สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัย

ผลของสตาร์ชและเชื้อโพรไบโอติกทางการค้าต่อคุณภาพของโยเกิร์ตแบบคงตัวไขมันต่ำ

Effects of Commercial Starch and Probiotic Cultures on Quality of Low-Fat Set Yoghurt

โดย

รศ. ดร. วรรณา ตั้งเจริญชัย

นางสาวศศิพร รัตนสุวรรณ์

RCH
TX
380
จ28ง5

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 64434
วัน,เดือน,ปี 11 ก.ย. 2549

.b. 11648215
.i.....

โครงการวิจัยเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2547

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ผลของสตาร์ชและเชื้อโพรไบโอติกทางการค้าต่อคุณภาพของโยเกิร์ตแบบคงตัวไขมันต่ำ

วรรณา ตั้งเจริญชัย และ ศศิพร รัตนสุวรรณ์ โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520.

e-mail: ktwanna@kmitl.ac.th

ศึกษาคุณลักษณะของโยเกิร์ตไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ชนิดคงตัว เมื่อใช้สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวเป็นสเตบิไลเซอร์ 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 ($p\leq0.05$) แต่มีผลให้ความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรสได้แก่ อะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิลและเอธานอลลดลง ($p\leq0.05$) สตาร์ชเพิ่มความแข็งแรงแก่เจลของโยเกิร์ตจึงสามารถกักเก็บเวย์ได้ดีกว่าโยเกิร์ตที่ไม่ใช้สตาร์ช ($p<0.05$) ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่ใช้สตาร์ชเป็นสเตบิไลเซอร์ ระบุว่าสตาร์ชข้าวเจ้าในปริมาณ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ได้รับการยอมรับมากที่สุด เมื่อใช้เชื้อโพรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium* spp. ร่วมกับ *L. bulgaricus* (ABY) และ *S. thermophilus* (ABT) ในโยเกิร์ตไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ บ่มที่อุณหภูมิ 43±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตที่ประกอบด้วยโพรไบโอติก *L. acidophilus* และ Bifidobacterium spp. ต่ำกว่าของโยเกิร์ตที่ผลิตจาก *L. bulgaricus* ร่วมกับ *S. thermophilus* ไม่พบอิทธิพลของโพรไบโอติกต่อความแข็งแรงของลิ่มและการกักเก็บเวย์ของโยเกิร์ต เชื้อโพรไบโอติกไม่มีผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ปราศจากเชื้อโพรไบโอติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Effects of Commercial Starche and Probiotic Cultures on Quality of Low-Fat Set Yoghurt

Wanna Tungjaroenchai and Sasiporn Rattanasuwan Faculty of Agricultural Industry.

King Mingkut's Institute of Technology Lardkrabang, Bangkok, 10520.

e-mail: wannat79@yahoo.com

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 $43\pm2^{\circ}C$. Types and levels of starch increased the titratable acidity of yoghurt ($p\leq0.05$), while these starch stabilizers decreased relative concentration of volatile acetaldehyde, diacetyl, and ethanol ($p\leq0.05$). Yoghurt contaning 2 % waxy rice starch was mostly accepted by sensory evaluation. Probiotics *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* in addition to *L. bulgaricus* (ABY), or *S. thermophilus* (ABT) were used to make yoghurt. Two-percent fat yoghurt with probiotics were incubated at a temperature of $43\pm2^{\circ}C$ for 6 hours. Concentrations of acetaldehyde, diacetyl and ethanol in yoghurt with probiotics *L. acidophilus* and *B. lactis* were lower than that of yoghurt without probiotics. Probiotics did not affect gel strength, whey holding capacity, and sensory evaluation of yoghurt.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

ความสำคัญของการศึกษา

สตาร์ชเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงในพืช พบสตาร์ชในเมล็ดธัญพืชเช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวเหนียว ข้าวฟ่าง บางส่วนได้จากส่วนของหัวและรากพืช เช่น มันเทศ มันฝรั่ง และมันสำปะหลัง (นิธิยา, 2543) อุตสาหกรรมสตาร์ชเป็นอุตสาหกรรมการแปรรูปสำคัญในประเทศไทย สตาร์ชที่ผลิตได้ในปริมาณมากที่สุดคือ สตาร์ชมันสำปะหลัง ซึ่งนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร 52 เปอร์เซ็นต์ อุตสาหกรรมสารให้ความหวาน 16 เปอร์เซ็นต์ อุตสาหกรรมกระดาษ 11 เปอร์เซ็นต์ อุตสาหกรรมสิ่งทอ 3 เปอร์เซ็นต์ อุตสาหกรรมไม้อัด 1 เปอร์เซ็นต์ และอุตสาหกรรมอื่นๆ 17 เปอร์เซ็นต์ (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543)

การใช้สตาร์ชเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำวัตถุดิบภายในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดต้นทุนการนำเข้าสารให้ความคงตัวบางชนิด เช่น เพคตินและคาราจีแนน แต่สตาร์ชมีคุณสมบัติบางประการที่ไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้โดยตรง จึงนำมาดัดแปรคุณสมบัติบางประการด้วยวิธีทางเคมี กายภาพ หรือทางชีวภาพ (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543) สตาร์ชมีหน้าที่หลายอย่างในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ทำหน้าที่เป็นสารให้ความข้นหนืด หรือทำให้เกิดเจลในอาหารที่บริโภคภายในครัวเรือน (อดิศักดิ์, 2543) เพิ่มความข้นหนืดในอุตสาหกรรมขนมหวาน ช่วยให้เกิดเจลในลูกกวาดชนิดนุ่ม มีการนำสตาร์ชมาใช้ในอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นม เช่น พุดดิ้ง โยเกิร์ต นมพร้อมดื่ม เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส ลดปัญหาการแยกชั้นของน้ำเวย์ (Labell, 2000 และ Schmidt *et al.*, 2001) สตาร์ชจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการปรับปรุงคุณลักษณะทางกายภาพและประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจและใส่ใจกับสุขภาพร่างกายมากขึ้น การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านสุขภาพและโภชนาการ ทำให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของการบริโภคอาหารต่อสุขภาพและการเกิดโรค เช่น โรคอ้วน หัวใจ มะเร็ง เป็นต้น ตัวอย่างส่วนประกอบของอาหารที่กำลังได้รับความสนใจในอุตสาหกรรมเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน ได้แก่ เส้นใยอาหาร (dietary fiber) สารทดแทนไขมัน (fat replacer) รวมทั้งเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotic) (มลศิริ, 254 0) ตลาดอาหารในประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์อาหารไม่กี่ประเภทที่ประกอบด้วยโพรไบโอติก ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์นมหมัก เช่น โยเกิร์ต นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม งานวิจัยของเชื้อโพรไบโอติกในอาหารยังมีจำกัด ดังนั้นจึงทำให้เกิดแนวทางการศึกษาผลของการใช้เชื้อโพรไบโอติกต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความเป็นกรด (titratable acidity, TA) พีเอช (pH) ความเข้มข้น (concentration) ของอะเซตัลดีไฮด์ (acetaldehyde), 2,3-butanedione หรือไดอะเซทิล (diacetyl) และเอธานอล (ethanol) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความแน่น เปอร์เซ็นต์การแยกชั้น และเปอร์เซ็นต์การกักเก็บน้ำเวย์ (whey) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตชนิดคงตัวที่มีไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์โดยใช้สตาร์ชทางการค้า 3 ชนิดเป็นสารให้ความคงตัว

2. ศึกษาชนิดของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกทางการค้าต่อคุณสมบัติทางเคมี ความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล และเอธานอล คุณสมบัติทางกายภาพ ประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตชนิดคงตัวที่มีไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงชนิดและปริมาณของสตาร์ชที่เหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต ความสามารถในการกักเก็บเวย์ สามารถลดต้นทุนของการใช้หางนมผงในการผลิตและทดแทนการนำเข้าหางนมผงซึ่งสตาร์ชเป็นวัตถุดิบที่หาง่ายและมีราคาถูก สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพของโยเกิร์ตชนิดคงตัวที่มีไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ การใช้เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกทางการค้าต่อคุณภาพด้านเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมัก (fermented dairy product) ได้จากกระบวนการหมักน้ำนมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ในอัตราส่วน 1:1 หรือ 2:3 (Spreer, 1998) ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมไปเป็นกรดแลคติกในสภาวะปราศจากออกซิเจน ที่อุณหภูมิประมาณ 43±2 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแลคโตสไปเป็นกรดแลคติก เริ่มต้นตั้งแต่การย้ายโมเลกุลของแลคโตสเข้าสู่เซลล์โดยใช้เอนไซม์ phospho-enol-pyruvate phosphotransferase system (PEP-PTS) ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์เบต้ากาแลคโตซิเดส (β - galactosidase ; β - gal) และเบต้า ฟอสฟอกาแลคโตซิเดส (β - phospho-galactosidase ; β - pgal) จากเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่ม LAB ทำหน้าที่ไฮโดรไลส์แลคโตสได้เป็นกลูโคส (glucose) กาแลคโตส (galactose) และ/หรือ กาแลคโตส 6 ฟอสเฟต (galactose-6-phosphate) กลูโคสเข้าสู่ วัฏจักรของไกลโคลิซิส (glycolysis cycle) ได้เป็นไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นแลคเตท (lactate) โดยอาศัยเอนไซม์แลคเตท ดีไฮโดรจีเนส (lactate-dehydrogenase) (Tamime and Robinson, 1985 และ Stanley, 1998) ได้เป็นกรดแลคติก สามารถแบ่งกระบวนการหมักของกรดแลคติกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ โฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (homofermentative) เป็นกระบวนการหมักที่ได้แลคเตท และเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกเพียงอย่างเดียว และ เฮเตอร์โรเฟอร์เมนเททีฟ (heterofermentative) เป็นกระบวนการหมักที่ได้แลคเตท ร่วมกับสารประกอบอื่น ๆ เช่น เอธานอล อะซิเตท และ/หรือ ก๊าสคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (David, 1995) เมื่อกระบวนการหมักสิ้นสุด โยเกิร์ตประกอบด้วยกรดแลคติกประมาณ 0.9-1.2 เปอร์เซ็นต์แลคติก หรือ พีเอชเท่ากับ 4.2-4.5 ทำให้เคซีนตกตะกอนและจับตัวเป็นลิ่มนม (curd) โยเกิร์ตที่ได้จากกระบวนการหมักมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว (semi-solid) และมีความข้นหนืดเมื่อคนให้เข้ากัน (วรรณา และญานิน, 2541)

กลไกการทำงานและประโยชน์ของโพรไบโอติก (Activity and Benefit Health of Probiotic Bacteria)

จากสมมุติฐานของ Elic Metchnikoff ซึ่งสังเกตว่าชาวบัลแกเรียที่อาศัยอยู่ในชนบทซึ่งบริโภคผลิตภัณฑ์นมหมักมีสุขภาพดีและอายุยืนยาว ดังนั้นจึงมีความเชื่อว่าหากบริโภคอาหารหมักจาก *Bacillus* และ *Lactobacillus* ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีผลต่อเชื้อประจำถิ่นในร่างกาย ทำให้การผลิตสารพิษจากเชื้อจุลินทรีย์ลดน้อยลง (Sander, 1999) เป็นผลให้ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสุขภาพของร่างกายมากขึ้น และมีการผลิตอาหารที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายหรือที่เรียกกันว่า โพรไบโอติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(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)

