราะ LAB มีสมบัติยับยั้งจุลินทรีย์ ดังนี้

(ก) การลดลงของ pH และการเกิดกรดอินทรีย์

การเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติก จะให้กรดอินทรีย์ คือ กรดแลคติกและกรดอะซิติก เป็นสารเมตาบอไลท์ทุติยภูมิ ทำให้ pH ของซับสเตรตต่ำลง ความเป็นกรดสูงและ pH ต่ำ จึงมีผลยับยั้งจุลินทรีย์

(ข) การเกิดแบคทีริโอซินส์

แบคทีริโอซินส์เป็นสารประเภทแบบไทด์ หรือโปรตีนสามารถฆ่าแบคทีเรียซึ่งมีลักษณะนิสัยคล้ายกับแบคทีเรียที่ให้กรดแลคติกได้ เนื่องจากแบคทีริโอซินส์เป็นสารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จึงมีความปลอดภัยมากกว่าสารเคมีสังเคราะห์ที่นำมาใช้เป็นยาปฏิชีวนะ เพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตาม แบคทีริโอซินส์ที่ยอมรับและอนุญาตให้นำมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้

(ค) การเกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

เป็นที่ทราบกันทั่วไปแล้วว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ใช้สัญลักษณ์ว่า H_2O_2) เป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ แบคทีเรียกรดแลคติกสามารถสร้าง H_2O_2 สารนี้ทำหน้าที่เป็นตัวรับออกซิเจน เนื่องจากแบคทีเรียแลคติดมีเอนไซม์ฟลาโวโปรตีนออซิเดส แต่ขาดเอนไซม์คะทะเลสแบคทีเรียแลคติกจะสร้าง H_2O_2 ในสภาวะที่มีออกซิเจนเท่านั้น เหตุที่แบคทีเรียแลคติกสามารถสร้าง H_2O_2 แบคทีเรียแลคติกจึงทนสารนี้ได้มากกว่าแบคทีเรียอื่น ๆ จากการสังเกตพบว่าในอาหารหมักบางชนิด เกิด H_2O_2 สะสม แม้ว่าปริมาณที่เกิดขึ้นจะไม่มากนักก็ตาม เนื่องจากการหมักกรดแลคติกเกิดขึ้นในสภาวะไร้อากาศซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เอื้อต่อการเกิด H_2O_2 ปริมาณ H_2O_2 ที่เกิดขึ้นในการหมักกรดแลคติก ขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในซับสเตรตในตอนเริ่มต้นของการหมักเท่านั้น แต่ข้อจำกัดนี้กลับเป็นผลดี เพราะหลังจากการหมักดำเนินไปแล้ว จะไม่เกิด H_2O_2 ขึ้นมาอีก การเกิด H_2O_2 มากเกินไปอาจจะไปยับยั้งแบคทีเรียแลคติกที่เป็นตัวการหมักได้

(ง) การเกิดเอธานอล

การหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟในสภาวะที่ไม่มีอากาศทำให้เกิดเอธานอลขึ้น เอธานอลเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง ทำให้แบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แลคติกได้เปรียบในการแข่งขันเหนือแบคทีเรียอื่น ๆ ในการเจริญเติบโต แม้ว่าเอธานอลที่เกิดขึ้นไม่มากนักก็ตาม นอกจากนี้แบคทีเรียแลคติกยังมีประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อีก แต่มีความสำคัญน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดแลคติกที่แบคทีเรียผลิต (อาจถึง 100 มิลลิโมลาร์) จนมีผลทำให้ pH ของซับสเตรตลดลงมาอยู่ระหว่าง 3.5-4.5 แลคติกเป็นกรดที่มีราคาแพงและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมผลิตอาหารและยา

2. ประโยชน์ของแบคทีเรียแลคติกในด้านการส่งเสริมสุขภาพ

อาหารหมักได้ชื่อมานานแล้วว่ามีบางสิ่งบางอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพมนุษย์ ในขณะที่อาหารปกติไม่มี เมท์ชนิคอฟ (Metchnikoff) ชาวรัสเซีย เจ้าของทฤษฎีว่าด้วยภูมิคุ้มกันที่เกิดจากทำลายเซลล์ จากการกินแบบที่เรียกว่า (phagocytic immunity) เช่นกินแบคทีเรียของเม็ดเลือดขาว แนะนำให้บริโภคอาหารหมักถือได้ว่าเขาเป็นผู้ใช้วิธีธรรมชาติในการบำบัดความไม่สมดุลของร่างกาย เขาเชื่อว่าในลำไส้มนุษย์อาจเกิดความไม่สมดุลขึ้นได้ สืบเนื่องจากแบคทีเรียเจริญและสร้างสารพิษออกมาทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้นในลำไส้ เป็นผลให้มนุษย์มีอายุสั้น ทางแก้ปรากฏในหนังสือที่เขาเขียนขึ้นมีชื่อว่า The prolongation of life ในหนังสือเล่มนี้ได้กล่าวถึงการบริโภคอาหารที่เป็นกรด โดยเฉพาะโยเกิร์ตในปริมาณที่เพียงพอ ซึ่งจะช่วยให้มนุษย์มีชีวิตที่ยืนยาวได้ ทั้งนี้เพราะเขาเชื่อว่ากิจกรรมการยับยั้งจุลินทรีย์ของแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตจะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในลำไส้ในลักษณะเดียวกันกับที่ยับยั้งการเน่าเสียของอาหาร และเป็นเหตุผลที่นำมาอธิบายถึงการมีอายุยืนของชาวนาบัลแกเรียที่บริโภคโยเกิร์ตเป็นประจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือ

1. หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)
2. เครื่องตรวจวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH- meter)
3. เครื่องวัดความหวาน (Hand refractometer)
4. Water Bath
5. เครื่องชั่งละเอียด
6. เครื่องบด
7. ตู้แช่เย็น
8. ฮอทเพลท (hot plate)

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ (beaker)
2. บิวเรต (burette)
3. ปิเปต (pipette)
4. ขวดรูปชมพู่ (flask)
5. กระบอกตวง (cylinder)
6. กระดาษทิชชู
7. อลูมิเนียมฟอยด์
8. อุปกรณ์เครื่องครัว

วัตถุดิบ

1. นมผง
2. ข้าวน้ำนม
3. น้ำอุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>เชื้อแบคทีเรีย</u>

1. *Lactobacillus bulgaricus*

2. *Lactobacillus casei*

<u>สารเคมี</u>

1. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน

2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

3. น้ำกลั่น

3.2 วิธีการ

3.2.1 การเตรียมน้ำนมข้าว

นำข้าวน้ำนมมาบดให้ละเอียด ชั่งข้าวน้ำนมที่บดแล้ว 200 กรัม ผสมกับน้ำอุ่น 1,000 มิลลิลิตร นำขึ้นตั้งไฟจนข้าวน้ำนมสุกแล้วนำมากรองผ่านกระชอน จะได้น้ำนมข้าว (ดังในภาพที่ 4)

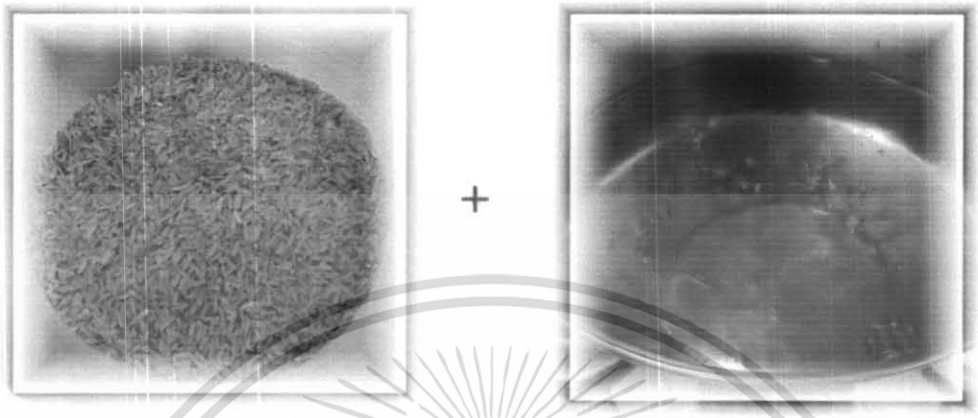
3.2.2 การเตรียมกล้าเชื้อสำหรับหมักนมหมัก

นำกล้าเชื้อจากหลอดสต๊อกมาสตรีด บนอาหารแข็ง สูตร MRS และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นใช้ลูปเขี่ยโคโลนีจากอาหารแข็ง MRS มาละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จะได้กล้าเชื้อที่พร้อมใช้หมักนมหมัก

3.2.3 การหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม

ชั่งข้าวน้ำนม 210 กรัม ผสมกับนมผง (มิชชั่น) 120 กรัม และน้ำอุ่น 670 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำขึ้นตั้งไฟคนจนส่วนผสมละลายเข้ากันดี แล้วเทลงในขวดรูปชมพู่ ปิดจุกด้วยสำลี ห่ออีกครั้งด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ นำไปฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนในส่วนผสมของข้าวน้ำนมที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำมาทำให้เย็นจนอุณหภูมิประมาณ 30 ถึง 40 องศาเซลเซียส แล้วเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียจำนวน 1 มิลลิลิตร โดยแบ่งออกเป็น 3 ทรีทเมนต์ คือ ทรีทเมนต์ที่ 1เติมกล้าเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus bulgaricus* แต่ไม่ผสมข้าวน้ำนม ทรีทเมนต์ที่ 2 เติมกล้าเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus casei* ทรีทเมนต์ที่ 3 เติมกล้าเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus bulgaricus* เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปบ่มใน Water bath ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 58 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วก็นำออกมาจาก Water bath แล้วทำการปั่นผสมกับน้ำเชื่อม 20 องศาบริกซ์ จะได้นมหมักจากข้าวน้ำนม จากนั้นนำไปเก็บในตู้เย็น (ภาพที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข้าวน้ำนม 200 กรัม ผสม กับน้ำอุ่น 1,000 มิลลิลิตร ต้มจนสุก หลังจากนั้นนำไปกรอง

