

ผลของสตาρχและเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าต่อคุณภาพของโยเกิร์ต
แบบลดไขมันชนิดไขมันต่ำ

EFFECTS OF STARCHES AND COMMERCIAL STARTERS ON QUALITY OF
LOW-FAT SET YOGHURT



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1500-5

ผลของสตาร์ชและเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าต่อคุณภาพของโยเกิร์ต
แบบคงตัวชนิดไขมันต่ำ

EFFECTS OF STARCHES AND COMMERCIAL STARTERS ON QUALITY OF
LOW - FAT SET YOGHURT



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 60962
วัน,เดือน,ปี..... - 7 ก.ค. 2549

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1599-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่ใช้

.i.....

**EFFECTS OF STARCHES AND COMMERCIAL STARTERS ON QUALITY OF
LOW – FAT SET YOGHURT**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005**

ISBN 974-15-1599-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของสตาร์ชและเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าต่อคุณภาพของโยเกิร์ตแบบคงตัวชนิดไขมันต่ำ
นักศึกษา	นางสาวศศิพร รัตนสุวรรณ
รหัสประจำตัว	44066013
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. วรณา ตั้งเจริญชัย

บทคัดย่อ

ศึกษาคุณลักษณะของโยเกิร์ตไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ชนิดคงตัว เมื่อใช้สตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปรรูป สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวเป็นสแตบิไลเซอร์ ในปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ใช้เชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus bulgaricus* ร่วมกับ *Streptococcus thermophilus* ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) โยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชมีค่าความเป็นกรด (titratable acidity) 0.96 เปอร์เซ็นต์แลคติก และพีเอช 4.35 เมื่อผ่านกระบวนการหมักที่อุณหภูมิ 43 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทั้งชนิดและปริมาณของสตาร์ช มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดของโยเกิร์ต ($p < 0.05$) แต่มีผลให้ความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรสได้แก่ อะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิลและเอธานอลลดลง ($p < 0.05$) สตาร์ชเพิ่มความแข็งแรงแก่เจลของโยเกิร์ตจึงสามารถกักเก็บเวย์ได้ดีกว่าโยเกิร์ตที่ไม่ใช้สตาร์ช ($p < 0.05$) โครงสร้างจุลภาคของโยเกิร์ตชี้ให้เห็นถึงการพองตัวของสตาร์ชรวมถึงการแทรกตัวของสตาร์ชในรูพรุนของตาข่ายโปรตีน ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่ใช้สตาร์ชเป็นสแตบิไลเซอร์ ระบุว่าสตาร์ชข้าวเจ้าในปริมาณ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ได้รับการยอมรับมากที่สุด

ศึกษาอัตราการอยู่รอดของเชื้อโพรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium* spp. ร่วมกับ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* (ABY) ในโยเกิร์ตไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ บ่มที่อุณหภูมิ 43 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อโพรไบโอติก *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium* spp. และเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เริ่มต้นที่ 0 วัน เท่ากับ 9.54, 6.39, 7.73 และ 9.54 log CFU/g ตามลำดับ และที่ระยะเวลา 35 วัน ปริมาณเชื้อดังกล่าวลดลงเป็น 9.24, 6.06, 1.65 และ 9.43 log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 10 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณเชื้อโพรไบโอติก *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium* spp. และเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เริ่มต้นที่ 0 วัน เท่ากับ 9.43, 6.40, 7.59 และ 9.55 log CFU/g ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 35 วัน พบว่า ปริมาณเชื้อดังกล่าวลดลงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.99, 6.06, 2.13 และ 9.09 log CFU/g) ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) ความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสารให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตที่ประกอบด้วยโพรไบโอติก *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium* spp. ต่ำกว่าของโยเกิร์ตที่ผลิตจาก *L. bulgaricus* ร่วมกับ *S. thermophilus* แต่ไม่พบอิทธิพลของโพรไบโอติกต่อความแข็งแรงของลิ้ม และการกักเก็บเวย์ของโยเกิร์ต ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่มีโพรไบโอติกพบว่า เชื้อโพรไบโอติกไม่มีผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ปราศจากเชื้อโพรไบโอติก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effects of Starches and Commercial Starters on Quality of Low-Fat Set Yoghurt
Student	Miss Sasiporn Rattanasuwan
Student ID.	44066013
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2005
Thesis advisor	Assoc. Prof. Dr. Wanna Tungjaroenchai

ABSTRACT

Characteristics of a 2% fat set-yoghurt containing 0, 0.5, 1.0 and 2.0% of modified tapioca starch, waxy maize and waxy rice starch, were evaluated. Mixed yoghurt culture containing *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* at a level of 0.02% (by weight) was used to make yoghurt. Titratable acidity and pH of yoghurt containing no starch was 0.96 % (lactic acid) and 4.35 respectively, after six hour fermentation at a temperature of $43\pm 2^{\circ}\text{C}$. Types and levels of starch increased the titratable acidity of yoghurt ($p\leq 0.05$), while these starch stabilizers decreased relative concentration of volatile acetaldehyde, diacetyl, and ethanol ($p\leq 0.05$). Scanning electron micrographs (SEM) showed swelling of starch granules and decreased void areas of protein network. Yoghurt containing 2 % waxy rice starch was mostly accepted by sensory evaluation.

Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* with *L. bulgaricus* and *S. thermophilus* (ABY) in yoghurt was investigated. A 2 % fat set-yoghurt with probiotics was incubated at a temperature of $43\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 6 hours before storing at temperatures 4 and 10°C . After the fermentation, bacterial counts of *L. acidophilus*, *B. lactis*, *L. bulgaricus* and *S. thermophilus* were 9.54, 6.39, 7.73 and 9.54 log CFU/g at 4°C . These counts decreased to 9.24, 6.06, 1.65 and 9.43 log CFU/g after 35 day storage. Counts of *L. acidophilus*, *B. lactis*, *L. bulgaricus* and *S. thermophilus* at 10°C were 9.43, 6.40, 7.59 and 9.55 log CFU/g at 0 day. They declined to 8.99, 6.06, 2.13 and 9.09 log CFU/g after 35 day storage. Relative concentrations of acetaldehyde, diacetyl and ethanol in yoghurt with probiotics *L. acidophilus* and *B. lactis* were lower than that of yoghurt without probiotics. However probiotics did not show any influence on gel strength, whey holding capacity, and sensory evaluation of yoghurt.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. วรณา ตั้งเจริญชัย ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมทั้งกรุณาให้ความรู้ ข้อคิดเห็น คำแนะนำและคำปรึกษาต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าในการทำวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ดร. ภิญจิรา เกตุแก้ว และ ดร. พอใจ ถามากร ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการในการคุมสอบวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมแก่ข้าพเจ้า ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่มอบความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาในการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้าประสบความสำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณบริษัท เนชั่นเนต สตาร์ช แอนด์ เคมิคอล (ประเทศไทย) ที่ให้ความอนุเคราะห์สตาร์ชทางการค้า เพื่อใช้ในการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณพระคุณของ บิดา พี่สาวและพี่ชายของข้าพเจ้า ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการเรียนและการทำวิจัยเป็นอย่างดี ตลอดจนเพื่อนนักศึกษาปริญญาโททุกท่าน

ขอขอบคุณ นักวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ ที่อำนวยความสะดวกในด้านสารเคมี และอุปกรณ์เครื่องมือในการทำงานวิจัยนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแต่คณาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับความผิดนั้นแต่เพียงผู้เดียว

ศศิพร รัตนสุวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	XII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของวิทยานิพนธ์.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 โยเกิร์ต.....	3
2.2 คุณค่าทางโภชนาการ.....	4
2.3 ประเภทของ โยเกิร์ต.....	5
2.4 ส่วนผสมในการผลิต โยเกิร์ต.....	6
2.5 กลไกการทำงานและประโยชน์ของ โพรไบโอติก.....	7
2.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสของ โยเกิร์ต.....	9
2.7 โครงสร้างจุลภาคของ โยเกิร์ต.....	12
2.8 การสร้างกลิ่นรสของ โยเกิร์ต.....	12
2.9 การวิเคราะห์กักดินรสด้วยแก๊สโครมาโตกราฟี.....	17
บทที่ 3 วัตถุประสงค์และอุปกรณ์.....	19
3.1 วัตถุประสงค์.....	19
3.2 สารเคมี.....	19
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	20
3.4 สถานที่ทำการทดลอง.....	20
3.5 วิธีการทดลอง.....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	24
4.1 ศึกษาพฤติกรรมการผลิตกรดของเชื้อจุลินทรีย์ <i>S. thermophilus</i> ร่วมกับ <i>L. bulgaricus</i>	24
4.2 ศึกษาชนิดและปริมาณสตาร์ชที่ใช้เป็นสารให้ความคงตัว ในระดับที่เหมาะสมในโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ.....	25
4.3 ศึกษาชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าต่อคุณภาพของ โยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ.....	35
4.4 ศึกษาอัตราการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก ในโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ.....	39
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	43
บรรณานุกรม.....	44
ภาคผนวก	
ก. วิธีการผลิต โยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ.....	51
ข. วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ต.....	53
ค. แบบทดสอบด้านประสาทสัมผัสของ โยเกิร์ต.....	61
ง.. ตารางวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	64
ประวัติผู้เขียน.....	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของโยเกิร์ตไขมันต่ำธรรมดา.....	5
2.2 การผลิตสารประกอบคาร์บอนิลของหัวเชื้อ โยเกิร์ต (ppm).....	16
4.1 การทดสอบด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ที่ระดับแตกต่างกัน.....	34
4.2 ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า 3 ชนิดที่มีอิทธิพลต่อ คุณภาพทางกายภาพของโยเกิร์ต.....	38
4.3 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของ โยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ ทางการค้าที่แตกต่างกัน.....	39
4.4 แสดงปริมาณเชื้อ โพรไบโอติก <i>Lactobacillus. acidophilus</i> ในโยเกิร์ตที่ทำการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน (log CFU/g).....	39
4.5 แสดงปริมาณเชื้อ โพรไบโอติก <i>Bifidobacterium lactis</i> ในโยเกิร์ตที่ทำการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน (log CFU/g).....	40
4.6 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ <i>Lactobacillus. bulgaricus</i> ในโยเกิร์ตที่ทำการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน (log CFU/g).....	41
4.7 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ <i>Streptococcus. thermophilus</i> ในโยเกิร์ตที่ทำการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน (log CFU/g).....	42
ง 1 ปริมาณความเป็นกรดและพีเอชของโยเกิร์ตไขมันต่ำ ที่ระยะเวลาทุก 2 ชั่วโมง.....	65
ง 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา ปริมาณความเป็นกรดและพีเอช.....	65
ง 3 ชนิดและปริมาณสตาร์ชที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความเป็นกรด (เปอร์เซ็นต์แลคติก) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	65
ง 4 ชนิดและปริมาณสตาร์ชที่มีอิทธิพลต่อพีเอชในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	66
ง 5 ชนิดและปริมาณสตาร์ชที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	66
ง 6 ชนิดและปริมาณสตาร์ชที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของไดอะเซทิล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	66
ง 7 ชนิดและปริมาณสตาร์ชที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของเอธานอล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง 8 ชนิดและปริมาณสารตั้งที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของลิ่ม (กรัม) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	67
ง 9 ชนิดและปริมาณสารตั้งที่มีอิทธิพลต่อการแยกชั้นของเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	67
ง 10 ชนิดและปริมาณสารตั้งที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บของเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	68
ง 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของลิ่มโยเกิร์ต การแยกชั้นของน้ำเวย์ และการกักเก็บน้ำเวย์ของโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	68
ง 12 ชนิดของเชื้อโยเกิร์ต 3 ชนิดที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความเป็นกรด และพีเอช ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	68
ง 13 ความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ไคอะเซทิล และเอธานอล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	69
ง 14 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านปริมาณความเป็นกรด (titratable acidity) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติมสารตั้ง 3 ชนิดเอธานอล (ppm) ปริมาณ 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	69
ง 15 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านพีเอช (pH) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติม สารตั้ง 3 ชนิดใน ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	69
ง 16 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติมสารตั้ง 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	70
ง 17 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความเข้มข้นของไคอะเซทิล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติมสารตั้ง 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	70
ง 18 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความเข้มข้นของเอธานอล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติมสารตั้ง 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง 19 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความแข็งแรงของลิม (กรัม) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	71
ง 20 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการแยกชั้นของน้ำเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	71
ง 21 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการกักเก็บน้ำเวย์(เปอร์เซ็นต์) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	71
ง 22 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านปริมาณความเป็นกรด (titratable acidity) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ใน ปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	72
ง 23 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านพีเอช (pH) ของ โยเกิร์ต ไขมันต่ำ ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	72
ง 24 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	72
ง 25 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความเข้มข้นของไดอะเซทิล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	73
ง 26 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความเข้มข้นของเอธานอล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	73
ง 27 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความแน่นของลิม (กรัม) ของโยเกิร์ต ไขมันต่ำที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง 28 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการแยกชั้นของน้ำเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	74
ง 29 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการกักเก็บน้ำเวย์(เปอร์เซ็นต์) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	74
ง 30 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบทางด้านสี ของโยเกิร์ตไขมันต่ำ (ผู้ทดสอบชิม 15 คน) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์(โดยน้ำหนัก).....	74
ง 31 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบทางด้านกลิ่นรส ของโยเกิร์ตไขมันต่ำ (ผู้ทดสอบชิม 15 คน) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	75
ง 32 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบทางด้านความเรียบเนียนของโยเกิร์ตไขมันต่ำ (ผู้ทดสอบชิม 15 คน) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	75
ง 33 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบทางด้านความแน่นของลิ้ม โยเกิร์ตไขมันต่ำ (ผู้ทดสอบชิม 15 คน) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	75
ง 34 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบทางด้านรสเปรี้ยวของโยเกิร์ตไขมันต่ำ (ผู้ทดสอบชิม 15 คน) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	76
ง 35 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบทางด้านการยอมรับโดยรวมของโยเกิร์ตไขมันต่ำ (ผู้ทดสอบชิม 15 คน) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก).....	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ง 36	วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อ โพรไบโอติก <i>L. acidophilus</i> ในโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 4 และ องศาเซลเซียส.....	76
ง 37	วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อ โพรไบโอติก <i>L. acidophilus</i> ในโยเกิร์ตที่เก็บรักษา นาน 35 วัน.....	77
ง 38	วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อ โพรไบโอติก <i>B. lactis</i> ในโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 4 และ องศาเซลเซียส.....	77
ง 39	วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อ โพรไบโอติก <i>B. lactis</i> ในโยเกิร์ตที่เก็บรักษา นาน 35 วัน.....	77
ง 40	วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อ โยเกิร์ต <i>L. bulgaricus</i> ในโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 4 และ องศาเซลเซียส.....	77
ง 41	วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อ โยเกิร์ต <i>L. bulgaricus</i> ในโยเกิร์ตที่เก็บรักษา นาน 35 วัน.....	78
ง 42	วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อ โยเกิร์ต <i>S. thermophilus</i> ในโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 4 และ องศาเซลเซียส.....	77
ง 43	วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อ โยเกิร์ต <i>S. thermophilus</i> ในโยเกิร์ตที่เก็บรักษา นาน 35 วัน.....	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ปฏิบัติการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสเป็นกรดแลคติกโดยการเจริญของเชื้อโยเกิร์ต <i>L. bulgaricus</i> และ <i>S. thermophilus</i>	3
2.2 โครงสร้างของอะมิโลส (A) และ โครงสร้างของอะมิโลเพคติน (B).....	10
2.3 ปฏิบัติการสร้างอะเซตัลดีไฮด์จากแลคโตสและกรดอะมิโน.....	13
2.4 ปฏิบัติการสร้างอะเซตัลดีไฮด์และเอธานอลโดยเอนไซม์ (2) pyruvate-formate lyase (4) acetaldehyde dehydrogenase และ (5) alcohol dehydrogenase.....	14
2.5 ปริมาณอะเซตัลดีไฮด์ในโยเกิร์ตเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดของเชื้อ <i>L. bulgaricus</i> , <i>S. thermophilus</i> และ <i>L. bulgaricus</i> ร่วมกับ <i>S. thermophilus</i>	15
2.6 ปฏิบัติการสร้างโคอะเซทิล โดยเอนไซม์ (2) citrate lyase (3) oxaloacetate decarboxylase (5) α -acetolactate synthase (8) spontaneous chemical disintegration.....	16
2.7 ผลของกัวร์กัม แชนแทนกัม และคาราจีแนน ปริมาณ 0.05, 0.1 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณโคอะเซทิลในแบบจำลองของนม.....	17
4.1 ปริมาณกรดความเป็นกรด (titratable acidity) และพีเอช (pH) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำ ที่ระยะเวลาทุก 2 ชั่วโมง โดยเชื้อโยเกิร์ต <i>S. thermophilus</i> และ <i>L. bulgaricus</i>	24
4.2 ชนิดและปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ที่มีต่อปริมาณความเป็นกรด (titratable acidity) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	26
4.3 ชนิดและปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ที่มีต่อพีเอช (pH) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	26
4.4 ชนิดและปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ที่มีต่อความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	27
4.5 ชนิดและปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ที่มีต่อความเข้มข้นของโคอะเซทิล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	28
4.6 ชนิดและปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ที่มีต่อความเข้มข้นของเอธานอล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	28
4.7 ชนิดและปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ที่มีต่อความแข็งแรงของลิม (กรัม) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	29
4.8 ชนิดและปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ที่มีต่อการแยกชั้นเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.9 ชนิดและปริมาณสสารไขมันต่ำปะหลังคัดแปร สสารขข้าวโพด และสสารขข้าวเหนียว ที่มีต่อการกักเก็บเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	30
4.10 โครงสร้างของโยเกิร์ตโดย Scanning Electron micrograph (SEM micrograph) เปรียบเทียบระหว่างโยเกิร์ตซึ่งปราศจากการเติมสสารข (A) ที่กำลังขยาย 5,000x กับโยเกิร์ตที่มีการเติมสสารขข้าวเหนียว ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ที่กำลังขยาย 3,500x ต่ำ.....	32
4.11 ชนิดของเชื้อโยเกิร์ต (YC) และเชื้อโพรไบโอติก (ABY, ABT) ที่มีผลต่อปริมาณความเป็นกรด (titratable acidity) และพีเอช (pH) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	36
4.12 ชนิดของเชื้อโยเกิร์ต (YC) และเชื้อโพรไบโอติก (ABY, ABT) ที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ไคอะเซทิล และเอธานอล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ.....	37
ก1 กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์.....	52
ข1 โครมาโตแกรมของอะเซตัลดีไฮด์ (A) ไคอะเซทิล (B) และ เอธานอล (C) (EC-20 colume, 50°C และอัตราการไหล เท่ากับ 1 มิลลิลิตร/นาที.....	55
ข 2 แสดงกราฟมาตรฐานของสารอะเซตัลดีไฮด์ (EC-20 colume, 50°C และอัตราการไหล เท่ากับ 1 มิลลิลิตร/นาที.....	56
ข 3 แสดงกราฟมาตรฐานของสารไคอะเซทิล (EC-20 colume, 50°C และอัตราการไหล เท่ากับ 1 มิลลิลิตร/นาที.....	56
ข 4 แสดงกราฟมาตรฐานของสารเอธานอล (EC-20 colume, 50°C และอัตราการไหล เท่ากับ 1 มิลลิลิตร/นาที.....	56
ข 5 การวัดความแน่นของลิมโยเกิร์ต (กรัม) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzers) โดยโยเกิร์ตมีอุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส.....	57
ข 5 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค (microstructure) ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy.....	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สตาร์ชจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ให้พลังงาน ได้จากการสังเคราะห์แสงและเก็บสะสมในพืชชั้นสูง สตาร์ชส่วนใหญ่ในเมล็ดธัญพืชเช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวเหนียว ข้าวฟ่าง บางส่วนได้จากส่วนของหัวและรากพืช เช่น มันเทศ มันฝรั่ง และมันสำปะหลัง (นิธิยา, 2543) อุตสาหกรรมสตาร์ชเป็นอุตสาหกรรมการแปรรูปเกษตรหลักของประเทศไทย สตาร์ชที่ผลิตได้ในปริมาณมากที่สุดคือ สตาร์ชมันสำปะหลัง ซึ่งนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร 52 เปอร์เซ็นต์ อุตสาหกรรมสารให้ความหวาน 16 เปอร์เซ็นต์ อุตสาหกรรมกระดาษ 11 เปอร์เซ็นต์ อุตสาหกรรมสิ่งทอ 3 เปอร์เซ็นต์ อุตสาหกรรมไม้อัด 1 เปอร์เซ็นต์ และอุตสาหกรรมอื่นๆ 17 เปอร์เซ็นต์ (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2543)

การใช้สตาร์ชเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำวัตถุดิบภายในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดต้นทุนการนำเข้าสารให้ความคงตัวบางชนิด เช่น เพคตินและคาราจีแนน แต่เนื่องจากสตาร์ชมีคุณสมบัติบางประการที่ไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้โดยตรง จึงนำมาดัดแปรคุณสมบัติบางประการด้วยวิธีทางเคมี กายภาพ หรือทางชีวภาพ (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2543) สตาร์ชมีหน้าที่หลายอย่างในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ทำหน้าที่เป็นสารให้ความข้นหนืด หรือทำให้เกิดเจลในอาหารที่บริโภคภายในครัวเรือน (อดิศักดิ์, 2543) เพิ่มความข้นหนืดในอุตสาหกรรมขนมหวานและอาหารบรรจุกระป๋อง ช่วยให้เกิดเจลในแยม เยลลี่ และลูกกวาดชนิดนุ่ม มีการนำสตาร์ชมาใช้ในอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นม เช่น พุดดิ้ง โยเกิร์ต นมพร้อมดื่ม เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส ลดปัญหาการแยกชั้นของน้ำเวย์ (Labell, 2000 และ Schmidt *et al.*, 2001) และใช้สตาร์ชซึ่งผ่านการดัดแปรในนมรสช็อคโกแลตเพื่อเพิ่มความคงตัวในการกระจายตัวให้กับผงช็อคโกแลต (Rapaille and Vanhemelrijck, 1997) ดังนั้นสตาร์ชจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการปรับปรุงคุณลักษณะทางกายภาพและประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารมุ่งเน้นผลิตอาหารที่ให้ความสำคัญด้านโภชนาการ เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสนใจและใส่ใจกับสุขภาพร่างกายมากขึ้น การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านสุขภาพและโภชนาการ ทำให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของการบริโภคอาหารต่อสุขภาพและการเกิดโรค เช่น โรคอ้วน หัวใจ มะเร็ง เป็นต้น ตัวอย่างส่วนประกอบของอาหารที่กำลังได้รับความสนใจในอุตสาหกรรมเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน ได้แก่ เส้นใยอาหาร (dietary fiber) หรือสารทดแทนไขมัน (fat replacer) เพื่อลดปริมาณของไขมันในอาหาร และยังคงลักษณะปรากฏ ความรู้สึกในปาก (mouthfeel) ของอาหารไว้ได้ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (วันเพ็ญ, 2541) นอกจากนี้ยังมีเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotic) (มลศิริ, 2540) ซึ่งผู้บริโภคชาวไทยส่วนใหญ่ยังไม่รู้จักคุ้นเคยกันเท่าไรนัก อาจเนื่องจากตลาดอาหารในประเทศ

เอ็กสารเป็นเอ็กสารที่ส่งมอบเวลาสำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาค้นคว้า เมื่อผู้ดูแลเห็นว่าเว็บไซต์นี้เป็นการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทยมีผลิตภัณฑ์อาหารไม่กี่ประเภทที่มีส่วนประกอบด้วยโพรไบโอติก ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์นมหมัก เช่น โยเกิร์ต นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม อีกทั้งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโพรไบโอติกยังไม่แพร่หลายนัก ดังนั้นจึงทำการศึกษาถึงผลของการใช้เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำและอัตราการเหลือรอดของเชื้อโพรไบโอติก

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความเป็นกรด (titratable acidity,TA) พีเอช (pH) ความเข้มข้น (concentration) ของอะเซตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) 2,3-butanedione หรือไดอะเซทิล (diacetyl) และเอทานอล (ethanol) คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความแน่น เปอร์เซ็นต์การแยกชั้น และ เปอร์เซ็นต์การกักเก็บน้ำเวย์ (whey) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตชนิดคงตัวที่มีไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์โดยใช้สตราชทางการค้า 3 ชนิดเป็นสารให้ความคงตัว

2. ศึกษาชนิดของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกทางการค้าต่อคุณสมบัติทางเคมี ความเข้มข้นของ อะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล และเอทานอล คุณสมบัติทางกายภาพ ประสาทสัมผัสและอัตราการเหลือรอดของจุลินทรีย์โพรไบโอติกในโยเกิร์ตชนิดคงตัวที่มีไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาถึงชนิดและปริมาณของสตราชทางการค้า และชนิดของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกทางการค้า ที่มีผลต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตชนิดคงตัวที่มีไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการเหลือรอดของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาการเก็บรักษา 35 วัน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงชนิดและปริมาณของสตราชที่เหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความแน่นของลิมโยเกิร์ต ความสามารถในการกักเก็บเวย์ สามารถลดต้นทุนของการใช้หางนมผงในการผลิตและทดแทนการนำเข้าหางนมผงซึ่ง สตราชเป็นวัตถุดิบที่หาง่ายและมีราคาถูก สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพของโยเกิร์ตชนิดคงตัวที่มีไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ การใช้เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกทางการค้าต่อคุณภาพด้านเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัส และอัตราการเหลือรอดของโพรไบโอติก ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประโยชน์ต่อร่างกายมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

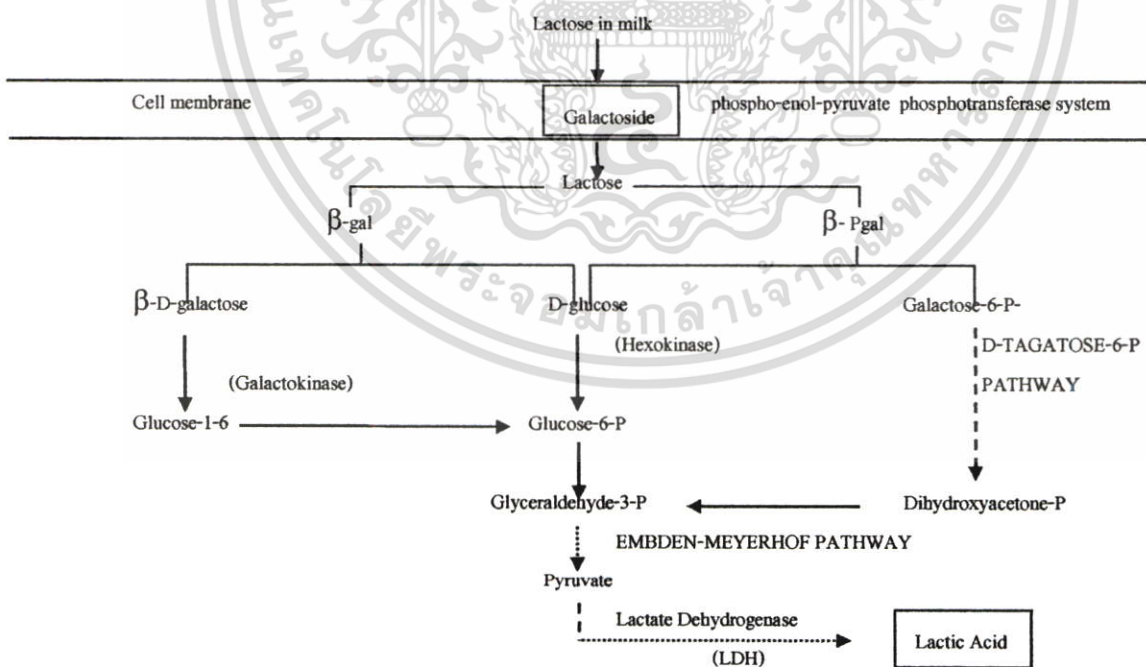
บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 โยเกิร์ต (Yoghurt)