- **ปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้**

การปรับสมดุลจำนวนจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารเป็นการลดจำนวนแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (pathogen bacteria) ซึ่งอยู่ภายในลำไส้ โดยกลไกเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ดังกล่าวนี้ก่อให้เกิดการสร้างสารพิษ (toxin) และสร้างสารยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus* นอกจากนี้ยังสามารถเสริมความสามารถในการแข่งขันและยึดติดกับผนังลำไส้ได้ดีกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น (Mattila-Sandholm *et al.*, 2002) และ Adhikari *et al.*, (2000) กล่าวว่าโพรไบโอติกเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถทนกรดได้และมีความสำคัญในการควบคุมปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเช่น *Salmonella typhidie*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus paratyphi* และ *Corynebacteria diphtheria* ภายในลำไส้ใหญ่ให้อยู่ในระดับสภาวะที่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกสร้างขึ้น มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว (Rial, 2000)

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

- **ปรับปรุงการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตส**

Marcel (2000) พบว่าการใช้เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตซึ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์ β-galactosidase เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์นมที่ก่อให้เกิดการย่อยและการดูดซึมน้ำตาลแลคโตสบกพร่องในเด็กที่ขาดเอนไซม์แลคเตสโดยเชื้อจุลินทรีย์จะขับเอนไซม์ออกมาในลำไส้ กิจกรรมของจุลินทรีย์โยเกิร์ตนี้สามารถลดอาการท้องร่วง (diarrhea) ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการหมักน้ำตาลแลคโตสโดยเชื้อจุลินทรีย์ในส่วนลำไส้ใหญ่ ได้เป็นก๊าซไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ เอทธิลีน และกรดอินทรีย์สายโซ่สั้นๆ เป็นสาเหตุให้เกิดอาการท้องร่วง ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซึมเข้าสู่ปอดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขับออกจากร่างกายทางลมหายใจ และ Davidson *et al.*, (2000) กล่าวว่าการเติมโพรไบโอติกได้แก่ *Bifidobacterium longum* หรือ *Lactobacillus acidophilus* ร่วมกับการเติมหัวเชื้อโยเกิร์ตโดยทั่วไปที่ใช้ในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตจะมีผลในการช่วยย่อยน้ำตาลแลคโตสให้มากขึ้นซึ่งเป็นผลดีต่อผู้ที่ไม่มีเอนไซม์แลคเตสในการย่อยน้ำนมและปรับปรุงกลิ่นรสของโยเกิร์ตให้ดีขึ้น

- **ยับยั้งสารก่อมะเร็ง**

มีการรายงานถึงคุณสมบัติทางอายุรเวชของเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตในการต่อต้านมะเร็งหรือระงับมะเร็ง โดย Adachi (1992) และ Shah (2001) กล่าวว่าการต่อต้านมะเร็งของ *Lactobacillus* เกิดจากการกระตุ้นให้เกิดระบบภูมิคุ้มกัน การลดการผลิตสารก่อมะเร็งโดยเอนไซม์ carcinogen-producing fecal enzyme ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ในลำไส้ คือ β-glucuronidase, nitroreductase และ azoreductase ซึ่งเอนไซม์ทั้งสามชนิดมีความสามารถในการยับยั้งหรือระงับสารก่อมะเร็งได้

- **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 methey glutaryl Co A reductase ในขณะที่ Sander (2000) ได้ทำการศึกษาปริมาณโคเลสเตอรอลในร่างกาย โดยการใช้อาสาสมัคร 2 กลุ่ม จำนวน 20 คน บริโภคโยเกิร์ต 2 ชนิดคือ ผ่านการฆ่าเชื้อกับไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เปรียบเทียบกับการบริโภคนมสด 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลาหนึ่ง พบว่า อาสาสมัครกลุ่มที่บริโภคโยเกิร์ตทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณโคเลสเตอรอลต่ำกว่าอาสาสมัครกลุ่มที่บริโภคนมสดถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 1 สัปดาห์

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) ศึกษา

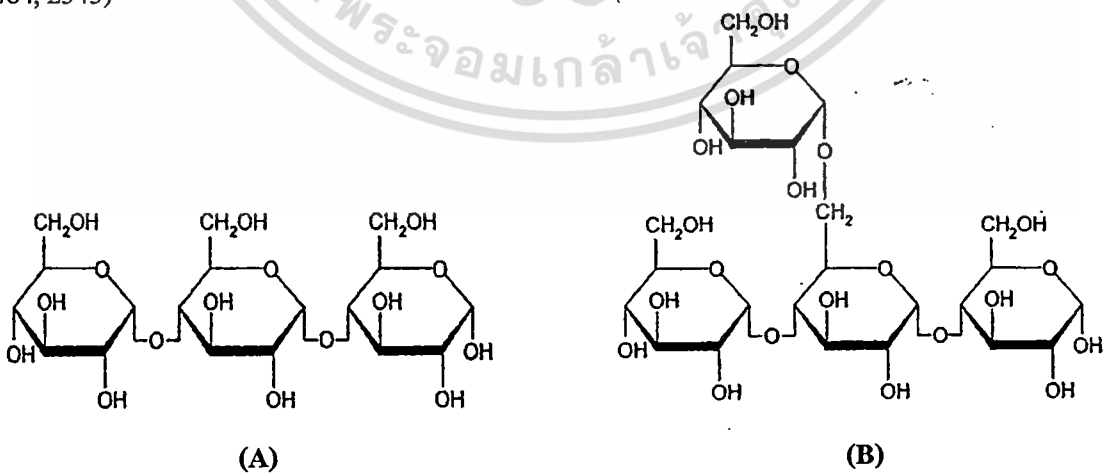
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงการเพิ่มปริมาณโปรตีนโดยการเติมเวย์ผง (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 ทำให้เกิดการสร้างสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ออกมาภายนอกเซลล์ (exopolysaccharides : EPS) ซึ่งมีลักษณะเป็นยางเหนียว (ropiness) เพิ่มความหนืดของโยเกิร์ต (viscosity) สามารถลดการแยกชั้นของเวย์ แต่ไม่มีผลต่อความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต (Marshall and Rawson, 1999) ดังนั้น การเติมโพลีแซคคาไรด์บางชนิด เช่น กัม เจลาติน คาราจีแนน เพคติน อัลจีเนต และสตาร์ชหรืออนุพันธ์ของสตาร์ช เป็นต้น (Philipe and Mollet, 2001) เพื่อเพิ่มเนื้อสัมผัส ความคงตัว และความข้นหนืด ซึ่งเป็นคุณสมบัติของโพลีแซคคาไรด์

ปัจจุบันในกระบวนการผลิตโยเกิร์ตนิยมใช้เพคติน เจลาติน หรือ คาราจีแนนเป็นสารให้ความคงตัว เนื่องจากโพลีแซคคาไรด์ดังกล่าวมีคุณสมบัติที่สามารถทนสภาพความเป็นกรดของโยเกิร์ตได้ (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532) เพื่อเป็นการลดต้นทุน จึงได้มีการนำสตาร์ชและอนุพันธ์มาผ่านการดัดแปรคุณสมบัติบางประการให้เหมาะสมต่อการใช้งาน

สตาร์ชและอนุพันธ์ (Starch and Derivatives)

สตาร์ชและอนุพันธ์ของสตาร์ชที่พบในพืชแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะคือ มีโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกัน และเม็ดสตาร์ชจะมีขนาดรูปร่าง ส่งผลให้มีคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพที่แตกต่างกัน (นิธิยา, 2543)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของอะมิโลส (A) และ โครงสร้างของอะมิโลเพคติน (B)
ที่มา : กล้าณรงค์ และเกื้อกูล (2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

วัตถุดิบสำคัญของการผลิตสตาร์ช ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวจ้าว มันฝรั่ง มันเทศ และอื่นๆ โดยที่สตาร์ชธรรมชาติ (native starch) มีคุณสมบัติบางประการที่ไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น มีช่วงความหนืดที่แคบ มีความคงตัวต่ำในสภาวะที่เป็นกรดในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหรือซอสมะเขือเทศ หรือในสภาวะที่มีการใช้ความร้อนสูง เช่น อาหารกระป๋อง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เพื่อเป็นการนำสตาร์ชธรรมชาติมาใช้ประโยชน์อย่างสูงสุด จึงได้มีการดัดแปรคุณสมบัติบางประการของสตาร์ชธรรมชาติให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น เช่น ละลายได้ในน้ำเย็น ทนต่อการใช้ความร้อนสูงได้นานขึ้น ลดปริมาณการเกิดการคืนตัว ลดการขับน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ เพิ่มสมบัติการรวมตัวกับน้ำ เพิ่มเสถียรภาพของการแช่แข็ง-ละลายน้ำแข็ง ลดอุณหภูมิของการเกิดเจล เพิ่มความสามารถในการเป็นสารเพิ่มความหนืด และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น (อดิศักดิ์, 2543 ; วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532) สตาร์ชดัดแปร หรือสตาร์ชที่ผ่านกระบวนการ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี มาเปลี่ยนสมบัติทางเคมี และ/หรือ ทางกายภาพจากเดิมด้วยความร้อน และ/หรือ เอนไซม์ และ/หรือ สารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสากรรมอาหารต่างๆ (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543) คุณลักษณะเกณฑ์ชี้บ่งต่างๆ ของสตาร์ชดัดแปรแต่ละประเภทจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สตาร์ชดัดแปรสามารถจำแนกได้ตามวิธีการดัดแปรดังนี้คือ การดัดแปรทางเคมี (chemical modification) การดัดแปรทางกายภาพ (physical modification) และการดัดแปรทางเทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology modification) ซึ่งสตาร์ชดัดแปรที่นิยมนำมาใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหารนั้นจะได้จากแป้งดัดแปรที่ผ่านกระบวนการทางเคมี โดยทำปฏิกิริยากันระหว่าง สตาร์ชกับสารเคมีในสภาพแขวนลอยที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนเซชั่น (45-50 องศาเซลเซียส) (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543) การแทนที่ของสารเคมีในการดัดแปรสตาร์ชเกิดขึ้นที่อสัณฐาน (amorphous) อะมิโลสและอะมิโลเพคติน สามารถแบ่งปฏิกิริยาการดัดแปรได้ 2 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่ ปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชั่น (etherification) สตาร์ชเอสเทอร์ที่นิยมใช้ในทางการค้า ได้แก่ สตาร์ชแอซีเทต สตาร์ชฟอสเฟตโมโนเอสเทอร์ เป็นต้น คุณสมบัติของสตาร์ชอีเทอร์ คือ สตาร์ชเกิดการคืนตัวน้อยลง แต่ละหมู่ที่เข้ามาแทนที่จะทำให้สตาร์ชมีประสิทธิภาพในการลดการคืนตัวของสตาร์ชได้ต่างกัน อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ต่ำลง ทำให้สตาร์ชสามารถพองตัวได้ในน้ำเย็น สตาร์ชอีเทอร์ที่ได้มีความเหนียว คงตัว ยืดหยุ่น มีความต้านทานต่อการทำงานของกรด เบส และสารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) อย่างอ่อนได้ สามารถใช้เป็น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเพิ่มความข้นหนืด และ ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชั่น (esterification) คุณสมบัติของ สตาร์ชเอสเทอร์ คือ มีความหนืดสูงกว่าแป้งปกติ และรักษาความหนืดไว้ได้ดี เมื่อเกิดเป็นเจลจะมีความใส มีความอ่อนตัวและยึดเกาะเป็นเนื้อเดียวกัน คงตัวต่อสภาวะการแช่แข็งและการละลายเหมาะสำหรับการใช้ในอุตสาหกรรมแช่แข็ง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารช่วยแตกตัวที่ดีและมีราคาถูก จึงได้มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยาเม็ด