น้ำนมข้าวที่ได้

ภาพที่ 4 การเตรียมน้ำนมข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนม

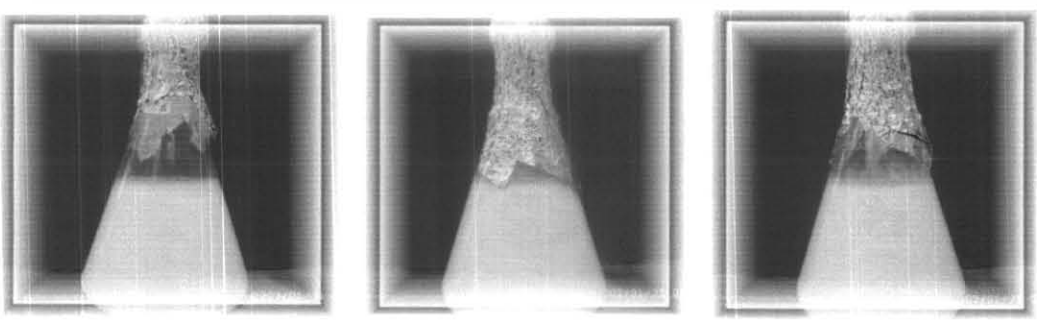
เตรียมส่วนผสม ทั้ง 3 ทรีทเมนต์

ทรีทเมนต์ที่ 1 (T1)
นมผง 120 กรัม
น้ำอุ่น 880 มล.
(ชุดควบคุม)

ทรีทเมนต์ที่ 2 (T2)
นมผง 120 กรัม
น้ำอุ่น 670 มล.
น้ำนมข้าว 210 กรัม

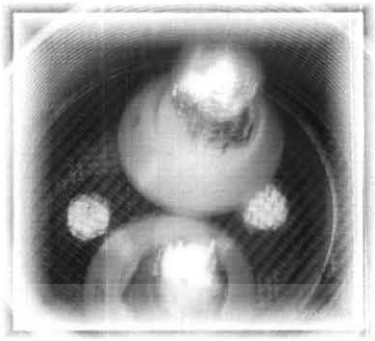
ทรีทเมนต์ที่ 3 (T3)
นมผง 120 กรัม
น้ำอุ่น 670 มล.
น้ำนมข้าว 210 กรัม

นำน้ำนมข้าว ผสมกับนมผง และ น้ำอุ่น ตามสูตรของแต่ละทรีทเมนต์
ตั้งไฟคนให้ส่วนผสมละลายเข้ากันดี แล้วเทลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 1,000 มล.
แบ่งออกเป็น 3 ทรีทเมนต์



T 1 T 2 T 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที
และทำให้เย็นจนอุณหภูมิประมาณ 30 -40 องศาเซลเซียส

เติมกล้าเชื้อแบคทีเรีย

T 1 = *L. bulgaricus* 1 มล.

T 2 = *L. casei* 1 มล.

T 3 = *L. bulgaricus* 1 มล.

นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 54 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำตัวอย่างในแต่ละชั่วโมงการหมัก มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก

นำนมหมักที่ครบเวลาที่กำหนดมาปั่นผสมกับน้ำเชื่อม หลังจากนั้นจึงนำนมหมักจากข้าว
น้ำนมมาทดสอบทางประสาทสัมผัส

ภาพที่ 5 ขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การวิเคราะห์นมหมักจากข้าวน้ำนม ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่

3.2.3.1 ค่าพีเอช วัดโดยใช้เครื่องตรวจวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH–meter)

3.2.3.2 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ วัดโดยใช้ (Hand refractometer)

3.2.3.3 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก โดยวิธีการไตเตรทกับสารสะลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่มีฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

3.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตนมหมักจากน้ำนมข้าว ในระยะอายุการหมักที่เหมาะสม แล้วทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน โดยใช้แบบสอบถามแบบ Hedonic scale และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (analysis of variance: ANOVA) แล้วคำนวณความแตกต่างโดยค่า Lest Significant Difference (LSD)

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการ ค.140 ค.141 และ ค.150 ของภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การศึกษาการผลิตนมหมักโดยใช้ข้าวน้ำนม ศึกษากล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่เหมาะสมในการหมักและระยะเวลาที่เหมาะสม โดยในการทดลองได้มีการตรวจสอบกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลคติกต่อการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม โดยวัดค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ผลการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การศึกษาวัตถุดิบที่เหมาะสมในการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม