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมัก (fermented dairy product) ที่ได้จากการนำนมผ่านกระบวนการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ในอัตราส่วน 1:1 หรือ 2:3 (Spreer, 1998) ซึ่งเป็นเชื้อในกลุ่มของแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Lactic Acid Bacteria: LAB) ซึ่งหมายถึงเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมไปเป็นกรดแลคติกในสภาวะปราศจากออกซิเจน ที่อุณหภูมิประมาณ 43±2 องศาเซลเซียส ปฏิริยาการสร้างกรดแลคติกจากแลคโตสในนมโดยเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดนี้ สามารถแสดงดังภาพที่ 2.1

การผลิตรกรด (acidification) เป็นลักษณะเด่นของ LAB โดยการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตส ไปเป็นกรดแลคติก ทำให้พีเอชมีค่าลดลง สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (pathogens) และเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย (food spoilages) (Stanley, 1998) ระหว่างการหมักโยเกิร์ตนั้น เชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดที่กล่าวข้างต้นจะเจริญแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis)



ภาพที่ 2.1 ปฏิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสเป็นกรดแลคติกโดยการเจริญของเชื้อ โยเกิร์ต

L. bulgaricus และ *S. thermophilus*

ที่มา : คัดแปลงจาก Tamime and Robinson (1985) การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงของแลคโตสไปเป็นกรดแลคติก เริ่มต้นตั้งแต่การย้ายโมเลกุลของแลคโตสเข้าสู่เซลล์ โดยใช้เอนไซม์ phospho-enol-pyruvate phosphotransferase system (PEP-PTS) ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์เบต้ากาแลคโตซิเดส (β - galactosidase ; β - gal) และเบต้า ฟอสฟอกาแลคโตซิเดส (β - phospho-galactosidase ; β - pgal) จากเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่ม LAB ทำหน้าที่ไฮโดรไลสแลคโตสได้เป็นกลูโคส (glucose) กาแลคโตส (galactose) และ/หรือ กาแลคโตส 6 ฟอสเฟต (galactose-6-phosphate) กลูโคสเข้าสู่วัฏจักรของไกลโคไลซิส (glycolysis cycle) ได้เป็นไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นแลคเตท (lactate) โดยอาศัยเอนไซม์แลคเตท ดีไฮโดรจีเนส (lactate-dehydrogenase) (Tamime and Robinson, 1985 และ Stanley, 1998) ได้เป็นกรดแลคติก กระบวนการหมักของกรดแลคติกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ โฮโมเฟอร์เมนเททิฟ (homofermentative) ซึ่งเป็นกระบวนการหมักที่ได้แลคเตท และเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกเพียงอย่างเดียว และ เฮเทอโรเฟอร์เมนเททิฟ (heterofermentative) คือกระบวนการหมักที่ได้แลคเตท ร่วมกับสารประกอบอื่น ๆ เช่น เอทานอล อะซิเตท และ/หรือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (David, 1995) เมื่อกระบวนการหมักสิ้นสุด โยเกิร์ตประกอบด้วยกรดแลคติกประมาณ 0.9-1.2 เปอร์เซ็นต์แลคติก หรือ พีเอชเท่ากับ 4.2-4.5 ความเป็นกรดดังกล่าวส่งผลให้เคซีนตกตะกอนและจับตัวเป็นลิ่มนม (curd) โยเกิร์ตที่ได้จากกระบวนการหมักมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว (semi-solid) และมีความข้นหนืดเมื่อคนให้เข้ากัน (วรรณ และ ฉานิน, 2541)

2.2 คุณค่าทางโภชนาการ (Nutrition Value)

คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ตในแต่ละประเทศแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณภาพและองค์ประกอบของวัตถุดิบ เช่น นำนม ซึ่งมีปริมาณไขมันแตกต่างกันออกไป สามารถแบ่งประเภทของโยเกิร์ตได้ 3 ระดับของไขมัน คือ โยเกิร์ตไขมันเต็ม (full fat yoghurt) ซึ่งมีปริมาณไขมันไม่ต่ำกว่า 3.5 เปอร์เซ็นต์ โยเกิร์ตลดไขมัน (reduced fat yoghurt) มีปริมาณไขมันอยู่ระหว่าง 1.2-2.0 เปอร์เซ็นต์ และโยเกิร์ตพร่องไขมัน (low fat yoghurt) มีปริมาณไขมันไม่เกิน 0.3 เปอร์เซ็นต์ นอกจากปริมาณไขมันแล้ว ยังได้กำหนดถึงปริมาณของแข็งไม่รวมมันเนย (Milk Solids Non Fat, MSNF) ตามมาตรฐาน ไม่ต่ำกว่า 8.5 เปอร์เซ็นต์ (Stanley, 1998) ซึ่ง Tamime and Robinson, (1985) ได้แสดงองค์ประกอบโยเกิร์ตตามมาตรฐานดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของโยเกิร์ตไขมันต่ำธรรมดา

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์
ไขมัน	1.66
โปรตีน	10.98
คาร์โบไฮเดรต	3.45
ของแข็งทั้งหมด	5.15
เถ้า	0.75

ที่มา : Tamime and Robinson (1985)

2.3 ประเภทของโยเกิร์ต (Type of yoghurt)

การแบ่งประเภทของโยเกิร์ตสามารถแบ่งได้หลายประเภท เช่น การใช้ปริมาณไขมันเป็นตัวจำแนกหรือการจำแนกตามรสชาติของโยเกิร์ต โดยทั่วไปนิยมจำแนกตามกรรมวิธีการผลิตซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.3.1. โยเกิร์ตแบบคงตัว (set yoghurt) ได้จากการนํานมที่ผสมเชื้อจุลินทรีย์บรจุในภาชนะด้วยพลาสติก ทั้งนี้อาจเติมผลไม้หรือแยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อก่อนนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด นำมาเก็บไว้ในห้องเย็นเพื่อรอการจำหน่าย โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะลึมนิยมนํานําน ผิวน้ำเรียบ คล้ายพุดคิง หรือ เต้าหู้

2.3.2 โยเกิร์ตแบบสวิส (swiss-style yoghurt) หรือเรียกอีกอย่างว่าสเตอร์โยเกิร์ต (stirred yoghurt) ได้จากการนํานมที่ผสมด้วยเชื้อจุลินทรีย์มาบ่มในถัง จนได้ปริมาณกรดตามต้องการ จากนั้นทำการกวนลึมนโยเกิร์ตให้แตกก่อนบรรจุลงในถ้วยพลาสติก อาจผสมผลไม้และน้ำเชื่อมปรุงแต่งรสชาติของโยเกิร์ตก่อนบรรจุ โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะเนียนมีเนื้อผลไม้กระจายอยู่ในโยเกิร์ตอย่างสม่ำเสมอ

2.3.3 โยเกิร์ตพร้อมดื่ม (drinking yoghurt) มีกรรมวิธีการผลิตคล้ายกับโยเกิร์ตแบบสวิสโดยปล่อยให้จุลินทรีย์ผลิตกรดจนได้ปริมาณกรดตามต้องการ ก่อนนํามาผสมกับน้ำผลไม้หรือน้ำเชื่อมในสัดส่วน 1:1 นํามาโฮมิจิไนซ์ให้เป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์และรอการจำหน่าย โยเกิร์ตประเภทนี้มีลักษณะข้นกว่านมสดจึงสะดวกต่อการดื่ม

2.3.4 ไอศกรีมโยเกิร์ต (frozen yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ผลิตได้จากการนำโยเกิร์ตแบบสวิสที่มีปริมาณกรดตามต้องการ แล้วนํามาปั่นและแช่แข็งด้วยเครื่องทำไอศกรีม (ice cream freezer) สามารถเติมกลิ่นรสและผลไม้ก่อนการปั่น ทำให้ได้ไอศกรีมโยเกิร์ตรสชาติแตกต่างกันไป (Bylund, 1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ส่วนผสมในการผลิตโยเกิร์ต (Ingredient of Yoghurt)

ส่วนผสมในการผลิตโยเกิร์ตแต่ละชนิดมีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ต โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีจำเป็นต้องใช้ส่วนผสมที่มีคุณภาพดีด้วย วัตถุดิบทุกชนิดที่รับเข้าโรงงานจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพและไม่มีสิ่งแปลกปลอม วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตได้แก่ นม เชื้อจุลินทรีย์ สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว ผลไม้ และวัตถุดิบเสีย

น้ำนม (milk) เป็นวัตถุดิบหลักของโยเกิร์ตได้มาจากน้ำนมหรือผลิตภัณฑ์นมเช่น นมผงพร้อมมันเนย หางนมผง หางนมสด หรือหางนมเข้มข้น เวียผง เป็นต้น ปัจจุบันนิยมใช้น้ำนมวัวในการผลิต Bonczar *et al.*, (2002) ได้ศึกษาผลิตโยเกิร์ตจากน้ำนมแพะ (ewe milk) และ Katsiari *et al.*, (2002) ได้ผลิตโยเกิร์ตจากนมแกะ พบว่า โยเกิร์ตที่ได้จากนมแกะและนมแพะ ไม่มีความแตกต่างจากโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำนมวัว มีความเป็นกรดไม่แตกต่างกัน สามารถใช้หางนมสดแทนนมสดเพื่อผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำ มีการเติมหางนมผงหรือโปรตีนนมเข้มข้นหรือโปรตีนเวย์ (whey powder) เพื่อให้โยเกิร์ตมีความคงตัว น้ำเวย์ไม่แยกตัวง่าย และทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตดี (Xu *et al.*, 1992) Gonzalez-Martinez *et al.*, (2002) กล่าวว่าเมื่อเติมโปรตีนเวย์ในปริมาณ 0.6 ถึง 4.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้ปริมาณอะเซตัลดีไฮด์ และความหนืดเพิ่มขึ้น การแยกชั้นของเวย์ลดน้อยลง คุณภาพของโยเกิร์ตที่ดี ประกอบด้วยหางนมผงและโปรตีนเวย์ในอัตราส่วน 75:25 โดยน้ำหนัก (Tamime and Robinson, 1985)

สารให้ความหวาน (sweetener) การเติมสารให้ความหวานมีวัตถุประสงค์เพื่อบดบังความเปรี้ยวของโยเกิร์ต ปริมาณสารให้ความหวานที่เติม ขึ้นกับชนิดของสารให้ความหวาน ความชอบของผู้บริโภค และผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ข้อกำหนดตามที่กฎหมายระบุ สารให้ความหวานที่นิยมเติมในโยเกิร์ตคือ ซูโครส ซึ่งอาจเป็นผลึกหรือน้ำเชื่อมเข้มข้น ปกติจะเติมในโยเกิร์ตผลไม้หรือโยเกิร์ตปรุงแต่งกลิ่นรสหรือเติมในโยเกิร์ตชนิดหวาน ส่วนโยเกิร์ตที่ให้พลังงานต่ำจะใช้สารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำ เช่น แอสปาเทม (aspartame) โดยจะเติมหลังกระบวนการหมัก และเติมในปริมาณเล็กน้อย เนื่องจากแอสปาเทมมีความหวานมากกว่าซูโครสประมาณ 200 เท่า (อดิศักดิ์, 2543)

สารให้ความคงตัว (stabilizer) จัดเป็นสารในกลุ่มของไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) หรือกัม (gum) ที่ผลิตได้จากสาหร่ายทะเล เช่น อัลจิเนต (alginate) คาราจีแนน (carrageenan) ยางไม้ เช่น กัมอะราบิก (arabic gum) เปลือกผลไม้ เช่น เพคติน (pectin) จากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม (xanthan gum) หรือ การนำสารธรรมชาติมาผ่านการตัดแปร เป็นต้น สารให้ความคงตัวมีหน้าที่หลายอย่างในผลิตภัณฑ์อาหารเช่น ใช้เป็นสารให้ความหนืดในแยม ใส่นมพาย ใช้เป็นสารทำให้อาหารเกิดเป็นเจลที่พบในพุดดิ้ง และโยเกิร์ต ช่วยทำให้ไวน์ใส โดยทำหน้าที่เป็น flocculating agent เป็นสารทำให้เกิดเสถียรภาพของอิมัลชันในน้ำสลัด และมายองเนส (อดิศักดิ์, 2543) การใช้เจลาตินและแป้งตัดแปรเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในปริมาณตั้งแต่ 0.5-1 เปอร์เซ็นต์ เพื่อช่วยปรับปรุงความหนืดและลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต ควบคุมการเกิดเจลของสเตอริโยเกิร์ต ป้องกันการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกตัวของน้ำเวย์ สามารถใช้แทนของแข็งในนมและไขมันนมได้ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง (สุรีย์, 2539)

ผลไม้ (fruits) นิยมเติมผลไม้หรือแยมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วในโยเกิร์ต การผลิตเซทโยเกิร์ตจะเติมผลไม้ในขั้นของการบรรจุที่กั้นภาชนะ แต่การผลิตสเตอร์โยเกิร์ตจะเติมผลไม้หลังการหมักและทำให้เย็นแล้ว ปริมาณผลไม้หรือผลไม้แช่อิ่มหรือแยมจะใช้ในปริมาณ 8-25 เปอร์เซ็นต์ของสูตร แต่ส่วนใหญ่ นิยมเติม 10-15 เปอร์เซ็นต์

วัตถุกันเสีย (preservatives) ได้แก่ กลีโอฟอสเฟตเซียม หรือกลีโอฟอสเฟตของกรดซอร์บิก ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราและยีสต์ แต่ไม่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในการผลิตโยเกิร์ต ดังนั้นจึงสามารถเติมก่อนกระบวนการหมักได้ (Tamime and Robinson, 1985)

เชื้อจุลินทรีย์ (culture) ปัจจุบันนิยมใช้เชื้อจุลินทรีย์ในรูปของของเหลว (liquid) ผงแห้งชนิด freeze-dried และเชื้อที่แช่แข็งชนิด deep-frozen culture concentrate เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตตามมาตรฐานของ USFDA (United State Food and Drug Administration) จะกำหนดไว้เพียง 2 สายพันธุ์คือ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus*

2.5 กลไกการทำงานและประโยชน์ของโพรไบโอติก (Activity and Benefit Health of Probiotic Bacteria)

จากสมมุติฐานของ Elic Metchnikoff ซึ่งสังเกตว่าชาวบัลแกเรียที่อาศัยอยู่ในชนบทซึ่งบริโภคผลิตภัณฑ์นมหมักมีสุขภาพดีและอายุยืนยาว ดังนั้นจึงมีความเชื่อว่าหากบริโภคอาหารหมักจาก *Bacillus* และ *Lactobacillus* ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีผลต่อเชื้อประจำถิ่นในร่างกาย ทำให้การผลิตสารพิษจากเชื้อจุลินทรีย์ลดน้อยลง (Sander, 1999) เป็นผลให้ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสุขภาพของร่างกายมากขึ้น และมีการผลิตอาหารที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายหรือที่เรียกกันว่า โพรไบโอติก (probiotic) ซึ่งมีความหมายถึง “เชื้อจุลินทรีย์ที่มีสามารถเจริญได้ในร่างกายมนุษย์ ซึ่งเมื่อบริโภคเข้าไปแล้วจะเป็นเชื้อที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่ร่างกายไม่ต้องการให้อยู่ในปริมาณที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาแก่ร่างกาย” (แก้ว, 2543, Rajiv and Shah, 1997, และ Davidson *et al.*, 2000, Shah, 2001) โดยปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่แนะนำให้มีการบริโภคในแต่ละ 1 วัน เท่ากับ 10^9 - 10^{10} CFU (Charles, 1999)

2.5.1 ปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้

การปรับสมดุลจำนวนจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารเป็นการลดจำนวนแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (pathogen bacteria) ซึ่งอยู่ภายในลำไส้ โดยกลไกเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ดังกล่าวนี้ก่อให้เกิดการสร้างสารพิษ (toxin) และสร้างสารยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus* นอกจากนี้ยังสามารถเฝ้าระวังเป็นเอกสารที่ส่งวนไวรัสหรือการเชื่องานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดเห็นไปเซบระโยชนดานการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสริมความสามารถในการแข่งขันและยึดติดกับผนังลำไส้ได้ดีกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น (Mattila-Sandholm *et al.*, 2002) และ Adhikari *et al.*, (2000) กล่าวว่าโพรไบโอติกเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถทนกรดได้ และมีความสำคัญในการควบคุมปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเช่น *Salmonella typhidie*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus paratyphi* และ *Corynebacteria diphtheria* ภายในลำไส้ใหญ่ให้อยู่ในระดับสถานะที่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกสร้างขึ้น มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว (Rial, 2000)

กรดอินทรีย์ที่เกิดจากเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ในกลุ่มของแลคติกแอซิดแบคทีเรีย เช่น กรดแลคติก กรดอะซิติก มีผลต่อการลดและทำลายเชื้อจุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรค โดยเฉพาะ *Escherichia coli* และ *Salmonella typhidie* ที่สามารถเจริญได้ดีในภาวะที่ระดับพีเอชที่เป็นกลางและผลิตสารที่ก่อให้เกิดอันตรายได้แก่ เอมีน (amine) อินโดล (iodole) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide) ความสามารถในการลดและทำลายเชื้อจุลินทรีย์เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่สร้างขึ้นมีผลให้ระดับพีเอชลดต่ำลงจนเกิดภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและกรดแลคติกมีผลในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ทนกรด นอกจากนี้สารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น เมทานอล (methanol) และอะซิโตน (acetone) ที่ผลิตได้จาก *S. thermophilus* สามารถทำหน้าที่ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคจำพวก *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Shigella* และ *Pseudomonas spp.* ได้ (Chen *et al.*, 1999)

2.5.2 ปรับปรุงการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตส

Marcel (2000) พบว่าการใช้เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตซึ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์ β -galactosidase เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์นมที่ก่อให้เกิดการย่อยและการดูดซึมน้ำตาลแลคโตสบกพร่องในเด็กที่ขาดเอนไซม์แลคเตสโดยเชื้อจุลินทรีย์จะขับเอนไซม์ออกมาในลำไส้ กิจกรรมของจุลินทรีย์โยเกิร์ตนี้สามารถลดอาการท้องร่วง (diarrhea) ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการหมักน้ำตาลแลคโตส โดยเชื้อจุลินทรีย์ในส่วนลำไส้ใหญ่ ได้เป็นก๊าซไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ เอทริลิน และกรดอินทรีย์สายโซ่สั้นๆ เป็นสาเหตุให้เกิดอาการท้องร่วง ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซึมเข้าสู่ปอดและขับออกจากร่างกายทางลมหายใจ และ Davidson *et al.*, (2000) กล่าวว่า การเติมโพรไบโอติกได้แก่ *Bifidobacterium longum* หรือ *Lactobacillus acidophilus* ร่วมกับการเติมหัวเชื้อโยเกิร์ตโดยทั่วไปที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตจะมีผลในการช่วยย่อยน้ำตาลแลคโตสให้มากขึ้นซึ่งเป็นผลดีต่อผู้ที่ไม่มีเอนไซม์แลคเตสในการย่อยน้ำตาลนมและปรับปรุงกลิ่นรสของโยเกิร์ตให้ดีขึ้น

2.5.3 ยับยั้งสารก่อมะเร็ง

มีการรายงานถึงคุณสมบัติทางอายุรเวชของเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตในการต่อต้านมะเร็งหรือระงับมะเร็ง โดย Adachi (1992) และ Shah (2001) กล่าวว่า การต่อต้านมะเร็งของ *Lactobacillus* เกิดจากการกระตุ้นให้เกิดระบบภูมิคุ้มกัน การลดการผลิตสารก่อมะเร็งโดยเอนไซม์ carcinogen-producing fecal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

enzyme ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ในลำไส้ คือ β -glucuronidase, nitroreductase และ azoreductase ซึ่งเอนไซม์ทั้งสามชนิดมีความสามารถในการยับยั้งหรือระงับสารก่อมะเร็งได้

2.5.4 ลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด

Shah (2001) กล่าวว่าผู้ที่ดื่มโยเกิร์ตที่หมักด้วย *Lactobacillus* สายพันธุ์ทั่วไปวันละ 8.33 ลิตร จะมีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดต่ำ อาจกล่าวได้ว่า *Lactobacillus* สามารถทำให้ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดลดลง และลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจที่เกิดจากระดับโคเลสเตอรอลสูง โดยเชื่อว่ามีสารเคมีคือ hydroxy methyl glutarate ที่จุลินทรีย์ในการผลิตโยเกิร์ตสร้างขึ้นมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์โคเลสเตอรอลในร่างกายซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mann (1974) ที่พบว่าเมื่อบริโภคโยเกิร์ตทั้งชนิดไขมันต่ำหรือไขมันสูงพบว่า ปริมาณของโคเลสเตอรอลลดลง โดยการตรวจหาสารที่มีชื่อว่า radiolabeled acetate แสดงว่ามีผลต่อการยับยั้งเอนไซม์ hydroxyl methyly glutaryl Co A reductase ในขณะที่ Sander (2000) ได้ทำการศึกษาปริมาณโคเลสเตอรอลในร่างกาย โดยการใช้อาสาสมัคร 2 กลุ่มจำนวน 20 คน บริโภคโยเกิร์ต 2 ชนิดคือ ผ่านการฆ่าเชื้อกับไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เปรียบเทียบกับการบริโภคนมสด 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลาหนึ่ง พบว่า อาสาสมัครกลุ่มที่บริโภคโยเกิร์ตทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณโคเลสเตอรอลต่ำกว่าอาสาสมัครกลุ่มที่บริโภคนมสดถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 1 สัปดาห์

2.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต (Texture of Yoghurt)

ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดคงตัวซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (yoghurt quality) ได้แก่ ความเรียบเนียน (smoothness) ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (firmness) ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ต้องไม่มีของเหลวสีเหลืองแยกชั้น (syneresis or wheying off) เมื่อคนหรือผสมจะได้โยเกิร์ตที่มีลักษณะเป็นครีมเนียน (creaminess) (Tamime and Robinson, 1985) ซึ่งลักษณะดังกล่าว มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายด้าน เช่น ปริมาณโปรตีนนม (protein content) ทั้งนี้ Gonzalez-Martinez *et al.*, (2002) ศึกษาถึงการเพิ่มปริมาณโปรตีนโดยการเติมเวย์ผง (whey powder) พบว่า เมื่อใช้เวย์ในโยเกิร์ตมากกว่า 5.02 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำให้เปอร์เซ็นต์การกักเก็บเวย์ (whey holding capacity) ในโครงสร้างดีขึ้น และโยเกิร์ตที่มีการเติมนมผงขาดมันเนย 10-14 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ช่วยเพิ่มการกักเก็บเวย์สูงขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งคุณภาพดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตเนื่องจากเคซีนจับตัวเป็นโครงสร้างแบบร่างแห (network structure) สามารถกักเก็บเวย์ไว้ได้ ซึ่งมีผลให้โยเกิร์ตมีความแน่นมากขึ้น (Cheng *et al.*, 2002) เมื่อมีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ในการผลิตโยเกิร์ต ทำให้เกิดการสร้างสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ออกมามากนอกเซลล์ (exopolysaccharides : EPS) ซึ่งมีลักษณะเป็นยางเหนียว (ropyness) เพิ่มความหนืดของโยเกิร์ต (viscosity) สามารถลดการแยกชั้นของเวย์

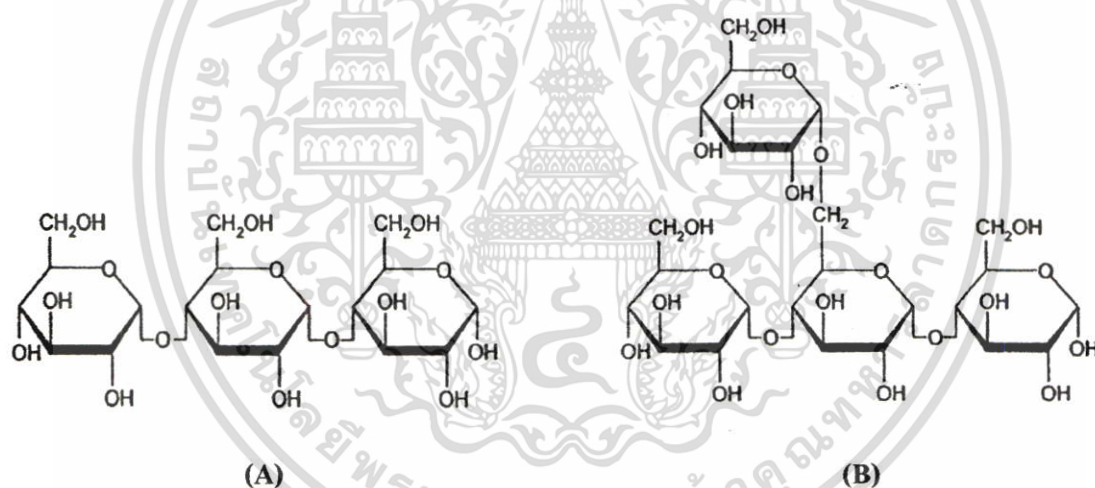
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ไม่มีผลต่อความแน่นของลิมโบเกร็ด (Marshall and Rawson, 1999) ดังนั้น การเติมโพลีแซคคาไรด์บางชนิด เช่น กัม เจลาติน คาราจีแนน เพคติน อัลจีเนต และสตาร์ชหรืออนุพันธ์ของสตาร์ช เป็นต้น (Philippe and Mollet, 2001) เพื่อเพิ่มเนื้อสัมผัส ความคงตัว และความข้นหนืด ซึ่งเป็นคุณสมบัติของโพลีแซคคาไรด์

ปัจจุบันในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตนิยมใช้เพคติน เจลาติน หรือ คาราจีแนนเป็นสารให้ความคงตัว เนื่องจากโพลีแซคคาไรด์ดังกล่าวมีคุณสมบัติที่สามารถทนสภาพความเป็นกรดของโยเกิร์ตได้ (วรารุณี และ รุ่งนภา, 2532) เพื่อเป็นการลดต้นทุน จึงได้มีการนำสตาร์ชและอนุพันธ์มาผ่านการคัดแปรคุณสมบัติบางประการให้เหมาะสมต่อการใช้งาน

2.6.1 สตาร์ชและอนุพันธ์ (Starch and Derivatives)

สตาร์ชและอนุพันธ์ของสตาร์ชที่พบในพืชแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะคือ มีโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกัน และเมื่อสตาร์ชจะมีขนาดรูปร่าง ส่งผลให้มีคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพที่แตกต่างกัน (นิธิยา, 2543)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของอะมิโลส (A) และ โครงสร้างของอะมิโลเพคติน (B)

ที่มา : ก้านณรงค์ และเกื้อกุล (2543)