Williams *et al.*, (2003) ศึกษาการเติมสตาร์ชข้าวโพดดัดแปรเป็นสารให้ความคงตัวในโยเกิร์ตปริมาณ 0-2.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่า สตาร์ชข้าวโพดดัดแปรมีผลต่อระยะเวลาในการหมัก เล็กน้อย ทำให้มีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์กักเก็บเวย์ลดลง และ Schmidt *et al.*, (2001) พบว่าโยเกิร์ตที่ใช้สตาร์ชสาลีธรรมชาติ (native wheat starch) สตาร์ชสาลีดัดแปร (modified wheat starch) และเจลาตินเป็นสเตบิไลส์เซอร์ พีเอชของโยเกิร์ตไม่แตกต่างกัน แต่ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตที่ใช้แป้งสาลีดัดแปรมีค่าความแน่นเท่ากับโยเกิร์ตที่ใช้เจลาตินคือ 44.17 และ 37.98 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้สตาร์ชและอนุพันธ์มันสำปะหลังดัดแปรจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นครีมเนียน ให้กลิ่นรสโยเกิร์ตที่สะอาด (clean flavor) เนื่องจากสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอม โดยปริมาณการใช้ของสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรอยู่ระหว่าง 1-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

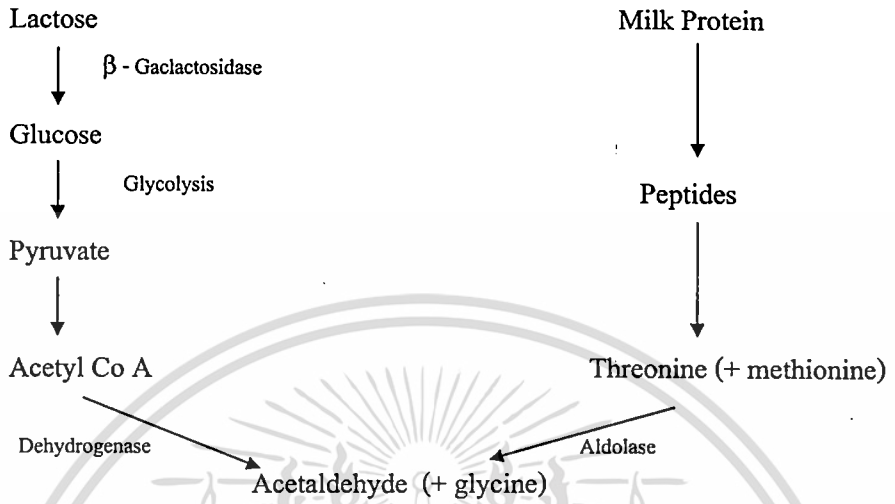
การสร้างกลิ่นรสของโยเกิร์ต (Formation of Flavor Compound in Yoghurt)

สามารถจำแนกสารประกอบที่ให้กลิ่นรสในโยเกิร์ต ได้ 4 ประเภท คือ 1) กรดที่มีจุดเดือดสูงหรือกรดที่ไม่ระเหย (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 (ประดิษฐ์, 2530) พบว่าสารดังกล่าวมีกลิ่นคล้ายถั่ว (nutty flavor) (Friedrich and Acree, 1998)

การสร้างอะเซตัลดีไฮด์ อาจได้จากไพรูเวทและ/หรือกรดอะมิโน (ภาพที่ 2.3) โดยอาศัยการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้ *S. thermophilus* เริ่มผลิตกรดแลคติกในปริมาณมาก โดยเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถเจริญได้รวดเร็วจนกระทั่งพีเอชเท่ากับ 5.5 สภาวะดังกล่าวมีออกซิเจนเหลืออยู่ในปริมาณเล็กน้อย รวมทั้งมีการผลิตกรดที่มีจุดเดือดต่ำหรือกรดที่ระเหยได้ เช่น ฟอร์มิก ซึ่งกระตุ้นการเจริญของ *L. bulgaricus* ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนี้จะย่อยโปรตีนนมได้เป็นกรดอะมิโน เช่น ทรีโอนีน เมไธโอนีน และวาลีน เชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* สามารถนำกรดอะมิโนไปใช้ในการเจริญต่อไป นอกจากนี้กรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะมิโนดังกล่าวถูกเปลี่ยนไปเป็นอะเซตัลดีไฮด์ และไกลซีน โดยอาศัยเอนไซม์ อัลโดเลส (aldolase) (Spreer, 1998)



ภาพที่ 2.3 ปฏิกิริยาการสร้างอะเซตัลดีไฮด์จากแลคโตสและกรดอะมิโน

ที่มา : ดัดแปลงจาก Spreer (1998)

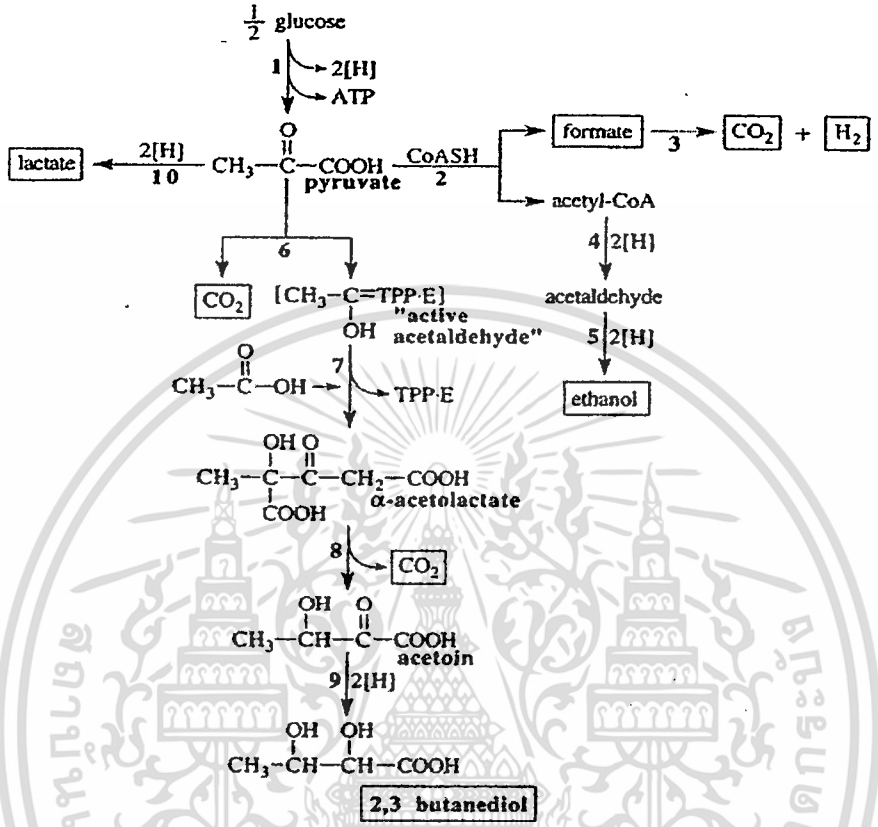
ปฏิกิริยาการสร้างอะเซตัลดีไฮด์จากไพรูเวท (ภาพที่ 2.4) จะเริ่มต้นจากแลคโตสถูกเปลี่ยนไปเป็นอะเซตัลดีไฮด์และเอธานอล โดยเข้าสู่วัฏจักรของไกลโคลิซิส จากนั้นไพรูเวทถูกเปลี่ยนไปเป็นอะเซทิล โค เอ (Acetyl Co A) โดยอาศัยเอนไซม์ ไพรูเวท ฟอร์เมท ไลเอส (pyruvate-formate lyase) หรือเอนไซม์ไพรูเวท ดีไฮโดรจิเนส (pyruvate dehydrogenase) และต่อมา อะเซทิล โค เอ ถูกเปลี่ยนไปเป็นอะเซตัลดีไฮด์ โดยอาศัยเอนไซม์ อะเซตัลดีไฮด์ ดีไฮโดรจีเนส (acetaldyhyde dehydrogenase)

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* บนอาหารเหลวที่ประกอบด้วยเมธาโอนีน แต่ไม่พบอะเซตัลดีไฮด์ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปราศจากเมไธโอนีน



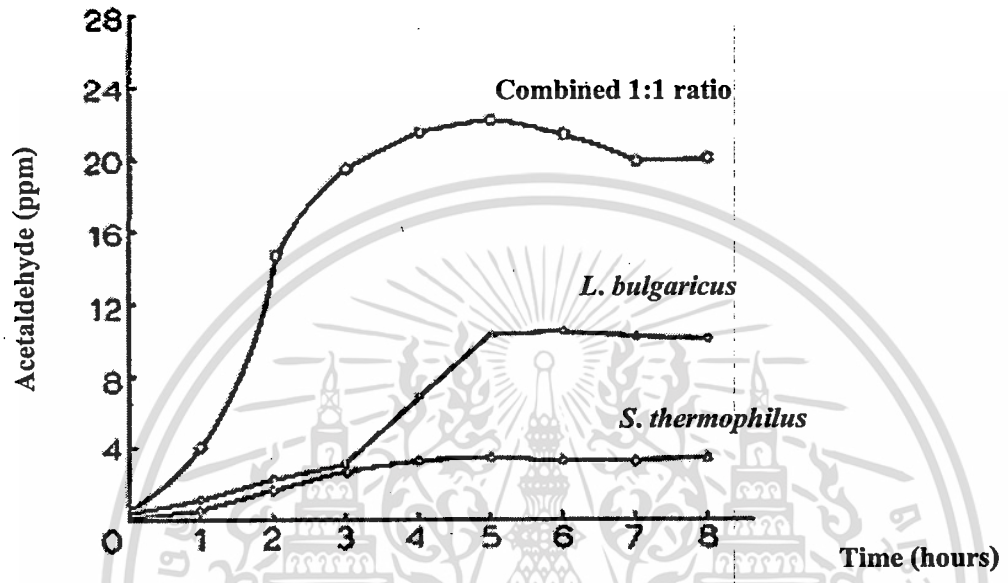
ภาพที่ 2.4 ปฏิกิริยาการสร้างอะเซตัลดีไฮด์และเอธานอล โดยเอนไซม์ (2) pyruvate-formate lyase (4) acetaldehyde dehydrogenase และ (5) alcohol dehydrogenase

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* สามารถผลิตอะเซตัลดีไฮด์ได้ในปริมาณที่มากกว่าเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* แต่ปริมาณของสารดังกล่าวยังน้อยกว่าเมื่อใช้เชื้อจุลินทรีย์ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ร่วมกันในอัตราส่วน 1:1 (ภาพที่ 2.5) การสร้างอะเซตัลดีไฮด์จะเริ่มเมื่อโยเกิร์ตมีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 5.0 (Ryssted *et al.*, 1987) และสารดังกล่าวนี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.3-4.4 จากนั้นปริมาณอะเซตัลดีไฮด์จะเริ่มคงที่และลดลงที่ความเป็นกรดด่าง ประมาณ 4.0 ยังพบว่าเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* เท่านั้นที่สามารถผลิตได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะเซทิลได้ และปริมาณที่ผลิตได้มากที่สุดเท่ากับ 1.0 ppm (Winterhalter and Schreier, 1993) นอกจากนี้ พบว่าปัจจัยของการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่ม LAB ที่อาศัยซิเตรท 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)

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

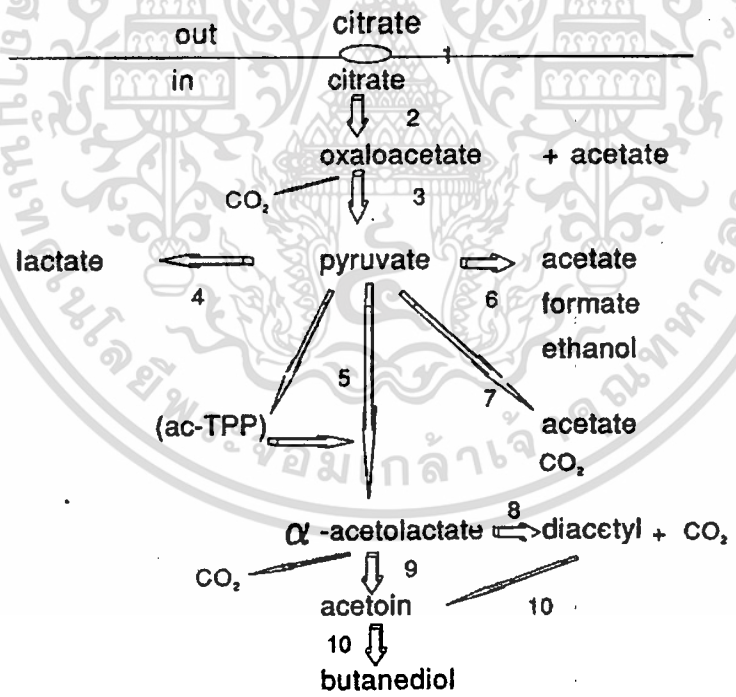
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ความเข้มข้นของสารประกอบคาร์บอนิลแต่ละชนิดของเชื้อโยเกิร์ต (ppm)

