สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตคีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพด

น.ส. วรรษมน สีสุก
น.ส. วรรัตน์ ฉายสว่างวงศ์
น.ส. สุธาสินี ทัยคุปต์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 67286
วัน,เดือน,ปี 22 พ.ย. 2549
b.....
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Production of kefir from corn milk

Miss Wassamon Secsuk

Miss Worarat Chaisawangwong

Miss Sutasinee Thaiyakup

A Special Project Summitted in Partial of the Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ เรื่อง การผลิตคีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพด

นักศึกษา นางสาววรรษมน สีสุก รหัสประจำตัว 45050232
นางสาววรรัตน์ ฉายสว่างวงศ์ รหัสประจำตัว 45050233
นางสาวสุธาสินี ทัยคุปต์ รหัสประจำตัว 45050255
ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์
สาขา เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. จิตติ ท่าไว
ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ. ลินจง สุขลำภู	
กรรมการ ผศ.ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์	
กรรมการ ดร. จิตติ ท่าไว	
กรรมการ อ. คนึงกานต์ กลั่นบุศย์	

.....

(รศ.ดร.นวลพรรณ ณ ระนอง)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การผลิตคีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพด
นักศึกษา นางสาววรรษมน สีสุก
นางสาววรรัตน์ ฉายสว่างวงศ์
นางสาวสุธาสินี ทัยคุปต์
ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์
สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ
ปีการศึกษา 2548
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. จิตติ ท่าไว

บทคัดย่อ

คีเฟอร์เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีรสชาติดี และมีเชื้อแบคทีเรียชนิดที่สร้างกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ที่เป็นแบคทีเรียโปรไบโอติก (Probiotic bacteria) ร่วมกับยีสต์เป็นหัวเชื้อเริ่มต้นในการหมัก จึงมีคุณค่าต่อร่างกายสูง แต่ในปัจจุบันน้ำนมโคมีราคาสูงขึ้น จึงได้มีการนำน้ำนมข้าวโพดมาใช้ทดแทนน้ำนมโค เพื่อลดต้นทุนในการผลิต จากการศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด โดยใช้หัวเชื้อสำเร็จรูปจากบริษัท Wilderness Family Naturals เพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม พบว่าสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนาแล้ว มีส่วนประกอบ ได้แก่ น้ำนมข้าวโพดและน้ำนมโค ร้อยละ(โดยปริมาตร) 47.1 นมผงขาดมันเนยร้อยละ(โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) 5.8 ใช้หัวเชื้อร้อยละ 1 และใช้ปริมาณเจลาตินร้อยละ 0.3 ของปริมาตรทั้งหมด ซึ่งได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด สำหรับกระบวนการที่เหมาะสมในการหมัก คือ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ใช้เวลาหมัก 12 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการที่เหมาะสม มีสีในระบบ CIE คือ ค่าL*, a* และ b* เท่ากับ 75.80, -3.45 และ 20.99 ตามลำดับ ปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ด(syneresis) ร้อยละ 16.77 และลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง, ค่าการเกาะติดพื้นผิว, ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ, ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน และค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยาง เท่ากับ 0.122682 N., 0.623775 N.mm., 14.216198 mm., 0.000044 kgf.mm. และ 8.184296 gf. ตามลำดับ มีปริมาณโปรตีน, ไขมัน, ของแข็งทั้งหมด และกรดทั้งหมดร้อยละ (โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 4.43, 2.46, 20.18, 1.18 ตามลำดับ มีค่าพีเอช 4.52 ปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกและยีสต์ (โคโลนีต่อมิลลิลิตร) เท่ากับ 1.3×10^{6} และ 7.5×10^{4} ตามลำดับ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN ต่อมิลลิลิตร) < 2 และไม่พบ *Escherichia coli*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Production of kefir from corn milk	
Name	Miss Worarat	Chaisawangwong
	Miss Wassamon	Seesuk
	Miss Sutasinee	Thaiyakup
Department	Applied Biology	
Program	Biotechnology	
Academic Year	2005	
Special Project Advisor	Assoc. Prof. Dr. Marisa	Jatupornpipat
Special Project Coadvisor	Dr. Jitti Tawai	