ภายในเมล็ดสตาร์ชประกอบด้วยโพลีเมอร์กลูแคน 2 ชนิด คือ อะมิโลส (amylose) เป็นโพลีเมอร์สายยาวของ α -(1 \rightarrow 4) กลูแคน และอะมิโลเพคติน (amylopectin) เป็นสารแขนงที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ต่อกันด้วยพันธะ α -(1 \rightarrow 4) เป็นสายตรงและมีพันธะ α -(1 \rightarrow 6) เป็นสายแขนง (ภาพที่ 2.2) เม็ดสตาร์ชส่วนใหญ่จะมีอะมิโลสเป็นองค์ประกอบอยู่ภายในเม็ดสตาร์ชประมาณ 20-39 เปอร์เซ็นต์ และมีอะมิโลเพคตินประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ข้าวโพดบางสายพันธุ์ที่เม็ดสตาร์ชประกอบด้วยอะมิโลเพคติน 100 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีอะมิโลสเลย เรียกว่า waxy maize (Wurzburg, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบสำคัญของการผลิตสตาร์ช ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวเจ้า มันฝรั่ง มันเทศ และอื่นๆ โดยที่สตาร์ชธรรมชาติ (native starch) มีคุณสมบัติบางประการที่ไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น มีช่วงความหนืดที่แคบ มีความคงตัวต่ำในสภาวะที่เป็นกรดในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหรือซอสมะเขือเทศ หรือในสภาวะที่มีการใช้ความร้อนสูง เช่น อาหารกระป๋อง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เพื่อเป็นการนำสตาร์ชธรรมชาติมาใช้ประโยชน์อย่างสูงสุด จึงได้มีการคัดแปรคุณสมบัติบางประการของสตาร์ชธรรมชาติให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น เช่น ละลายได้ในน้ำเย็น ทนต่อการใช้ความร้อนสูงได้นานขึ้น ลดปริมาณการเกิดการคืนตัว ลดการจับน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ เพิ่มสมบัติการรวมตัวกับน้ำ เพิ่มเสถียรภาพของการแช่แข็ง-ละลายน้ำแข็ง ลดอุณหภูมิของการเกิดเจล เพิ่มความสามารถในการเป็นสารเพิ่มความหนืด และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น (อภิศักดิ์, 2543 ; วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532) สตาร์ชคัดแปร หรือสตาร์ชที่ผ่านกระบวนการ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี มาเปลี่ยนสมบัติทางเคมี และ/หรือ ทางกายภาพ จากเดิมด้วยความร้อน และ/หรือ เอนไซม์ และ/หรือ สารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543) คุณลักษณะเกณฑ์ที่ต่างกันของสตาร์ชคัดแปรแต่ละประเภทจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สตาร์ชคัดแปรสามารถจำแนกได้ตามวิธีการคัดแปรดังนี้คือ การคัดแปรทางเคมี (chemical modification) การคัดแปรทางกายภาพ (physical modification) และการคัดแปรทางเทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology modification) ซึ่งสตาร์ชคัดแปรที่นิยมนำมาใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหารนั้นจะได้จากแป้งคัดแปรที่ผ่านกระบวนการทางเคมี โดยทำปฏิกิริยากันระหว่าง สตาร์ชกับสารเคมีในสภาพแขวนลอยที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน (45-50 องศาเซลเซียส) (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543) การแทนที่ของสารเคมีในการคัดแปรสตาร์ชเกิดขึ้นที่อสัณฐาน (amorphous) อะมิโลสและอะมิโลเพคติน สามารถแบ่งปฏิกิริยาการคัดแปรได้ 2 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่ ปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชัน (etherification) สตาร์ชเอสเทอร์ที่นิยมใช้ในทางการค้า ได้แก่ สตาร์ชแอซีเทต สตาร์ชฟอสเฟตโมโนเอสเทอร์ เป็นต้น คุณสมบัติของสตาร์ชอีเทอร์ คือ สตาร์ชเกิดการคืนตัวน้อยลง แต่ละหมู่ที่เข้ามาแทนที่จะทำให้สตาร์ชมีประสิทธิภาพในการลดการคืนตัวของสตาร์ชได้ต่างกัน อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ต่ำลง ทำให้สตาร์ชสามารถพองตัวได้ในน้ำเย็น สตาร์ชอีเทอร์ที่ได้มีความเหนียว คงตัว ยืดหยุ่น มีความต้านทานต่อการทำงานของกรด เบส และสารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) อย่างอ่อนได้ สามารถใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด และ ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน (esterification) คุณสมบัติของ สตาร์ชเอสเทอร์ คือ มีความหนืดสูงกว่าแป้งปกติ และรักษาความหนืดไว้ได้ดี เมื่อเกิดเป็นเจลจะมีความใส มีความอ่อนตัวและยืดเกาะเป็นเนื้อเดียวกัน คงตัวต่อสภาวะการแช่แข็งและการละลายเหมาะสำหรับการใช้ในอุตสาหกรรมแช่แข็ง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารช่วยแตกตัวที่ดีและมีราคาถูก จึงได้มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยาเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Williams *et al.*, (2003) ศึกษาการเติมสตาร์ชข้าวโพดคั่วแปรรูปเป็นสารให้ความคงตัวในโยเกิร์ต ปริมาณ 0-2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่า สตาร์ชข้าวโพดคั่วแปรรูปมีผลต่อระยะเวลาในการหมัก เล็ก น้อย ทำให้มีความชื้นหนักเพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์กักเก็บเวย์ลดลง และ Schmidt *et al.*, (2001) พบว่าโยเกิร์ตที่ใช้สตาร์ชสาธิตธรรมชาติ (native wheat starch) สตาร์ชสาธิตคั่วแปรรูป (modified wheat starch) และ เจลาตินเป็นสแตบิลไลเซอร์ พิเศษของโยเกิร์ตไม่แตกต่างกัน แต่ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตที่ใช้แป้งสาธิต คั่วแปรรูปมีค่าความแน่นเท่ากับโยเกิร์ตที่ใช้เจลาตินคือ 44.17 และ 37.98 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ สตาร์ชและอนุพันธ์มันสำปะหลังคั่วแปรรูปจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นครีมเนียน ให้กลิ่นรสโยเกิร์ตที่ สะอาด (clean flavor) เนื่องจากสตาร์ชมันสำปะหลังคั่วแปรรูปไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอม โดยปริมาณการ ใช้ของสตาร์ชมันสำปะหลังคั่วแปรรูปอยู่ระหว่าง 1-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

2.7 โครงสร้างจุลภาคของโยเกิร์ต (Microstructure)

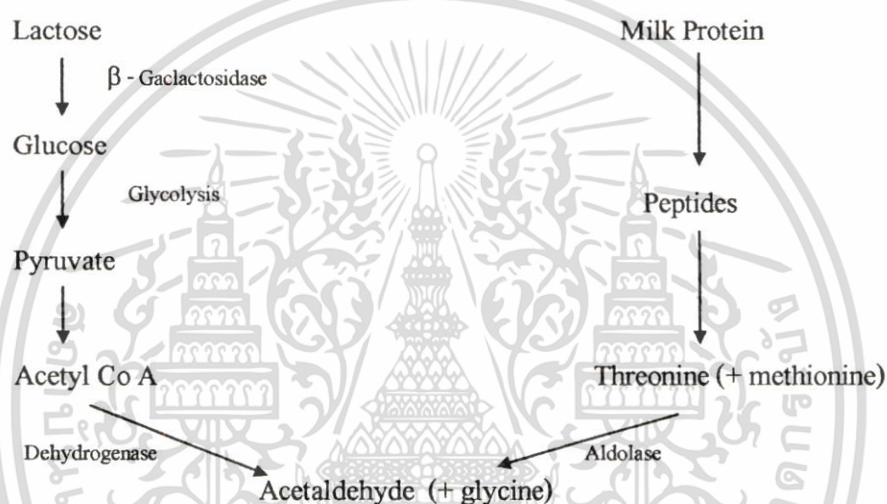
การศึกษาโครงสร้างจุลภาคของโยเกิร์ต (microstructure) ของนมและผลิตภัณฑ์ อาทิ นม โยเกิร์ต เนยแข็ง เป็นต้น สามารถอธิบายได้ถึงโครงสร้าง ลักษณะของเคซีนในผลิตภัณฑ์ (Fizman *et al.*, 1999) Harte *et al.* (2002) ศึกษาถึงผลของ High-hydrostatic pressure และกระบวนการให้ความร้อน (thermal process) ต่อโครงสร้างระดับโมเลกุลของโยเกิร์ตด้วยเทคนิคของ Scanning Electron Microscopy (SEM) ในขณะที่ Puvanenthiran *et al.* (2002) ใช้เทคนิคของ SEM ในการแสดงถึงลิ่มโยเกิร์ตที่แน่นขึ้นเมื่อมีการใช้โปรตีนเวย์เข้มข้น (whey protein concentrate, WPC) และ Hassan *et al.* (1995) ได้ทำการศึกษาถึงโครงสร้างระดับโมเลกุลของโยเกิร์ต ด้วยเทคนิค Confocal Scanning Electron Microscopy (CSEM) สามารถมองเห็นภาพระดับสามมิติของโครงสร้างโยเกิร์ต (three-dimensional) และลักษณะรูปร่างของเชื้อจุลินทรีย์ (Ozer *et al.*, 1999 ; Shew and Hodge, 1950)

2.8 การสร้างกลิ่นรสของโยเกิร์ต (Formation of Flavor Compound in Yoghurt)

สามารถจำแนกสารประกอบที่ให้กลิ่นรสในโยเกิร์ต ได้ 4 ประเภท คือ 1) กรดที่มีจุดเดือดสูง หรือกรดที่ไม่ระเหย (non-volatile acid) ได้แก่ กรดแลคติก กรดไพรูวิก กรดออกซาลิก 2) กรดที่มีจุดเดือดต่ำหรือกรดที่ระเหยได้ (volatile acid) ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดโพรพิโอนิก 3) สารประกอบคาร์บอนิล (carbonyl compound) ได้แก่ อะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล อะเซโตอิน เอธานอล และ 4) สารประกอบอื่น ๆ เช่น กรดอะมิโน กรดไขมัน กลิ่นรสที่สำคัญในโยเกิร์ตได้จากอะเซตัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารประกอบคาร์บอนิล มีสูตรโมเลกุล C_2H_4O จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบอัลดีไฮด์ (aldehyde) มีน้ำหนักโมเลกุล 44.0 จุดเดือดประมาณ 20.1 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเป็นสารให้กลิ่นในอุณหภูมิห้อง (ประคิษฐ์, 2530) พบว่าสารดังกล่าวมีกลิ่นคล้ายถั่ว (nutty flavor) (Friedrich and Acree, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างอะเซตัลดีไฮด์ อาจได้จากไพรูเวทและ/หรือกรดอะมิโน (ภาพที่ 2.3) โดยอาศัยการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้ *S. thermophilus* เริ่มผลิตกรดแลคติกในปริมาณมาก โดยเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถเจริญได้รวดเร็วจนกระทั่งพีเอชเท่ากับ 5.5 สถานะดังกล่าวมีออกซิเจนเหลืออยู่ในปริมาณเล็กน้อย รวมทั้งมีการผลิตกรดที่มีจุดเดือดต่ำหรือกรดที่ระเหยได้ เช่น ฟอรั่มิก ซึ่งกระตุ้นการเจริญของ *L. bulgaricus* ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนี้จะย่อยโปรตีนนมได้เป็นกรดอะมิโน เช่น ทรีโอนีน เมไทโอนีน และ วาลีน เชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* สามารถนำกรดอะมิโนไปใช้ในการเจริญต่อไป นอกจากนี้กรดอะมิโนดังกล่าวถูกเปลี่ยนไปเป็นอะเซตัลดีไฮด์ และ กลูซิโน โดยอาศัยเอนไซม์ อัลโดเลส (aldolase) (Spreer, 1998)



ภาพที่ 2.3 ปฏิกริยาการสร้างอะเซตัลดีไฮด์จากแลคโตสและกรดอะมิโน

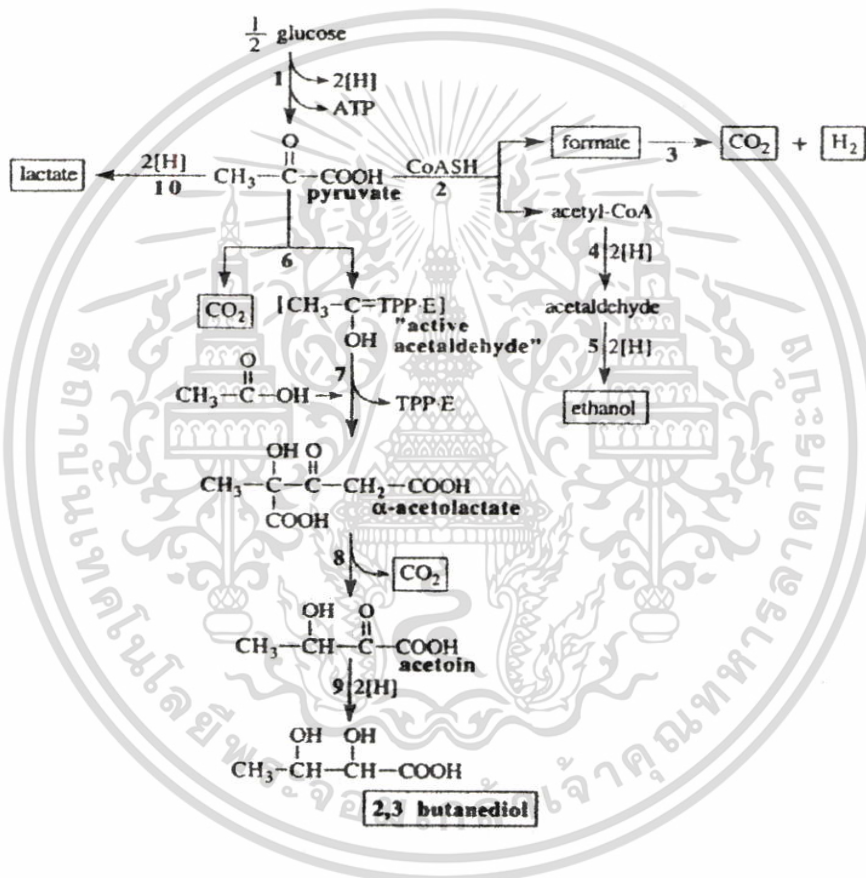
ที่มา : คัดแปลงจาก Spreer (1998)

ปฏิกริยาการสร้างอะเซตัลดีไฮด์จากไพรูเวท (ภาพที่ 2.4) จะเริ่มต้นจากแลคโตสถูกเปลี่ยนไปเป็นอะเซตัลดีไฮด์และเอธานอล โดยเข้าสู่วัฏจักรของไกลโคลิซิส จากนั้นไพรูเวทถูกเปลี่ยนไปเป็นอะเซทิล โค เอ (Acetyl Co A) โดยอาศัยเอนไซม์ ไพรูเวท ฟอรั่มท ไลเอส (pyruvate-formate lyase) หรือ เอนไซม์ไพรูเวท ดีไฮโดรจีเนส (pyruvate dehydrogenase) และต่อมา อะเซทิล โค เอ ถูกเปลี่ยนไปเป็นอะเซตัลดีไฮด์ โดยอาศัยเอนไซม์ อะเซตัลดีไฮด์ ดีไฮโดรจีเนส (acetaldehyde dehydrogenase)

สารประกอบเอธานอลสามารถพบได้ในปริมาณเล็กน้อยในโยเกิร์ต ทั้งนี้เอธานอลผลิตได้จากอะเซตัลดีไฮด์โดยอาศัยเอนไซม์ แอลกอฮอล์ ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehydrogenase) (David, 1995) ปฏิกริยาการสร้างอะเซตัลดีไฮด์และเอธานอล ดังแสดงในภาพที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

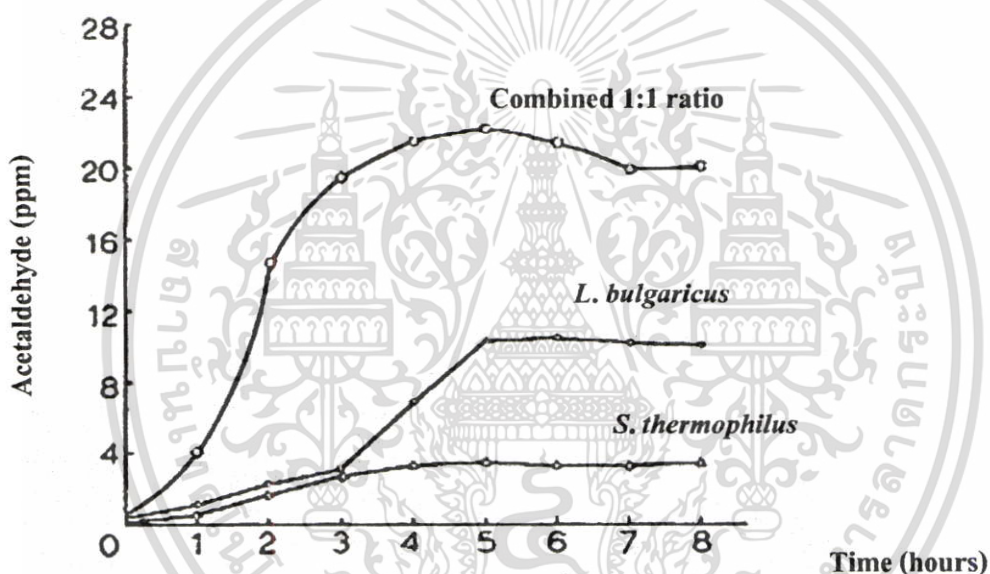
กระบวนการหมักโยเกิร์ตมีความสัมพันธ์กับปริมาณของอะเซตัลดีไฮด์ และ เอทานอลที่เกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Hugenholtz *et al* (2000) ซึ่งพบว่าอะเซตัลดีไฮด์มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิม 5-10 เท่าในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีกรดอะมิโนทรีโอนีน 10 มิลลิโมล (mM) กรดอะมิโนเมไธโอนีนยังสามารถผลิตอะเซตัลดีไฮด์ได้โดยอาศัยการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Tamime and Robinson (1985) ที่ตรวจพบปริมาณอะเซตัลดีไฮด์ 10-14 ppm จากการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* บนอาหารเหลวที่ประกอบด้วยเมธาโอนีน แต่ไม่พบอะเซตัลดีไฮด์ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปราศจากเมไธโอนีน



ภาพที่ 2.4 ปฏิกิริยาการสร้างอะเซตัลดีไฮด์และเอทานอล โดยเอนไซม์ (2) pyruvate-formate lyase (4) acetaldehyde dehydrogenase และ (5) alcohol dehydrogenase
ที่มา : David (1995)

การศึกษาคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต พบว่าอะเซตัลดีไฮด์ในปริมาณ 30-35 ppm ในโยเกิร์ต เป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดี (Gaafar, 1992) ขณะที่ Hamdan *et al* (1971) ศึกษาการใช้เชื้อจุลินทรีย์ *L. bulgaricus*, *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ร่วมกับ *S. thermophilus* ในการผลิตโยเกิร์ตที่มีผลต่อปริมาณของอะเซตัลดีไฮด์ พบว่า *L. bulgaricus* สามารถผลิตอะเซตัลดีไฮด์ได้ในปริมาณที่ต่ำกว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* แต่ปริมาณของสารดังกล่าวยังน้อยกว่าเมื่อใช้เชื้อจุลินทรีย์ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ร่วมกันในอัตราส่วน 1:1 (ภาพที่ 2.5) การสร้างอะเซตัลดีไฮด์จะเริ่มเมื่อโยเกิร์ตมีค่าความเป็นกรดค่าประมาณ 5.0 (Ryssted *et al.*, 1987) และสารดังกล่าวนี้มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งค่าความเป็นกรดเท่ากับ 4.3-4.4 จากนั้นปริมาณอะเซตัลดีไฮด์จะเริ่มคงที่และลดลงที่ค่าความเป็นกรดค่า ประมาณ 4.0 ยังพบว่าเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* เท่านั้นที่สามารถผลิตไดอะเซทิลได้ และปริมาณที่ผลิตได้มากที่สุดเท่ากับ 1.0 ppm (Winterhalter and Schreier, 1993) นอกจากนี้พบว่าปัจจัยของการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่ม LAB ที่อาศัยชีวะ ปริมาณน้ำตาลที่ใช้มากเกินไป ปริมาณกรดซิตริกในนม และการเก็บรักษาโยเกิร์ต มีผลต่อการลดปริมาณอะเซตัลดีไฮด์ ดังแสดงในภาพที่ 2.5 (Richelieu *et al.*, 1997 ; Gaafar, 1992)



ภาพที่ 2.5 ปริมาณอะเซตัลดีไฮด์ในโยเกิร์ตเมื่อเปรียบเทียบชนิดของเชื้อ *L. bulgaricus*, *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ร่วมกับ *S. thermophilus* ในอัตราส่วน 1:1
ที่มา : Hamdan *et al* (1971)

สารประกอบคาร์บอนอีกชนิดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญคือ ไดอะเซทิล (2,3-butanedione) ซึ่งเป็นตัวที่ให้กลิ่นรสคล้ายเนย (buttery flavor) ในโยเกิร์ตแต่ไม่เด่นชัดเท่ากับอะเซตัลดีไฮด์ เพราะมีปริมาณที่น้อยกว่ามาก Monnet *et al* (1994) ได้ศึกษาชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการสร้างไดอะเซทิล และพบว่าเชื้อจุลินทรีย์ *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* สามารถผลิตได้ในปริมาณมาก ทั้งนี้ Tamime and Robinson (1985) รายงานว่าพบปริมาณของอะเซตัลดีไฮด์ 2.0-41.0 และไดอะเซทิล 0.4-0.9 ppm ดังแสดงในตารางที่ 2.2

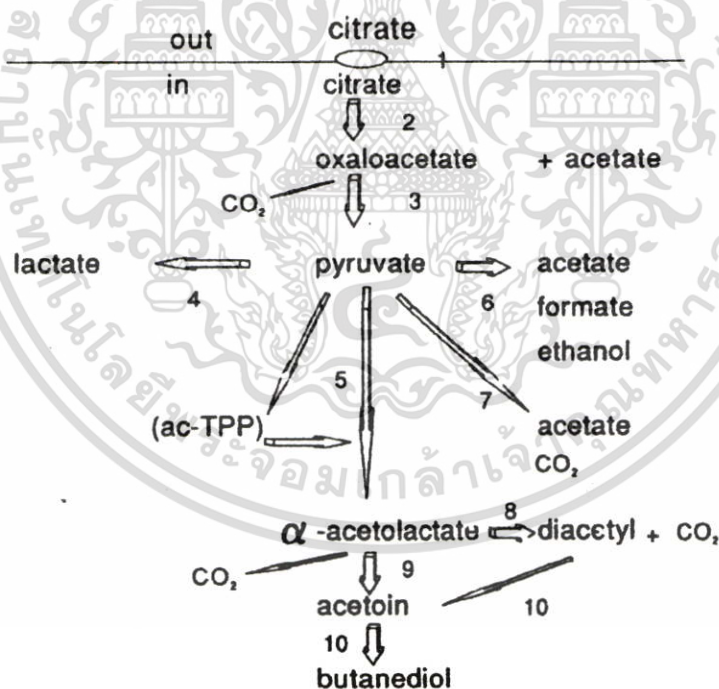
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ความเข้มข้นของสารประกอบคาร์บอนิลแต่ละชนิดของเชื้อ โยเกิร์ต (ppm)

ชนิดของเชื้อ	อะเซตัลดีไฮด์	อะเซโตน	อะเซโตนีน	ไดอะเซทิล
<i>S. thermophilus</i>	1.0-8.3	0.2-5.2	1.5-7.0	0.1-13.0
<i>L. bulgaricus</i>	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 : คัดแปลงจาก Tamime and Robinson (1985)

ปฏิกิริยาการสร้างไดอะเซทิลจากไพรูเวท โดยมีซิเตรท (citrate) เป็นสารตั้งต้น (precursor) ซึ่งซิเตรทสามารถเปลี่ยนไปเป็นไพรูเวทโดยเอนไซม์ ซิเตรท ไลเอส (citrate lyase) และเอนไซม์ ออกซาโลอะซิเตท ดีคาร์บอกซิเลส (oxaloacetate decarboxylase) ไพรูเวทถูกเปลี่ยนไปเป็น แอลฟา อะซิโตนแลคเตท (α -acetolactate) โดยเอนไซม์แอลฟา อะซิโตนแลคเตท ซินเทส (α -acetolactate synthase) ก่อนที่โมเลกุลของ แอลฟา อะซิโตนแลคเตทจะสลาย (spontaneous chemical disintegration) ได้เป็นไดอะเซทิล(David, 1995) แสดงดังภาพที่ 2.6



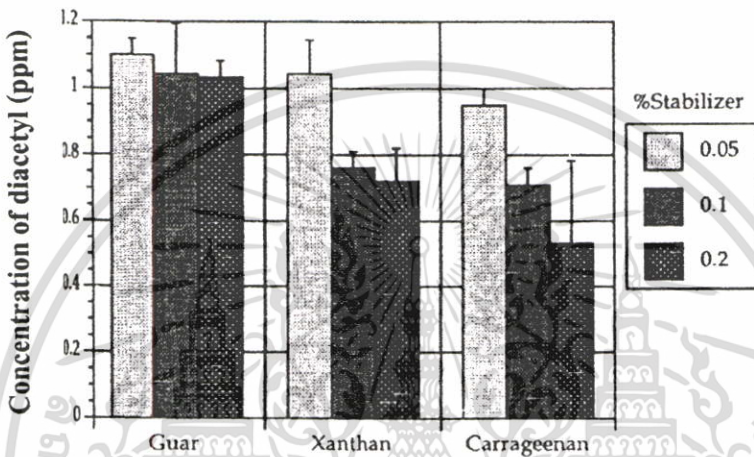
ภาพที่ 2.6 ปฏิกิริยาการสร้างไดอะเซทิล โดยเอนไซม์ (2) citrate lyase (3) oxaloacetate decarboxylase

(5) α -acetolactate synthase (8) spontaneous chemical disintegration

ที่มา : Teuber (1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ Rankin and Bodyfelt (1996) ที่ได้ศึกษาผลของสารให้ความคงตัวในกลุ่มของไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ กัวร์กัม แซนแทนกัม และ คาราจีแนน โพลีแซคคาไรด์ดังกล่าวในปริมาณ 0.05, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ ในระบบจำลองของนม (model dairy system) ที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของไดอะเซทิล ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี Dynamic Headspace gas chromatography พบว่าความเข้มข้นของไดอะเซทิลมีปริมาณลดลงเมื่อใช้สารให้ความคงตัวในปริมาณมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความหนืดของสารให้ความคงตัวมีผลต่อความเข้มข้นของไดอะเซทิล แสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ผลของกัวร์กัม แซนแทนกัม และคาราจีแนน ปริมาณ 0.05, 0.1 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณ ไดอะเซทิลในแบบจำลองของนม
ที่มา: Rankin and Bodyfelt (1996)

2.9 การวิเคราะห์กลิ่นรสด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี (Analysis of Flavor by Gas Chromatography)

กลิ่นรสในโยเกิร์ตคั่งที่ได้กล่าวในหัวข้อ 2.8 สามารถใช้เป็นดัชนี (index) บ่งบอกถึงคุณภาพเนื่องจากปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบระเหยที่ตรวจได้มีค่าในระดับน้อย (ppm) ความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์และไดอะเซทิล ประมาณ 7-10 และ 1.0 ppm จึงจัดได้ว่าเป็นโยเกิร์ตที่มีคุณภาพดี (Tamime and Robinson, 1985 ; Stanley, 1995) การวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตด้วยเทคนิคแตกต่างกัน เช่น Xanthopoulos *et al.* (1994) ใช้เทคนิค Headspace Gas Chromatography (HS-GC) เปรียบเทียบกับ colorimetric ในการวิเคราะห์สารหอมระเหย (aroma volatile compound) ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต เนยแข็ง และเนย พบว่าเทคนิค HS-GC สามารถวิเคราะห์เชิงคุณภาพที่ให้ผลเป็นที่แน่นอนและใช้ระยะเวลาของการวิเคราะห์สั้นกว่าเทคนิค colorimetric. เทคนิค HS-GC จึงได้รับความนิยมในการวิเคราะห์สารประกอบในตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหาร Thomas (2002) อธิบายถึง