ชนิดของเชื้อ	อะเซตัลดีไฮด์	อะเซโตน	อะเซโตอีน	ไดอะเซทิล
S. thermophilus	1.0-8.3	0.2-5.2	1.5-7.0	0.1-13.0
L. bulgaricus	1.4-12.2	0.3-3.2	Trace-2.0	0.5-13.0
Mixed cultures	2.0-41.0	1.3-4.0	2.2-5.7	0.4-0.9

ที่มา : ดัดแปลงจาก Tamime and Robinson (1985)

ปฏิกิริยาการสร้างไดอะเซทิลจากไพรูเวท โดยมีซิเตรท (citrate) เป็นสารตั้งต้น (precursor) ซึ่งซิเตรทสามารถเปลี่ยนไปเป็นไพรูเวทโดยอาศัยเอนไซม์ ซิเตรท ไลเอส (citrate lyase) และเอนไซม์ ออกซาโลอะซิเตท ดีคาร์บอกซีเลส (oxaloacetate decarboxylase) ไพรูเวทถูกเปลี่ยนไปเป็น แอลฟา อะซีโตแลคเตท (α-acetolactate) โดยอาศัยเอนไซม์แอลฟา อะซีโตแลคเตท ซินเทส (α-acetolactate synthase) ก่อนที่โมเลกุลของ แอลฟา อะซีโตแลคเตทจะสลาย (spontaneous chemical disintegration) ได้เป็นไดอะเซทิล(David, 1995) แสดงดังภาพที่ 2.6

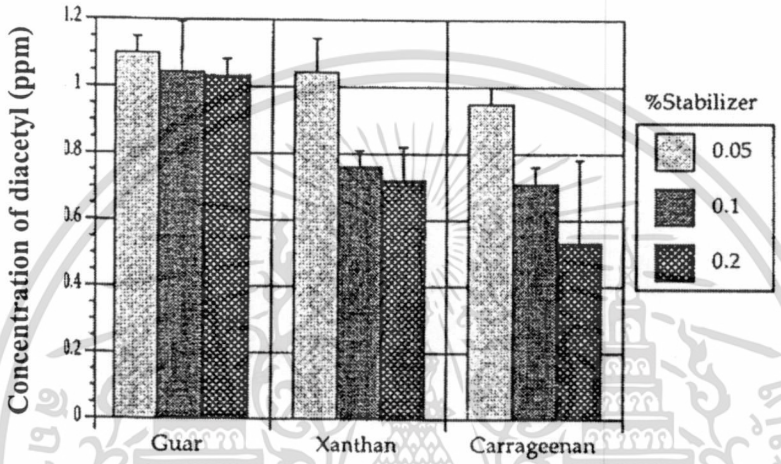


ภาพที่ 2.6 ปฏิกิริยาการสร้างไดอะเซทิล โดยเอนไซม์ (2) citrate lyase (3) oxaloacetate decarboxylase (5) α-acetolactate synthase (8) spontaneous chemical disintegration

ที่มา : Teuber (1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ Rankin and Bodyfelt (1996) ที่ได้ศึกษาผลของสารให้ความคงตัวในกลุ่มของไฮโดรคลอลอยด์ ได้แก่ กัวกัม 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) ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณไดอะเซทิลในแบบจำลองของนม

ที่มา: Rankin and Bodyfelt (1996)

การวิเคราะห์กลิ่นรสด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี (Analysis of Flavor by Gas Chromatography)

กลิ่นรสในโยเกิร์ตสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงคุณภาพ เนื่องจากปริมาณของสารระเหยที่ตรวจได้มีค่าในระดับน้อย (ppm) เช่น ความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์และไดอะเซทิล ประมาณ 7-10 และ 1.0 ppm จัดได้ว่าเป็นโยเกิร์ตที่มีคุณภาพดี (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 สามารถวิเคราะห์เชิงคุณภาพที่ให้ผลเป็นที่แน่นอนและใช้ระยะของการวิเคราะห์สั้นกว่าเทคนิค colorimetric. เทคนิค HS-GC จึงได้รับความนิยมในการวิเคราะห์สารประกอบในตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหาร Thomas (2002) ระบุถึงเทคนิคของ static headspace gas chromatography ว่าสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์กลิ่นที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆ ได้ ต้นทุนในการวิเคราะห์ต่ำ การเตรียมตัวอย่างง่ายไม่ซับซ้อน ไม่มีการใช้ตัวทำละลายเนื่องจากตัวอย่างไม่จำเป็นต้องผ่านวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย เทคนิค dynamic headspace gas chromatography และ Purge and Trap headspace chromatography มีความคล้ายกัน (Laye *et al.*, 1993) โดยใช้ก๊าซตัวพา (carrier gas) ผ่านเข้าไปในภาชนะที่บรรจุตัวอย่าง เพื่อให้ก๊าซตัวพาเป็นตัวนำสารให้กลิ่นรสที่อิ่มตัวผ่านเข้าสู่เครื่องก๊าซโครมาโมโตกราฟี 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 ร่วมกันในการแยกสารประกอบให้กลิ่นภายใต้สภาวะสูญญากาศและนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี นอกจากนั้นยังสามารถใช้ HS-GC ช่วยในการวิเคราะห์กลิ่นรสที่ผิดปกติ (off-flavor) ในผลิตภัณฑ์เบียร์ เนื่องจากมีปริมาณอะเซตัลดีไฮด์มากเกินไป จนทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ (Anonymous, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัสดุและอุปกรณ์

วัตถุดิบ

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

สารเคมี

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล (AR. Grade, Merck, Germany)
- ฟีนอล์ฟทาลีน 0.1% ในเอทานอล
- สารละลายมาตรฐานเอทธิลแอลกอฮอล์ (G.C. Grade, Merck, Germany)
- สารละลายมาตรฐานอะเซตัลดีไฮด์ (G.C. Grade, Merck, Germany)
- สารละลายมาตรฐาน 2,3-butanedion (G.C. Grade, Sigma-Aldrich, Germany)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- หม้อนึ่งสองชั้นขนาดความจุ 5 ลิตร
- ขวดแก้วขนาด 212 มิลลิลิตร
- ขวดแก้ว (vial) พร้อม rubber septum ขนาด 25 มิลลิลิตร
- ไมโครไซลิงค์ (micro syringe) ขนาด 10 ไมโครลิตร
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) (Memmert 100 °C, Germany)
- ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) (WTC Binder 43 °C, Germany)
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BP 3100S, Germany)
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, BP 220S, Germany)
- เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) (Inolab level 1, Germany)
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA.XT2i, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

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

ผลิตโยเกิร์ตไขมันต่ำโดยนำน้ำนมไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 43±2 องศาเซลเซียส เติมเชื้อ โยเกิร์ต *S. thermophilus* ร่วมกับ *L. bulgaricus* ในรูปผงสำเร็จรูป (freeze dried) ปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) บ่มที่อุณหภูมิ 43±2 องศาเซลเซียส ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิต โยเกิร์ตโดยการสุ่มตัวอย่างโยเกิร์ตที่เวลาบ่มนาน 0, 2, 4, 6, 8, 10, และ 12 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (วิธีการแสดงในภาคผนวก ข) ได้แก่ ปริมาณความเป็นกรด โดยไตรเตรทตัวอย่างโยเกิร์ตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ และวัดpH-พีเอช ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) (Schmidt *et al.*, 2001)

3.2 ศึกษาชนิดและปริมาณสตาร์ชที่ใช้เป็นสารให้ความคงตัวในระดับที่เหมาะสมในโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ

ผลิตโยเกิร์ตไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับข้อ 3.5.1 เติมน้ำตาลทราย 5 เปอร์เซ็นต์ หางนมผงขาดมันเนย 3 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) และสตาร์ชทางการค้าจำนวน 3 ชนิดคือ สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด หรือ สตาร์ชข้าวเหนียว ในปริมาณ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ในการผลิตนำส่วนผสมแห้ง (dry ingredients) มาผสมกันก่อนเพื่อให้ง่ายต่อการละลาย โฮโมจีไนส์ส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องปั่น ทำให้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 42-45 องศาเซลเซียส เติมเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) หมักที่อุณหภูมิ 43±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (เวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในข้อ 1) วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีได้แก่ ปริมาณความเป็นกรด pH-พีเอช (Schmidt *et al.*, 2001) วิเคราะห์ปริมาณของอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล และเอธานอล (ดัดแปลงจาก Ott *et al.*, 1999) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความแน่นของลิ่มนม (Bonczar *et al*., 2002) เปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของเวย์ (Katsiari *et al.*, 2002) เปอร์เซ็นต์การกักเก็บเวย์ (Harte *et al.*, 2003) และประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (Hedonic Preference Test 7 scale) ในด้าน สี ความแน่นเนื้อ กลิ่นโยเกิร์ต ความเรียบเนียน ความเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม

3.3 ศึกษาชนิดของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก ทางการค้าต่อคุณภาพของโยเกิร์ต

ผลิตโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์เช่นเดียวกับหัวข้อ 3.2 โดยปราศจากสตาร์ช เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ YC (*Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus*), โพรไบโอติก ABY (*Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis*) และ โพรไบโอติก ABT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

(*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium lactis*)ในปริมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ภายหลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 43±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีได้แก่ ปริมาณความเป็นกรด วัดพีเอช (Schmidt *et al.*, 2001) วิเคราะห์ปริมาณของอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล และเอธานอล (ดัดแปลงจาก Ott *et al.*, 1999) คุณภาพทางกายภาพที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ความแน่นของลิ่มนม (Bonczar *et al.*, 2002) เปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของเวย์ (Katsiari *et al.*, 2002) เปอร์เซ็นต์การกักเก็บเวย์ (Harte *et al.*, 2003) และ ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (Hedonic Preference Test 7 scale) ในด้าน สี ความแน่นเนื้อ กลิ่นโยเกิร์ต ความเรียบเนียน ความเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม

3.4 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองทางเคมีและทางกายภาพของโยเกิร์ต โดยใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in Complete Randomized Design สำหรับการทดสอบด้านประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ Balance Incomplete Block Design; BIB (Meilgaard *et al.*, 1999)เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test โดย SPSS version 9.01