Abstract

Kefir, a tasty fomulated milk product, has its bacteria to produce lactic acid. This lactic acid bacteria is probiotic bacteria which symbiosis with yeast as a starter in fermentation process and contributed substantial nutrient for health. Nevertheless, nowadays the cost of production is increased as a result of higher cost of cow's milk. Therefore, people use corn milk instead of cow milk as a substantial to reduce cost of production. Regarding the study of the Kefir production by using the starter from Wilderness Family Naturals. In order to develop the formula and the suitable process in producing Kefir corn milk , found that the formula that already be developed have an important component as the following: 47.1% corn milk and cow milk corn milk, 5.8% skimmed milk powder and 0.3% gelatin by adding 1% of starter culture. The suitable degree in ferment process is in 30°C, within the duration of 12 hours. Kefir corn milk product, which is produced from suitable formula and process will give color system in CIE system which were L*, a* and b* equal to 75.80,-3.45 and 20.99 respectively.The syneresis was 16.77%. The texture : Hardness, Cohesiveness, Springiness, Adhesiveness and Gumminess were 0.122682 N., 0.623775 N.mm., 14.216198 mm., 0.000044 kgf.mm., 8.184296 gf. respectively.The product contained 4.43% protein, 2.46% fat, 20.18% total solid, 1.18% total acidity, 1.3×10^{6} and 7.5×10^{4} CFU/ml of lactic acid bacteria and yeast. It had pH 4.52, with less than 2 MPN/ml of coliform and not found *Escherichia coli.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาโครงงานพิเศษ เรื่องการผลิตคีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพด โครงงานนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีได้หากไม่ได้รับการช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้

ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ และดรจิตติ ท่าไวที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำต่างๆ ที่เกี่ยวกับการทดลอง ข้อเสนอแนะ และแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการทำการทดลอง ตลอดจนกระทั่งโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ. ลินจง สุขลำภู และ อ.คนึงกานต์ กลั่นบุศย์ ที่ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับโครงงานพิเศษครั้งนี้

ขอขอบคุณ อ.สุรพล เช้าฉ้อง จากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ ไร่สุวรรณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์น้ำนมข้าวโพดให้ใช้ตลอดงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณบริษัทคาร์เท่ แดรี่เวิร์ด จำกัด ที่อนุเคราะห์นมผงขาดมันเนย (skim milk) ให้ใช้ตลอดงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเบิกเครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบพี่ๆ ปริญญาโทและเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆ ทำให้การทำโครงงานพิเศษเป็นไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดาของผู้จัดทำที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนกำลังทรัพย์ในการทำโครงงานพิเศษครั้งนี้

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้คงจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจในงานที่เกี่ยวข้องทางด้านนี้หรือผู้ที่ต้องการศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับโครงงานพิเศษนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำต้องขออภัย ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ.....ง

สารบัญตาราง.....จ

สารบัญภาพ.....ช

บทที่ 1 บทนำ.....1

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....4

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....42

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์.....47

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....72

เอกสารอ้างอิง.....74

ภาคผนวก.....79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ปริมาณสารประกอบและจุลินทรีย์ที่พบในคีเฟอร์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....6
2. สายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่แยกได้จากคีเฟอร์เกรน.....8
3. เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำนมที่ใช้ในการเตรียมคีเฟอร์.....24
4. ชนิดและปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดไร่ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดหวานพิเศษ ที่ระยะเวลา 20 วันหลังออกไหม.....27
5. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวาน 100 กรัม.....29
6. ชนิดและปริมาณของกรดไขมันและโทโคฟีรอลที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันข้าวโพด.....30
7. คุณค่าทางโภชนาการในน้ำนม 100 กรัม.....35
8. ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร.....44
9. คุณลักษณะทางเคมีของ เมล็ดข้าวโพด น้ำนมข้าวโพด และนมโค.....47
10. ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร.....52
11. ค่าสี และปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ด(syneresis) ของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ น้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร.....52
12. ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5.....57
13. ค่าสีและปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ด(syneresis)ของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด ที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5.....57
14. คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5.....58
15. ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส.....63
16. ค่าสี และปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ด(syneresis) ของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด ที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส.....63
17. คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ หน้า

18. ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดเมื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้วยเจลาตินร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0.....68
19. ค่าสี และปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ด(syneresis) ของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดเมื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้วยเจลาตินร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0.....70
20. คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเจลาตินร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0.....71
21. คุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุง.....73
22. ปริมาณของแข็งทั้งหมดในวัตถุดิบและอัตราส่วนการผลิตต่างๆ.....81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1. ลักษณะคีเฟอร์เกรน.....5
2. การอยู่ร่วมกันแบบอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis) ของเชื้อจุลินทรีย์ในคีเฟอร์เกรน ได้แก่ ยีสต์และแบคทีเรีย อาศัยอยู่ร่วมกันในร่างแหที่ประกอบด้วยโปรตีนและพอลีแซคคาร์ไรด์.....9
3. ลักษณะภายในคีเฟอร์เกรน ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน.....9
4. การก่อตัวของคีเฟอร์เกรน เริ่มจากเป็นแผ่นเชื้อแล้วม้วนตัวจนเป็นก้อน.....10
5. การอยู่ร่วมกันของแบคทีเรียสร้างแลคติก และยีสต์ในคีเฟอร์เกรน ขณะก่อตัวเป็นแผ่น.....11
6. ลักษณะของเซลล์แบคทีเรียโพรไบโอติก.....12
7. ลักษณะของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*.....18
8. กระบวนการหมักของยีสต์.....20
9. ลักษณะต้นข้าวโพด.....25
10. ลักษณะของฝักข้าวโพด.....26
11. ลักษณะผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร.....48
12. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์สร้างกรดแลคติกและยีสต์กับระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร.....53
13. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดกับระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร.....54
14. ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ5.....55
15. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์สร้างกรดแลคติกและยีสต์กับระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ5.....59
16. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดกับระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ5.....60
17. ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ22, 30 และ42 องศาเซลเซียส.....61
18. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์สร้างกรดแลคติกและยีสต์กับระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่อุณหภูมิ 22, 30 และ42 องศาเซลเซียส.....65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดกับระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่อุณหภูมิ 22, 30 และ42 องศาเซลเซียส.....66
20. ลักษณะของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุง.....72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพ และมีแนวโน้มที่จะบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น อาหารเพื่อสุขภาพ (Health food) โดยทั่วไปหมายถึงอาหารธรรมชาติ (Natural foods) หรืออาหารที่เติมแต่ง (Fortified foods) ที่มีสมมติฐานว่ามีผลส่งเสริมสุขภาพของร่างกาย ผลิตภัณฑ์อาหารนม (Milk and milk products) ก็จัดว่าเป็นอาหารเพื่อสุขภาพอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์นมหมัก (Ferment milk products) ที่นอกจากจะได้สารอาหารมากมายจากน้ำนมแล้วยังได้รับประโยชน์จากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่ใช้ในการหมักอีกด้วย (Nakazawa และคณะ 1992)

ผลิตภัณฑ์นมหมัก (Fermented milk products or cultured milk products) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากนม ซึ่งอาจเป็นนมขาดมันเนย นมเข้มข้น หรือนมคืนรูปจากนมผงขาดมันเนยหรือพร่องมันเนย แล้วผ่านการโฮโมจีไนซ์ จากนั้นจึงหมักต่อด้วยจุลินทรีย์ที่คัดเลือก ซึ่งอาจเป็นแบคทีเรีย หรือยีสต์ หรือทั้งสองชนิดร่วมกัน ในสมัยก่อนการผลิตนมหมักมักเตรียมจากนมแกะและนมควาย เป็นส่วนใหญ่ จะใช้นมแพะ นมวัว หรือนมม้าในบางครั้ง แต่ในปัจจุบันนี้นมหมักที่ได้จะเตรียมจากนมวัวและใช้แบคทีเรียที่ต้องการ หรือในบางครั้งอาจใช้เชื้อผสมของแบคทีเรียและยีสต์ โดยผลิตภัณฑ์นมหมักแต่ละชนิดจะมีกลิ่นรสแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตและปริมาณกรดแลคติก (lactic acid), อัลดีไฮด์ (aldehyde), กรดอินทรีย์ (organic acid) และไดอะซิติล (diacetyl หรือ acetyl methyl carbinol) (ลินจง, 2547)

การหมักผลิตภัณฑ์นมหมักที่สำคัญมี 2 ชนิด (ลินจง, 2547) ได้แก่

1. Acid type เป็นการหมักที่ให้กรดอย่างเดียว เช่น โยเกิร์ต ยาคูลย์ และ cultured buttermilk
2. Kefir type เป็นการหมักที่ให้กรด ก๊าซ และมีแอลกอฮอล์เกิดขึ้นเล็กน้อยด้วย เช่น คีเฟอร์ และคูมิสล์

คีเฟอร์ คือนมเปรี้ยวพื้นบ้านของรัสเซีย มีแหล่งผลิตแรกเริ่มแถบเทือกเขาคอเคซัส ปัจจุบันมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมในประเทศรัสเซีย ยุโรป และอเมริกา ผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดนี้ต่างจากชนิดอื่นตรงที่ นอกจากมีรสเปรี้ยวเนื่องจากมีกรดแลคติกเป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 0.8 แล้วยังมีกลิ่นเหล้าอ่อนๆด้วย เนื่องจากมีเอทธิลแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 0.8 – 1 การผลิตทำได้โดยใส่กล้าเชื้อคีเฟอร์ที่เรียกว่า คีเฟอร์เกรน (kefir grain) ประมาณ 50 – 60 กรัม ลงในน้ำนม 1 ลิตร ตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 18 – 25 องศาเซลเซียส ประมาณ 24 – 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองด้วยกระชอนเพื่อแยกคีเฟอร์เกรนออก คีเฟอร์ที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกับโยเกิร์ต ส่วนคีเฟอร์เกรนที่แยกออกมาสามารถนำไปใช้ในครั้งต่อไปได้ (นภา, 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ที่พบในคีเฟอร์เกรนได้แก่ แบคทีเรีย *Lactobacillus lactis* ssp. *lactis*, *L. lactis* ssp. *cremoris*, *L. acidophilus*, *L. kefir*, *L. kefiranofaciens*, *L. casei*, *Kruyveromyces marxianus var. marxianus* และ ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae, Candida kefir* จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนพบว่า แบคทีเรียส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณผิวรอบๆคีเฟอร์เกรน ส่วนยีสต์จะฝังตัวอยู่ในกลุ่มคีเฟอร์แรนตรงกลางคีเฟอร์เกรน (Varnam and Sutherland, 1994)