เทคนิคของ static headspace gas chromatography ว่าเป็นเทคนิควิเคราะห์กลิ่นรสในลักษณะของไอระเหย (vapor phase) ของตัวอย่าง โดยใช้ความร้อนเพื่อทำให้กลิ่นรสเกิดการระเหยขึ้นมาบริเวณเหนือตัวอย่าง (headspace) จนไอระเหยมีความอิ่มตัว ก่อนฉีดไอระเหยที่ได้เข้าสู่เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟีในปริมาณ 0.2-1 มิลลิลิตร เทคนิคนี้สามารถวิเคราะห์กลิ่นรสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆ ได้ ต้นทุนในการวิเคราะห์ต่ำ การเตรียมตัวอย่างง่ายไม่ซับซ้อน ไม่มีการใช้ตัวทำละลายเนื่องจากตัวอย่างไม่จำเป็นต้องผ่านวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย เทคนิค dynamic headspace gas chromatography และ Purge and Trap headspace chromatography มีความคล้ายกัน (Laye *et al.*, 1993) โดยใช้ก๊าซตัวพา (carrier gas) ผ่านเข้าไปในภาชนะที่บรรจุตัวอย่าง เพื่อให้ก๊าซตัวพาเป็นตัวนำสารให้กลิ่นรสที่อิ่มตัวผ่านเข้าสู่เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี ภาชนะที่บรรจุตัวอย่างมีขนาดระหว่าง 100-1000 มิลลิลิตร ความแตกต่างของเทคนิคทั้งสองคือ เทคนิค dynamic headspace gas chromatography เหมาะสมกับตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นของแข็งหรือกึ่งแข็งกึ่งเหลว เช่น เนยแข็ง โยเกิร์ต (Laye *et al.*, 1993, Rankin and Bodyfelt, 1996) ขณะที่เทคนิค Purge and Trap headspace chromatography ใช้กับตัวอย่างที่มีลักษณะเหลว เช่น นม เบียร์ ไวน์ (Thomas, 2002) นอกจากนี้ การใช้สามารถใช้เทคนิคทั้งสองดังกล่าวข้างต้นร่วมกันได้ ซึ่ง Ott *et al.* (1997) พัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์สารให้กลิ่นในโยเกิร์ต โดยวิธี static และ dynamic headspace ร่วมกันในการแยกสารประกอบให้กลิ่นภายใต้สภาวะสุญญากาศและนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี นอกจากนั้นยังสามารถใช้ HS-GC ช่วยในการวิเคราะห์กลิ่นรสที่ผิดปกติ (off-flavor) ในผลิตภัณฑ์เบียร์ เนื่องจากมีปริมาณอะเซตัลดีไฮด์มากเกินไป จนทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ (Anonymous, 2000)

โดยทั่วไป เทคนิค HS-GC สามารถใช้ได้กับนมและผลิตภัณฑ์ เครื่องดื่ม ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้อีกหลายประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการในการเตรียมตัวอย่าง เช่น Yasuhara and Shibamoto (1989) ได้วิเคราะห์สารประกอบให้กลิ่นรสในเนื้อหมูโดยเทคนิควิธี HS-GC พบว่าการเตรียมเนื้อหมูโดยการให้ความร้อนกับเนื้อหมู และเมื่อนำมาวิเคราะห์สารประกอบให้กลิ่นประเภทอัลดีไฮด์และคีโตนด้วย HS-GC สามารถวิเคราะห์สารประกอบให้กลิ่นรสได้เร็วขึ้น

นอกจากนี้ได้มีการใช้ Solid Phase Microextraction (SPME) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยก๊าซโครมาโตกราฟี (Aardt *et al.*, 2001, Goupry *et al.*, 2000) ในการวิเคราะห์ปริมาณอะเซตัลดีไฮด์ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์นม น้ำดื่ม และอาหารหมัก หรือ การใช้ Gas Chromatography-Olfactometry (GC/O) ซึ่งเป็นวิธีการใช้ GC ร่วมกับประสาทสัมผัสของมนุษย์ เป็นวิธีการที่อาศัยผู้เชี่ยวชาญอย่างมากในการวิเคราะห์ เนื่องจากสามารถเกิดความผิดพลาดได้ง่าย (Terry, 1993) หรือ gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS) สำหรับการวิเคราะห์กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์เนยแข็ง (Fridrich *et al.*, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัสดุและอุปกรณ์

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 นมสดยูเอชที ชนิดไขมันต่ำ (Low Fat) ไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ (Formost., Thailand)
- 3.1.2 น้ำตาลทรายขาว Total Solid (Ts) 100 เปอร์เซ็นต์
- 3.1.3 หางนมผงขาดมันเนย Total Solid (Ts) 97 เปอร์เซ็นต์
- 3.1.4 สตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว (National and Chemical Starch Co., Thailand)
- 3.1.5 เชื้อจุลินทรีย์ (DVS-Freeze dried) YC เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก ABT และ ABY (Chr. Hansen, Thailand)

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์

- 3.2.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล (AR. Grade, Merck, Germany)
- 3.2.2 ฟีนอล์ฟทาลิน 0.1% ในเอทานอล
- 3.2.3 สารละลายมาตรฐานเอทิลแอลกอฮอล์ (G.C. Grade, Merck, Germany)
- 3.2.4 สารละลายมาตรฐานอะเซตลดีไฮด์ (G.C. Grade, Merck, Germany)
- 3.2.5 สารละลายมาตรฐาน 2,3-butanedione (G.C. Grade, Sigma-Aldrich, Germany)
- 3.2.6 M-17 Agar (Chr. Hansen, Thailand)
- 3.2.7 MRS Agar (Chr. Hansen, Thailand)
- 3.2.8 Lactose
- 3.2.9 Hydrochloric acid
- 3.2.10 Tryptone
- 3.2.11 Yeast Extract
- 3.2.12 Tween 80
- 3.2.13 di-Potassium hydrogen phosphate
- 3.2.14 Sodium acetate. 3H₂O
- 3.2.15 di-Ammonium hydrogen citrate
- 3.2.16 Magnesium sulphate.7H₂O
- 3.2.17 Manganese(II) sulphate.H₂O
- 3.2.18 Agar

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.2.19 Maltose
- 3.2.20 Glucose
- 3.2.21 Dichloxallin
- 3.2.22 Lithium Chloride
- 3.2.23 Cystein hydrochloride
- 3.2.24 Peptone

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 3.3.1 หม้อน้ำสองชั้นขนาดความจุ 5 ลิตร
- 3.3.2 ขวดแก้วขนาด 212 มิลลิลิตร
- 3.3.3 ขวดแก้ว (vial) พร้อม rubber septum ขนาด 25 มิลลิลิตร
- 3.3.4 ไมโครไซริงค์ (micro syringe) ขนาด 10 ไมโครลิตร
- 3.3.5 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) (Memmert 100 °C, Germany)
- 3.3.6 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) (WTC Binder 43 °C, Germany)
- 3.3.7 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BP 3100S, Germany)
- 3.3.8 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, BP 220S, Germany)
- 3.3.9 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) (Inolab level 1, Germany)
- 3.3.10 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA.XT2i, Germany)
- 3.3.11 Scanning Electron Microscope (SEM) (Jeol, JSM 5410 LV, Japan)
- 3.3.12 Gas Chromatography (Hewlett Packard, model HP 6890, USA.)
- 3.3.13 Autosampler (Hewlett Packard, model HP 7694, USA.)

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

- 3.4.1 ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 3.4.2 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 3.4.3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 ศึกษาพฤติกรรมการผลิตกรดของเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus*

ผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำ (ดังแสดงในภาคผนวก ก) นำน้ำมันไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 43 ± 2 องศาเซลเซียส เติมเชื้อโยเกิร์ต *S. thermophilus* ร่วมกับ *L. bulgaricus* ในรูปผงสำเร็จรูป (freeze dried) ปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) บ่มที่อุณหภูมิ 43 ± 2 องศาเซลเซียส ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตโดยการสุ่มตัวอย่างโยเกิร์ตที่เวลาบ่มนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10, และ 12 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (วิธีการแสดงในภาคผนวก ข) ได้แก่ ปริมาณความเป็นกรด โดยไตรเตรทตัวอย่างโยเกิร์ตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยใช้ฟีนอล์ฟทาไลน์เป็นอินดิเคเตอร์ และวัดพีเอช ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดค่า (pH meter) (Schmidt *et al.*, 2001)

3.5.2 ศึกษาชนิดและปริมาณสารที่ใช้เป็นสารให้ความคงตัวในระดับที่เหมาะสมในโยเกิร์ตชนิดกึ่งไขมันต่ำ

ผลิตโยเกิร์ตไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับข้อ 3.5.1 เติมน้ำตาลทราย 5 เปอร์เซ็นต์ หางนมผงขาดมันเนย 3 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) และสารขบวนการค้าจำนวน 3 ชนิดคือ สารขมมันสำปะหลัง ดัดแปร สารขมข้าวโพด หรือ สารขมข้าวเหนียว ในปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ในการผลิตนำส่วนผสมแห้ง (dry ingredients) มาผสมกันก่อนเพื่อให้ย่อยต่อการละลาย ไฮโมจิไนส์ส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องปั่น ทำให้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 42-45 องศาเซลเซียส เติมเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) หมักที่อุณหภูมิ 43 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (เวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.5.1) แล้วทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความเป็นกรด วัดพีเอช วิเคราะห์ปริมาณของอะเซตลดีไฮด์ ไดอะเซทิล และเอธานอล (ดัดแปลงจาก Ott *et al.*, 1999) คุณภาพทางกายภาพที่ทำการวิเคราะห์ (วิธีการแสดงในภาคผนวก ข) ได้แก่ วัดความแน่นของลิ้มรส (Bonczar *et al.*, 2002) วัดเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของเวย์ (Katsiari *et al.*, 2002) วัดเปอร์เซ็นต์การกักเก็บเวย์ (Harte *et al.*, 2003) ตรวจโครงสร้างทางกายภาพด้วย Scanning Electron Microscopy (SEM) (Tungjaroenchai and White, 2003) และประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (Hedonic Preference Test 7 scale) ในด้าน สี ความแน่นเนื้อ กลิ่น โยเกิร์ต ความเรียบเนียน ความเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ศึกษาชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าต่อคุณภาพของโยเกิร์ต

ผลิตโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์เช่นเดียวกับหัวข้อ 3.5.2 โดยปราศจากสตาร์ช เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ YC (*Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus*), ABY (*Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis*) และ ABT (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis*) ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ภายหลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 43±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมงวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีได้แก่ ปริมาณความเป็นกรด วัดพีเอช วิเคราะห์ปริมาณของอะเซตัลดีไฮด์ โคอะเซทิล และเอธานอล คุณภาพทางกายภาพที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ วัดความแน่นของลิ่มนม วัดเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของเวย์ วัดเปอร์เซ็นต์การกักเก็บเวย์ และประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (Hedonic Preference Test 7 scale) ในด้าน สี ความแน่นเนื้อ กลิ่น โยเกิร์ต ความเรียบเนียน ความเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม

3.5.4 ศึกษาอัตราการเหลือรอดของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกในโยเกิร์ต

ผลิตโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับหัวข้อ 3.5.2 เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกทางการค้าที่ใช้ในการศึกษา คือ ABY ซึ่งประกอบไปด้วยเชื้อโพรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis*. ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* บ่มที่อุณหภูมิ 43±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาโดยแบ่งออกเป็นอุณหภูมิที่ 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 35 วัน วิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis* เริ่มต้น (0 วัน) โดยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS-IM with maltose และ MRS – IM with glucose (Chr. Hanssen, 2001) ตามลำดับ และวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS_{5,4} และ M-17 ตามลำดับ (Chr. Hanssen, 2002) (วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวแสดงในภาคผนวก ก) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง ในสภาวะไร้ออกซิเจน สำหรับ *Bifidobacterium lactis* (Vinderola and Reinheimer, 1999)

3.5.5 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ต โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design สำหรับหัวข้อ 3.5.1, 3.5.3 และ 3.5.4 และ แผนการทดลองแบบ Factorial in Complete Randomized Design ขนาด 3x4 สำหรับหัวข้อ 3.5.2 ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 9.01 สำหรับการทดสอบด้านประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ Balance Incomplete Block Design; BIB (Meilgaard *et al.*, 1999) ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAS version 6.12 (1996) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test โดย SPSS version 9.01 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เพื่อคัดเลือกชนิดและปริมาณของสตาร์ชดัดแปรที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีผลต่อคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

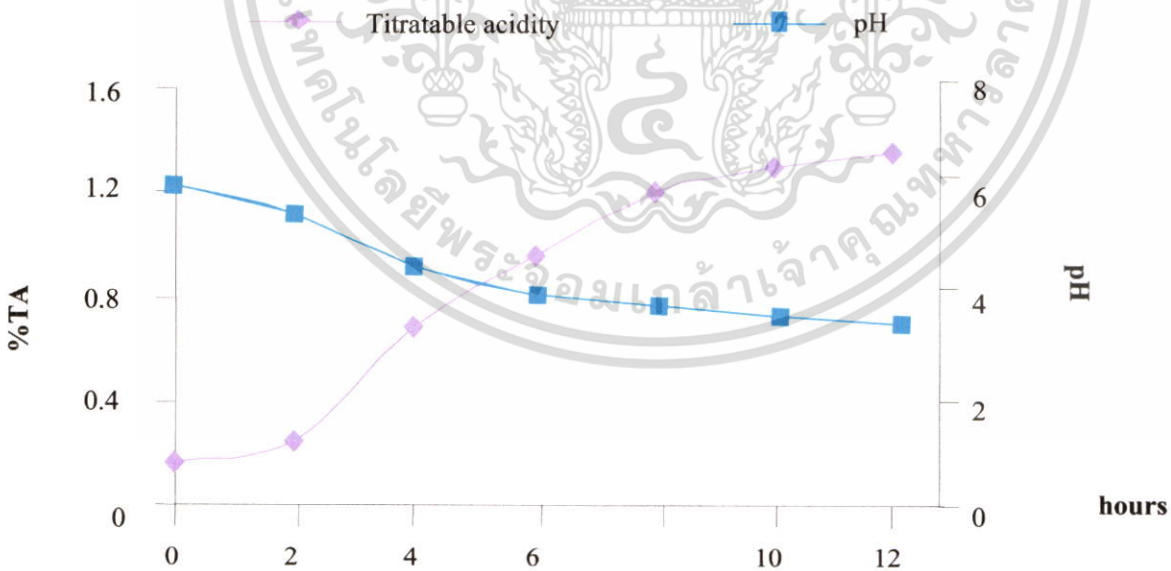
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาพฤติกรรมการผลิตกรดของเชื้อโยเกิร์ต *S. thermophilus* ร่วมกับ *L. bulgaricus*

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ปริมาณความเป็นกรด และ พีเอชของโยเกิร์ตระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิ 43 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 4.1

ระยะเวลาในการหมักส่งผลต่อปริมาณความเป็นกรดและพีเอชที่เชื้อโยเกิร์ต *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ผลิตขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) จากตารางที่ 4.1 เห็นได้ว่าหลังจากเติมเชื้อโยเกิร์ตลงในนม (0 ชั่วโมง) ยังไม่พบกิจกรรม (activity) ของเชื้อจุลินทรีย์ ปริมาณความเป็นกรดไม่แตกต่างจากความเป็นกรดของน้ำนมปกติ คือ 0.16 เปอร์เซ็นต์ (แลคติก) และพีเอช 6.49 ตามลำดับ (Tamime and Robinson, 1985) อุณหภูมิของการหมักที่อุณหภูมิ 43 ± 2 องศาเซลเซียส ถือว่าเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อโยเกิร์ต โดยสังเกตได้จากความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเป็นระยะ ๆ ตลอด 12 ชั่วโมง ระยะเวลาของการหมักมีผลโดยตรงต่อการผลิตกรดแลคติกอย่างชัดเจน ($p\leq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ($p\leq 0.05$) ของน้ำนมสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณความเป็นกรดที่ผลิตได้



ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณความเป็นกรด (titratable acidity) และพีเอช (pH) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำ ที่ระยะเวลาทุก 2 ชั่วโมงโดยเชื้อโยเกิร์ต *S. thermophilus* ร่วมกับ *L. bulgaricus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.1 เห็นได้ว่าปริมาณความเป็นกรดและพีเอชมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ต ($R = 0.935$) และ ($R = -0.848$) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปริมาณความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กันกับค่าพีเอชที่ลดลง ($R = -0.969$) ดังแสดงในตารางภาคผนวก

โยเกิร์ตที่ผ่านการหมักนาน 6 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิ 43 ± 2 องศาเซลเซียส ให้ความเป็นกรด 0.96 เปอร์เซ็นต์ (แลคติก) พีเอช 4.35 เกิดเป็นลิ่มนมที่มีคุณลักษณะกึ่งแข็ง-กึ่งเหลว (semi-solid) ลิ่มดังกล่าวเกิดจากการตกตะกอนของโปรตีนนม ที่ isoelectric point (PI) 4.6 (วรรณ และ ฉานิน, 2541) โยเกิร์ตที่ผ่านการหมักนาน 12 ชั่วโมง มีผลให้ปริมาณความเป็นกรดเพิ่มขึ้นถึง 1.36 เปอร์เซ็นต์ (แลคติก) และพีเอชของโยเกิร์ตลดลงเท่ากับ 4.02 โยเกิร์ตที่ได้มีรสเปรี้ยวแบบกรด (acid) และมีรสฝาดมากกว่าปกติ ปริมาณความเป็นกรดและพีเอชของโยเกิร์ตโดยทั่วไปมีค่าในช่วงเท่ากับ 0.9-1.0 และ 4.2-4.5 ตามลำดับ (Staff, 1998) ซึ่งผลการทดลองจากภาพที่ 4.1 เห็นได้ว่าที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ปริมาณกรดแลคติกมีค่าเท่ากับ 0.96 เปอร์เซ็นต์ (แลคติก) และพีเอช 4.35 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงของโยเกิร์ตที่เหมาะสมที่ต้องการ ดังนั้น ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการผลิตโยเกิร์ต ในปริมาณเชื้อโยเกิร์ตและอุณหภูมิในการหมักข้างต้น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ปัจจัยแรกได้แก่ อุณหภูมิในการหมัก ซึ่งอุณหภูมิที่ต่ำกว่า $42-45$ เป็น $30-32$ องศาเซลเซียส ต้องใช้ระยะเวลาในการหมักที่นานขึ้นประมาณ 10-12 ชั่วโมง (Staff, 1998) และอีกปัจจัยคือ ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตเริ่มต้น หากมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น สามารถลดระยะเวลาในการหมักได้ ทำให้อัตราการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น และการย่อยแลคโตสเพิ่มมากขึ้น (อภิญา, 2542)

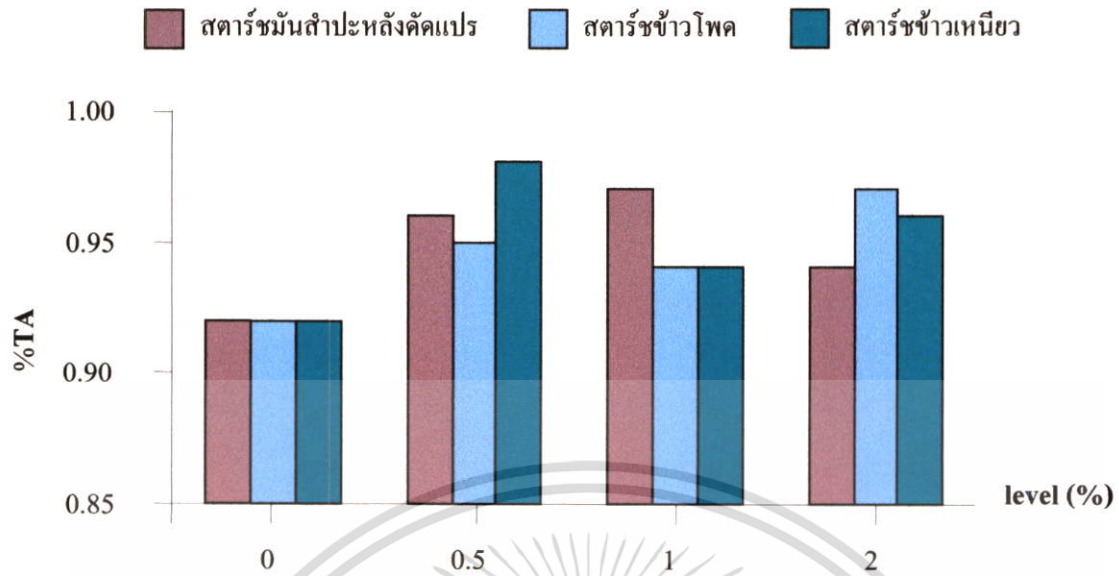
4.2 ศึกษาชนิดและปริมาณสตาร์ชที่ใช้เป็นสารให้ความคงตัวในระดับที่เหมาะสมในโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ชนิดและปริมาณสตาร์ชในโยเกิร์ตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความเป็นกรดและพีเอชของโยเกิร์ต ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ความเข้มข้นของสารให้กลั่นรสทั้ง 3 ประเภทดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต แสดงในภาพที่ 4.1 สามารถวิเคราะห์ได้โดยการนำตัวอย่างโยเกิร์ตที่ผ่านกระบวนการหมักเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Spreer, 1998) ก่อนนำมาทำการวิเคราะห์

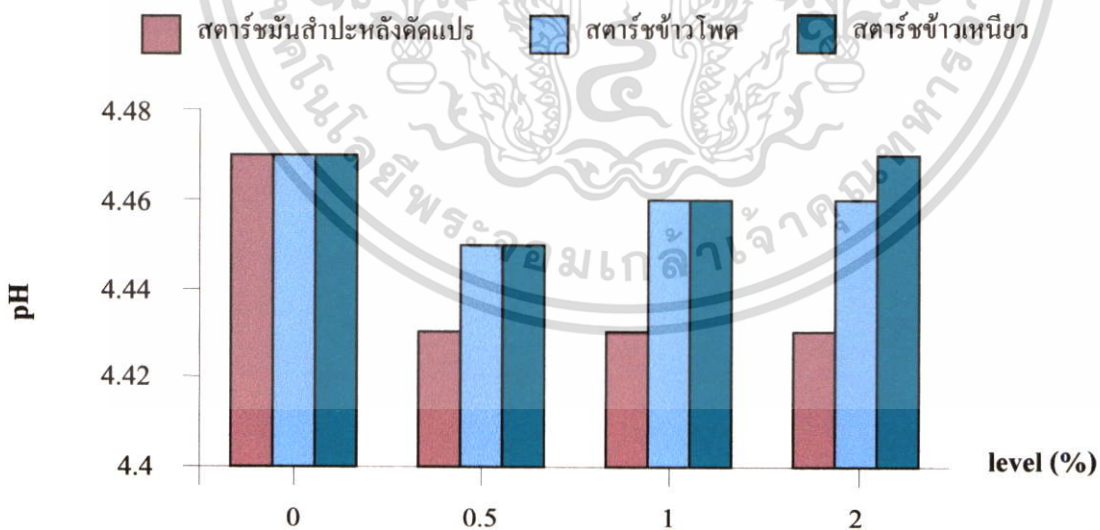
ชนิดและปริมาณของสตาร์ชทางการค้าทั้ง 3 ชนิด ไม่มีผลต่อปริมาณความเป็นกรด ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างจากโยเกิร์ตที่เป็นสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเติมสตาร์ชในปริมาณ 0.5 – 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) มีผลต่อการลดระยะเวลาในการหมักเพียงเล็กน้อย (William *et al.*, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ชทางการค้ามีปริมาณความเป็นกรดสูงกว่าโยเกิร์ตสูตรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 แสดงชนิดและปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ต่อปริมาณความเป็นกรด (titratable acidity) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

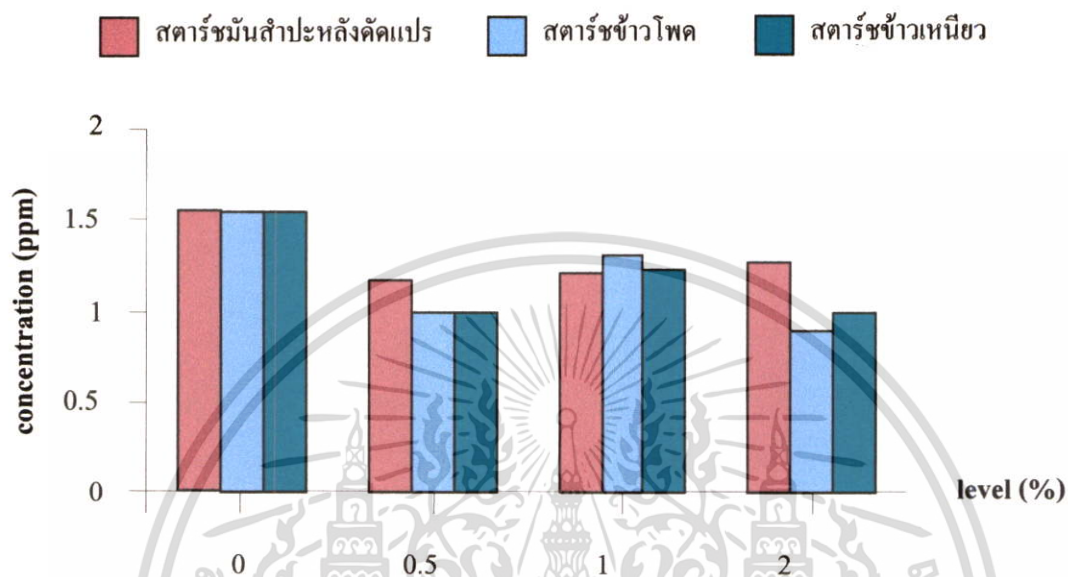
พีเอชของโยเกิร์ตมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเป็นกรดดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1 ดังนั้นทำให้มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก นั่นคือ การเติมสตาร์ชทางการค้าทั้ง 3 ชนิด มีผลทำให้พีเอชของโยเกิร์ตมีค่าที่ต่ำกว่าโยเกิร์ตที่เป็นสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 แสดงชนิดและปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ต่อพีเอช (pH) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

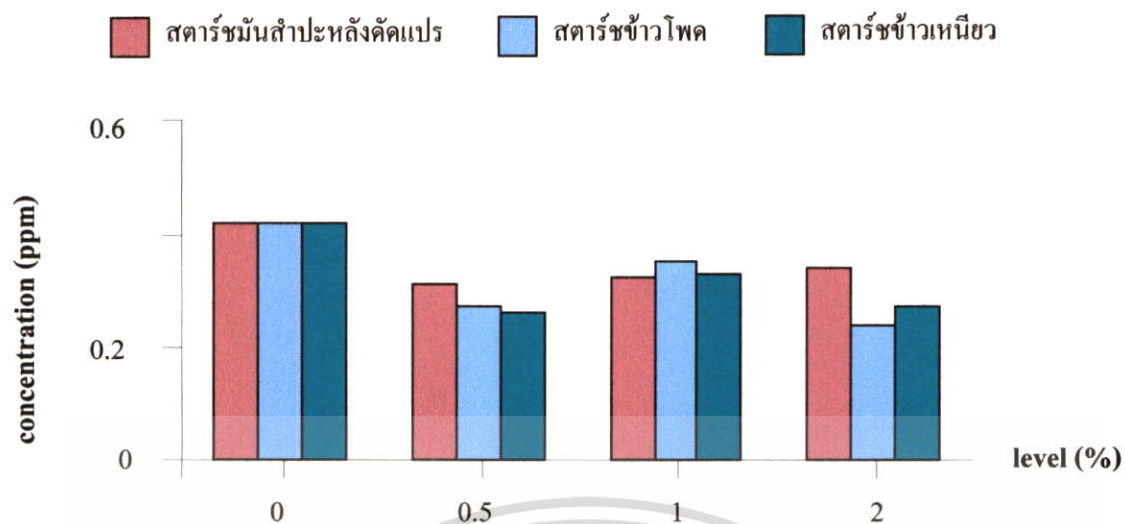
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะเซตลดีไฮด์ ไคอะเซทิลและเอธานอล เป็นสารให้กลิ่นรสในโยเกิร์ตที่สามารถเกิดขึ้นได้จากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณของสารดังกล่าวด้วย Headspace Gas Chromatography อยู่ในรูปของความเข้มข้น (ppm) ดังแสดงดังภาพที่ 4.4-4.6 ตามลำดับ