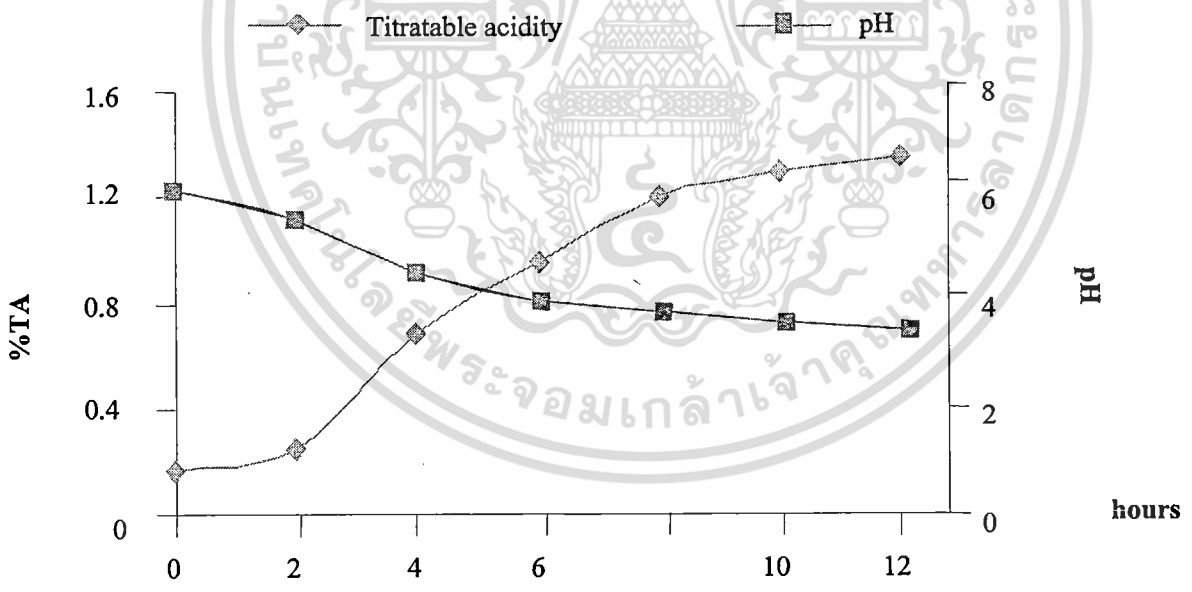
64434

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

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

ความเป็นกรด 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 เอื้ออำนวยต่อการเจริญของเชื้อโยเกิร์ต โดยสังเกตได้จากความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเป็นระยะ ๆ ตลอด 12 ชั่วโมง ระยะเวลาของการหมักมีผลโดยตรงต่อการผลิตกรดแลคติกอย่างชัดเจน ($p \leq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ($p \leq 0.05$) ของน้ำนมสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณความเป็นกรดที่ผลิตได้



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

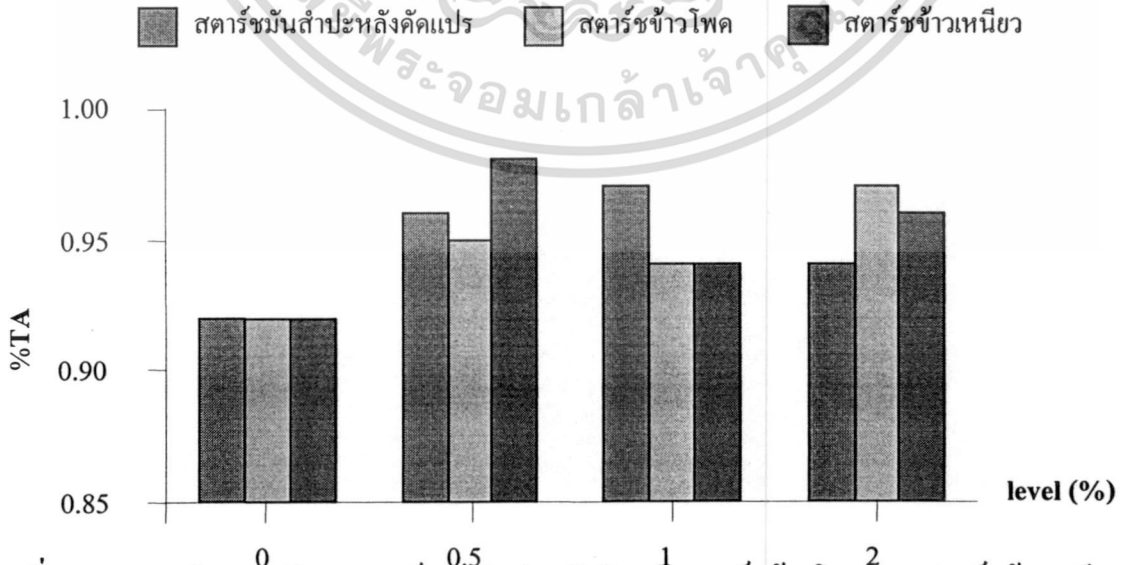
จากภาพที่ 4.1 เห็นได้ว่าปริมาณความเป็นกรดและพีเอชมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ต (R = 0.935) และ (R= - 0.848) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปริมาณความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กันกับค่าพีเอชที่ลดลง (R=-0.969) ดังแสดงในตารางภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 (วรรณา และญานิน, 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 ปริมาณกรดแลติกมีค่าเท่ากับ 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 (อภิญญา, 2542)

4.2 ศึกษาชนิดและปริมาณสตาร์ชที่ใช้เป็นสารให้ความคงตัวในระดับที่เหมาะสมในโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ

ชนิดและปริมาณสตาร์ชในโยเกิร์ตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความเป็นกรดและพีเอชของโยเกิร์ต ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3

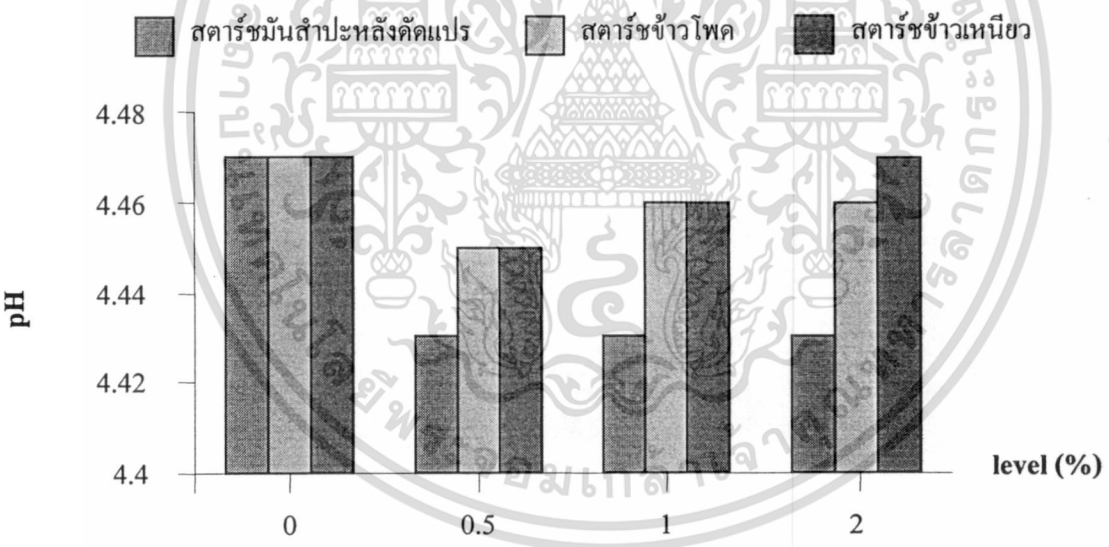


ภาพที่ 4.2 แสดงชนิดและปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ต่อปริมาณความเป็นกรด (titratable acidity) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรสทั้ง 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 ($p\leq0.05$) การเติมสตาร์ชในปริมาณ 0.5 – 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) มีผลต่อการลดระยะเวลาในการหมักเพียงเล็กน้อย (William *et al.*, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ชทางการค้ามีปริมาณความเป็นกรดสูงกว่าโยเกิร์ตสูตรควบคุม

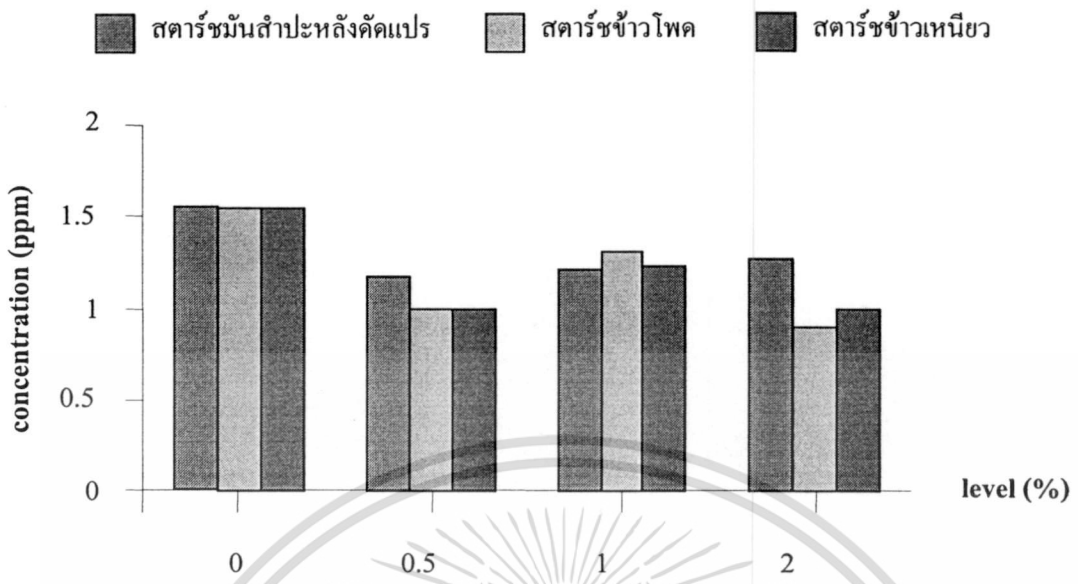
พีเอชของโยเกิร์ตมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเป็นกรดดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1 ดังนั้นทำให้มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก นั่นคือ การเติมสตาร์ชทางการค้าทั้ง 3 ชนิด มีผลทำให้พีเอชของโยเกิร์ตมีค่าที่ต่ำกว่าโยเกิร์ตที่เป็นสูตรควบคุม ($p\leq0.05$) แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 แสดงชนิดและปริมาณสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวต่อพีเอช (pH) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

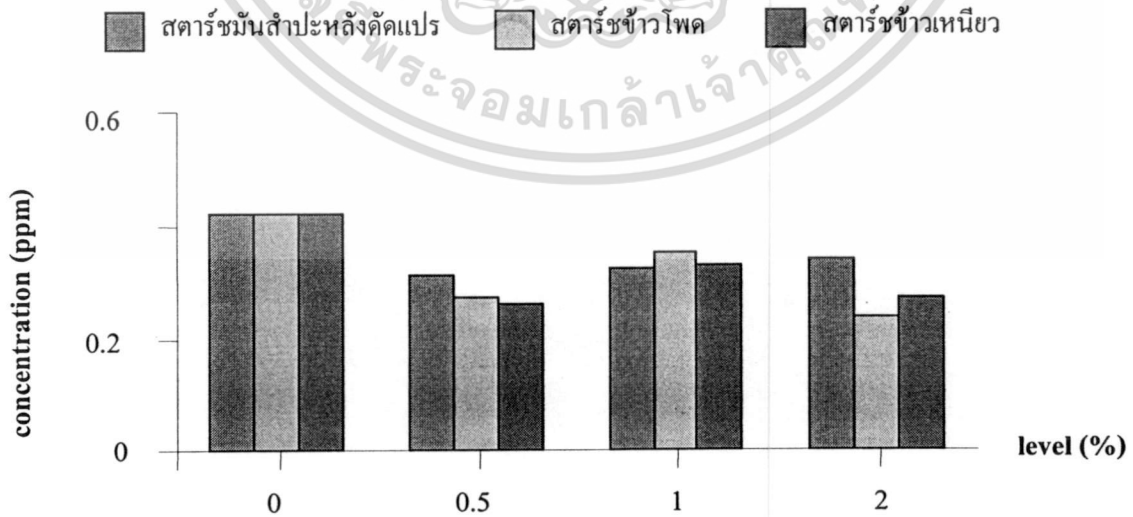
อะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิลและเอธานอล เป็นสารให้กลิ่นรสในโยเกิร์ตที่สามารถเกิดขึ้นได้จากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณของสารดังกล่าวด้วย Headspace Gas Chromatography อยู่ในรูปของความเข้มข้น (ppm) ดังแสดงดังภาพที่ 4.4-4.6 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 แสดงชนิดและปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวที่มีต่อความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