การศึกษาวัตถุดิบที่เหมาะสมในการหมักนมหมักนี้ จะแบ่งออกเป็น 2 ทรีทเมนต์ ดังนี้ ทรีทเมนต์ที่ 1 จะใช้นมผง 12 เปอร์เซ็นต์ ข้าวน้ำนม 10 เปอร์เซ็นต์ น้ำเปล่า 78 เปอร์เซ็นต์ และใส่กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Lactobacillus bulgaricus* 1 มิลลิลิตร เป็นตัวอย่างควบคุม (control) ทรีทเมนต์ที่ 2 จะใช้นมผง 4 เปอร์เซ็นต์ นมสด 12 เปอร์เซ็นต์ ข้าวน้ำนม 34 เปอร์เซ็นต์ น้ำเปล่า 50 เปอร์เซ็นต์ และใส่กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Lactobacillus bulgaricus* 1 มิลลิลิตร ในระหว่างการหมักได้มีการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง ดังแสดง ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ในระหว่างการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนมที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง

อายุการหมัก	T1/			T2/		
(ชั่วโมง)	พีเอช	เปอร์เซ็นต์บริกซ์	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก	พีเอช	เปอร์เซ็นต์บริกซ์	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก
0	6.03	23	0.26	6.34	9	0.08
20	5.35	16	0.30	5.50	7.2	0.21
30	5.75	16	0.37	5.15	6	0.27
50	4.55	9	0.46	4.08	6	0.61
54	4.21	9	0.66	4.03	6	0.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4 การหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม พบว่า ทรีทเมนต์ที่ 1 มีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.03 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 23 และ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.26 เมื่ออายุการหมักเพิ่มขึ้นเป็น 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง นมหมักจากข้าวน้ำนมมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.35 5.75 4.55 และ 4.21 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 16 16 9 และ 9 ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.30 0.37 0.46 และ 0.66 ตามลำดับ

ทรีทเมนต์ที่ 2 มีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.34 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 9 และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกได้ 0.08 เมื่ออายุการหมักเพิ่มขึ้นเป็น 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง นมหมักจากข้าวน้ำนมมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.50 5.15 4.08 และ 4.03 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 7.2 6 6 และ 6 ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.21 0.27 0.61 และ 0.62 ตามลำดับ

จากผลการทดลองในการศึกษาวัตถุดิบที่เหมาะสมในการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม โดยใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Lactobacillus bulgaricus* เพียงชนิดเดียว จะเห็นว่าทรีทเมนต์ที่ 1 เติมนมผง 12 เปอร์เซ็นต์ ข้าวน้ำนม 10 เปอร์เซ็นต์ น้ำเปล่า 78 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ที่สูงกว่าทรีทเมนต์ที่ 2 ที่เติมนมผง 4 เปอร์เซ็นต์ นมสด 12 เปอร์เซ็นต์ ข้าวน้ำนม 34 เปอร์เซ็นต์ น้ำเปล่า 50 เปอร์เซ็นต์ แต่การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกนั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน ส่วนลักษณะทางกายภาพของนมหมัก ทรีทเมนต์ที่ 1 มีสีเหลืองครีม เนื้อเนียนละเอียด ข้นหนืด มีกลิ่นเปรี้ยว และกลิ่นหอมนม ส่วนทรีทเมนต์ที่ 2 มีสีเหลืองครีมออกขาว มีความข้นหนืด มีกลิ่นเปรี้ยว ซึ่งลักษณะไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ดังนั้น จึงได้ทำการทดลองหมักนมหมักจากข้าวน้ำนมเพื่อที่จะศึกษากล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก 2 ชนิด คือ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Lactobacillus casei* ในปริมาณข้าวน้ำนมที่เท่ากัน

4.2 การศึกษากล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Lactobacillus bulgaricus* และ *Lactobacillus casei* ในการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม

จากการศึกษากล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Lactobacillus bulgaricus* และ *Lactobacillus casei* ในการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม โดยทรีทเมนต์ที่ 1 ใช้กล้าเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* (ชุดควบคุม) ทรีทเมนต์ที่ 2 ใช้กล้าเชื้อ *Lactobacillus casei* และทรีทเมนต์ที่ 3 ใช้กล้าเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และในระหว่างการหมักได้มีการสุ่มนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 5 6 และ7 จากนั้น เลือกอายุการหมักที่เหมาะสมมาผสมกับน้ำเชื่อมที่มีค่าความหวานเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ เพื่อนำมาใช้ทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งผลการศึกษาทั้งหมดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกในระหว่างการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนมที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง ของทรีทเมนต์ที่ 1 และทรีทเมนต์ที่ 2