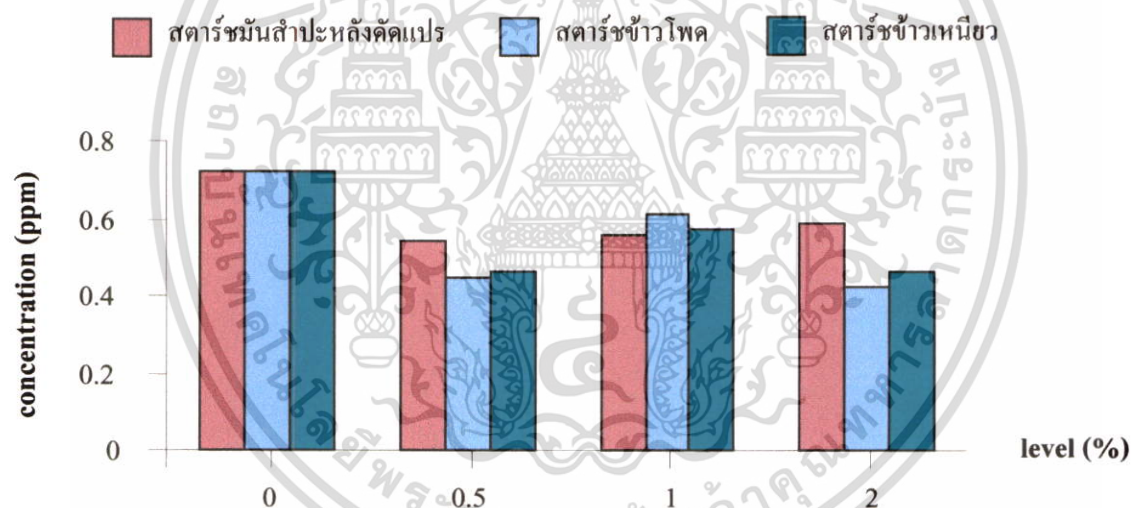


ภาพที่ 4.4 แสดงชนิดและปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวที่มีต่อความเข้มข้นของอะเซตลดีไฮด์ (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ความเข้มข้นของอะเซตลดีไฮด์ในโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ชเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ช (ภาพที่ 4.4) พบว่า ความเข้มข้นของอะเซตลดีไฮด์ในโยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชเท่ากับ 1.55 ppm และเมื่อเติมสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ปริมาณ 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ความเข้มข้นของอะเซตลดีไฮด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และความเข้มข้นของไคอะเซทิลและเอธานอล (ภาพที่ 4.5 และ 4.6) มีปริมาณที่ลดลงเมื่อมีการเติมสตาร์ชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Rankin and Bodyfelt (1996) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วดังบทที่ 2



ภาพที่ 4.5 แสดงชนิดและปริมาณของสตาร์ไขมันสำปะหลังตัดแปร สตาร์ข้าวโพด และสตาร์ข้าวเหนียวที่ผลมีต่อความเข้มข้นของไคอะเซทิล (ppm) ในโพลิเอทิลีน



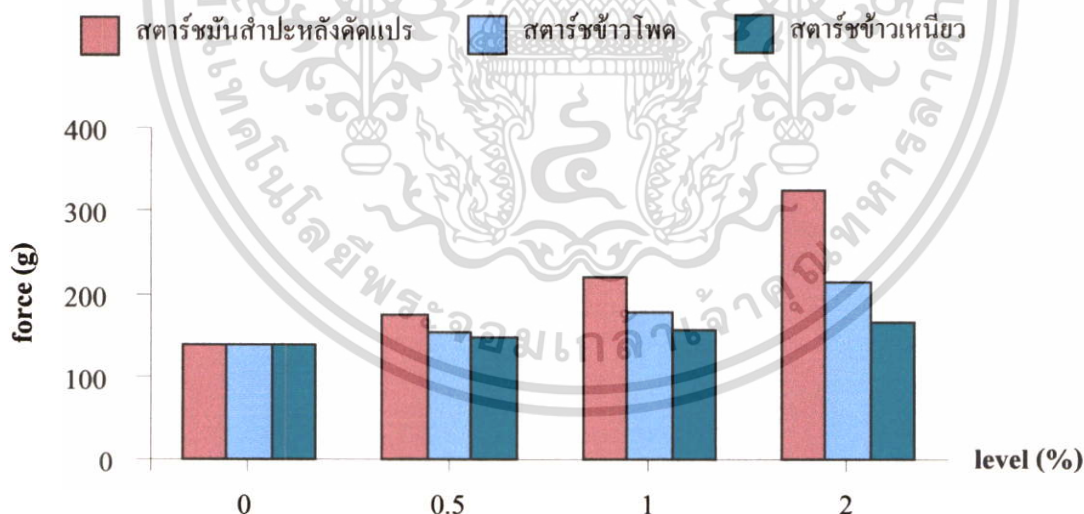
ภาพที่ 4.6 แสดงชนิดและปริมาณของสตาร์ไขมันสำปะหลังตัดแปร สตาร์ข้าวโพด และสตาร์ข้าวเหนียวที่ผลมีต่อความเข้มข้นของเอธานอล (ppm) ในโพลิเอทิลีน

ความเข้มข้นของอะเซทิลไฮดรอกซี ไคอะเซทิลและเอธานอลใน โพลิเอทิลีนที่ไม่เติมสตาร์เปรียบเทียบกับโพลิเอทิลีนที่เติม สตาร์ 3 ชนิด ที่ระดับต่างกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย องค์ประกอบและคุณภาพของนมที่ใช้ในการผลิตโพลิเอทิลีน ที่สำคัญคือ ปริมาณไขมัน ไขมันในปริมาณที่มากกว่ามีผลให้ปริมาณอะเซทิลไฮดรอกซี ไคอะเซทิลและเอธานอลในโพลิเอทิลีนมากขึ้นด้วย (Tamime and Robinson, 1985 และ Aardt, 2001) ปฏิกริยาออกซิเดชัน อันเนื่องมาจากแสง (light oxidation) ในนมขณะเก็บรักษา มีผลต่อการผลิตอะเซทิลไฮดรอกซี จากปฏิกิริยาการสลายตัวของเอกลิปินเป็นเอกลิปินที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพลีเอธิลีน ซึ่งเป็นภาชนะบรรจุน้ำหนัก เมื่อได้รับความร้อน โครงสร้างของสตาร์ชหรืออันตรกิริยาระหว่างสตาร์ชกับองค์ประกอบในนม ส่งผลต่อความสามารถของการระเหย (volatility) ทั้งนี้โครงสร้างเจลของสตาร์ช จะดูดซับสารให้กลิ่น คุณสมบัติดังกล่าวนี้เป็นคุณสมบัติเฉพาะของสตาร์ช (Schmidt *et al.*, 2001) อัตราส่วนของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ในโยเกิร์ต เท่ากับ 1:1 มีผลให้เกิดการผลิตอะเซตัลดีไฮด์ ไคอะเซทิล และเอธานอลในปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อใช้เชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองในอัตราส่วน 2:3 ทำนองเดียวกันกับ Hamdan *et al* (1971) ระบุถึงปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณของอะเซตัลดีไฮด์ ไคอะเซทิลและเอธานอลที่ผลิตได้ นอกจากนี้ Bill *et al.*, 1972 และ McGregor and White (1987) กล่าวถึงปริมาณของน้ำตาลที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตที่มากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) มีผลต่อปริมาณของสารให้กลิ่นดังกล่าว เนื่องจากปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นสามารถยับยั้งหรือลดกิจกรรมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสอง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

โยเกิร์ตสูตรควบคุมซึ่งไม่มีการเติมสตาร์ชเปรียบเทียบกับ โยเกิร์ตที่มีการเติมสตาร์ชทางการค้า 3 ชนิด ในปริมาณ 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) มีผลต่อความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (กรัม) การแยกชั้นของน้ำเวย์และการกักเก็บน้ำเวย์ (เปอร์เซ็นต์) มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงภาพที่ 4.7-4.9 ตามลำดับ



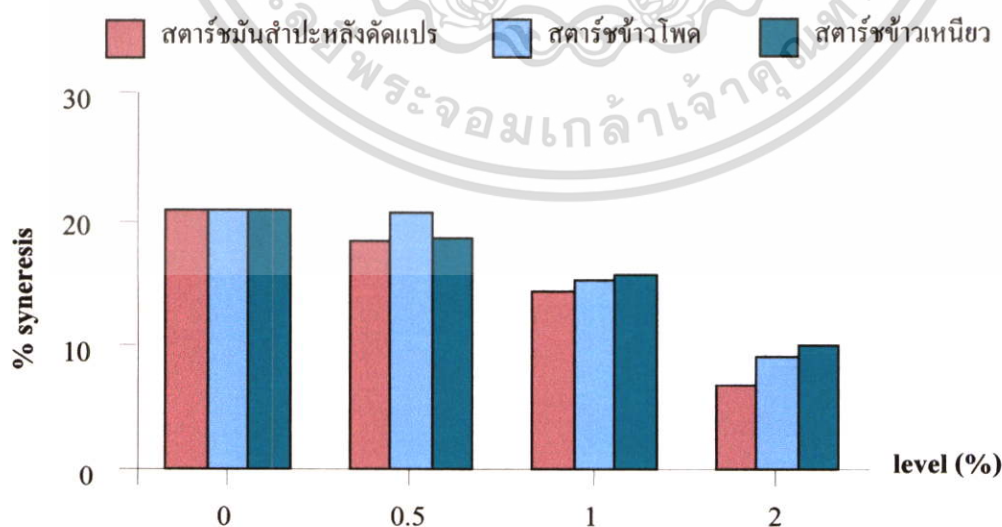
ภาพที่ 4.7 แสดงชนิดและปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวที่มีผลต่อความแข็งแรงของลิ่ม (กรัม) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

จากภาพที่ 4.7 แสดงค่าความแข็งแรงของลิ่มโยเกิร์ต โดยวัดค่าเป็นแรงกด (กรัม) ของลิ่มโยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ช พบว่า โยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ช มีค่าแรงกดน้อยที่สุดเท่ากับ 138.73 กรัม ซึ่งกล่าวได้ว่าโยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชมีความแข็งแรงของลิ่มโยเกิร์ตน้อยที่สุด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของสตาร์ชทางการค้าที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) มีผลต่อค่าแรงกดของโยเกิร์ตในทิศทางที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยทั่วไปปริมาณการใช้สตาร์ชเป็นสารให้ความคงตัวในโยเกิร์ตอยู่ที่ 1.0-5.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) (Labell, 2000)

ชนิดของสตาร์ชที่ใช้ 3 ชนิด คือ สตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด หรือ สตาร์ชข้าวเหนียว ให้ผลความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) สตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปรมีผลต่อความแน่นของโยเกิร์ตมากที่สุด อิทธิพลของสตาร์ชข้าวโพดและสตาร์ชข้าวเหนียวต่อความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตในระดับลดต่ำลง ตามลำดับ ทั้งนี้โครงสร้างสตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวเป็นสตาร์ชในกลุ่มที่ไม่มีอะมิโลส (waxy maize และ waxy rice starch ตามลำดับ) ขณะที่สตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปรประกอบด้วย อะมิโลสประมาณ 17-20 เปอร์เซ็นต์ โดยคุณสมบัติในการเกิดเจลของโมเลกุลของอะมิโลส ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลข้างเคียง เกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ ในทางตรงข้าม โมเลกุลอะมิโลสเพคตินมีการแตกแขนงในโมเลกุลมากไม่เอื้ออำนวยต่อการเกาะตัวระหว่างโมเลกุลจึงไม่สามารถเกิดเจลได้ (นิธิยา, 2543) หลักการนี้สนับสนุนพฤติกรรมที่สตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปรสามารถสร้างเจลที่มีความแน่นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสตาร์ชข้าวโพดและสตาร์ชข้าวเหนียว ตามลำดับ

ภาพที่ 4.8 แสดงความสามารถในการแยกชั้นของน้ำเวย์ของโยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ช พบว่าโยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชมีค่าการแยกชั้นของน้ำเวย์ที่สูงที่สุด เท่ากับ 20.63 เปอร์เซ็นต์ โยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชมีการแยกชั้นของน้ำเวย์มากที่สุด หรือที่เรียกกันว่า wheying off เป็นลักษณะที่คือน้ำบนผิวหน้าของโยเกิร์ต ลักษณะดังกล่าวนี้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแบบคงตัว (Tamime and Robinson, 1985, Spreer, 1998, Labell, 2000, Katsiari *et al.*, 2002 และ Harte *et al.*, 2003)



ภาพที่ 4.8 แสดงชนิดและปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าว

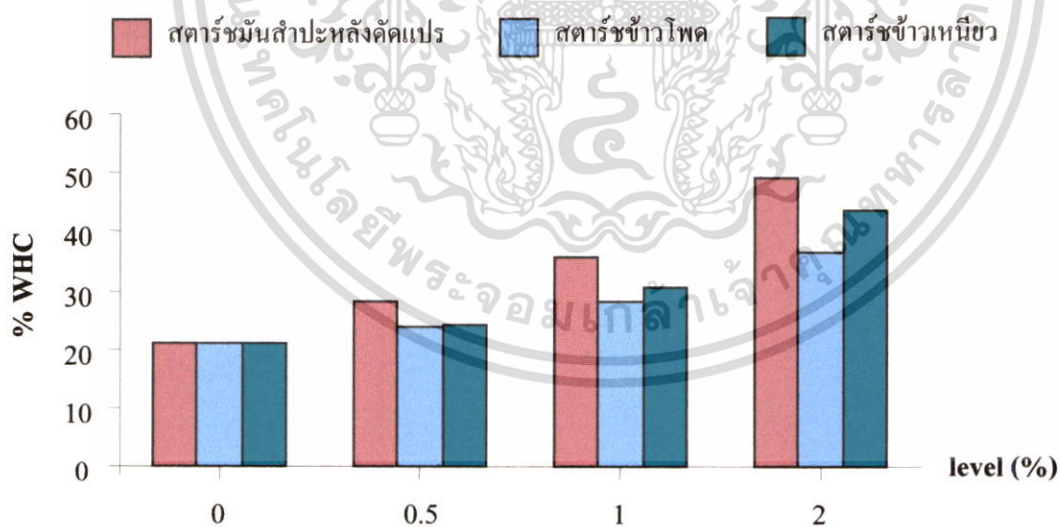
เหนียวที่ผลมิตต่อการแยกชั้นเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับก้าวร้าวงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของสตาร์ชในโยเกิร์ตที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการแยกชั้นของน้ำเวย์ลดลง ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสตาร์ชทำให้หน้าที่เป็นสารให้ความข้นหนืด สารให้ความคงตัวและสารทำให้เกิดเจลกับผลิตภัณฑ์ (อดิศักดิ์, 2541) ดังนั้นเมื่อสตาร์ชได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง (อุณหภูมิของการฆ่าเชื้อเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส) ทำให้เม็ดสตาร์ชเกิดการพองตัวจนมีลักษณะเป็นเจล เกิดเป็นโครงสร้างสามมิติที่สามารถหุ้มน้ำเวย์ไว้ในโครงสร้าง

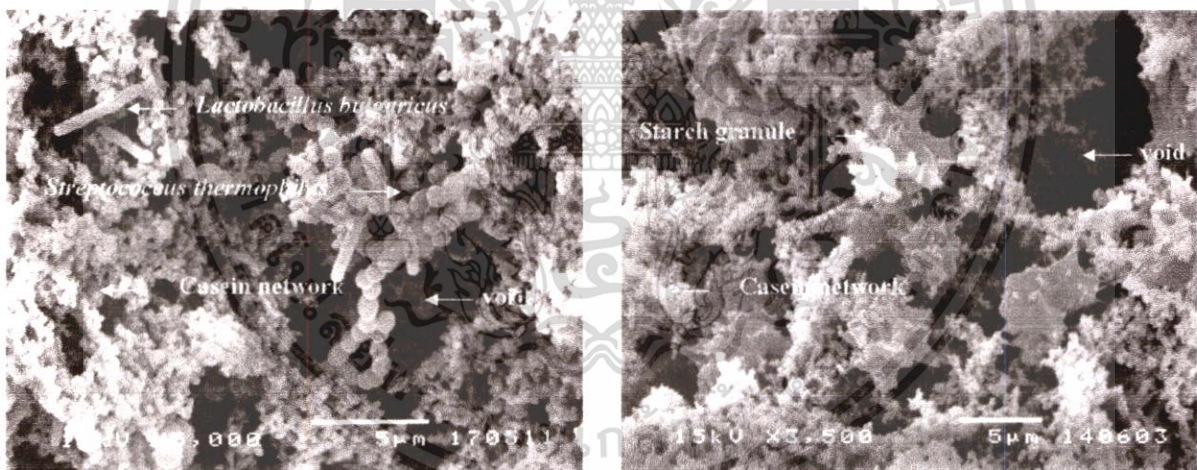
สตาร์ชที่ใช้ในการศึกษามีจำนวน 3 ชนิดแตกต่างกัน คือ สตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด หรือ สตาร์ชข้าวเหนียว ให้ผลความแน่นของลิมโยเกิร์ตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปรมีเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำเวย์น้อยที่สุด รองลงมาคือสตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ความแตกต่างของการแยกชั้นของน้ำเวย์ขึ้นกับโครงสร้างของสตาร์ชและปริมาณอะมิโลสในสตาร์ชแต่ละชนิด

ภาพที่ 4.9 แสดงความสามารถในการกักเก็บน้ำเวย์ของโยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ช พบว่า โยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชสามารถกักเก็บน้ำเวย์ได้ในปริมาณต่ำกว่าโยเกิร์ตที่เติม สตาร์ช มีค่าเท่ากับ 21.10 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ โยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชมีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำเวย์ได้น้อยที่สุด ปริมาณสตาร์ชที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำเวย์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.9 แสดงชนิดและปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวที่มีต่อการกักเก็บเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ชนิดของสตาร์ชที่แตกต่างกันส่งผลให้มีค่าการกักเก็บน้ำเวย์ได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรมีผลในโยเกิร์ตความสามารถกักเก็บน้ำเวย์ได้มากกว่า สตาร์ชข้าวโพด และ สตาร์ชข้าวเหนียว ตามลำดับ การกักเก็บน้ำเวย์ไว้ในโครงสร้างได้มาก ส่งผลให้การแยกชั้นของน้ำเวย์ น้อย ซึ่งจัดเป็นลักษณะของโยเกิร์ตที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Katsiari *et al.*, 2001) โดยโยเกิร์ตที่มีการเติมสตาร์ชจะมีการจับกันระหว่างโมเลกุลของแป้งและโปรตีนในนม ช่วยในการกักเก็บน้ำ เวย์ไว้ในโครงสร้าง ไม่ให้แยกตัวออกมา ดังนั้นการเติมสตาร์ชจึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งในการรักษา คุณภาพทางกายภาพของโยเกิร์ตให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Labell, 2000 และ Schmidt *et al.*, 2001) ความสัมพันธ์ของความแน่นของลิมโยเกิร์ต การแยกชั้นของน้ำเวย์ และการกักเก็บเวย์ของโยเกิร์ต โดย ความแน่นมีผลทำให้การแยกชั้นของน้ำเวย์ลดลง ($R = -0.768$) ในขณะที่ การกักเก็บน้ำเวย์เพิ่มขึ้น ($R = 0.800$) และการกักเก็บเวย์มีความสัมพันธ์กับการแยกชั้นของน้ำเวย์ในทิศทางตรงกันข้าม ($R = -0.975$) ดังแสดงในตารางภาคผนวก ง กล่าวคือ เมื่อความแน่นของลิมโยเกิร์ตมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ การกักเก็บน้ำเวย์ได้มากขึ้น และการแยกชั้นของน้ำเวย์ลดลง สังเกตได้จากโครงสร้างจุลภาค (microstructure) ของโยเกิร์ตที่ไม่มีการเติมสตาร์ชเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่มีการเติม สตาร์ชข้าวเหนียว ในปริมาณ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) (ภาพที่ 4.10)



(A)

(B)

ภาพที่ 4.10 โครงสร้างของโยเกิร์ตโดย Scanning Electron Micrographs (SEM micrograph) เปรียบ เทียบระหว่างโยเกิร์ตซึ่งปราศจากการเติมสตาร์ช (A) ที่กำลังขยาย 5,000 x กับโยเกิร์ตที่มี การเติมสตาร์ชข้าวเหนียว 2 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ที่กำลังขยาย 3,500 x

จาก SEM micrograph ของโยเกิร์ตที่ปราศจากการเติมสตาร์ช (A) เปรียบเทียบกับ โยเกิร์ตที่มี การเติมสตาร์ชข้าวเหนียวในปริมาณ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) (ภาพที่ 4.10) พบว่าโยเกิร์ตที่ไม่มีการเติมสตาร์ชมีโครงสร้างของโปรตีนเคซีนที่จับเป็นร่างแหและโครงสร้างโดยรวมมีลักษณะเป็นรู อากาศเป็นรูอากาศที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการรักษาเท่านั้น เมื่อนำมาแช่ในน้ำเย็นจะเกิดการคายน้ำ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรุน (pore) มากกว่าโยเกิร์ตที่มีการเติมสตาร์ช ทั้งนี้เม็ดสตาร์ช (starch granule) เมื่อได้รับความร้อนในขั้นตอนการฆ่าเชื้อของกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการพองตัว ซึ่งทำหน้าที่พยุงและจับกับโปรตีนเคซีน ทำให้โครงสร้างความเป็นรูพรุนลดน้อยลง ส่งผลให้ความแข็งแรงของลิมโยเกิร์ตเพิ่มมากขึ้นและการที่เม็ดสตาร์ชแทรกในโครงสร้างนั้น ทำให้การแยกตัวของเวย์ออกมาได้ยาก จึงสามารถกักเก็บเวย์ไว้ได้มากขึ้น

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบคุณภาพของโยเกิร์ต แสดงดังตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบกันระหว่างโยเกิร์ตที่มีการใช้สตาร์ชแต่ละชนิดและปริมาณ โดยให้โยเกิร์ตที่ไม่มีการเติมสตาร์ชเป็น โยเกิร์ตสูตรควบคุมพื้นฐาน ทำการทดสอบทางด้าน สี ความแน่นของลิมโยเกิร์ต กลิ่น โยเกิร์ต ความเรียบเนียน ความเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การทดสอบด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ที่ระดับแตกต่างกัน

	สี ^{ns}	ความแน่นของลิม โยเกิร์ต ^{ns}	กลิ่นโยเกิร์ต	ความเรียบเนียน ^{ns}	ความเปรี้ยว	การยอมรับโดยรวม
Control	6.00 ± 0.63	4.17 ± 1.33	5.33 ± 1.97 ^{ab}	6.00 ± 0.00	6.62 ± 0.75 ^a	5.33 ± 1.37 ^{ab}
0.5 JAC	5.33 ± 0.82	4.00 ± 2.10	3.67 ± 1.21 ^b	6.50 ± 0.55	3.67 ± 1.63 ^b	4.17 ± 1.33 ^b
1.0 JAC	5.67 ± 1.51	5.50 ± 1.52	5.17 ± 1.47 ^{ab}	6.62 ± 1.17	5.17 ± 1.84 ^{ab}	5.50 ± 1.64 ^{ab}
2.0 JAC	6.33 ± 0.82	4.83 ± 2.14	4.33 ± 1.63 ^{ab}	5.67 ± 1.37	4.00 ± 2.28 ^b	4.08 ± 1.74 ^b
0.5 BCB	5.67 ± 1.37	4.50 ± 1.38	4.83 ± 1.47 ^{ab}	5.50 ± 1.38	3.67 ± 1.21 ^b	4.17 ± 1.60 ^b
1.0 BCB	5.33 ± 1.21	4.50 ± 1.52	6.00 ± 1.10 ^a	5.00 ± 1.67	4.67 ± 1.37 ^{ab}	5.17 ± 1.33 ^{ab}
2.0 BCB	5.50 ± 1.38	4.17 ± 2.56	4.50 ± 1.52 ^{ab}	5.17 ± 1.72	3.67 ± 1.63 ^b	3.83 ± 1.72 ^b
0.5 NOV	5.67 ± 1.21	4.50 ± 0.84	5.00 ± 1.27 ^{ab}	5.67 ± 0.52	4.83 ± 0.98 ^{ab}	4.83 ± 1.33 ^{ab}
1.0 NOV	5.17 ± 0.98	5.33 ± 1.03	5.33 ± 1.21 ^{ab}	5.50 ± 1.05	5.50 ± 1.05 ^{ab}	5.33 ± 0.82 ^{ab}
2.0 NOV	5.33 ± 0.82	5.00 ± 1.76	5.83 ± 0.75 ^a	6.33 ± 0.52	6.17 ± 0.75 ^a	6.83 ± 0.52 ^a

หมายเหตุ

^{ns} หมายถึง ชนิดและปริมาณของสตาร์ชไม่มีผลต่อสี ความแน่นของลิมโยเกิร์ต และความเรียบเนียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

สัญลักษณ์ a b ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

BCB หมายถึงสตาร์ชมันสำปะหลังคัดแปร, JAC หมายถึงสตาร์ชข้าวโพด และ NOV หมายถึง สตาร์ชข้าวเหนียว 0.5, 1.0 และ 2.0 หมายถึง ปริมาณสตาร์ชที่ใช้ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อพิจารณาคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ในปริมาณ 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) เปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ปราศจากสตาร์ช พบว่า สี ความแข็งแรงของลิ่มโยเกิร์ต ความเรียบเนียนของโยเกิร์ตที่ปราศจากสตาร์ชไม่มีความแตกต่างกับโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ช ($p > 0.05$) ในขณะที่กลิ่นโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรที่ระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ และสตาร์ชข้าวเหนียวที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกับโยเกิร์ตที่ปราศจากสตาร์ช ($p < 0.05$) ความเปรี้ยวของโยเกิร์ตที่ปราศจากสตาร์ชและโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ชข้าวเหนียวที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ($p < 0.05$) และพบว่า โยเกิร์ตที่เติมสตาร์ชข้าวเหนียวที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ($p < 0.05$)

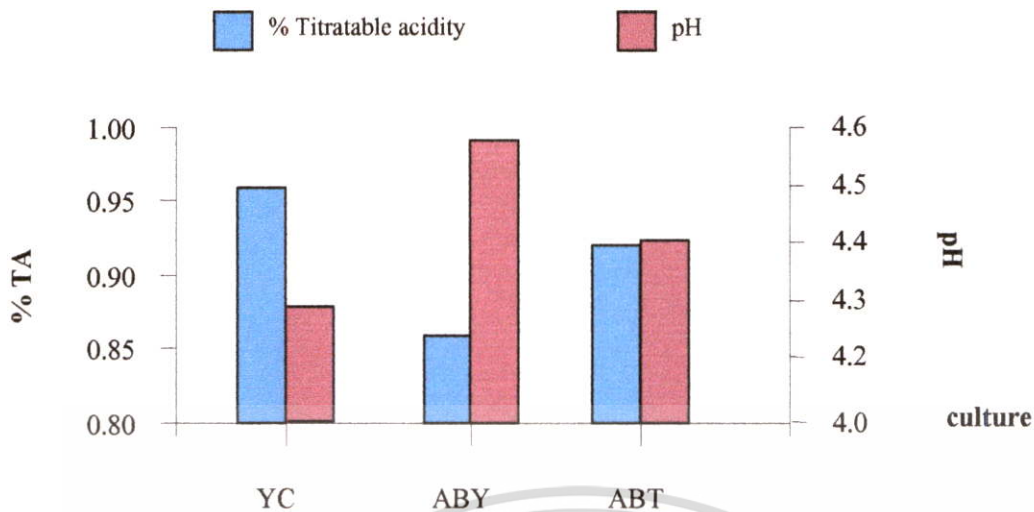
ในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมและรู้จักโยเกิร์ตชนิดครีม (stirred yoghurt) มากกว่าชนิดคงตัว (set yoghurt) ดังนั้น การศึกษาถึงการนำสตาร์ชมาใช้เป็นสแตบิไลเซอร์ พัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของโยเกิร์ตชนิดครีม เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น