ข้าวโพดถือได้ว่าเป็นธัญพืชที่สำคัญมากชนิดหนึ่งของโลก จัดเป็นพืชตระกูลหญ้า มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays Linn.* อยู่ในตระกูล *Gramineae* ข้าวโพดมีถิ่นกำเนิดแถบบริเวณประเทศตะวันตก และเป็นที่นิยมบริโภคกันแถบทวีปอเมริกากลางและใต้ สำหรับประเทศไทยนั้นข้าวโพดเป็นที่รู้จักและนิยมบริโภคในรูปอาหารว่างระหว่างมื้ออาหารมาช้านาน และยังมีการปลูกข้าวโพดเพื่อการเลี้ยงสัตว์กันมาก ซึ่งในปัจจุบันได้นิยมนำข้าวโพดมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่ม เนื่องจากดื่มได้สะดวก รสชาติคล้ายนม เรียกว่าน้ำนมข้าวโพด มีรสหวานมัน หอม อร่อย ดื่มแล้วสดชื่น อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร (ณิชาภัทร, 2546)

น้ำนมข้าวโพดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากข้าวโพดหวาน (Sweet corn) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *May saccharata* ซึ่งถือว่าน้ำนมข้าวโพดเป็นอีกทางเลือกหนึ่งแก่ผู้บริโภคที่ไม่สามารถดื่มน้ำนมวัวได้เนื่องจากเกิดอาการแพ้ แต่สามารถดื่มน้ำนมข้าวโพดซึ่งมีปริมาณสัดส่วนของน้ำนมวัวน้อยได้โดยไม่เกิดอาการแพ้ ทำให้ผู้บริโภคได้รับสารอาหารที่มีคุณค่าทั้งจากข้าวโพดหวานและจากนมไปพร้อมกัน (http://www.spr.ac.th)

คีเฟอร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสอร่อยและมีคุณค่าทางอาหาร แต่วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตส่วนใหญ่นั้นเป็นน้ำนมโค ซึ่งในปัจจุบันนี้มีปัญหาน้ำนมดิบของไทยมีราคาสูง (Anonymous, 1999) ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษากรรมวิธีการผลิตคีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพด เนื่องจากข้าวโพดเป็นวัตถุดิบที่หาง่าย มีราคาถูก และเป็นธัญพืชที่มีคุณค่าทางอาหาร เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง ทำให้ไม่เกิดการสะสมในร่างกาย และยังอุดมไปด้วยวิตามินต่างๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้นคีเฟอร์ที่ผลิตจากน้ำนมข้าวโพดจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาถูก มีคุณค่าทางอาหารสูง และนอกจากนี้จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตคีเฟอร์ยังเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ที่เรียกว่าแบคทีเรียโพรไบโอติก (Probiotic bacteria) เหมาะกับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย อีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของข้าวโพดให้สูงขึ้นและขยายการใช้ประโยชน์ให้กว้างขวางยิ่งขึ้นอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณค่าทางอาหารของวัตถุดิบ ได้แก่ เมล็ดข้าวโพด น้ำนมข้าวโพด และน้ำนมโค

1.2.2 เพื่อศึกษากรรมวิธีและสูตรที่เหมาะสมในการผลิตคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพต

1.2.3 เพื่อศึกษาคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 เพื่อเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์จากน้ำนมข้าวโพด

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ศึกษากรรมวิธีการผลิต และสูตรที่เหมาะสมในการผลิตคีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพด โดยทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับน้ำนมข้าวโพดอีกด้วย

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1.4.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคีเฟอร์ คือ เมล็ดข้าวโพดน้ำนมข้าวโพด และน้ำนมโค

1.4.2 การเตรียมหัวเชื้อ (Activated starter)

1.4.3 การศึกษาอัตราส่วนของน้ำนมข้าวโพดต่อน้ำนมโค ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

1.4.4 การศึกษาผลของปริมาณหัวเชื้อต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

1.4.5 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการบ่มต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

1.4.6 การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดโดยใช้เจลาติน

1.4.7 การวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุง

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้กรรมวิธีและสูตรที่เหมาะสมในการผลิตคีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพด

1.5.2 ได้ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่เพิ่มขึ้นในอุตสาหกรรมอาหาร

1.5.3 ได้ทราบการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหารจากเมล็ดข้าวโพด เป็นผลิตภัณฑ์คีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพด

1.5.4 ได้รับข้อมูลการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์คีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพด เพื่อนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คีเฟอร์

คีเฟอร์ หรือ โยเกิร์ดบัวหิมะ มีต้นกำเนิดมาจากแถบเทือกเขาคอเคซัส (Caucasian mountains) ในประเทศรัสเซีย ผลิตมาจากนมแพะ นมแกะ หรือ นมวัว มีการผลิตเพื่อบริโภคมากว่าพันปีแล้ว เริ่มแรกนั้นคีเฟอร์ยังไม่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายนัก มีการบริโภคกันเฉพาะชนเผ่าแถบเนปาล และรัสเซีย (Northern Caucasus Mountains) ต่อมาได้มีการผลิตกันมากขึ้นและขยายไปสู่การค้า ปัจจุบันมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมในประเทศรัสเซีย ยุโรป และอเมริกา (ธารารัตน์, 2548)

คีเฟอร์เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีลักษณะคล้ายโยเกิร์ตแต่ใช้หัวเชื้อผสมระหว่างแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดแลคติก (Lactic acid bacteria: LAB) หรือแบคทีเรียโพรไบโอติก และยีสต์ ซึ่งอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพา (symbiosis) ทำให้เกิดลักษณะเป็นก้อนเหนียวยืดหยุ่น มีสีครีมคล้ายดอกกะหล่ำ เรียกว่า เม็ดคีเฟอร์ หรือ คีเฟอร์เกรน (kefir grain) มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 ถึง 20 มิลลิเมตร มีรูปร่างไม่แน่นอน แสดงดังภาพที่ 1 คีเฟอร์เกรนไม่สะลายในน้ำและตัวทำละลายส่วนใหญ่ เมื่อแช่คีเฟอร์เกรนในน้ำนม จะดูดน้ำนม พองตัวออก และเปลี่ยนเป็นสีขาว โดยคีเฟอร์เกรนนี้มีจำหน่ายในรูปของคีเฟอร์เกรนแห้ง ก่อนใช้ต้องนำมาแช่น้ำอุ่นประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำมาแช่ในน้ำนมพาสเจอไรส์ จนกระทั่งพอง จึงจะนำไปใช้ในการผลิตคีเฟอร์ได้ (Berg, 1988)

คีเฟอร์ที่ผลิตได้มีลักษณะข้น มีรสเปรี้ยว และมีกลิ่นแอลกอฮอล์อ่อนๆ โดยสามารถรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) ได้นานประมาณ 14 วัน ในระหว่างการเก็บรักษานี้ปริมาณสารประกอบต่างๆ ในคีเฟอร์จะมีการลดปริมาณลงด้วย แสดงดังตารางที่ 1

จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่าในคีเฟอร์อุดมไปด้วยโปรตีน วิตามิน และเกลือแร่ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ทริปโตแฟน (Tryptophan) ช่วยในการทำงานของระบบประสาท แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส ช่วยในการเผาผลาญสารอาหารพวกน้ำตาล ไขมัน และโปรตีน เพื่อให้ได้พลังงานไปใช้ในการเจริญเติบโตของเซลล์ วิตามินบี1 บี12 และวิตามินเค ช่วยในการทำงานของตับ ไต ระบบประสาท และผิวพรรณ การดื่มคีเฟอร์ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายรวมทั้งยังช่วยลดอาการเครียด หรือปัญหาการนอนไม่หลับอีกด้วย มีรายงานว่าคนที่ดื่มคีเฟอร์เข้าไปแล้วจะทำให้ระบบการขับถ่ายดี ลำไส้บีบตัวได้ดีขึ้น ช่วยป้องกันการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร ทำให้มีสุขภาพดีขึ้น นอกจากการผลิตคีเฟอร์สำหรับเป็นเครื่องดื่มแล้ว ยังมีการทดลองนำไปใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกด้วย เช่น ผักกาดตอง ชีส ขนมปัง เค้ก และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบียร์ เป็นต้น โดยเฉพาะการนำมาใช้ในด้านเครื่องสำอางได้มีการยืนยันในผู้ที่ทดลองใช้คีเฟอร์เป็นเครื่องสำอางทาบนใบหน้าแล้วพบว่าช่วยขจัดปัญหาของสิวอักเสบ รวมทั้งช่วยกระชับรูขุมขนบนใบหน้าให้ดีขึ้น ทำให้ใบหน้าเต่งตึง ดูอ่อนเยาว์