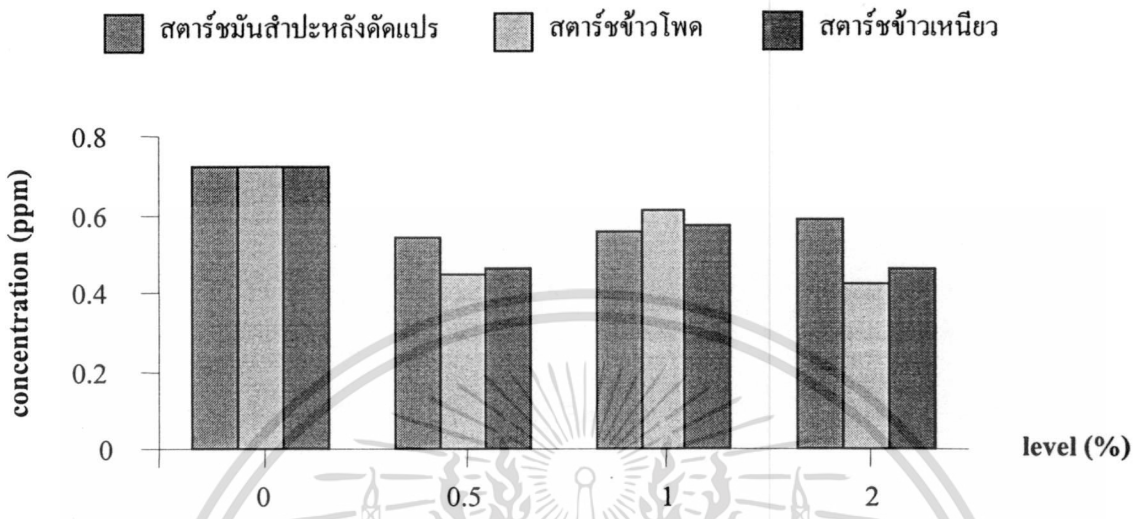
ความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ในโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ชเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ช (ภาพที่ 4.4) พบว่า ความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ในโยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชเท่ากับ 1.55 ppm และเมื่อเติมสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ปริมาณ 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และความเข้มข้นของไดอะเซทิลและเอธานอล (ภาพที่ 4.5 และ 4.6)



ภาพที่ 4.5 แสดงชนิดและปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวที่ผลมีต่อความเข้มข้นของไดอะเซทิล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีปริมาณที่ลดลงเมื่อมีการเติมสตาร์ชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Rankin and Bodyfelt (1996) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วดังบทที่ 2

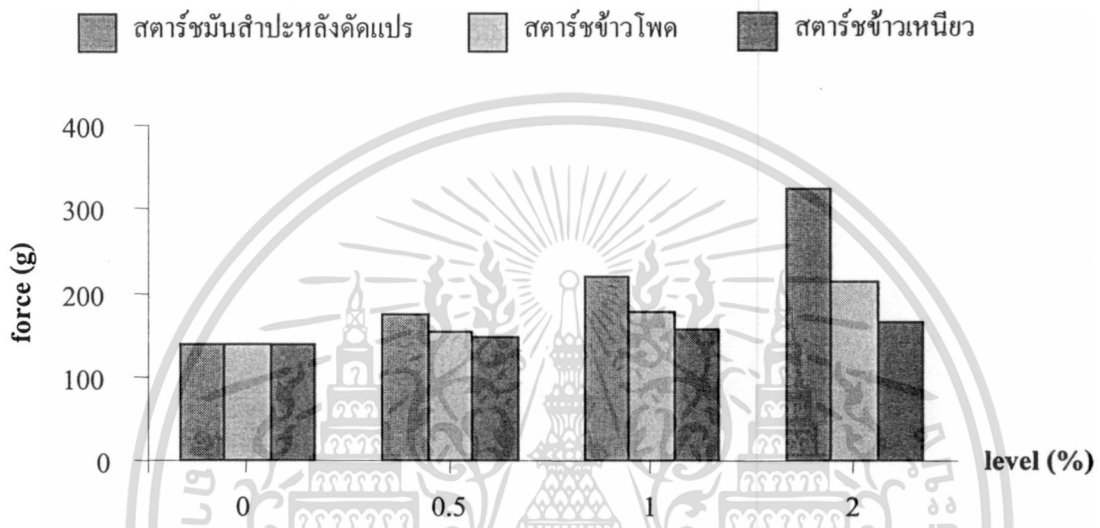


ภาพที่ 4.6 แสดงชนิดและปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวที่ผลมีต่อความเข้มข้นของเอธานอล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิลและเอธานอลในโยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่เติม สตาร์ช 3 ชนิด ที่ระดับต่างกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย องค์ประกอบและคุณภาพของนมที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ที่สำคัญคือ ปริมาณไขมัน ไขมันในปริมาณที่มากกว่ามีผลให้ปริมาณอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิลและเอธานอลในโยเกิร์ตมากขึ้นด้วย (Tamime and Robinson, 1985 และ Aardt, 2001) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน อันเนื่องจากแสง (light oxidation) ในนมขณะเก็บรักษา มีผลต่อการผลิตอะเซตัลดีไฮด์ จากปฏิกิริยาการสลายตัวของโพลีเอธีลีน ซึ่งเป็นภาชนะบรรจุน้ำนม เมื่อได้รับความร้อน โครงสร้างของสตาร์ชหรืออันตรกิริยาระหว่างสตาร์ชกับองค์ประกอบในนม ส่งผลต่อความสามารถของการระเหย (volatility) ทั้งนี้โครงสร้างเจลของสตาร์ช จะดูดซับสารให้กลิ่น คุณสมบัติดังกล่าวนี้เป็นคุณสมบัติเฉพาะของสตาร์ช (Schmidt *et al.*, 2001) อัตราส่วนของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ในโยเกิร์ต เท่ากับ 1:1 มีผลให้เกิดการผลิตอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล และเอธานอลในปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อใช้เชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองในอัตราส่วน 2:3 ทำนองเดียวกันกับ Hamdan *et al* (1971) ระบุถึงปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณของอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิลและเอธานอลที่ผลิตได้ นอกจากนี้ Bill *et al.*, 1972 และ Mcgregor and White (1987) กล่าวถึงปริมาณของน้ำตาลที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตที่มากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) มีผลต่อปริมาณของสารให้กลิ่นดังกล่าว เนื่องจากปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นสามารถยับยั้งหรือลดกิจกรรมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โยเกิร์ตสูตรควบคุมซึ่งไม่มีการเติมสตาร์ชเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่มีการเติมสตาร์ชทางการค้า 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

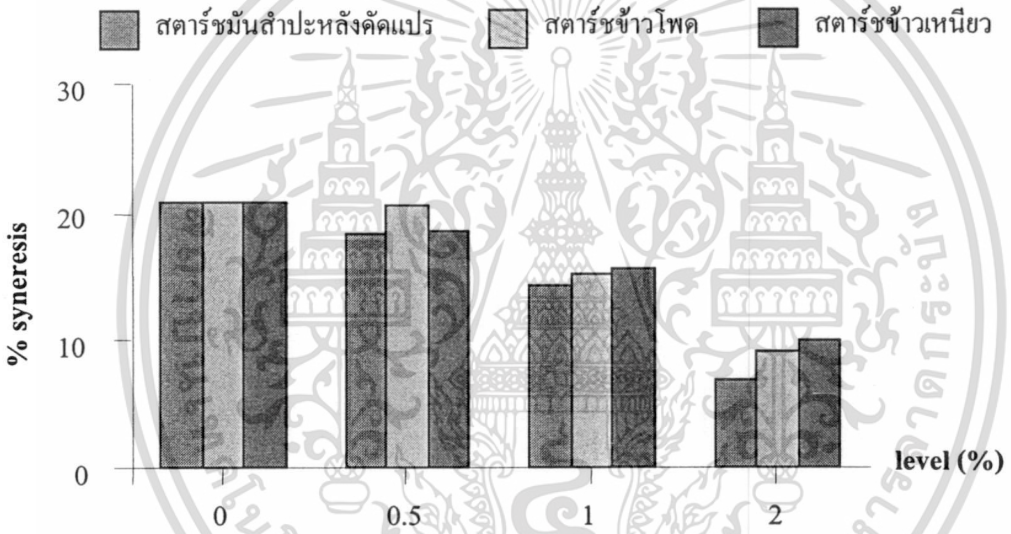
จากภาพที่ 4.7 แสดงค่าความแข็งแรงของลิ่มโยเกิร์ตโดยวัดค่าเป็นแรงกด (กรัม) ของลิ่มโยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ช พบว่า โยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ช มีค่าแรงกดน้อยที่สุดเท่ากับ 138.73 กรัม ซึ่งกล่าวได้ว่าโยเกิร์ตที่ไม่เติมสตาร์ชมีความแข็งแรงของลิ่มโยเกิร์ตน้อยที่สุด ปริมาณของสตาร์ชทางการค้าที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) มีผลต่อค่าแรงกดของโยเกิร์ตในทิศทางที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยทั่วไปปริมาณการใช้สตาร์ชเป็นสารให้ความคงตัวในโยเกิร์ตอยู่ที่ 1.0-5.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) (Labell, 2000)

ชนิดของสตาร์ชที่ใช้ 3 ชนิด คือ สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด หรือ สตาร์ชข้าวเหนียว ให้ผลความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรมีผลต่อความแน่นของโยเกิร์ตมากที่สุด อิทธิพลของสตาร์ชข้าวโพดและสตาร์ชข้าวเหนียวต่อความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตในระดับลดต่ำลง ตามลำดับ ทั้งนี้โครงสร้างสตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวเป็นสตาร์ชในกลุ่มที่ไม่มีอะมิโลส (waxy maize และ waxy rice starch ตามลำดับ) ขณะที่สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรประกอบด้วย อะมิโลสประมาณ 17-20 เปอร์เซ็นต์ โดยคุณสมบัติในการเกิดเจลของโมเลกุลของอะมิโลส ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลข้างเคียง เกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิติ ในทางตรงข้าม โมเลกุลอะมิโลเพคตินมีการแตกแขนงในโมเลกุลมากไม่เอื้ออำนวยต่อการเกาะตัวระหว่างโมเลกุลจึงไม่สามารถเกิดเจลได้ (นิธิยา, 2543) หลักการนี้สนับสนุนพฤติกรรมที่สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรสามารถสร้างเจลที่มีความแน่นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสตาร์ชข้าวโพดและสตาร์ชข้าวเหนียว ตามลำดับ

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



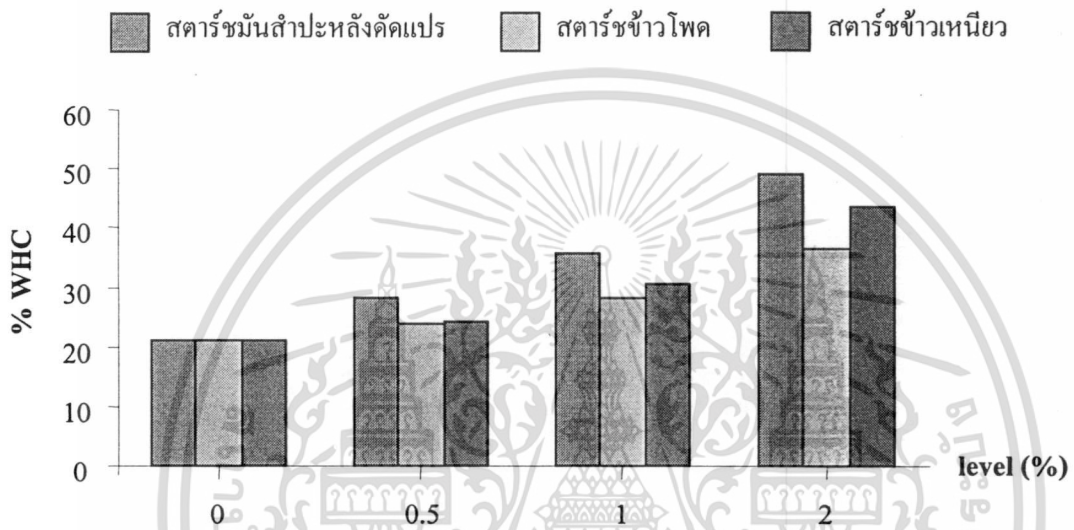
ภาพที่ 4.8 แสดงชนิดและปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวที่ผลมีต่อการแยกชั้นเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