4.3 ศึกษาชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าต่อคุณภาพของโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ

เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ YC (*L. bulgaricus* และ *S. thermophilus*), ABY (*L. bulgaricus*, *S. thermophilus*, *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis*) และ ABT (*S. thermophilus*, *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis*) ซึ่ง *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis* จัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก และดำเนินการวิเคราะห์คุณภาพของโยเกิร์ตภายหลังจากการหมักที่อุณหภูมิ 43 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยผลการวิเคราะห์จากหัวข้อ 4.1 ทางด้านเคมีกายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกันระหว่างโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

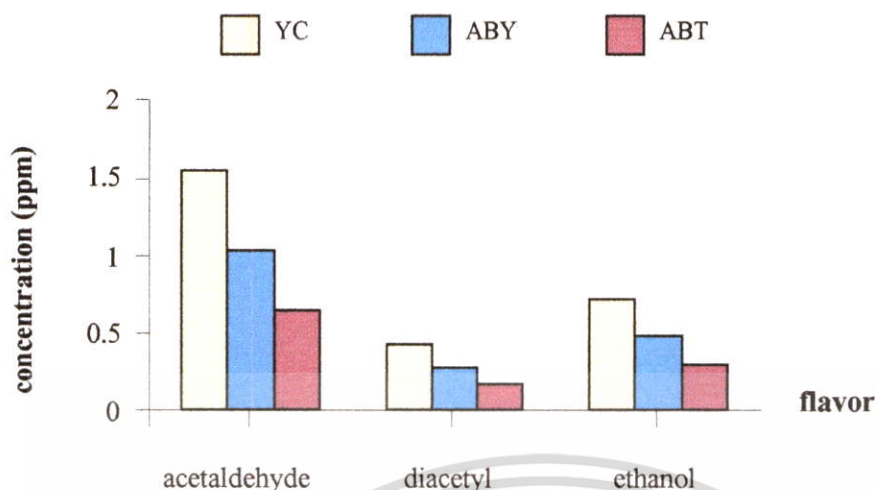
ปริมาณความเป็นกรดและพีเอช (ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 12) ของโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 4.11 พบว่า โยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ YC สามารถผลิตกรดแลคติกสูงถึง 0.96 เปอร์เซ็นต์ (แลคติก) ในขณะที่โยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีเชื้อโพรไบโอติกร่วม (ABY และ ABT) ซึ่งสามารถในการย่อยแลคโตสให้เป็นกรดแลคติกได้เช่นกัน (Davidson *et al.*, 2000) ผลิตกรดในโยเกิร์ตได้ 0.86 และ 0.92 เปอร์เซ็นต์ (แลคติก) เมื่อใช้เชื้อจุลินทรีย์ ABY และ ABT ตามลำดับ



ภาพที่ 4.11 แสดงชนิดของเชื้อโยเกิร์ต (YC) และเชื้อโพรไบโอติกร่วม (ABY, ABT) ที่มีผลต่อปริมาณกรดแลกติก (titratable acidity) และพีเอช (pH) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ทำนองเดียวกัน ค่าพีเอชของโยเกิร์ตที่แสดงค่าพีเอชเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณความเป็นกรด ดังนั้น เมื่อปริมาณความเป็นกรดของโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ YC มีค่ามากที่สุด คือ 0.96 เปอร์เซ็นต์ (แลกติก) ทำให้พีเอชของโยเกิร์ตมีค่าเท่ากับ 4.35 ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด และ 4.57 , 4.44 สำหรับโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า ABY และ ABT ตามลำดับ ($p < 0.05$) Sgorbati *et al.* (1995) รายงานว่า เชื้อโพรไบโอติกร่วม ในโยเกิร์ต มีความอ่อนไหว (sensitive) จึงมีอัตราการรอดและผลิตกรดแลกติกที่ต่ำกว่า

คุณภาพทางเคมีด้านกลิ่นรสของโยเกิร์ตเป็นดัชนี (index) ชนิดหนึ่งที่สามารถบอกได้ถึงคุณภาพของการยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตโดยทั่วไปตามได้แก่ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* และเมื่อเชื้อจุลินทรีย์ 2 ชนิดที่กล่าวมานี้เจริญร่วมกัน มีผลทำให้เกิดการพึ่งพาอาศัยกัน เพื่อการเจริญเติบโตและเพื่อผลิตสารให้กลิ่นรส ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถแสดงความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ไคอะเซติล และเอธานอลที่พบได้ในโยเกิร์ตดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 แสดงชนิดของเชื้อ โยเกิร์ต (YC) และเชื้อ โปรไบโอติก (ABY, ABT) ที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะซีทิล และเอทานอล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

พบผลของการใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันในการผลิตโยเกิร์ต มีผลต่อความแตกต่างของความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะซีทิล และเอทานอลในโยเกิร์ต ซึ่งโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต YC สามารถผลิตปริมาณสารให้กลิ่นรสดังกล่าวได้ดีกว่าเชื้อโปรไบโอติก ABT และ ABY เชื้อโปรไบโอติกมีความสามารถในการผลิตกรดไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ โยเกิร์ต *L. bulgaricus* ร่วมกับ *S. thermophilus* ส่งผลให้มีปริมาณความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรสทั้ง 3 ชนิดในปริมาณที่น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Hamdan *et al* (1971) ที่กล่าวว่า *L. bulgaricus* ร่วมกับ *S. thermophilus* สามารถผลิตอะเซตัลดีไฮด์ได้ในปริมาณที่มากกว่าโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดชนิดเดียวในการผลิต ในขณะที่โยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า ABT ซึ่งมีเชื้อจุลินทรีย์ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* แต่มีปริมาณความเข้มข้นที่ตรวจพบได้น้อยกว่า YC ซึ่ง Shah (2001) รายงานว่า เชื้อโปรไบโอติกมีความสามารถในการย่อยโปรตีน (proteolytic activity) ต่ำกว่าเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เป็นสาเหตุทำให้ กรดอะมิโนเมไธโอนีนและทรีโอนีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตกลิ่นรสในโยเกิร์ตมีปริมาณที่ลดน้อยลง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

อิทธิพลของเชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันในโยเกิร์ตต่อคุณภาพทางกายภาพของโยเกิร์ตดังผลแสดงในตารางที่ 4.2 ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตที่ผลิตขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าที่แตกต่างกัน ความแข็งแรงของลิ่มโยเกิร์ตโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส มีค่าเท่ากับ 138-139 กรัม เชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน 3 ชนิดไม่มีผลต่อความแน่นของโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตที่ไม่แตกต่างกัน ย่อมส่งผลถึงคุณลักษณะทางกายภาพอีก 2 ค่า คือ การแยกชั้นของเวย์ และความสามารถในการกักเอ็กสทรานเป็นเอ็กสทรานที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนูญเตเห็นาเบไซบระเยชชานการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีค่า 20-21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.10) Rawson and Marshall, (1997) รายงานว่า ความแข็งแรงของลิมโฟไซต์ที่มีการใช้เชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเป็น *Streptococcus* ssp. มีผลต่อการผลิต exopolysaccharide มากกว่า ซึ่งจะมีผลต่อค่าความหนืดของโยเกิร์ตแต่ไม่สามารถพบผลจากปัจจัยดังกล่าวโดยการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

ตารางที่ 4.2 ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า 3 ชนิดที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพทางกายภาพของโยเกิร์ต

เชื้อจุลินทรีย์	ความแข็งแรงของ ลิมโฟไซต์ ^{ns}	การแยกชั้น ของเวย์ ^{ns}	การกักเก็บ เวย์ ^{ns}
YC	138.85±1.96	20.71±0.59	21.16±0.49
ABY	139.42±0.71	21.09±0.96	21.21±0.97
ABT	138.94±0.50	21.05±1.10	21.25±0.97

หมายเหตุ

^{ns} ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพของโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

YC (*L. bulgaricus* และ *S. thermophilus*), ABY (*L. bulgaricus*, *S. thermophilus*, *L. acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*.) และ ABT (*S. thermophilus*, *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis*)

ผลการทดสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด แสดงในตารางที่ 4.3 ทุกลักษณะปรากฏของโยเกิร์ตมีคะแนนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) ผู้บริโภครับประทานโยเกิร์ตและยอมรับความเปรี้ยวของโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อโพรไบโอติก (ABT) มากที่สุด ขณะที่คุณภาพด้านกลิ่น ความเรียบเนียน และความแน่นของโยเกิร์ต ผู้บริโภครับประทานโยเกิร์ตมากที่สุดโยเกิร์ตซึ่งผลิตจากเชื้อโพรไบโอติก (ABY) อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภครับประทานโยเกิร์ตมากที่สุดโยเกิร์ตซึ่งผลิตจากเชื้อโพรไบโอติก (ABT) ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าที่แตกต่างกัน

	สี	กลิ่นโยเกิร์ต	ความเรียบเนียน	ความแน่น	ความเปรี้ยว	การยอมรับ ^{ns}
YC	4.80 ± 0.14 ^a	3.51 ± 0.19 ^b	4.47 ± 0.18 ^b	3.89 ± 0.16 ^b	4.18 ± 0.20 ^{ab}	4.56 ± 0.16
ABY	4.87 ± 0.13 ^{ab}	4.69 ± 0.18 ^a	5.09 ± 0.19 ^a	5.00 ± 0.17 ^a	3.93 ± 0.21 ^b	5.00 ± 0.17
ABT	5.22 ± 0.14 ^a	4.31 ± 0.19 ^a	4.76 ± 0.18 ^{ab}	4.33 ± 0.16 ^b	4.64 ± 0.21 ^a	4.89 ± 0.17

หมายเหตุ

^{ns} หมายถึง เชื้อโยเกิร์ตและเชื้อโพรไบโอติกไม่มีผลกระทบต่อคะแนนการยอมรับโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สัญลักษณ์ a b ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง เชื้อโยเกิร์ตและเชื้อโพรไบโอติกมีผลต่อคุณภาพสี กลิ่นโยเกิร์ต ความเรียบเนียน ความแน่น และความเปรี้ยวของโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

YC (*L. bulgaricus* และ *S. thermophilus*), ABY (*L. bulgaricus*, *S. thermophilus*, *L. acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*.) และ ABT (*S. thermophilus*, *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis*)

4.4 ศึกษาอัตราการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกในโยเกิร์ต

ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis* และเชื้อโยเกิร์ต *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ในโยเกิร์ตที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 35 วัน พบว่า ระยะเวลาที่นานมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวมีค่าลดลง แสดงดังตารางที่ 4.4-4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณเชื้อโพรไบโอติก *L. acidophilus* ในโยเกิร์ตที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน (log CFU/g)

วันที่	ปริมาณเชื้อ <i>L. acidophilus</i>	
	อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส
0	9.54 ± 0.16 ^a	9.43 ± 0.16 ^a
7	9.51 ± 0.52 ^a	9.61 ± 0.06 ^a
14	9.48 ± 0.09 ^{ab}	9.33 ± 0.12 ^{ab}
24	9.22 ± 0.16 ^{bc}	9.27 ± 0.01 ^{bc}
28	9.36 ± 0.22 ^{bc}	9.09 ± 0.03 ^{bc}
35	9.23 ± 0.22 ^c	8.99 ± 0.25 ^c

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ a,b... ที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ระยะเวลาในการเก็บรักษาโยเกิร์ตมีผลต่อปริมาณของเชื้อ *L. acidophilus* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง เห็นได้ว่า เชื้อโพรไบโอติก *L. acidophilus* ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 9.54 และ 9.43 log CFU/g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 35 วัน ปริมาณเชื้อลดลงเหลือ 9.23 และ 8.99 log CFU/g อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ

ปริมาณเชื้อโพรไบโอติก *L. acidophilus* ในโยเกิร์ตที่มีปริมาณที่ลดลง ซึ่ง Dave and Shah, (1998) กล่าวว่าเชื้อจุลินทรีย์ *L. bulgaricus* มีผลต่อการเจริญของเชื้อโพรไบโอติก *L. acidophilus* โดยสามารถผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide ; H_2O_2) ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์แกรมลบ (antimicrobial) เช่น *E. coli*, *Sal. Typhimurium* หรือ *Cl. preflingens* และอาจเกิดการยับยั้งการเจริญของ *L. acidophilus* (antagonism) แต่ H_2O_2 ที่ผลิตได้นั้นมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการทำลายเซลล์ของร่างกาย (Shah, 2000) นอกจากนี้ *L. bulgaricus* มีความสามารถในการผลิตกรดแลคติกได้ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (refrigerated temperature) ซึ่งเรียกว่า post-acidification และมีผลต่อการเจริญและการอยู่รอดของเชื้อโพรไบโอติก (Dave and Shah, 1998 ; Shah, 2000)

ปริมาณของเชื้อโพรไบโอติก *Bifidobacterium lactis* ในโยเกิร์ตที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณเชื้อโพรไบโอติก *Bifidobacterium lactis* ในโยเกิร์ตที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน (log CFU/g)

วันที่	ปริมาณเชื้อ <i>Bifidobacterium lactis</i>	
	อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส
0	6.39 ± 0.06 ^{bc}	6.40 ± 0.36 ^{bc}
7	7.01 ± 0.28 ^a	7.01 ± 0.24 ^a
14	6.67 ± 0.42 ^{ab}	6.78 ± 0.36 ^{ab}
24	6.65 ± 0.45 ^b	6.41 ± 0.01 ^b
28	6.53 ± 0.27 ^b	6.59 ± 0.02 ^b
35	6.06 ± 0.72 ^c	6.06 ± 0.22 ^c

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ a,b...ที่ไม่เหมือนกันในแนวนั้น หมายถึง ระยะเวลาในการเก็บรักษาโยเกิร์ตมีผลต่อปริมาณของเชื้อ *B. lactis* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง เห็นได้ว่า เชื้อโพรไบโอติก *Bifidobacterium lactis* ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 6.39 และ 6.40 log CFU/g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 35 วัน ปริมาณเชื้อลดลงเหลือ 6.06 และ 6.06 log CFU/g อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อโพรไบโอติกทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาเริ่มต้น (0 วัน) พบว่า *L. acidophilus* มีปริมาณที่มากกว่า เนื่องจาก *L. acidophilus* มีความสามารถในการทนกรดและเจริญได้ในโยเกิร์ตที่มีพีเอชต่ำกว่า 4.0 ในขณะที่การเจริญของ *Bifidobacteria* spp. มีการเจริญที่ลดน้อยลงเมื่อพีเอชของโยเกิร์ตมีค่าที่น้อยกว่า 5.0 ซึ่งพีเอชที่ต่ำกว่านี้ มีผลในการทำลายเซลล์ (injury) *Bifidobacteria* spp. ได้ (Shah, 2000)

ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ร่วมกับเชื้อโพรไบโอติก มีปริมาณที่ลดลงเช่นเดียวกันกับเชื้อโพรไบโอติกทั้ง 2 ชนิดที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยสังเกตได้จากตารางที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *L. bulgaricus* ในโยเกิร์ตที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน (log CFU/g)

วันที่	ปริมาณเชื้อ <i>L. bulgaricus</i>	
	อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส
0	7.73 ± 0.08 ^a	7.59 ± 0.58 ^a
7	5.81 ± 0.23 ^b	4.98 ± 0.44 ^b
14	3.99 ± 0.23 ^c	3.34 ± 0.81 ^c
24	2.78 ± 0.18 ^d	3.19 ± 0.52 ^d
28	1.94 ± 0.48 ^e	2.76 ± 0.43 ^e
35	1.65 ± 0.43 ^e	2.13 ± 0.06 ^e

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ a,b...ที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ระยะเวลาในการเก็บรักษาโยเกิร์ตมีผลต่อปริมาณของเชื้อ *L. bulgaricus* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตาราง เห็นได้ว่าเชื้อจุลินทรีย์ *L. bulgaricus* ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 7.73 และ 7.59 log CFU/g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 35 วัน ปริมาณเชื้อลดลงเป็น 1.65 และ 2.13 log CFU/g อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* ในโยเกิร์ตที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน (log CFU/g)

วันที่	ปริมาณเชื้อ <i>S. thermophilus</i>	
	อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส
0	9.54 ± 0.04 ^{aA}	9.54 ± 0.11 ^{aB}
7	9.47 ± 0.07 ^{abA}	9.50 ± 0.08 ^{abB}
14	9.49 ± 0.08 ^{bcA}	9.31 ± 0.08 ^{bcB}
24	9.36 ± 0.10 ^{cdA}	9.36 ± 0.08 ^{cdB}
28	9.53 ± 0.05 ^{cdA}	9.16 ± 0.10 ^{cdB}
35	9.43 ± 0.03 ^{daA}	9.09 ± 0.20 ^{dB}

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ a,b...ที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ระยะเวลาในการเก็บรักษาโยเกิร์ตที่มีผลต่อปริมาณของเชื้อ *S. thermophilus* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สัญลักษณ์ A และ B ที่ไม่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง อุณหภูมิในการเก็บรักษาโยเกิร์ตที่มีผลต่อปริมาณของเชื้อ *S. thermophilus* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตาราง เห็นได้ว่าเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 9.54 และ 9.54 log CFU/g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 35 วัน ปริมาณเชื้อลดลงเป็น 9.43 และ 9.09 log CFU/g อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ

ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ที่อยู่ร่วมกับเชื้อโพรไบโอติก *Bifidobacterium lactis* ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น อาจเป็นได้ตามที่ Samona *et al.*, (1996) รายงานไว้ว่า เชื้อโพรไบโอติก *Bifidobacteria* spp. มีความสามารถผลิตกรดอะซิติก (acetic acid) ในขณะที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งกรดอะซิติกที่ผลิตได้นี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ได้

ผลการศึกษาอัตราการอยู่รอดของเชื้อเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกในโยเกิร์ต แสดงให้เห็นว่า เชื้อโยเกิร์ต *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* และ เชื้อโพรไบโอติก *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis* มีปริมาณที่ลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งเชื้อโพรไบโอติกนั้นมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ในด้านสุขภาพของร่างกาย (ระบบทางเดินอาหาร) ดังนั้นการนำเทคนิคการห่อหุ้มเชื้อโพรไบโอติก (microencapsulation) ไว้ด้วยสารประกอบจำพวกโพลีแซคคาไรด์ ที่มีความสามารถในการทนต่อสภาวะกรดในกระเพาะอาหาร เพื่อให้เชื้อโพรไบโอติก สามารถเจริญและเพิ่มปริมาณได้ภายในร่างกาย (Shah, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ศึกษาผลของการใช้สตาบิลิซันสำหรับหลังคัดแปร สตาบิลิซันข้าวโพด หรือสตาบิลิซันข้าวเหนียวเป็นสตาบิลิซันในระดับต่าง ๆ ที่เหมาะสม และชนิดของเชื้อโปรไบโอติกต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัสรวมทั้งอัตราการเหลือรอดของจุลินทรีย์โปรไบโอติกในโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ สามารถสรุปดังนี้

1. สภาวะของการหมักโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ที่เหมาะสม คือ ที่อุณหภูมิ 43 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โยเกิร์ตที่ได้มีปริมาณความเป็นกรดและพีเอช เท่ากับ 0.96 และ 4.35 ตามลำดับ ลิ้มโยเกิร์ตเริ่มมีความแข็งแรงที่ระยะเวลาตั้งแต่ 2 - 6 ชั่วโมง

2. สตาบิลิซันสำหรับหลังคัดแปร สตาบิลิซันข้าวโพด และสตาบิลิซันข้าวเหนียว ที่เติมลงในโยเกิร์ตในระดับ 0.5, 1.0 หรือ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) สนับสนุนการผลิตกรดของเชื้อจุลินทรีย์ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus*

3. สตาบิลิซันมีคุณสมบัติในการปรับปรุงความแน่นของลิ้มโยเกิร์ตมากขึ้นเมื่อมีการเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ไม่มีการเติมสตาบิลิซัน สามารถใช้สตาบิลิซันสำหรับหลังคัดแปรได้ในปริมาณ 0.5 - 1.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) สตาบิลิซันข้าวโพดและสตาบิลิซันข้าวเหนียวในปริมาณ 0.5 - 5.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ในโยเกิร์ต สตาบิลิซันสำหรับหลังคัดแปรที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) เนื้อสัมผัสที่ได้ของโยเกิร์ตมีความแน่นมากขึ้น สารระเหยอะเซตัลดีไฮด์ ไคโอะเซทิล และเอธานอลในโยเกิร์ต เป็นผลผลิตจากกระบวนการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ สตาบิลิซันมีผลกระทบต่อความสามารถในการระเหย (volatilization) ของสารระเหยทั้งสองชนิดในปริมาณที่ลดลงเนื่องจากโครงสร้างของสตาบิลิซันสามารถจับหรือห่อหุ้มสารระเหยได้

4. สตาบิลิซันมีอิทธิพลต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส โยเกิร์ตที่ใช้สตาบิลิซันข้าวเหนียว 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดทั้งทางด้านกลิ่น ความเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม

5. เชื้อโปรไบโอติกไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของลิ้ม การแยกชั้นของน้ำเวย์ และการกักเก็บเวย์ของโยเกิร์ต แต่มีผลกระทบต่อปริมาณของอะเซตัลดีไฮด์ ไคโอะเซทิล และเอธานอลที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต

6. ปริมาณของเชื้อโปรไบโอติก (*L. acidophilus*, และ *Bifidobacterium lactis*) ในโยเกิร์ต ณ อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน เท่ากับ 9.23 ± 0.22 และ 8.99 ± 0.25 log CFU/g ตามลำดับ ซึ่งมากพอที่ผู้บริโภคสามารถใช้ประโยชน์จากเชื้อโปรไบโอติกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 292 หน้า.
- แก้ว กังสดาลอำไพ. 2543. อาหารในสหัสวรรษใหม่ของคนไทย. วารสารฉลาดซื้อ. 7(9) น. 60-62.
- นิธิยา รัตนปนนท์. 2543. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรม เกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 473 หน้า.
- ประดิษฐ์ มีสุข. 2530. เคมีอินทรีย์เบื้องต้น (ฉบับปรับปรุงใหม่). พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์โอเดียนส โตร์. กรุงเทพฯ. 398 หน้า.
- วันเพ็ญ มีสมญา. 2541. โยอาหารอันทรงคุณค่า. อาหาร. 28(3). กรกฎาคม-กันยายน. หน้า 213-219.
- วรรณมา ตั้งเจริญชัย และ ฉานิน โอภาสพัฒน์กิจ. 2541. เอกสารการสอนชุดวิชาผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ ครั้งที่ 1. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ. 395 หน้า.
- วราวุฒิ ครุส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมนม. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอ.เอส. พรินติ้ง เฮาส์. กรุงเทพฯ. 209 หน้า.
- มลศิริ วิโรทัย. 2540. ส่วนประกอบของอาหารเพื่อสุขภาพ. วารสารคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย. 40(2) พฤษภาคม - สิงหาคม. น. 40-53.
- สุรีย์ นานาสมบัติ. 2539. เทคโนโลยีของนมและผลิตภัณฑ์นม. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. หน้า 268.
- อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2543. สารเจือปนในอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพฯ. 322 หน้า.
- อภิญา เจริญกุล. 2542. เอกสารคำสอนวิชานมและผลิตภัณฑ์นม. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพฯ. 96 หน้า.
- Aardt, M.V., S.E. Duncan, D. Bourne, J.E. Marcy, T.E. Long, C.R. Hackney and C. Heisey. 2001. Flavor threshold for Acetaldehyde in milk, chocolate milk, and spring water using Solid Phase Microextraction Gas Chromatography for quantification. *J. Agric. Food Chem.* 49(3), pp:1377-1381.
- Adachi, S. 1992. **Lactic acid bacteria and the control of tumors.** In *The lactic acid bacteria in health and disease.* Elsevier Appl. Sci. Pub. London. 233-261p.
- Adhikari, K., A Mustapha, I.U. Grun, and L. Fernando, 2000. Viability of microencapsulated bifido bacteria in set yoghurt during refrigerated storage. *J. Dairy Sci.* 83(9), pp:1246-1251.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Anonymous. 2000. Acetaldehyde. available www.diffchamb.com/website/Archive/documents/diffchamlab/proucts%20files/bocheringerproducts/DS-Acetaldehyde.pdf
- Bonczar G., M. Wszolek, A. Siuta. 2002. The effects of certain factors on the properties of yoghurt made from ewe's milk. *Food Chem.* 79; pp: 85-91.
- Bill, D.D., C.S. Yang, M.E. Morgan, and F.W. Bodyfelt. 1972. Effect of sucrose on the production of Acetaldehyde and acids by yogurt culture bacteria. *J. Dairy Sci.* 55(11), pp:1570-1573.
- Bylund, G. 1995. *Dairy Processing Handbook*. Tetra Pak Processing Systems AB. Sweden.
- Chen, R.M., J.J. Wu., S.C. Lee., A.H. Huang and H.M. Wu. 1999. Increase of intestinal Bifidobacterium and suppression of Coliform Bacteria with Short-term yogurt ingestion. *J. Dairy Sci.* 82(11), pp:2308-2314.
- Cheng, L.I., P.T. Clarke and M.A. Augustin. 2002. Seasonal variation in yogurt properties. *The Australian J. of Dairy Tech.* 57(3), pp:187-191.
- Chr. Hanssen. 2002. Method for counting *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* in fermented milk products – Guideline method for counting probiotic bacteria
- Chr. Hanssen. 2002. Method for counting *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* in Yoghurt – F 7-8 Technical Bulletin.
- David, W. 1995. **The physiology and biochemistry of prokaryotes**. Oxford University press. Inc NY. 378 p.
- Davidson, R.H., S.E. Duncan, C.R. Hackney, W.N. Eigel and J.W. Boling. 2000. Probiotic culture survival and implication in fermented frozen yoghurt characteristics. *J. Dairy Sci.* 83(4), pp:666-673.
- Fizsman, S.M., M.A. Lluch, and A. Salvador. 1999. Effects of addition of gelation on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. *Int Dairy J.* (9), pp:895-901.
- Friedrich, J.E. and T.E. Acree. 1998. Gas Chromatography Olfactometry (GC/O) of Dairy products. *Int. Dairy J.* 8; 235-241.
- Gaafarr, A.M. 1992. Volatile flavour compounds of yoghurt. *Inter J. Food Sci and Tech.* 27, pp:87-91.
- Gonzalez-Martinez, C., M. Becerra., M. Chafer., A. Albors., J.M. Carot and A. Chiralt. 2002. Influence of substituting milk powder for whey powder on yoghurt quality. *Trends in Food Sci. and Tech.* 13; pp : 334-340.