ภาพที่ 1 ลักษณะของคีเฟอร์เกรน

ที่มา : http://users.chariot.net.au/~dna/kef/3-KG-WKG.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ปริมาณสารประกอบและจุลินทรีย์ที่พบในคีเฟอร์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ลักษณะ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา	
	24 ชั่วโมง	มากกว่า 7 วัน
ความเป็นกรดด่าง	4.50±0.26	4.45±0.25
ปริมาณกรดแลคติก (กรัมต่อลิตร)	8.18±0.07	8.37±0.10
ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	0.25±0.04	0.25±0.05
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	1.05±0.06	1.05±0.06
ปริมาณแบคทีเรียคอคไค (โคโลนีต่อมิลลิลิตร)	$(20.3\pm0.61) \times 10^{11}$	$(19.0\pm2.98) \times 10^{11}$
ปริมาณแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัส (โคโลนีต่อมิลลิลิตร)	$(11.0\pm2.00) \times 10^{8}$	$(10.5\pm1.50) \times 10^{8}$
ปริมาณยีสต์ (โคโลนีต่อมิลลิลิตร)	$(5.0\pm0.20) \times 10^{5}$	$(4.90\pm0.46) \times 10^{5}$
ความหนืด (cst)	1.071±0.01	1.075±0.03

ที่มา : Macrae และคณะ (1993)

2.1.1 หัวเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตคีเฟอร์

จุลินทรีย์ที่อยู่ในคีเฟอร์เกรนประกอบด้วยยีสต์ (yeast) และแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก (lactic acid bacteria) การศึกษายีสต์ที่แยกจากคีเฟอร์เกรนมีรายงานไว้ต่างๆกัน แสดงดังตารางที่ 2 La Riviere และคณะ (1967) พบ *Torulopsis holmii* และ *Saccharomyces delblueckii* ในอัตราส่วนประมาณ 10:1 ยีสต์ทั้งสองชนิดนี้มีประมาณ 1.4 ถึง 3.3×10^{8} เซลล์ต่อกรัมของคีเฟอร์เกรน Iwasawa และคณะ (1982) พบว่า *Streptococcus exiguus* เป็นจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่อยู่ในคีเฟอร์เกรน นอกจากนั้นยังมีรายงานการพบ *C. (Torula) kefir* และ *C. pseudotropicalis* ในคีเฟอร์เกรนจากแหล่งอื่นๆ สำหรับแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ส่วนใหญ่นั้นได้แก่ *Lactobacillus* spp. โดยพบ *Leuconostoc* spp. และ *Streptococcus* spp. ประมาณร้อยละ 1 และ 0.1ตามลำดับ มีรายงานการศึกษาแรกๆว่าแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกที่หมักได้ผลิตภัณฑ์หลายชนิด (heterofermentative) ได้แก่ *Lactobacillus brevis* ATCC 8007 เป็นแลคโตบาซิลลัสที่พบมาก และมีบทบาทสำคัญในการสร้างเมือกคีเฟอร์แรน อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาต่อมาอีกหลายรายงานที่พบว่าแลคโตบาซิลลัสที่อยู่มากในคีเฟอร์เกรนเป็นแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกชนิดที่พบเฉพาะในเม็ดเชื้อชนิดนี้และตั้งชื่อว่า *Lactobacillus kefir*

การอยู่ร่วมกันของจุลินทรีย์ในคีเฟอร์เกรนมีความสมดุลย์โดยธรรมชาติ ถึงแม้ว่าการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คีเฟอร์และการผลิตคีเฟอร์เกรนไม่ได้ใช้เทคนิคการทำให้ปลอดเชื้อ ก็จะไม่พบการปนเปื้อนของเชื้ออื่น จุลินทรีย์เหล่านี้เจริญเติบโตโดยอาศัยซึ่งกันและกัน (Symbiosis) แสดงดังภาพที่ 2 เนื่องจากยีสต์ที่พบส่วนใหญ่เป็นพวกที่ไม่สามารถใช้น้ำตาลแลคโตสในน้ำนมได้จึงต้องอาศัยสารอาหารที่สังเคราะห์โดยแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ในขณะที่แบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ต้องพึ่งสารเสริมการเจริญเติบโต (growth factor) ที่สลายจากเซลล์ยีสต์ที่ตายแล้ว โดยมีหลักฐานการทดลองสนับสนุนในเรื่องนี้ กล่าวคือพบว่าแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกที่แยกจากคีเฟอร์เกรนจะเจริญได้ดีในน้ำนมก็ต่อเมื่อต้องเติมสารที่สกัดจากเซลล์ของยีสต์ (นภา, 2534)

จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน แสดงดังภาพที่ 3 สามารถแสดงให้เห็นได้ว่าแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกที่อยู่ในก้อนเชื้อชนิดนี้มีทั้งพวกรูปร่างเป็นแท่งสั้น (shot rot) และแท่งยาวโค้ง (curved rod) ซึ่งส่วนใหญ่จะตายและผนังเซลล์ย่อยสลายแล้ว โดยที่แบคทีเรียรูปร่างแท่งยาวนี้จะฝังตัวอยู่ในส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ย้อมติดสี ruthinium red (นภา, 2534)