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

สตาร์ชที่ใช้ในการศึกษามีจำนวน 3 ชนิดแตกต่างกัน คือ สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด หรือ สตาร์ชข้าวเหนียว ให้ผลความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรมีเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำเวย์น้อยที่สุด รองลงมาคือสตาร์ชข้าวโพดและสตาร์ชข้าวเหนียว ความแตกต่างของการแยกชั้นของน้ำเวย์ขึ้นกับโครงสร้างของสตาร์ชและปริมาณอะมิโลสในสตาร์ชแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



ภาพที่ 4.9 แสดงชนิดและปริมาณของสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวที่มีต่อการกักเก็บเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

ชนิดของสตาร์ชที่แตกต่างกันส่งผลให้มีค่าการกักเก็บน้ำเวย์ได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรมีผลในโยเกิร์ตความสามารถกักเก็บน้ำเวย์ได้มากกว่า สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ตามลำดับ การกักเก็บน้ำเวย์ไว้ในโครงสร้างได้มาก ส่งผลให้การแยกชั้นของน้ำเวย์น้อย ซึ่งจัดเป็นลักษณะของโยเกิร์ตที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Katsiari *et al.*, 2001) โดยโยเกิร์ตที่มีการเติมสตาร์ชจะมีการจับกันระหว่างโมเลกุลของแป้งและโปรตีนในนม ช่วยในการกักเก็บน้ำเวย์ไว้ในโครงสร้าง ไม่ให้แยกตัวออกมา ดังนั้นการเติมสตาร์ชจึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งในการรักษาคุณภาพทางกายภาพของโยเกิร์ตให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Labell, 2000 และ Schmidt *et al.*, 2001) ความสัมพันธ์ของความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต การแยกชั้นของน้ำเวย์ และการกักเก็บเวย์ของโยเกิร์ต โดยความแน่นมีผลทำให้การแยกชั้นของน้ำเวย์ลดลง ($R = -0.768$) ในขณะที่ การกักเก็บน้ำเวย์เพิ่มขึ้น ($R = 0.800$) และการกักเก็บเวย์มีความสัมพันธ์กับการแยกชั้นของน้ำเวย์ในทิศทางตรงกันข้าม ($R = -0.975$) ดังแสดงในตารางภาคผนวก ง กล่าวคือ เมื่อความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกักเก็บน้ำเวย์ได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบคุณภาพของโยเกิร์ต แสดงดังตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบกันระหว่างโยเกิร์ตที่มีการใช้สตาร์ชแต่ละชนิดและปริมาณ โดยให้โยเกิร์ตที่ไม่มีการเติมสตาร์ชเป็นโยเกิร์ตสูตรควบคุมพื้นฐาน ทำการทดสอบทางด้าน สี ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต กลิ่นโยเกิร์ต ความเรียบเนียน ความเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การทดสอบด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ช 3 ชนิด ที่ระดับแตกต่างกัน

	สี [ns]	ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต [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 ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ต และความเรียบเนียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สัญลักษณ์ a b ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความต่างกันอย่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

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

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อพิจารณาคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียวในปริมาณ 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 ซึ่งมีความแตกต่างกันกับโยเกิร์ตที่ปราศจากสตาร์ช ($p\leq0.05$) ความเปรี้ยวของโยเกิร์ตที่ปราศจากสตาร์ชและโยเกิร์ตที่เติมสตาร์ชข้าวเหนียวที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ($p\leq0.05$) และพบว่า โยเกิร์ตที่เติมสตาร์ชข้าวเหนียวที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ (โดย น้ำหนัก) ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ($p\leq0.05$)

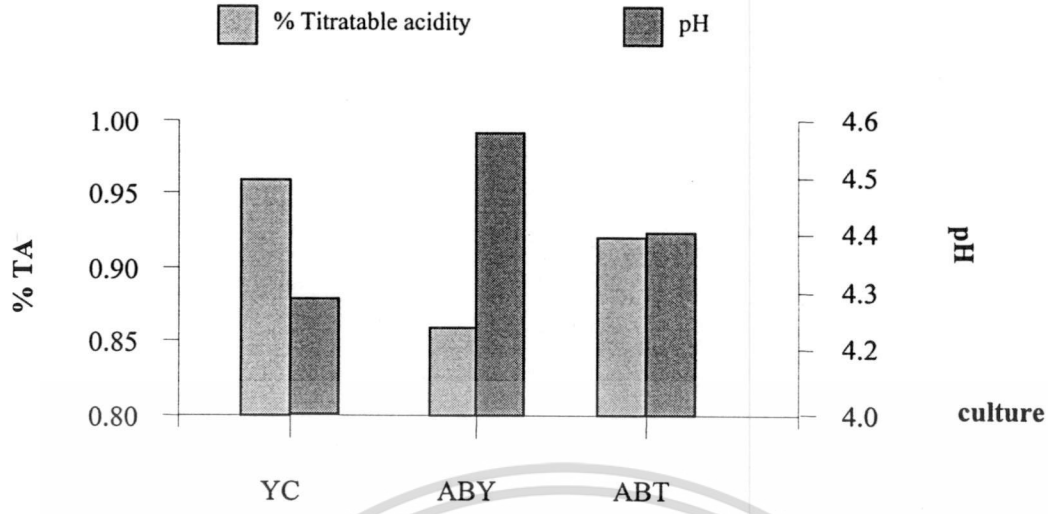
ในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมและรู้จักโยเกิร์ตชนิดครีม (stirred yoghurt) มากกว่าชนิดคงตัว (set yoghurt) ดังนั้น การศึกษาถึงการนำสตาร์ชมาใช้เป็นสเตบิไลเซอร์ พัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของโยเกิร์ตชนิดครีม เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น

4.3 ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกทางการค้าต่อคุณภาพของโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ

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

ปริมาณความเป็นกรดและพีเอช 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

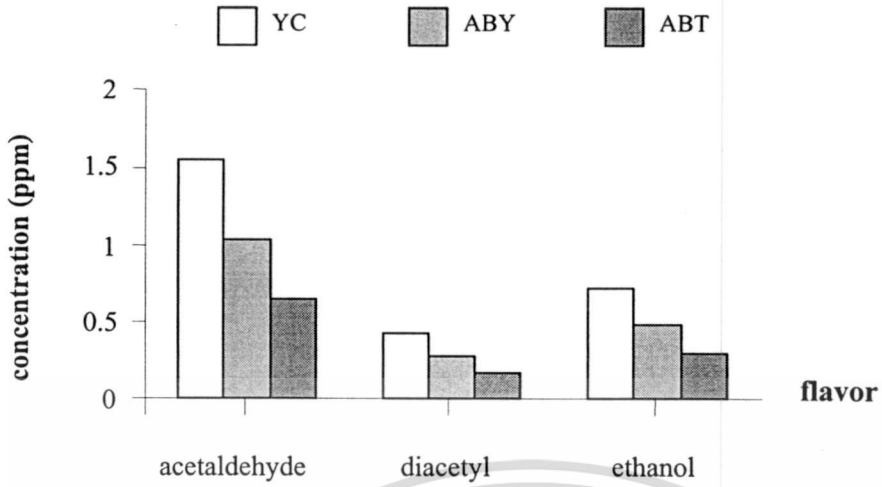


ภาพที่ 4.11 แสดงชนิดของเชื้อโยเกิร์ต (YC) และเชื้อโพรไบโอติกร่วม (ABY, ABT) ที่มีผลต่อปริมาณกรดแลคติก (titratable acidity) และพีเอช (pH) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 แสดงชนิดของเชื้อโยเกิร์ต (YC) และเชื้อโพรไบโอติกร่วม (ABY, ABT) ที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล และเอธานอล (ppm) ในโยเกิร์ตไขมันต่ำ

พบผลของการใช้เชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกันในการผลิตโยเกิร์ต มีผลต่อความแตกต่างของความเข้มข้นของอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล และเอธานอลในโยเกิร์ต ซึ่งโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต YC สามารถผลิตปริมาณสารให้กลิ่นรสดังกล่าวได้ดีกว่าเชื้อโพรไบโอติกร่วม ABT และ ABY เชื้อโพรไบโอติกร่วมมีผลทำให้สภาวะการผลิตกรดไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อโยเกิร์ต *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 เชื้อโพรไบโอติกมีความสามารถในการย่อยโปรตีน (proteolytic activity) ต่ำกว่าเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* เป็นสาเหตุทำให้ กรดอะมิโนเมไธโอนีนและทรีโอนีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตกลิ่นรสในโยเกิร์ตมีปริมาณที่ลดน้อยลง

อิทธิพลของเชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันในโยเกิร์ตต่อคุณภาพทางกายภาพของโยเกิร์ตดังผลแสดงในตารางที่ 4.2 ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตที่ผลิตขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าที่แตกต่างกัน ความแข็งแรงของลิ่มโยเกิร์ตโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส มีค่าเท่ากับ 138-139 กรัม เชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ไม่มีผลต่อความแน่นของโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตที่ไม่แตกต่างกันย่อมส่งผลถึงคุณลักษณะทางกายภาพอีก 2 ค่า คือ การแยกชั้นของเวย์ และความสามารถในการกักเก็บเวย์ (เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีค่า 20-21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.10) Rawson and Marshall, (1997) รายงานว่า ความแข็งแรงของลิ่มโยเกิร์ตที่มีการใช้เชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Strepitococcus. ssp. มีผลต่อการผลิต exopolysaccharide มากกว่า ซึ่งจะมีผลต่อค่าความหนืดของโยเกิร์ต แต่ไม่สามารถพบผลจากปัจจัยดังกล่าวโดยการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

ตารางที่ 4.2 ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า 3 ชนิดที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพทางกายภาพของโยเกิร์ต

เชื้อจุลินทรีย์	ความแข็งแรงของลิ่มโยเกิร์ต^{ns}	การแยกชั้นของเวย์^{ns}	การกักเก็บเวย์^{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 ($p\leq0.05$) ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีและความเปรี้ยวของโยเกิร์ตที่ใช้เชื้อโพรไบโอติกร่วม (ABT) มากที่สุด ขณะที่คุณภาพด้านกลิ่น ความเรียบเนียน และความแน่นของโยเกิร์ต ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุดในโยเกิร์ตซึ่งผลิตจากเชื้อโพรไบโอติกร่วม (ABY) อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และโยเกิร์ตซึ่งผลิตจากเชื้อโพรไบโอติกร่วม (ABT) ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด

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 เชื้อโยเกิร์ตและเชื้อโพรไบโอติกไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สัญลักษณ์ a b ที่กำกับไม่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง เชื้อโยเกิร์ตและเชื้อโพรไบโอติกมีผลต่อคุณภาพสี กลิ่นโยเกิร์ต ความเรียบเนียน ความแน่น และความเปรี้ยวของโยเกิร์ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สรุปผลการทดลอง

ศึกษาผลของการใช้สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด หรือสตาร์ชข้าวเหนียวเป็นสเตบิไลเซอร์ในระดับต่าง ๆ ที่เหมาะสม และชนิดของเชื้อโพรไบโอติกต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัสรวมทั้งอัตราการเหลือรอดของจุลินทรีย์โพรไบโอติกในโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมันต่ำ สามารถสรุปดังนี้