- Goupy, S., N. Rochut, R.J. Robins and E. Gentil. 2000. Evaluation of Solid-Phase Microextraction for the isotopic analysis of volatile compounds produced during fermentation by lactic acid bacteria. *J. Agric. Food Chem.* 48(6), pp:2222-2227.
- Hamdan, I.Y., J.E. Kunsman, J.R., and D.D. Deane. 1971. Acetaldehyde production by combined yogurt cultures. *J. Dairy Sci.* 54(7), pp:1080-1082.
- Harte, F., L. Luedecke, B.G. Swanson, and G.V. Barbosa-Canovas. 2003. Low-fat set yogurt made from milk subjected to combinations of high hydrostatic pressure and thermal processing. *J. Dairy Sci.* 86(4), pp:1074-1082.
- Harte, F., M. Amonte, L. Luedecke, B.G. Swanson and G.V. Barbosa-Canovas. 2002. Yield Stress and Microstructure of set yogurt made from High Hydrostatic Pressure-Treated full fat milk. *J. Food Sci.* 67(6), pp:2245-2250.
- Hassan, A.N., J.F. Frank, M.A. Farmer, K.A. Schmidt and S.I. Shalabi. 1995. Formation of yogurt microstructure and three-dimensional visualization as determined by Confocal Scanning Laser Microscopy. *J. Dairy Sci.* 78(12), pp:2629-2636.
- Hughenoltz, J., M. Starrenburg, I. Boels, W. Sybesma, A.C. Chaves., A. Mertens, and M. Kleerebezem. no date. 2000. Metabolic engineering of lactic acid bacteria for the improvement of fermented dairy products. available www.sun.ac.za/biochem/btk/book/Hughenoltz.pdf
- Katsiari, M.C., P.L. Voutsinas, and E. Kondyli. 2002. Manufacture of yoghurt from stored frozen sheep's milk. *Food Chem.* 77, pp:413-420.
- Labell, F. 2000. Modified tapioca starch provide smoother textures. www.preparedfoods.com/archives/2000/2000_3/0003avebe.htm
- Laye, I., D. Karleskind and C.V. Morr. 1993. Chemical, Microbiological and Sensory properties of plain nonfat yogurt. *J. Food Sci.* 58(5), pp:991-995, 1000.
- Mann, G.V., and A. Spoerry. 1974. Studies of a surfactant and cholesteremia in the Massai. *The American J. of Clinical Nutrition.* 27(5), pp:464-469.
- Marcel, B.R. 2000. Prebiotics and Probiotics : are they functional foods? *The American J. of Clinical Nutrition.* 71(6), pp:1682-1687.
- Marshall, V.M. and H.L. Rawson. 1999. Effects of exopolysaccharide-producing strain of thermophilic lactic acid bacteria on the texture of stirred yoghurt. *Int. J of Food Sci and Tech.* (34), pp:137-143.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Mattila-Sandholm, T., P. Myllarinen, R. Crittenden, G. Mogensen, R. Fonden and M. Sarrala. 2002. Technological challenges for future probiotic foods. *Int. Dairy J.* 12, pp:173-182.
- Mcgregor, J.U. and C.H. White. 1987. Effect of Sweeteners on Major Volatile Compounds and Flavor of yogurt. *J. Dairy Sci.* 70; pp:1828-1834.
- Meilgaard, M., G.V. Civille and B.T. Carr. 1999. *Sensory Evaluation Techniques*. 3rd edition. CRC Press LLC. New York. NY. 387p.
- Modler, H.W., M.E. Larmond, C.S. Lin, D. Froehlic and D.B. Emmons. 1983. Physical and sensory properties of yogurt stabilized with milk proteins. *J. Dairy Sci.* 66(3), pp:422-429.
- Monnet, C., P. Schmidt, and C. Divies. 1994. Method for Assaying volatile compounds by Headspace-Gas Chromatography and Application to growing starter culture. *J. Dairy Sci.* 77 (7), pp:1809-1815.
- Ott, A., L.B. Fay, and A. Chaintreau. 1997. Determination and origin of the aroma impact compounds of yoghurt flavor. *J. Agric. Food Chem.* (45), pp:850-858.
- Ott, A., J.E. Germond, M. Baumgartner and A. Chaintreau. 1999. Aroma comparisons of traditional and mild yogurts: Headspace Gas Chromatography quantification of volatiles and origin of α -diketones. *J. Agric Food Chem.* 47(6), pp:2379-2385.
- Ozer, B.H., R.A. Stenning, A.S. Grandison, and R.K. Robinson. 1999. Rheology and Microstructure of Labneh (concentrated yogurt). *J. Dairy Sci.* 82(4), pp:682-689.
- Philippe, D. and B. Mollet. 2001. Application of exopolysaccharides in the Dairy Industry. *Int. Dairy J.* (11), pp:759-768.
- Puvanenthiran, A., R.P.W. Williams, and M.A. Augustin. 2002. Structure and visco-elastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios. *Int. Dairy J.* (12), pp:383-391.
- Rankin, S.A. and F.W. Bodyfelt. 1996. Headspace diacetyl as affected by Stabilizers and Emulsifiers in a Model Dairy System. *J. Food Sci.* 61(5), pp:921-923.
- Rapaille, A. and J. Vanhemelrijck. 1997. **Modified Starches**. In *Thickening and Gelling Agents for Food*. 2nd edition. Blackie academic and professional. 320p.
- Rajiv, I.D. and N.P. Shah. 1997. Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts made from commercial starter cultures. *Int. Dairy J.* (7), pp:31-41.
- Rawson, H.L. and V.M. Marshall. 1993. Effects of "ropy" strains of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on rheology of stirred yoghurt. *Int. J. of Food Sci and Tech.* (32), pp:213-220.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Rial, D.R. 2000. The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health. In symposium : Probiotic Bacteria : Implications for human health. J. Nutr. 130, pp:396s-402s.
- Richelieu, M., U. Houlberg, and J.C. Nielsen. 1997. Determination of α -Acetolactic acid and volatile compounds by Headspace Gas Chromatography. J. Dairy Sci . 80(9), pp:1918-1925.
- Rosenberg, C.K. 1999. Probiotics. Continuing Education Module. New Hope Institute of Retailing. Washington, pp:1-8.
- Ryssted, G. and R.K. Abrahamsen. 1987. Formation of volatile aroma compounds and carbon dioxide in yogurt starter grown in cow's and goat's milk. J. Dairy Res. 54; pp: 257-266.
- Samona, A., R.K. Robinson and S. Marakis. 1996. Acid production by bifidobacteria and yoghurt bacteria fermentation and storage of milk. Food Micro. 13, pp:275-280.
- Sander, M.E. 1999. Probiotics. Food Tech. 53; pp: 67-77.
- Sander, M.E. 2000. Considerations for use of probiotic bacterias to modulate human health. In Symposium : Probiotic bacteria : Implications for human health. American Society for Nutrition Science. 130, pp:3843-3908.
- Schmidt, K.A., T.J. Herald and K.A. Khatib. 2001. Modified wheat starchs used as stabilizers in set-style yoghurt. J. of Food Qual. 24, pp:421-434.
- Sgorbati, B., B. Biavati and D. Palenzona. **The genus *Bifidobacterium***. In The Genus of Lactic Acid Bacteria. Vol. 2. Blackie academic and professional, New York. 398p.
- Shah, P.N. 2001. Functional Foods from probiotics and prebiotics. Food Tech. 55(11), pp:46-53.
- Shah, P.N. 2002. Probiotic bacteria :Selective enumeration and survival in dairy foods. J. Dairy Sci. 83(4), pp: 894-907.
- Shew, D.I., and A.J. Hodge. 1950. Electron microscope studies on starter cultures and bacteriophages. The Australian J. of Dairy Tech.
- Spreer, E. 1998. **Acidified Milk Products**. In Milk and Dairy Product Technology. Marcel Dekker Inc., New York. NY. 483p.
- Staff, M.C. 1998. **Cultured milk and fresh cheese**. In The Technology of Dairy Productions. 2nd edition. Blackie academic and professional. New York, 446.
- Stanely, G. 1998. **Microbiology of fermented milk products**. In The Technology of Dairy Products. 2nd edition. Blackie academic and professional. New York, 446p.
- Tamime, A.K. and R.K. Robinson. 1985. **Yoghurt Science and Technology**. Pergamon. New York. NY. 431 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Teuber, M. 1995. **The genus *Lactococcus***. In The Genus of Lactic Acid Bacteria. Vol. 2. Blackie academic and professional, New York. 398p.
- Terry, E.A. 1993. **Bioassays for flavor**. In The Flavor Science : Sensible Principles and Techniques. American chemical society, Washington, D.C. 351p.
- Thomas, P.W. 2002. Analysis of Food Volatiles Using Headspace-Gas Chromatographic Techniques. In Flavor, Fragrance, and Odor Analysis. Marcel dekker. New York. pp:25-54.
- Tungjaroenchai, W. and C.H. White. 2003. Microstructure and textural characteristics of reduce fat Edam cheese containing adjunct cultures during ripening. Abstract. IFT Annual Meeting July 12-16, 2003. Chicago, Illinois, USA. p.20.
- Vinderola, C.G. and J.A. Reinheimer. 1999. Cultures media for the enumeration of *Bifidobacterium bifidum* and *Lactobacillus acidophilus* in the presence of yoghurt bacteria. Int. Dairy J. (9), pp:497-505.
- Williams, R.P.W., O. Glagovskaia and M.A. Augustin. 2003. Properties of stirred yogurts with added starch: effects of alterations in fermentation conditions. The Australian J. of Dairy Tech. 58 (3) pp: 228-232.
- Winterhalter, P. and P. Schreier. 1993. Biotechnology: Challenge for the Flavor Industry. In Flavor Science : sensible principle and techniques. American chemical Society, Washington, DC. 351p.
- Wurzburg, O.B. 2000. **Modified starches properties and uses**. CRC press. Inc. Florida. 277p.
- Xanthopoulos, V., D. Picque, N. Bassit, C.Y. Boquien and G. Corrieu. 1994. Method for the determination of aroma compounds in dairy products : A comparative study. J. Dairy Res. 61, pp:289-297.
- Xu, S.Y., D.W. Stanley, H.D. Goff, V.J Davidson, and M.L. Meguer. 1992. Hydrocollid milk gel formation and properties. J. of Food Sci. 57(1), pp:96-102.
- Yasuhara, A. and T. Shibamoto.1989. Analysis of aldehydes and ketones in the headspace of heated pork fat. J. Food Sci. 54(6), pp:1471-1472 , 1484.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

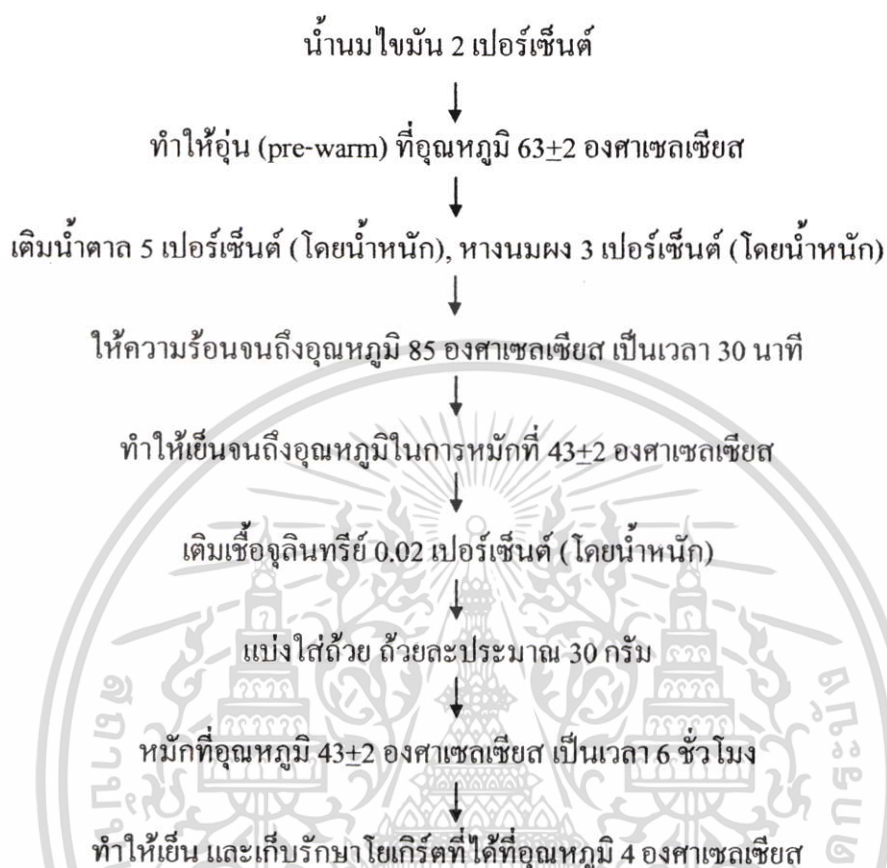


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตโยเกิร์ตชนิดกึ่งตัวไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์



แผนภาพที่ ก1 กรรมวิธีการผลิต โยเกิร์ตชนิดกึ่งตัวไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์

ที่มา : Spreer (1998)



ภาคผนวก ข.

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพและทางจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข1. วิธีวิเคราะห์ปริมาณกรด (titratable acidity) (Schmidt *et al.*, 2001)

นำตัวอย่างโยเกิร์ตจำนวน 9 ± 0.1 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 18 กรัม เขย่าให้เข้ากันดีและอุ่นที่อุณหภูมิ 23 ± 1 องศาเซลเซียส ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน เป็นอินดิเคเตอร์

การคำนวณ

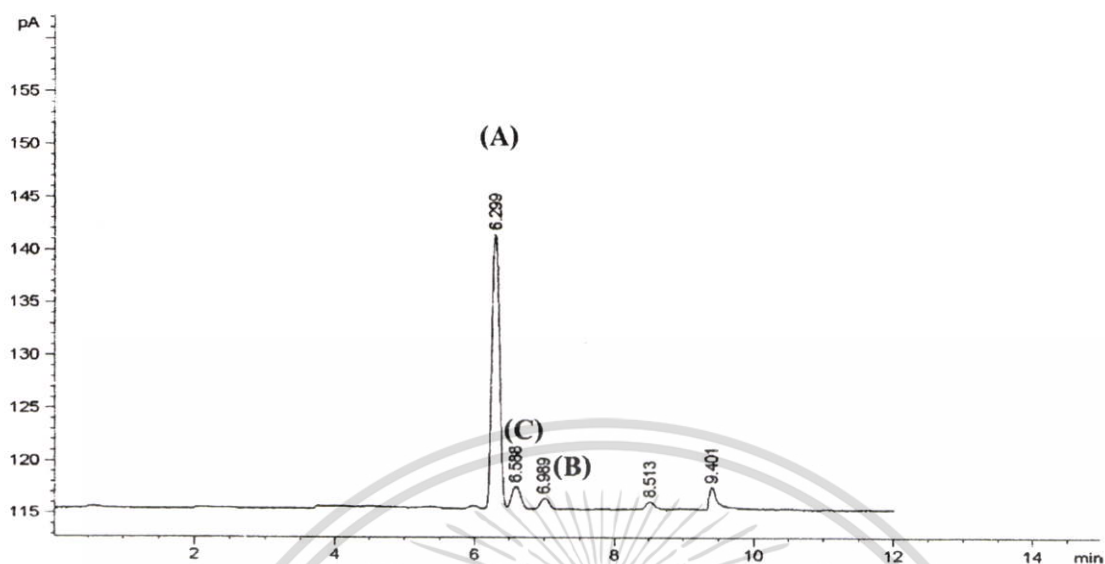
$$\text{TA (\% Lactic acid)} = \frac{(\text{ml NaOH}) (\text{Normality of NaOH}) (\text{Equivalent Wt. of lactic acid})}{(\text{Wt. of Sample})} \times 100$$

ข2. วิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) (Schmidt *et al.*, 2001)

นำตัวอย่างโยเกิร์ตจำนวนประมาณ 100 กรัม ทำให้โยเกิร์ตกระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกัน วัดพีเอช โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง

ข3. วิธีวิเคราะห์ความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ไคอะเซทิล และเอทานอล (คัดแปลงจาก Ott *et al.*, 1999)

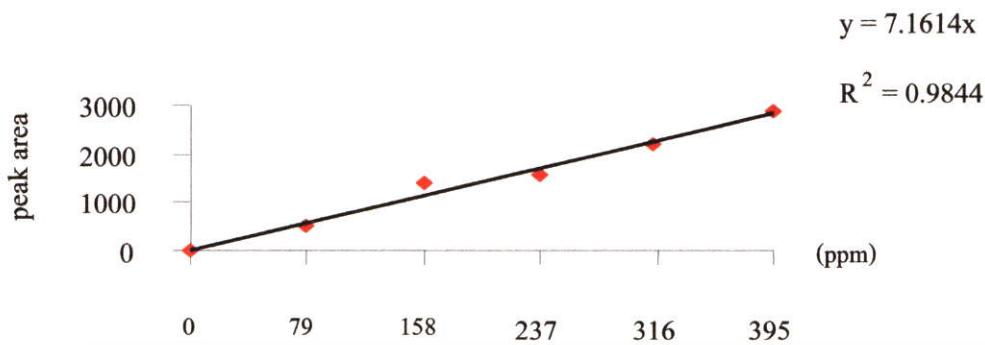
Gas Chromatography (Hewlett Packard, model HP 6890) ต่อเข้ากับ autosampler (Hewlett Packard, model HP 7694) มี capillary column EC-20 และใช้ Flame Ionization Detector (FID) วิเคราะห์โดยนำตัวอย่างโยเกิร์ตที่อุณหภูมิประมาณ 4-5 องศาเซลเซียสจำนวน 10 ± 0.01 กรัม บรรจุลงในขวดแก้ว (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดให้สนิทด้วยจุกยาง (rubber septum) และฝาอะลูมิเนียม ให้ความร้อนกับตัวอย่าง โยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ก่อน autosampler จะดูดตัวอย่างไอจาก Headspace ของตัวอย่าง ผ่าน sample loop ขนาด 1 มิลลิลิตร เข้าสู่คอลัมน์ของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ให้คงที่ที่ 50 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซตัวพา (carrier gas) เท่ากับ 1 มิลลิลิตรต่อ 1 นาที วิเคราะห์ปริมาณของสาร โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน (authentic standard) ตัวอย่างของ chromatograms ของ อะเซตัลดีไฮด์ ไคอะเซทิล และเอทานอล ดังแสดงในภาพที่ ข1.



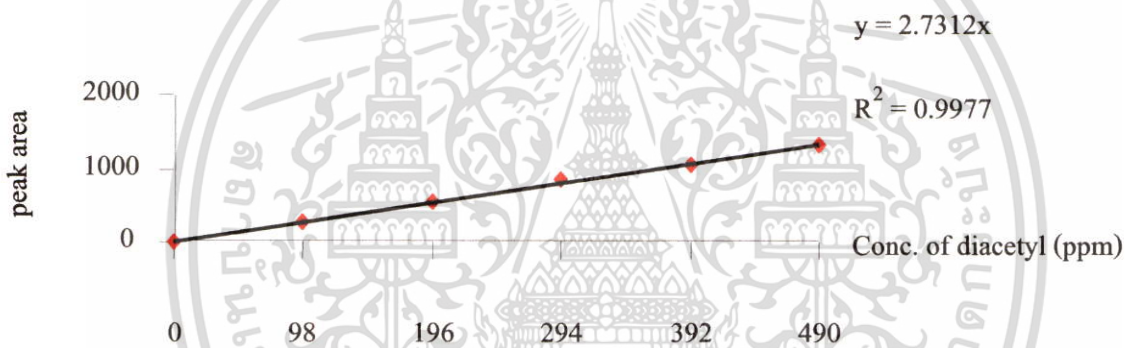
ภาพที่ ข1 โครมาโตแกรมของอะเซตัลดีไฮด์ (A) ไคอะเซทิล (B) และเอธานอล (C) (EC-20 column, 50°C และอัตราการไหล (flow rate) เท่ากับ 1 มิลลิลิตร/นาที

การคำนวณ

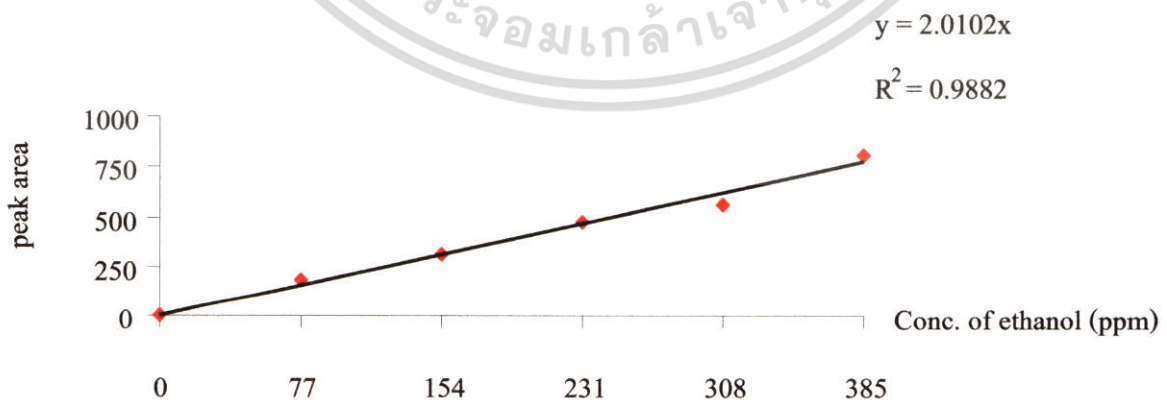
คำนวณปริมาณของอะเซตัลดีไฮด์ ไคอะเซทิลและเอธานอล โดยใช้กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานทั้ง 3 ชนิด (Merck and Sigma-Aldrich, Germany) ดังแสดงในภาพภาคผนวก ข ที่ 2 - 4



ภาพที่ ข2 แสดงกราฟมาตรฐานของสารอะเซตัลดีไฮด์ (EC-20 column, 50°C และอัตราการไหล (flow rate) เท่ากับ 1 มิลลิลิตร/นาที



ภาพที่ ข3 แสดงกราฟมาตรฐานของสารไดอะเซทิล (EC-20 column, 50°C และอัตราการไหล (flow rate) เท่ากับ 1 มิลลิลิตร/นาที



ภาพที่ ข4 แสดงกราฟมาตรฐานของสารเอทานอล (EC-20 column, 50°C และอัตราการไหล (flow rate) เท่ากับ 1 มิลลิลิตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข4. วิธีวิเคราะห์ความแน่นของลิมนม (Bonczar *et al.*, 2002)

นำตัวอย่างโยเกิร์ตที่มีอุณหภูมิ ประมาณ 4 องศาเซลเซียสในขวดแก้วขนาด 212 มิลลิลิตร วัดความแน่นของลิมนม โดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ดังภาพภาคผนวกที่ 5 โดยใช้หัววัด A/BE 45 ring back extrusion probe กำหนดความเร็วทั้งก่อน ขณะทำการวัดและหลังวัด เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยระยะทางในการวัดเท่ากับ 20 มิลลิเมตร จากผิวหน้าของตัวอย่างโยเกิร์ตแสดงผลเป็นแรงกดสูงสุด (maximum force) มีหน่วยเป็นกรัม



ภาพที่ ข5 การวัดความแน่นของลิมนโยเกิร์ต (กรัม) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) โดยโยเกิร์ตมีอุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

ข5. วิธีวิเคราะห์ความสามารถในการแยกชั้นของน้ำเวย์ (Katsiari *et al.*, 2002)

นำตัวอย่างโยเกิร์ตที่มีอุณหภูมิ ประมาณ 4 องศาเซลเซียสในถ้วยพลาสติก และทำลายโครงสร้างของโยเกิร์ตโดยการตัดเป็นรูปกากบาท จากนั้นวางลงบนตะแกรงขนาด 40 mesh ที่มีอุณหภูมิ 3 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเวย์ที่แยกได้

การคำนวณ

$$\% \text{ syneresis} = \frac{\text{Wt. of whey (g)}}{\text{Wt. of sample (g)}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

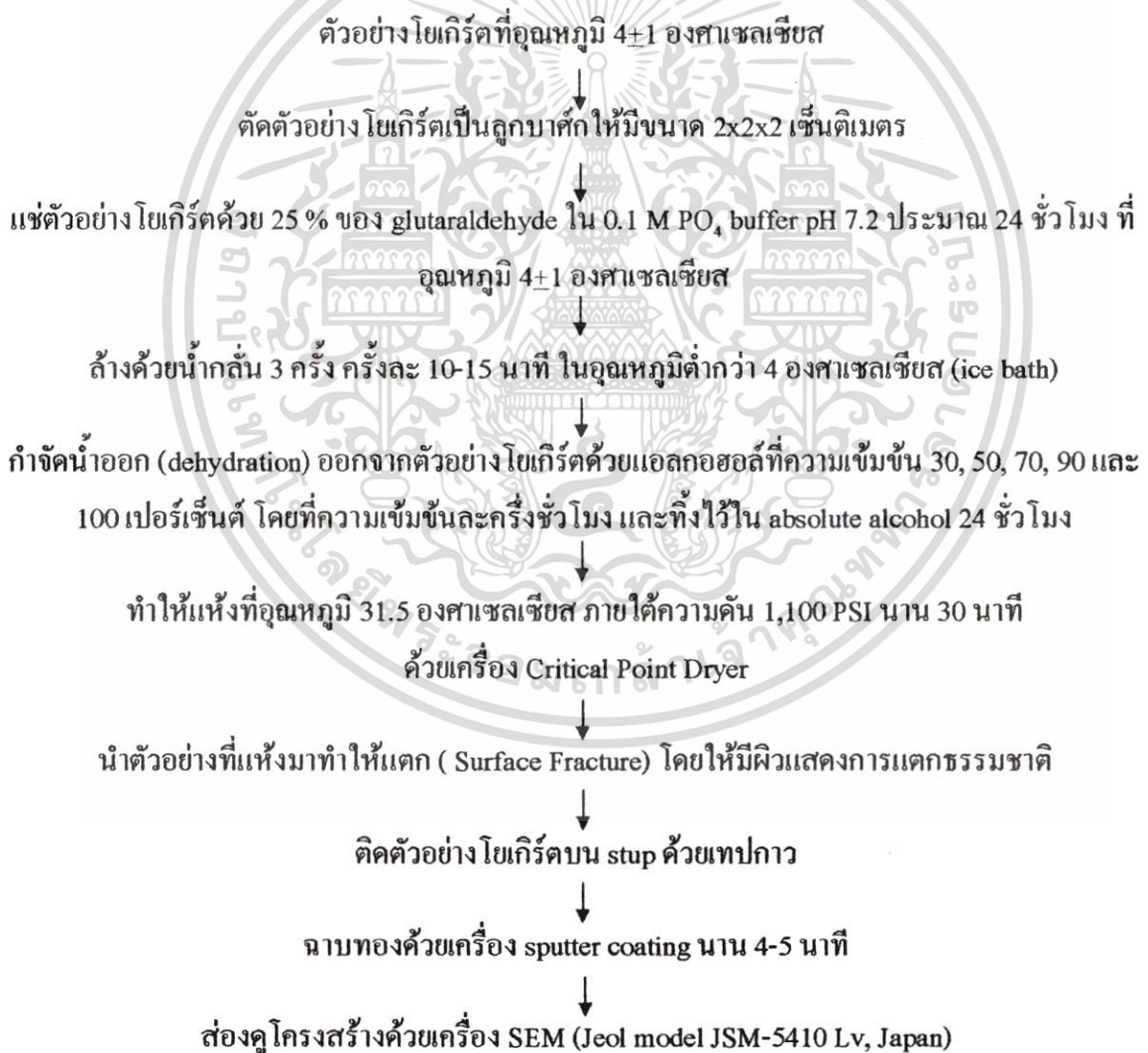
ข6. วิธีวิเคราะห์ความสามารถในการกักเก็บน้ำเวย์ (whey holding capacity) (Harte *et al.*, 2003)

ชั่งตัวอย่างโยเกิร์ตจำนวน 50 กรัม ลงในหลอดหมุนเหวี่ยง (centrifuge tube) ปิดฝาให้สนิท หมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 15,000 รอบต่อวินาที อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แยกของเหลวที่แยกตัวจากลิ่มและชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\% \text{ whey holding capacity} = \frac{\text{Wt. of whey (g)}}{\text{Wt. of sample (g)}} \times 100$$