อายุการหมัก	T 1 / (ชุดควบคุม)			T 2 /		
(ชั่วโมง)	พีเอช	เปอร์เซ็นต์บริกซ์	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก	พีเอช	เปอร์เซ็นต์บริกซ์	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก
0	6.58	11	0.17	6.60	16	0.19
20	6.27	11	0.27	5.40	10	0.50
30	5.75	11	0.36	4.55	8	0.72
50	4.76	6	0.83	4.01	8	1.18
54	4.46	6	0.90	-	-	

T 1/ (ชุดควบคุม) : ใช้เชื้อ *L. bulgaricus* T 2 / : ใช้เชื้อ *L. casei*

ตารางที่ 6 ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกในระหว่างการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนมที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง ของทรีทเมนต์ที่ 1 และทรีทเมนต์ที่ 3

อายุการหมัก	T 1 / (ชุดควบคุม)			T 3 /		
(ชั่วโมง)	พีเอช	เปอร์เซ็นต์บริกซ์	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก	พีเอช	เปอร์เซ็นต์บริกซ์	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก
0	6.58	11	0.17	6.62	15	0.18
20	6.27	11	0.27	6.26	14	0.39
30	5.75	11	0.36	5.37	8	0.53
50	4.76	6	0.83	4.05	8	1.40
54	4.46	6	0.90	-	-	-

T 1 / (ชุดควบคุม) : ใช้เชื้อ *L. bulgaricus* T 3 / : ใช้เชื้อ *L. bulgaricus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกในระหว่างการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนมที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง ของทรีทเมนต์ที่ 2 และทรีทเมนต์ที่ 3

อายุการหมัก	T 2/			T 3/		
(ชั่วโมง)	พีเอช	เปอร์เซ็นต์บริกซ์	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก	พีเอช	เปอร์เซ็นต์บริกซ์	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก
0	6.60	16	0.19	6.62	15	0.18
20	5.40	10	0.50	6.26	14	0.39
30	4.55	8	0.72	5.37	8	0.53
50	4.01	8	1.18	4.05	8	1.40
54	-	-	-	-	-	-

T 2/ : ใช้เชื้อ *L. casei* T 3/ : ใช้เชื้อ *L. bulgaricus*

4.2.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

เมื่อนมเกิดกระบวนการหมักแล้ว จากนั้นจะเริ่มศึกษาการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของนมหมักจากข้าวน้ำนมโดยจะใช้นมหมักที่อายุการหมักที่ 50-54 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของนมหมักจากข้าวน้ำนมที่อายุการหมักในชั่วโมงที่ 50 – 54 ชั่วโมง

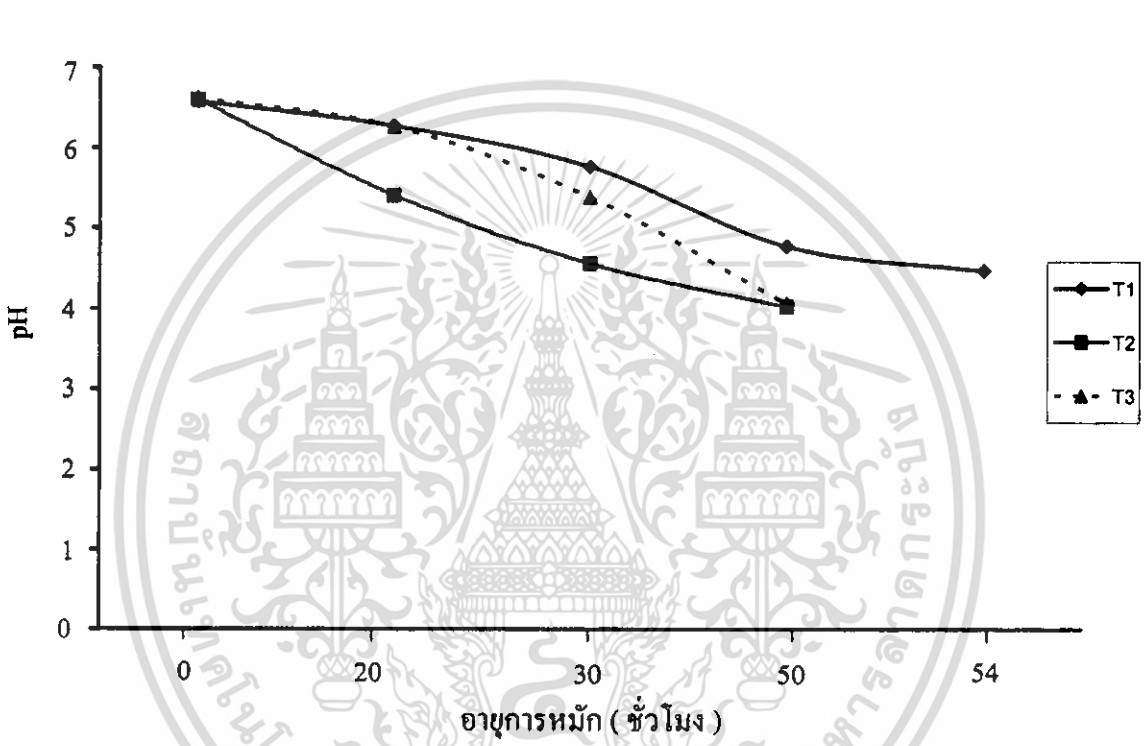
ทรีทเมนต์ที่	ลักษณะทางกายภาพ
1	มีลักษณะเป็นเคิร์ด สีเหลืองครีม มีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย มีกลิ่นหอมนม
2	มีลักษณะเป็นเคิร์ด มีความข้นหนืด สีเหลืองครีม มีกลิ่นเปรี้ยวมากกว่าทรีทเมนต์ที่ 1 และทรีทเมนต์ที่ 3 มีกลิ่นหอมนมเล็กน้อย
3	มีลักษณะเป็นเคิร์ด มีความข้นหนืด สีเหลืองครีม มีกลิ่นเปรี้ยวมากกว่าทรีทเมนต์ที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