- สภาวะของการหมักโยเกิร์ตชนิดคงตัวไขมัน 2 เปอร์เซ็นต์ที่เหมาะสม คือ ที่อุณหภูมิ 43±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โยเกิร์ตที่ได้มีปริมาณความเป็นกรดและพีเอชเท่ากับ 0.96 และ 4.35 ตามลำดับ ลิ่มโยเกิร์ตเริ่มมีความแข็งแรงที่ระยะเวลา ตั้งแต่ 2 - 6 ชั่วโมง
- สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร สตาร์ชข้าวโพด และสตาร์ชข้าวเหนียว ที่เติมลงในโยเกิร์ตในระดับ 0.5, 1.0 หรือ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) สนับสนุนการผลิตกรดของเชื้อจุลินทรีย์ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus*
- สตาร์ชมีคุณสมบัติในการปรับปรุงความแน่นของลิ่มโยเกิร์ตมากขึ้นเมื่อมีการเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ไม่มีการเติมสตาร์ช สามารถใช้สตาร์ชมันสำปะหลัง ดัดแปรได้ในปริมาณ 0.5 – 1.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) สตาร์ชข้าวโพดและ สตาร์ชข้าวเหนียวในปริมาณ 0.5 – 5.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ในโยเกิร์ต สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) เนื้อสัมผัสที่ได้ของโยเกิร์ตมีความแน่นมากเกินไป สารระเหยอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล และเอธานอลในโยเกิร์ต เป็นผลผลิตจากกระบวนการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ สตาร์ชมีผลกระทบต่อความสามารถในการระเหย (volatilization) ของสารระเหยทั้งสองชนิดในปริมาณที่ลดลงเนื่องจากโครงสร้างของสตาร์ชสามารถจับหรือห่อหุ้มสารระเหยได้
- สตาร์ชมีอิทธิพลต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส โยเกิร์ตที่ใช้สตาร์ชข้าวเหนียว 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดทั้งทางด้านกลิ่นความเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม
- เชื้อโพรไบโอติกไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของลิ่ม การแยกชั้นของน้ำเวย์ และการกักเก็บเวย์ของโยเกิร์ต แต่มีผลกระทบต่อปริมาณของอะเซตัลดีไฮด์ ไดอะเซทิล และเอธานอลที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ใช้เชื้อโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHARACTERISTICS OF LOW-FAT SET YOGHURT CONTAINING STARCH

Presented at the 2005 IFT Annual Meeting and IFT Food Expo, July16-20, 2005, New Orleans, Louisiana, USA

S. Rattanasuwan[1], W. Tungjaroenchai[1] and R. S. Chamul[2]

[1]Faculty of Agricultural Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand [2]School of Kinesiology and Nutritional Science, California State University, Los Angeles

INTRODUCTION

Dairy products such as cheese and yoghurt needed stabilizers to impart desirable texture and appearance (Rankin and Bodyfelt, 1996). Addition of milk solids is a common practice to improve the texture of dairy products. Inclusion of stabilizers such as pectin, carrageenan, alginate, and gelatin are permitted by national legislation. Starch has been used to improve the texture of yoghurt due to their thickening and gelling ability which results in an increased consistency, and water retaining of products. (Schmidt and others 2001). Tropical starch is abundant and economic food ingredient, research work on using modified tapioca, waxy maize, and waxy rice starch in yoghurt is limited.

OBJECTIVE

To determine the influence of three different types of starch and concentrations on characteristics of low-fat set yoghurt.

MATERIALS AND METHODS

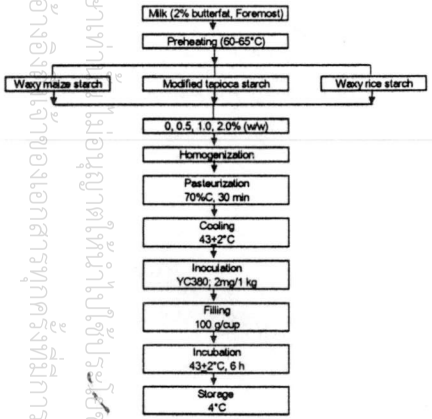
Yoghurt Culture

DVS freeze-dried culture (YC 380) containing *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* and *Streptococcos salivarious ssp. thermophilus* (Chr. Hansen, Denmark).

Starch

Modified tapioca (MT), waxy maize (WM), and waxy rice (WR) starch (National Starch and Chemical Co. Ltd, Thailand).

Yoghurt Making



Quality Analyses

Gel Strength

Texture Analyzer TA.XT2i (Stable Micro Systems) was used with a A/BE 45 ring back extrusion probe. Test speed was 1 mm/s, maximum force in gram was recorded (Bonczar *et al*., 2002).

Syneresis

A drain method by Katsiari *et al*. (2002) was followed, cup yoghurt was transferred on a 120-mesh stainless steel screen, drained whey was collected over 2 hours at 4 C. Syneresis was expressed as the percent drain (vol./wt.).

Whey Holding Capacity

Supernatant was drained from yoghurt after centrifugation (15,000 rpm for 15 min) at 5 C. Weight of the supernatant was expressed as the whey holding capacity (WHC), (Harte *et al*., 2003).

Microstructure

Specimens from yoghurt samples were cut into cubes (2x2x2 cm) and were fixed in 2.5% glutaraldehyde in 0.1% phosphate buffer (pH 7.2) at 4 C. Dehydration was made in 30, 50, 70, 90, and 100% ethanol, and critical point dried with carbondioxide before they were sputter coated. Specimens were examined on a Scanning electron microscope (Jeol-JSM-5410)

Titratable Acidity and pH

Titratable acidity was conducted by using 0.1 N. NaOH with phenolpthalein as indicator, pH of yoghurt was measured by Inolab level 1 pH meter (Marshall, 1993)

Volatile Compounds

Acetaldehyde, diacetyl and ethanol were quantitized by Headspace Gas Chromatography (HP 6890) with an autosampler (HP 7694), and EC – 20 capillary column. Yoghurt sample was heated at 80 C for 10 min before sampling. (Ott and others 1997).

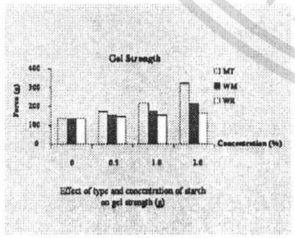
Sensory Evaluation

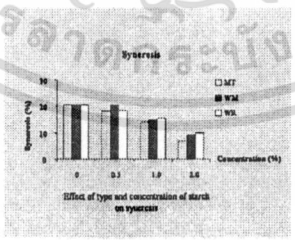
Twenty panelists evaluated yoghurt samples in duplicate. Smoothnes, firmness, acid, overall flavor, and overall acceptance scores were rated in 7-scale Hedonic Test.

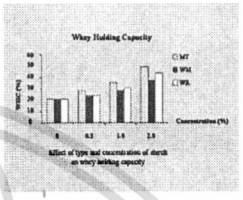
Statistical Analysis

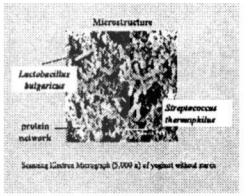
Analysis of variance and least square means separations were performed on the data using SAS 6.12 (SAS Institute, Inc.,1996). Significance was established at P 0.05. Yoghurt was randomly sampled for physical and chemical analyses. The results from 3 x 4 factorial arrangement (treatment x concentration) of treatments in a completely randomized design (CRD) were analyzed. Similar statistical arrangement of treatments in a balance incomplete block design (BIB) were performed on the sensory evaluation (Meilgaard and others 1999).

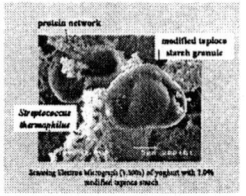
RESULTS

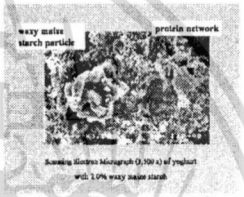


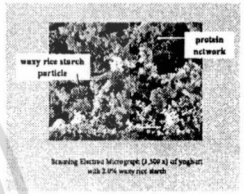


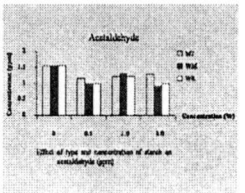












DISCUSSION

Starch increased the gel strength, whey holding capacity (WHC), and improved the syneresis of yoghurt. Increases in starch concentration resulted in increases in these characteristics ($p \leq 0.05$). Waxy rice starch had the least effect on the gel strength while waxy maize starch had poor WHC. Scanning electron micrographs illustrated the swelling of modified tapioca starch granules. Stability of yoghurt gel was improved by functions of amylose in the modified tapioca starch compared to waxy maize and waxy rice containing no amylose. Starch stabilizers reduced void areas in casein network. Small increase in the titratable acidity was detected in yoghurt containing starch, starch could reduce time for fermentation (William *et al*., 2003).

Yoghurt containing starch had decreased concentrations of volatile compounds (acetaldehyde, diacetyl, and ethanol) ($p \leq 0.05$). Volatility of flavor decreased in yoghurt with starch (Rankin and Bodyfelt, 1996, Schmidt *et al*.,2001). Modified tapioca starch had the least impact on volatility of these flavor compounds ($p \leq 0.05$). Low-fat yoghurt with 2.0% (w/w) of waxy rice starch received the highest overall flavor and acceptance scores.

Problem of cooked flavor by excessive use of skim milk powder can be corrected by using starch stabilizers. Waxy rice at 2.0% (w/w) was recommended for low-fat yoghurt with smooth texture and clean flavor.

REFERENCES

Bonczar G., M. Wiszolek and A. Siuta. 2002. The effects of certain factors on the properties of yoghurt made from ewe's milk. Food Chem (79) pp:85-91.

Harte, F., L. Luedecke, B. 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):1074-1082.

Katsiari, M.C., P.L. Voutsinas and E. Kondyli. 2002. Manufacture of yoghurt from stored frozen sheep's milk. Food Chem 77: 413-420.

Marshall, R.T., 1993. Chemical and Physical methods. *In* Standard methods for the examination of dairy products. American public Health Association. Washington DC. 546p.

Meilgaard, M., G.V. Civille and B.T. Carr. 1999. Sensory Evaluation Techniques. 3rd edition CRC Press LLC. New York. NY. 387p

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):850-858.

Rankin, S.A. and F.W. Bodyfelt. 1996. Headspace Diacetyl as Affected by Stabilizers and Emulsifiers in a model Dairy system. J. Dairy Sci. 61 (5): 921-923.

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: 421-434.

6. บรรณานุกรม

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 292 หน้า.

แก้ว กังสดาลอำไพ. 2543. อาหารในสหัสวรรษใหม่ของคนไทย. วารสารฉลาดซื้อ. 7(9) น. 60-62.

นิธิยา รัตนปนนท์. 2543. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 473 หน้า.

ประดิษฐ์ มีสุข. 2530. เคมีอินทรีย์เบื้องต้น (ฉบับปรับปรุงใหม่). พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 398 หน้า.

วันเพ็ญ มีสมญา. 2541. ใยอาหารอันทรงคุณค่า. อาหาร. 28(3). กรกฎาคม-กันยายน. หน้า 213-219.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และ ญานิน โอภาสพัฒนกิจ. 2541. เอกสารการสอนชุดวิชาผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ. 395 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมนม. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพฯ. 209 หน้า.

มลศิริ วีโรทัย. 2540. ส่วนประกอยของอาหารเพื่อสุขภาพ. วารสารคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย. 40 (2) พฤษภาคม – สิงหาคม. น. 40-53.

สุรีย์ นานาสมบัติ. 2539. เทคโนโลยีของนมและผลิตภัณฑ์นม. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. หน้า 268.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2 543. ส ารเจือปนในอาหาร. ค ณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพฯ. 322 หน้า.

อภิญญา 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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.

Fiszman, 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Goupry, 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.

Hugenholtz, 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/Hugenholtz.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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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 edtion. 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 affeceted 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. 19973 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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. Continuting Education Module. New Hope Institute of Ratailing. 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้