ข7. วิธีวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของโยเกิร์ต (microstructure) (Tungjaroenchai and White, 2003)



แผนภาพที่ ข2 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค (microstructure) ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข8. วิธีวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (Survival of bacteria) (Chr Hanssan, 2001)

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS_{5.4} สำหรับ *Lactobacillus bulgaricus* เตรียมได้จากส่วนผสมดังนี้

- Trytone	10	กรัม
- Yeast extract	5	กรัม
- Tween 80	1	กรัม
- di-Potassium hydrogen phosphate	3.407	กรัม
- Sodium acetate H ₂ O	3.015	กรัม
- di-Ammonium sulphate	2	กรัม
- Magnesium sulphate 7H ₂ O	0.2	กรัม
- Manganese (II) sulphate	0.05	กรัม
- Agar	13	กรัม
- น้ำกรอง	1000	กรัม

ละลายอาหารวุ้นและปรับค่าพีเอชให้เท่ากับ 5.4 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นก่อนฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาทีในหม้อนึ่งความดัน

2. อาหารเลี้ยงเชื้อ M-17 สำหรับ *Streptococcus thermophilus* เตรียมได้จาก

อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป M-17 จำนวน 48.25 กรัม เติมน้ำกรอง 950 มิลลิลิตรให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนผสมละลาย และทำอุณหภูมิให้ได้ประมาณ 48±2 องศาเซลเซียส เตรียมสารละลาย lactose โดยใช้ lactose จำนวน 10 กรัม เติมน้ำกรอง 1000 มิลลิลิตรนำสารละลาย lactose จำนวน 50 มิลลิลิตร ผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อ M-17 ข้างต้น นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาทีในหม้อนึ่งความดัน

3. อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS-IM with maltose สำหรับ *Lactobacillus acidophilus* เตรียมได้จาก

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ดังข้างต้น (ข้อ 1.) ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาทีในหม้อนึ่งความดัน จากนั้นเตรียมสารละลาย maltose 20 เปอร์เซ็นต์ (โดย maltose 20 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น และกรองผ่านไมโครฟิลเตอร์ (microfilter) 0.45 มิลลิเมตร) ผสม MRS-IM with maltose ปริมาณ 1000 มิลลิลิตร ให้เข้ากันดีกับสารละลาย lactose 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 45±2 องศาเซลเซียส ก่อนการนำมาใช้ในการวิเคราะห์

4. อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS-IM with glucose สำหรับ *Bifidobacterium lactis* เตรียมได้จาก

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ดังข้างต้น (ข้อ 1.) นำเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาทีในหม้อนึ่งความดัน จากนั้นเตรียมสารละลาย glucose 20 เปอร์เซ็นต์ (โดย glucose 20 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น และกรองผ่านไมโครฟิลเตอร์ (microfilter) 0.45 มิลลิเมตร)

- เตรียมสารละลาย (A) โดยใช้ Dicholxallin 10 มิลลิกรัม ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น และกรองผ่านไมโครฟิลเตอร์โดยปราศจากเชื้อ (aseptic technique)

- เตรียมสารละลาย (B) โดยใช้ LiCl 2 กรัม เติมน้ำกลั่นจำนวน 18 กรัม และกรองผ่านไมโครฟิลเตอร์โดยปราศจากเชื้อ

- เตรียมสารละลาย (C) โดยใช้ Cysteine hydrochloride 10 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น และกรองผ่านไมโครฟิลเตอร์ และนำเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาทีภายในหม้อนึ่งความดัน ก่อนนำมาใช้

ผสม MRS-IM with glucose ปริมาณ 1000 มิลลิลิตร ให้เข้ากันดีกับสารละลาย glucose 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 100 มิลลิลิตร และสารละลาย A, B และ C จำนวน 5, 10 และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับที่อุณหภูมิ 45±2 องศาเซลเซียส ก่อนการนำมาใช้ในการวิเคราะห์

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

1. ชั่งโยเกิร์ตจำนวน 100 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกปลอดเชื้อขนาด นำไปตีปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่องตีปั่นอาหาร (stomacher) เป็นเวลา 2 นาที เพื่อให้ตัวอย่างโยเกิร์ตเข้ากันดี
2. สุ่มตัวอย่างโยเกิร์ตจำนวน 1 กรัม จากถุงพลาสติกปลอดเชื้อ ใส่ในสารละลายเปปโตน (1 เปอร์เซ็นต์) ปลอดเชื้อจำนวน 9 มิลลิลิตร สารละลายตัวอย่างที่ได้เจือจางในอัตราส่วน 1:10
3. ปิเปิดตัวอย่างอาหารเจือจาง 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดที่มีสารละลายเปปโตน (1 เปอร์เซ็นต์) ปลอดเชื้อ 9 มิลลิลิตร จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม 3 ระดับ (10^{-2} , 10^{-4} , และ 10^{-6})
4. ปิเปิดตัวอย่างอาหารที่ระดับความเจือจางต่าง ๆ 1 มิลลิลิตร ลงในงานเพาะเชื้อโดยทำระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ
5. เทอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิด ที่อุณหภูมิ 45±2 องศาเซลเซียส จำนวน 15-20 มิลลิลิตร ลงในงานเพาะเชื้อและผสมให้เข้ากันกับตัวอย่างให้ทั่วถึง
6. ปล่อยให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว กลับงานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส สำหรับ *Lactobacillus bulgaricus* , *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis* และ 41±2 องศาเซลเซียส สำหรับ *Streptococcus thermophilus* เป็นเวลา 72 ชั่วโมง
7. นับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในงานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี
8. หาค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ออาหาร 1 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อ อายุ วันที่ทดสอบ

ตัวอย่าง : โยเกิร์ตแบบคงตัวชนิดไขมันต่ำโดยแปรชนิดและปริมาณของสตาร์ชเป็นสเตบิลไลเซอร์

คำชี้แจง : ทดสอบความชอบด้วยประสาทสัมผัสและให้คะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตตามคำอธิบาย ผู้ประเมินบ้วนปากด้วยน้ำระหว่างทดสอบแต่ละตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมาก

5 = ชอบเล็กน้อย

2 = ไม่ชอบ

6 = ชอบ

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบมาก

4 = เฉยๆ

รหัสตัวอย่าง

สี

กลิ่นผลิตภัณฑ์

ความเรียบเนียน

ความแน่นของลิ้นนม

ความเปรี้ยว

การยอมรับโดยรวม

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อ อายุ วันที่ทดสอบ

ตัวอย่าง : โยเกิร์ตแบบคงตัวชนิดไขมันต่ำโดยเปรียบเทียบระหว่างเชื้อโยเกิร์ตและเชื้อโพรไบโอติก

คำชี้แจง : ทดสอบความชอบด้วยประสาทสัมผัสและให้คะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตตามคำอธิบาย ผู้ประเมินบ้วนปากด้วยน้ำระหว่างทดสอบแต่ละตัวอย่าง

- 1 = ไม่ชอบมาก
- 2 = ไม่ชอบ
- 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย
- 4 = เฉยๆ
- 5 = ชอบเล็กน้อย
- 6 = ชอบ
- 7 = ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง

สี

กลิ่นผลิตภัณฑ์

ความเรียบเนียน

ความแน่นของลิ้นนม

ความเปรี้ยว

การยอมรับโดยรวม

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง.

ตารางทดสอบความแปรปรวนทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง1 ปริมาณความเป็นกรดและพีเอชของโยเกิร์ตไขมันต่ำ ที่ระยะเวลาทุก 2 ชั่วโมง

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณความเป็นกรด	พีเอช
0	0.16 ^a	6.49 ^a
2	0.25 ^b	5.94 ^b
4	0.68 ^c	4.86 ^c
6	0.96 ^d	4.35 ^d
8	1.21 ^e	4.19 ^e
10	1.30 ^f	4.06 ^f
12	1.36 ^g	4.02 ^g

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ a b c d e ... ที่ไม่เหมือนกันในแนวนอง หมายถึง ระยะเวลาที่มีผลต่อปริมาณความเป็นกรดและพีเอชของการหมักโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ ง2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา ปริมาณความเป็นกรด และ พีเอช

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	Correlation Coefficient		
	เวลา	ปริมาณความเป็นกรด	พีเอช
เวลา	1.000		
ปริมาณความเป็นกรด	0.935	1.000	
พีเอช	-0.848	-0.969	1.000

ตารางที่ ง3 ชนิดและปริมาณสตาร์ชที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความเป็นกรด (เปอร์เซ็นต์แลคติก) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ชนิดสตาร์ช ^a	ปริมาณสตาร์ช (เปอร์เซ็นต์)			
	0	0.5	1.0	2.0
สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร	0.92 ± 0.01 ^b	0.96 ± 0.01 ^a	0.97 ± 0.006 ^a	0.94 ± 0.00 ^a
สตาร์ชข้าวโพด	0.92 ± 0.01 ^b	0.95 ± 0.006 ^a	0.94 ± 0.02 ^a	0.97 ± 0.02 ^a
สตาร์ชข้าวเหนียว	0.92 ± 0.01 ^b	0.98 ± 0.02 ^a	0.94 ± 0.02 ^a	0.96 ± 0.02 ^a

หมายเหตุ

^aชนิดของสตาร์ชไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

สัญลักษณ์ a b ที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ปริมาณสตาร์ชที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณความเป็นกรดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ชนิดและปริมาณสารที่มีอิทธิพลต่อพีเอชในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ชนิดสาร	ปริมาณสาร (เปอร์เซ็นต์)			
	0	0.5	1.0	2.0
สารมันสำปะหลังคัดแปร	4.47 ± 0.02 ^c	4.43 ± 0.01 ^{Aab}	4.43 ± 0.01 ^{Aa}	4.44 ± 0.03 ^{Ab}
สารข้าวโพด	4.47 ± 0.02 ^c	4.45 ± 0.01 ^{Bab}	4.46 ± 0.05 ^{Ba}	4.46 ± 0.006 ^{Bb}
สารข้าวเหนียว	4.47 ± 0.02 ^c	4.45 ± 0.02 ^{Bab}	4.46 ± 0.05 ^{Ba}	4.47 ± 0.02 ^{Bb}

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ A B ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวดิ่งหมายถึง ชนิดทั้งสามชนิดมีผลต่อพีเอชของโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สัญลักษณ์ a b ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ปริมาณสารที่มีผลต่อพีเอชของโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 ชนิดและปริมาณสารที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ (ppm)

ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ชนิดสาร	ปริมาณสาร (เปอร์เซ็นต์)			
	0	0.5	1.0	2.0
สารมันสำปะหลังคัดแปร	1.55 ± 0.06 ^a	1.16 ± 0.02 ^{Ac}	1.21 ± 0.08 ^{Ab}	1.27 ± 0.04 ^{Ac}
สารข้าวโพด	1.55 ± 0.06 ^a	0.99 ± 0.02 ^{Bc}	1.31 ± 0.07 ^{Bb}	0.90 ± 0.05 ^{Bc}
สารข้าวเหนียว	1.55 ± 0.06 ^a	0.99 ± 0.01 ^{Bc}	1.22 ± 0.03 ^{Bb}	0.99 ± 0.07 ^{Bc}

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ A B ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวดิ่งหมายถึง ชนิดของสารที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สัญลักษณ์ a b ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ปริมาณสารที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ชนิดและปริมาณสารที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของโคอะเซทิล (ppm)

ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

สาร	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)			
	0	0.5	1.0	2.0
สารมันสำปะหลังคัดแปร	0.42 ± 0.02 ^a	0.31 ± 0.07 ^{Ac}	0.32 ± 0.03 ^{Ab}	0.34 ± 0.01 ^{Ac}
สารข้าวโพด	0.42 ± 0.02 ^a	0.27 ± 0.04 ^{Bc}	0.35 ± 0.02 ^{Bb}	0.24 ± 0.01 ^{Bc}
สารข้าวเหนียว	0.42 ± 0.02 ^a	0.26 ± 0.01 ^{Bc}	0.33 ± 0.01 ^{Bb}	0.27 ± 0.02 ^{Bc}

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ A B ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวดิ่งหมายถึง ชนิดของสารที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สัญลักษณ์ a b c ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ปริมาณสารที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗ ชนิดและปริมาณสารที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของเอทานอล(ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ชนิดสาร	ปริมาณสาร (เปอร์เซ็นต์)			
	0	0.5	1.0	2.0
สารไขมันต่ำปะหลังดัดแปร	0.72 ± 0.03 ^a	0.54 ± 0.01 ^{Ac}	0.56 ± 0.03 ^{Ab}	0.59 ± 0.02 ^{Ac}
สารขั้วโพค	0.72 ± 0.03 ^a	0.45 ± 0.007 ^{Bc}	0.61 ± 0.03 ^{Bb}	0.42 ± 0.02 ^{Bc}
สารขั้วเหนียว	0.72 ± 0.03 ^a	0.46 ± 0.007 ^{Bc}	0.57 ± 0.02 ^{Bb}	0.46 ± 0.04 ^{Bc}

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ A B ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวดิ่งหมายถึง ชนิดของสารที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สัญลักษณ์ a b ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ปริมาณสารที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๘ ชนิดและปริมาณสารที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงลิ้ม (กรัม) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ชนิดสาร	ปริมาณสาร (เปอร์เซ็นต์)			
	0	0.5	1.0	2.0
สารไขมันต่ำปะหลังดัดแปร	138.73 ± 0.42 ^d	175.39 ± 0.85 ^{Ac}	218.58 ± 0.99 ^{Ab}	324.94 ± 0.66 ^{Aa}
สารขั้วโพค	138.73 ± 0.42 ^d	154.43 ± 0.73 ^{Bc}	176.72 ± 0.81 ^{Bb}	213.79 ± 0.82 ^{Ba}
สารขั้วเหนียว	138.73 ± 0.42 ^d	146.62 ± 1.25 ^{Cc}	156.41 ± 1.17 ^{Cb}	165.28 ± 1.05 ^{Ca}

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ A B C ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวดิ่งหมายถึง ชนิดของสารที่มีผลต่อความแข็งแรงของลิ้มโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สัญลักษณ์ a b c d ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ปริมาณสารที่มีผลต่อความแข็งแรงของลิ้มโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๙ ชนิดและปริมาณสารที่มีอิทธิพลต่อการแยกชั้นของเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

สาร	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)			
	0	0.5	1.0	2.0
สารไขมันต่ำปะหลังดัดแปร	20.63 ± 0.47 ^d	18.33 ± 0.35 ^{Ac}	14.12 ± 0.40 ^{Ab}	6.81 ± 0.69 ^{Aa}
สารขั้วโพค	20.63 ± 0.47 ^d	20.49 ± 0.22 ^{Bc}	15.08 ± 1.51 ^{Bb}	9.03 ± 1.98 ^{Ba}
สารขั้วเหนียว	20.63 ± 0.47 ^d	18.53 ± 0.53 ^{Bc}	15.56 ± 0.62 ^{Bb}	10.03 ± 0.58 ^{Ba}

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ A B ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวดิ่งหมายถึง ชนิดของสารที่มีผลต่อการแยกชั้นของเวย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สัญลักษณ์ a b c d ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ปริมาณสารที่มีผลต่อการแยกชั้นของเวย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ผลของชนิดและปริมาณสตาร์ชที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ชนิดสตาร์ช	ปริมาณสตาร์ช (เปอร์เซ็นต์)			
	0	0.5	1.0	2.0
สตาร์ชมันสำปะหลังตัดแปรร	21.10 ± 0.30 ^{Ad}	28.28 ± 0.17 ^{Ac}	35.74 ± 0.35 ^{Ab}	49.29 ± 0.19 ^{Aa}
สตาร์ชข้าวโพด	21.10 ± 0.30 ^{Cd}	23.97 ± 0.07 ^{Cc}	28.08 ± 0.74 ^{Cb}	36.72 ± 0.12 ^{Ca}
สตาร์ชข้าวเหนียว	21.10 ± 0.30 ^{Bd}	24.06 ± 0.16 ^{Bc}	30.41 ± 0.04 ^{Bb}	43.54 ± 0.37 ^{Ba}

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ A B C ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวดิ่งหมายถึง สตาร์ชทั้งสามชนิดมีผลต่อการกักเก็บน้ำเวย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สัญลักษณ์ a b c d ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ปริมาณสตาร์ชมีผลต่อการกักเก็บน้ำเวย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของลิ้ม การแยกชั้นของเวย์ และการกักเก็บเวย์ของโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	Correlation Coefficient		
	ความแข็งแรงของลิ้ม	การแยกชั้นของน้ำเวย์	การกักเก็บน้ำเวย์
ความแข็งแรงของลิ้ม	1.000		
การแยกชั้นของน้ำเวย์	-0.768	1.000	
การกักเก็บน้ำเวย์	0.800	-0.945	1.000

ตารางที่ 12 ชนิดของเชื้อ โยเกิร์ต 3 ชนิดที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความเป็นกรดและพีเอชในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

เชื้อจุลินทรีย์	ปริมาณความเป็นกรด	พีเอช
YC	0.96 ± 0.05 ^a	4.35 ± 0.01 ^a
ABY	0.86 ± 0.01 ^b	4.57 ± 0.02 ^c
ABT	0.92 ± 0.005 ^{ab}	4.44 ± 0.01 ^b

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ a b c ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวดิ่ง หมายถึง ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์มีผลต่อปริมาณความเป็นกรดและพีเอชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

YC (*L. bulgaricus* และ *S. thermophilus*), ABY (*L. bulgaricus*, *S. thermophilus*, *L. acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*.) และ ABT (*S. thermophilus*, *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ไคอะเซทิล และเอธานอล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

เชื้อจุลินทรีย์	อะเซตัลดีไฮด์	ไคอะเซทิล	เอธานอล
YC	1.55±0.06 ^a	0.42±0.02 ^a	0.72±0.03 ^a
ABY	1.02±0.03 ^b	0.27±0.01 ^b	0.47±0.01 ^b
ABT	0.64±0.01 ^c	0.17±0.00 ^c	0.30±0.01 ^c

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ a b c ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์มีผลต่อความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ไคอะเซทิล และเอธานอลอย่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

YC (*L. bulgaricus* และ *S. thermophilus*), ABY (*L. bulgaricus*, *S. thermophilus*, *L. acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*.) และ ABT (*S. thermophilus*, *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis*)

ตารางที่ 14 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านปริมาณความเป็นกรด (Titratable – acidity) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของสตาร์ช (A)	2.17x10 ⁻⁴	2	1.08x10 ⁻⁴	0.93
ปริมาณของสตาร์ช (B)	9.43x10 ⁻³	3	3.14x10 ⁻³	26.94*
(A) x(B)	4.43x10 ⁻³	6	7.38x10 ⁻⁴	6.33*
Error	2.8x10 ⁻³	24	1.17x10 ⁻⁴	
Total	32.34	36		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 15. วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านพีเอช (pH) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติม สตาร์ช 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของสตาร์ช (A)	2.72x10 ⁻³	2	1.36x10 ⁻³	7.09*
ปริมาณของสตาร์ช (B)	6.72x10 ⁻³	3	2.24x10 ⁻³	11.69*
(A) x(B)	3.06x10 ⁻³	6	2.10x10 ⁻⁴	2.66*
Error	4.6x10 ⁻³	24	1.92x10 ⁻⁴	
Total	713.441	36		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง16. วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของสตาร์ช (A)	9.30×10^{-2}	2	4.65×10^{-2}	17.25*
ปริมาณของสตาร์ช (B)	1.50	3	0.50	185.82*
(A) x(B)	0.20	6	3.38×10^{-2}	12.55*
Error	6.47×10^{-2}	24	2.69×10^{-3}	
Total	55.79	36		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ ง17 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความเข้มข้นของโคอะเซทิล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของสตาร์ช (A)	6.69×10^{-3}	2	3.35×10^{-3}	17.20*
ปริมาณของสตาร์ช (B)	0.11	3	3.58×10^{-2}	183.98*
(A) x(B)	1.45×10^{-2}	6	2.42×10^{-3}	12.44*
Error	4.67×10^{-3}	24	1.95×10^{-4}	
Total	3.99	36		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ ง18 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความเข้มข้นของเอธานอล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของสตาร์ช (A)	1.98×10^{-2}	2	9.88×10^{-3}	17.22*
ปริมาณของสตาร์ช (B)	0.32	3	0.11	186.77*
(A) x(B)	4.35×10^{-2}	6	7.22×10^{-3}	12.59*
Error	1.38×10^{-2}	24	5.74×10^{-4}	
Total	11.94	36		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความแข็งแรงของลิ่ม (กรัม) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำ
ที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของสตาร์ช (A)	24734.74	2	12367.37	17348.45*
ปริมาณของสตาร์ช (B)	46373.18	3	15457.73	21683.48*
(A) x(B)	22823.84	6	3803.97	5336.06*
Error	17.11	24	0.713	
Total	1247815.12	36		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 20 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการแยกชั้นของเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำ
ที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของสตาร์ช (A)	15.79	2	7.89	10.90*
ปริมาณของสตาร์ช (B)	774.95	3	258.32	357.00*
(A) x(B)	18.22	6	3.04	4.20*
Error	17.37	24	0.73	
Total	9937.40	36		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 21 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการกักเก็บน้ำเวย์(เปอร์เซ็นต์) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำ
ที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของสตาร์ช (A)	230.49	2	115.24	1188.52*
ปริมาณของสตาร์ช (B)	2478.39	3	826.13	8519.99*
(A) x(B)	136.12	6	22.69	233.97*
Error	2.33	24	9.70×10^{-2}	
Total	35859.19	36		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 22 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านปริมาณความเป็นกรด (Titratable acidity) ของโยเกิร์ตชนิดคงตัวที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของเชื้อ	1.43×10^{-2}	2	7.14×10^{-3}	6.99*
Error	6.13×10^{-3}	6	1.02×10^{-3}	
Total	2.04×10^{-2}	8		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านพีเอช(pH) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของเชื้อ	7.37×10^{-2}	2	3.64×10^{-2}	236.86*
Error	9.33×10^{-4}	6	1.56×10^{-4}	
Total	7.46×10^{-2}	8		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 24 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของเชื้อ	1.25	2	0.63	418.21*
Error	8.99×10^{-3}	6	1.50×10^{-3}	
Total	1.26	8		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๖25 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความเข้มข้นของโคอะเซทิล (ppm) ในโยเกิร์ตชนิด
คงตัวที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์
(โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของเชื้อ	8.97×10^{-2}	2	4.48×10^{-2}	406.36*
Error	6.62×10^{-4}	6	1.10×10^{-4}	
Total	9.03×10^{-2}	8		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๖26 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านความเข้มข้นของเอธานอล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมัน
ต่ำที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดย
น้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของเชื้อ	0.26	2	0.13	427.74*
Error	1.88×10^{-3}	6	3.14×10^{-4}	
Total	0.27	8		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๖27 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านค่าความแข็งแรงของลิ่ม (กรัม) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำ
ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้
หนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของเชื้อ	1.18	2	0.59	0.38*
Error	9.23	6	1.54	
Total	10.41	8		

* หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง28 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการแยกชั้นเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของเชื้อ	0.26	2	0.13	0.16*
Error	5.00	6	0.83	
Total	5.26	8		

* หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ ง29 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการกักเก็บเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ของโยเกิร์ตไขมันต่ำที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ชนิดของเชื้อ	1.22×10^{-2}	2	6.10×10^{-3}	0.01*
Error	4.25	3	0.71	
Total	4.26	8		

* หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ ง30 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบทางด้านสีของโยเกิร์ตไขมันต่ำ (ผู้ทดสอบชิม 15 คน) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ผู้ทดสอบ	66.82	14	4.77	5.67*
ชนิดของเชื้อ	4.63	2	2.32	2.75*
Error	99.36	118	0.84	
Total	3496.00	135		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 331 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบทางด้านกลิ่นรสของโยเกิร์ตไขมันต่ำ (ผู้ทดสอบชิม 15 คน) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ผู้ทดสอบ	48.19	14	3.44	2.13*
ชนิดของเชื้อ	32.55	2	16.27	10.09*
Error	190.34	118	1.61	
Total	2619.00	135		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 332 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบทางด้านความเรียบเนียนของโยเกิร์ตไขมันต่ำ (ผู้ทดสอบชิม 15 คน) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ผู้ทดสอบ	52.33	14	3.74	2.49*
ชนิดของเชื้อ	8.73	2	4.36	2.91*
Error	176.83	118	1.50	
Total	3310.00	135		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 333 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบทางด้านความแข็งแรงของลิ้นโยเกิร์ตไขมันต่ำ (ผู้ทดสอบชิม 15 คน) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ผู้ทดสอบ	61.70	14	4.40	3.28*
ชนิดของเชื้อ	28.15	2	14.07	10.46*
Error	158.74	118		
Total	2871.00	135		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 34 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบทางด้านความเปรี้ยวของโยเกิร์ตไขมันต่ำ (ผู้ทดสอบชิม 15 คน) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ผู้ทดสอบ	62.10	14	4.43	2.30*
ชนิดของเชื้อ	11.75	2	5.87	3.04*
Error	227.59	118		
Total	2742.00	135		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 35 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบทางด้านการยอมรับโดยรวมของโยเกิร์ตไขมันต่ำ (ผู้ทดสอบชิม 15 คน) ที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต YC เปรียบเทียบกับ ABY และ ABT ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ผู้ทดสอบ	100.82	14	7.20	5.71*
ชนิดของเชื้อ	4.82	2	2.41	1.91**
Error	148.74	118		
Total	3384.00	135		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

** หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 36 วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อโพรไบโอติก *L. acidophilus* ในโยเกิร์ตที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
อุณหภูมิ	0.100	1	0.100	2.139**
Error	1.587	34	0.47	
Total	1.687	35		

** หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 37 วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อโพรไบโอติก *L. acidophilus* ในโยเกิร์ตที่เก็บรักษา นาน 35 วัน

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ระยะเวลา	0.879	5	0.176	6.518*
Error	0.809	30	0.27	
Total	168.7	35		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 38 วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อโพรไบโอติก *B. lactis* ในโยเกิร์ตที่อุณหภูมิกักเก็บรักษา 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
อุณหภูมิ	0.000	1	0.000	0.01**
Error	5.980	34	0.176	
Total	5.980	35		

** หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 39 วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อโพรไบโอติก *B. lactis* ในโยเกิร์ตที่เก็บรักษา นาน 35 วัน

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ระยะเวลา	3.015	5	0.603	6.103*
Error	2.965	30	0.099	
Total	5.980	35		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 40 วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อ โยเกิร์ต *L. bulgaricus* ในโยเกิร์ตที่อุณหภูมิกักเก็บรักษา 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
อุณหภูมิ	0.007	1	0.007	0.002**
Error	147.361	34	4.334	
Total	147.368	35		

** หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 41 วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของ เชื้อโยเกิร์ต *L. bulgaricus* ในโยเกิร์ตที่ เก็บรักษา นาน 35 วัน

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ระยะเวลา	140.414	5	28.083	121.148*
Error	6.954	30	0.232	
Total	147.368	35		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 42 วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของเชื้อโยเกิร์ต *S. thermophilus* ในโยเกิร์ต ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 และ 10 องศาเซลเซียส

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
อุณหภูมิ	0.185	1	0.185	7.874*
Error	0.798	34	0.023	
Total	0.982	35		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 43 วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการอยู่รอดของ เชื้อโยเกิร์ต *S. thermophilus* ในโยเกิร์ต ที่เก็บรักษา นาน 35 วัน

Source of Variance	SS	df	MS	F-value
ระยะเวลา	0.328	5	0.066	3.008*
Error	0.654	30	0.022	
Total	0.982	35		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวศศิพร รัตนสุวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2522 ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ปีการศึกษา 2543 และในปีการศึกษา 2544 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2547



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้