เมื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะของกล้าเชื้อผสมนี้ พบว่าก่อนที่จะมีลักษณะเป็นก้อนเหมือนดอกกะหล่ำ เชื้อจะอยู่ร่วมกันในลักษณะเป็นแผ่นซึ่งมีด้านหนึ่งเรียบและด้านหนึ่งขรุขระ เมื่อเลี้ยงในน้ำนมนานขึ้นแผ่นเชื้อนี้จะม้วนตัวไปเรื่อยๆจนเป็นก้อน แสดงดังภาพที่ 4 (นภา, 2534)

การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน ดังภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าด้านเรียบของแผ่นเชื้อมีแบคทีเรียรูปร่างแท่งสั้น (shot rot) ส่วนด้านขรุขระนั้นจะมีทั้งยีสต์และแบคทีเรียแท่งสั้น และระหว่างส่วนทั้งสองเป็นบริเวณที่พบแบคทีเรียแท่งยาวโค้ง (curved rod) ฝังตัวอยู่ในสารเมือก แบคทีเรียแท่งยาวเหล่านี้ส่วนใหญ่เซลล์สลายแล้ว จึงเป็นที่เชื่อว่าแบคทีเรียที่ฝังตัวอยู่นี้มีบทบาทในการสังเคราะห์สารเมือก แต่เมือกที่หนาขึ้นนั้นเมื่อถึงระดับหนึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการซึมผ่านของสารอาหาร เชื้อที่ฝังตัวอยู่ในเมือกจึงตายและมีการสลายของเซลล์ อย่างไรก็ตามเมื่อนำแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกที่แยกจากก้อนเชื้อมาเลี้ยงในน้ำนม เชื้อจะไม่สามารถสังเคราะห์สารเมือกได้หากไม่เติมส่วนสกัดของคีเฟอร์เกรน และการนำเชื้อบริสุทธิ์ทุกชนิดที่แยกได้จากคีเฟอร์เกรนแต่ละก้อนมาเลี้ยงร่วมกันในน้ำนมหรืออาหารเลี้ยงเชื้อใดๆก็ตาม จะไม่สามารถก่อให้เกิดก้อนเชื้อผสมในลักษณะที่เกิดในธรรมชาติได้ (นภา, 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

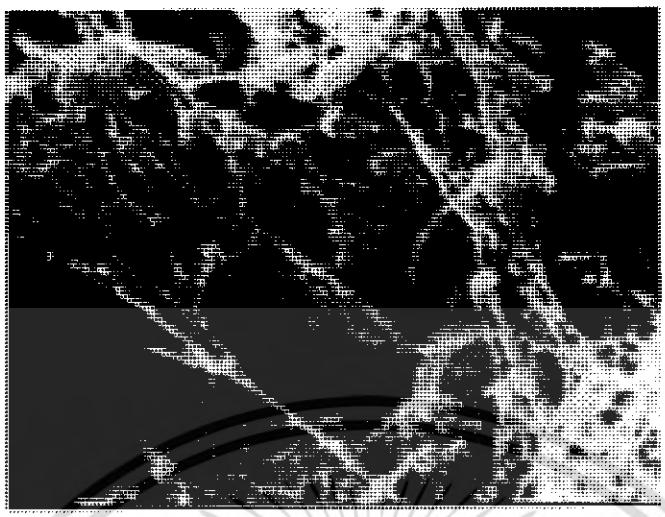
ตารางที่ 2 สายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่แยกได้จากคีเฟอร์เกรน

LACTOBACILLI	STREPTOCOCCI/LACTOCOCCI	YEASTS
- *L. acidophilus* - *L. brevis* - *L. casei* - *L. casei* subsp. *rhamnosus* - *L. casei* subsp. *Pseudoplantarum* - *L. paracasei* subsp. *paracasei* - *L. cellobiosus* - *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* - *L. delbrueckii* subsp. *lactis* - *L. fructivorans* - *L. helveticus* subsp. *lactis* - *L. hilgardii* - *L. kefiri* - *L. kefiranofaciens* - *L. kefirgranum* sp. - *L. parakefir* sp. - *L. lactis* -*L. plantarum*	- *Lactococci lactis* subsp. *lactis* - *L. lactis* var. *diacetylactis* - *L. lactis* subsp. *cremoris* - *Streptococci salivarius* subsp. *thermophilus* - *S. lacti* - *Enterococcus durans* - *Leuconostoc cremoris* - *L. Mesenteroides*	- *Candida kefir* - *C. pseudotropicalis* - *C. rancens* - *C. tenuis* - *Kluyveromyces lactis* -*K. marxianus* var. *marxianus* - *K. bulgaricus* - *K. fragilis* - *K. marxianus* - *Saccharomyces* sp. - *Torulopsis holmii* - *Saccharomyces lactis* - *Sacc. carlsbergensis* - *Sacc. unisporus* - *Debaryomyces hansenii* - *Zygosaccharomyces rouxii*