4.2.1.1 การวิเคราะห์ค่าพีเอช

ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชของนมหมักจากข้าวน้ำนมข้าว ที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 6



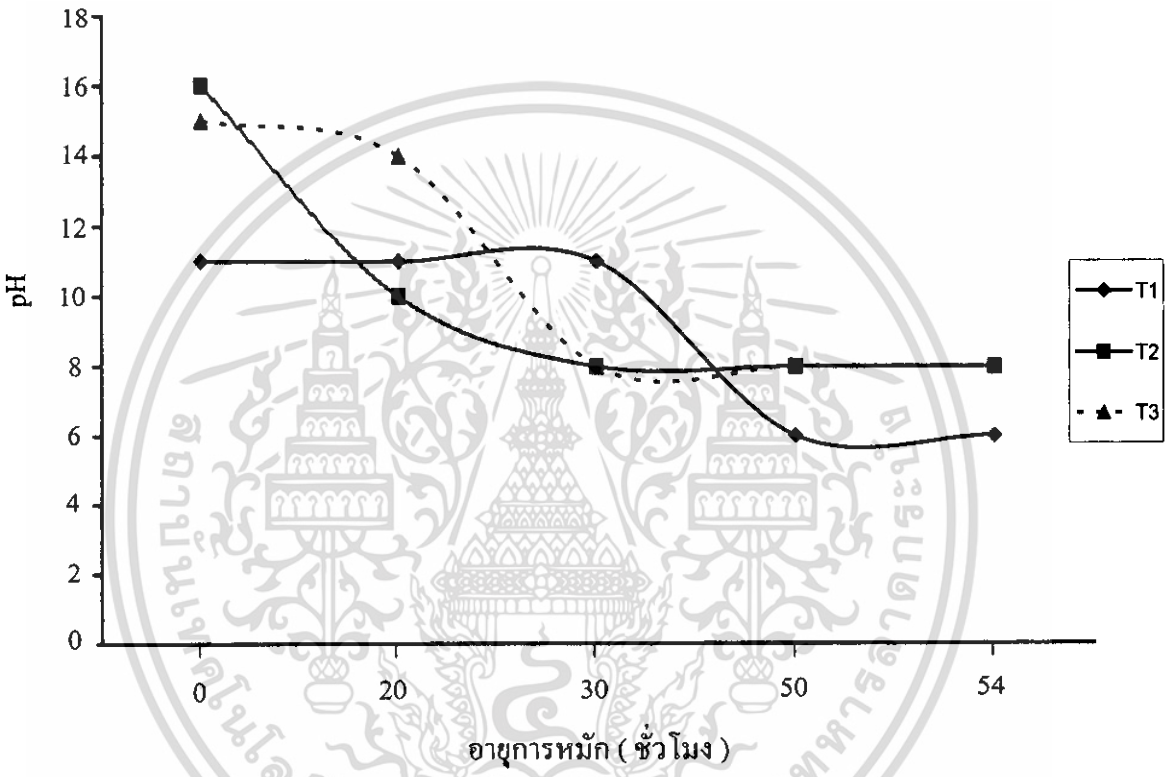
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระหว่างการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม ที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง

จากภาพที่ 6 พบว่าในระยะแรกของการหมักนมหมัก ทุกทรีทเมนต์มีค่าพีเอชที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ทุกทรีทเมนต์จะมีค่าพีเอชลดลงในระดับที่ใกล้เคียงกัน โดยนมหมักมีพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.58 6.60 และ 6.62 แต่เมื่ออายุการหมักในชั่วโมงที่ 50 ค่าพีเอชเท่ากับ 4.76 4.01 และ 4.05 ในทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ3 ตามลำดับ ซึ่งค่าพีเอชที่ลดลงทำให้นมหมักมีรสชาติที่เปรี้ยว ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้สอดคล้องกับข้อมูลของ วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต (2532 : 209) ที่กล่าวว่า ค่าพีเอชระหว่าง 4.6 – 4.7 จะทำให้โยเกิร์ตเกิดการตกตะกอนบางส่วนออกมา เพราะโยเกิร์ตที่ดีจะต้องมีค่าพีเอชสิ้นสุดอยู่ระหว่าง 3.7 – 4.2 แสดงว่านมหมักทั้ง 3 ทรีทเมนต์จัดเป็นนมหมักที่มีลักษณะที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 การวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์

ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ของนมหมักจากข้าวน้ำนม ที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 7



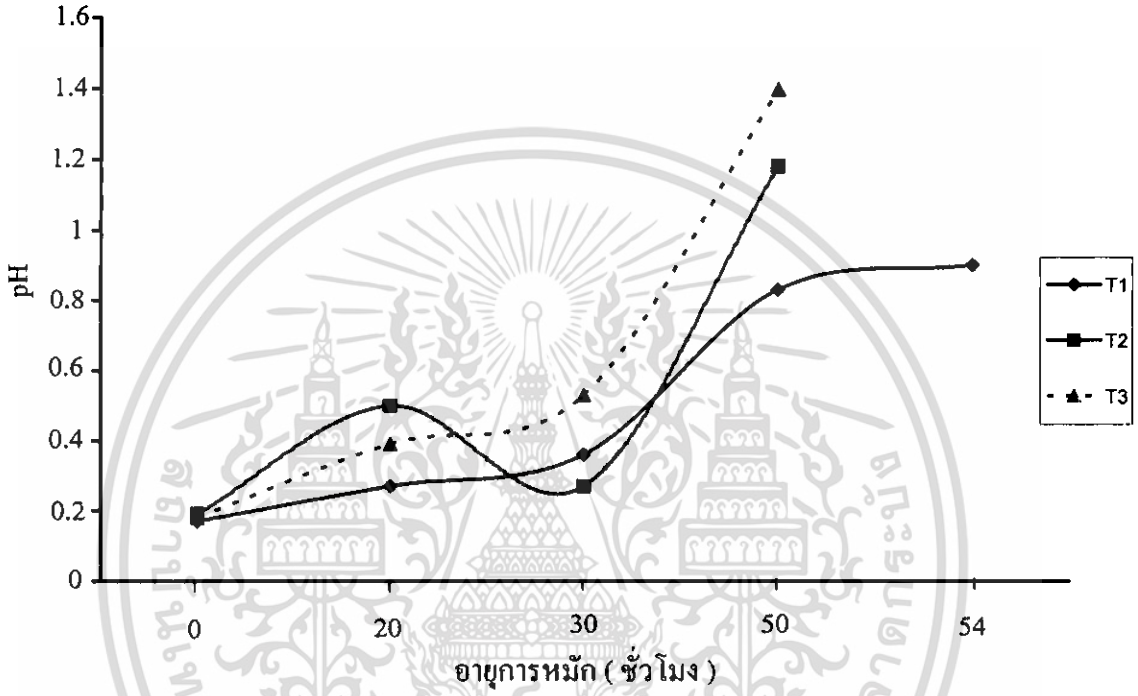
ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ในระหว่างการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนม ที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง

จากภาพที่ 7 พบว่าในระยะแรกของการหมักนมจากข้าวน้ำนมทุกทรีทเมนต์จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ บริกซ์ที่ใกล้เคียงกัน คือ 11 16 และ 15 ในทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับแต่เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ทุกทรีทเมนต์จะมีค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ที่ลดลงในระดับที่แตกต่างกัน และจะคงที่ที่ระยะเวลาการหมัก 50 ชั่วโมง เป็นต้นไป โดยทรีทเมนต์ที่ 1 จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ บริกซ์ที่ลดมากที่สุด คือ เท่ากับ 6 รองลงมาคือ ทรีทเมนต์ที่ 2 และทรีทเมนต์ที่ 3 ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากัน คือ มีค่าเท่ากับ 8 แสดงว่านมหมักในทรีทเมนต์ที่ 2 และ 3 จะมีรสเปรี้ยว นอกจากนี้ นมหมักจากข้าวน้ำนมของทรีทเมนต์ที่ 2 และ 3 มีลักษณะเป็นเคิร์ด มีความข้นหนืดมากกว่าทรีทเมนต์ที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 การวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก

ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกของนมหมักจากข้าวน้ำนมที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกในระหว่างการหมักนมหมักจากข้าวน้ำนมที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง

จากภาพที่ 8 พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกมีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นในทิศทางเดียวกันในทุกๆ ทรีทเมนต์ โดยในระยะแรกของอายุการหมักนมหมักจะมีค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.17 0.19 และ 0.18 ส่วนในระยะสิ้นสุดการหมักในชั่วโมงที่ 50 นมหมักจะมีค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.83 1.18 และ1.45 ในทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งถ้านำข้อมูลนี้มาเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์แล้ว จะเห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์มีแนวโน้มลดลงในทิศทางเดียวกันตลอดระยะเวลาการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของจินดนา ว่องวิกยะการ (2547) ที่กล่าวว่าแบคทีเรียแลคติกจะผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมให้เปลี่ยนเป็นกรดแลคติก โดยกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นที่ทำให้น้ำนมนี้ทำให้น้ำนมมีค่าพีเอชและค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ลดลง โดยค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่เหมาะสมในการผลิตนมหมักควรมีค่าประมาณ 0.6 เปอร์เซ็นต์ (มอก. 2146-2546) แสดงว่านมหมักในทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 จัดเป็นนมหมักที่มีเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 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

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 นอกจากนี้ชนิดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อจุลินทรีย์แต่ละสายพันธุ์ 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 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 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองผลิตนมหมักจากข้าวน้ำนมโดยใช้เชื้อ *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 โดยในระหว่างการหมักได้เก็บตัวอย่างวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่อายุการหมัก 0 20 30 50 และ 54 ชั่วโมง

จากผลการวิเคราะห์ทางเคมี การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช พบว่า มีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.58 6.60 และ 6.62 และอายุการหมักที่ 50 ชั่วโมง จะมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.76 4.01 และ 4.05 ในทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์บริกซ์เริ่มต้นเท่ากับ 11 16 และ 15 เมื่ออายุการหมักที่ 50 ชั่วโมง ค่าเปอร์เซ็นต์บริกจะเท่ากับ 6 8 และ 8 ในทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้น เท่ากับ 0.17 0.19 และ 0.18 แต่อายุการหมักที่ 50 ชั่วโมง ได้ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.83 1.18 และ 1.40 ในทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

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

1. หากจะนำนมหมักจากข้าวน้ำนมไปศึกษาและพัฒนา ควรมีการเพิ่มปริมาณของนมผงให้มากขึ้น จะทำให้นมหมักจากข้าวน้ำนมมีกลิ่นที่ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ควรจะมีทดลองบ่มนมหมักจากข้าวน้ำนมที่อุณหภูมิต่าง ๆ ก่อน เพื่อที่จะสามารถนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน จะทำให้ทราบได้ว่าควรจะใช้อุณหภูมิที่เท่าไรจึงจะทำให้นมหมักจากข้าวน้ำนมมีคุณภาพที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

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

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2540 . **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทองยศ อเนกเวียง. 2531 . **ผลิตภัณฑ์นมในครัวเรือน.** พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 101 น.

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

นภาศรี ไวศยะนันท์. 2536 . **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 222 น.

" น้ำนมข้าว " แหล่งที่มา : http://www.otopportal.com/newsdsc.asp?snewsid=000717161803 http://www.ku.ac.th/kaset60/Theme04/theme-04-49/index-04-49.html

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

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

ประกาย จิตรกร. 2526 . **นมและผลิตภัณฑ์นม.** กรุงเทพ ฯ : สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย. 433 น.

รักษพงศ์ มงคลเสริมสกุล. 2544. **การผลิตนมเปรี้ยวจากข้าวโพด.** กรุงเทพ ฯ : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 56 น.

ลัดดาวัลย์ รัสมิทัต. 2536 . **จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม.** กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยบูรพา. 247 น.

วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532 .**เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม** .กรุงเทพ ฯ โอเอส พริ้นติ้งเฮาส์. 209 น.

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Galloway, J.H. and R.J.Crawford. 1985. **Cheese fermentations.** In Wood, B.J.B. (ed.). Microbiology of Fermented Foods. Vol.2 Elsivier Applied Science Publishers, London.

Oberman. 1985. **Fermented milks.** In Wood, B.J.B. (ed.). Microbiology of Fermented Foods. Vol.2 Elsivier Applied Science Publishers, London.

Peter, S.M. 2003. **Understanding Food Science and Technology.** Theomson Learning. Singapore. PP. 449.

Tamime, A.Y. and R.K. Robinson. 1985. **Yoghurt Science and Technology** Pergamon Press, Oxford.

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

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อนมหมักจากข้าวน้ำนม ด้านสี

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 ($P \geq 0.05$) 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

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อนมหมักจากข้าวน้ำนม ด้านกลิ่น

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 ($P \geq 0.05$) 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

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อนมหมักจากข้าวน้ำนม ด้านรสชาติ

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 ($P \geq 0.05$) 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

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อนมหมักจากข้าวน้ำนม ด้านเนื้อสัมผัส

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	

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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 ($P \geq 0.05$) 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	

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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 ($P \geq 0.05$) 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