Units Count of Microbes in Gram Stained Kefir Grains	The Means Range
Bacilli [single cells, pair, chains]	Bacilli 66, 62-69ร้อยละ
Streptococci [pair, chains]	Streptococci 16, 11- 12ร้อยละ
Yeast [single cells]	Yeast 18, 16- 20ร้อยละ

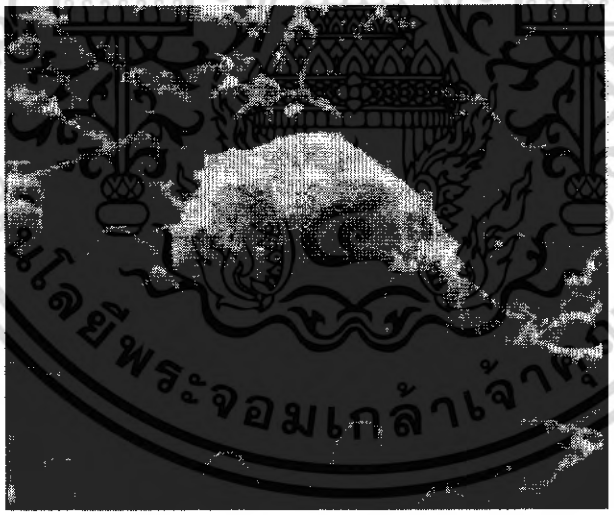
ที่มา : Simova และคณะ (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 การอยู่ร่วมกันแบบอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis) ของเชื้อจุลินทรีย์ในคีเฟอร์เกรน ได้แก่ ยีสต์และแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก อาศัยอยู่ร่วมกันในร่างแหที่ประกอบด้วยโปรตีนและพอลีแซคคาร์ไรด์

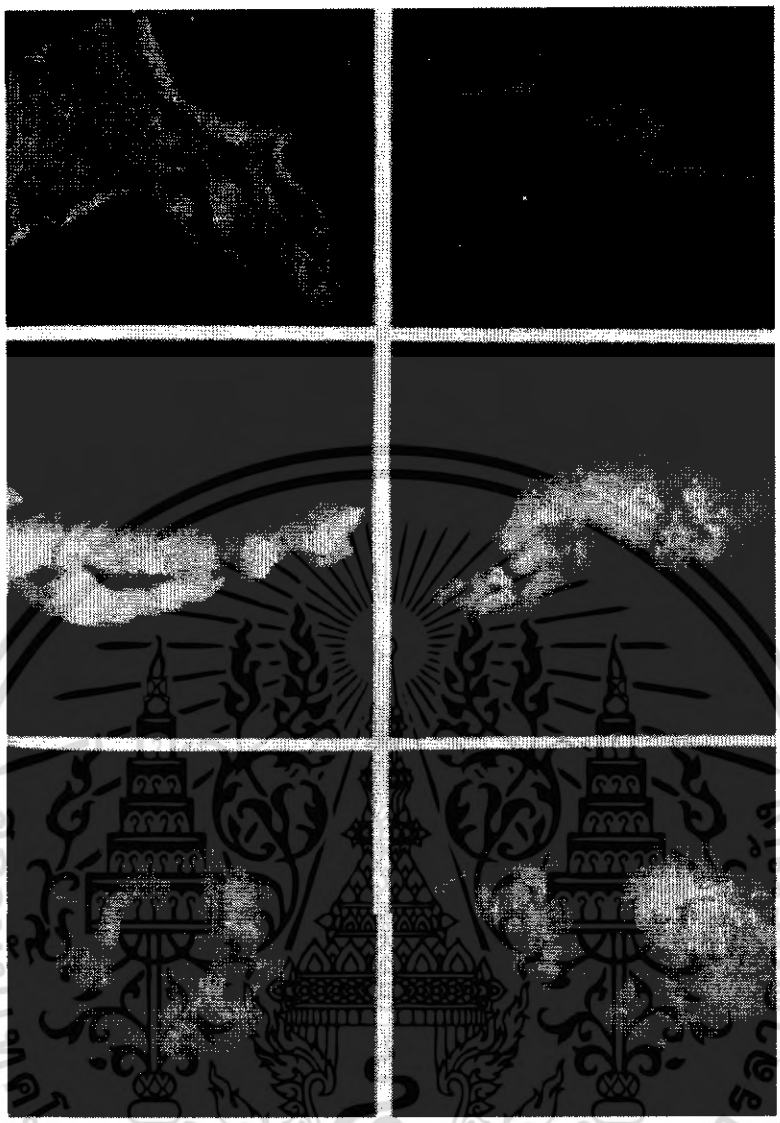
ที่มา : Teknotext (1995)



ภาพที่ 3 ลักษณะภายในของคีเฟอร์เกรน ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน ตรงกลางนั้นคือกลุ่มของเชื้อยีสต์ (a) ส่วนรูปแท่งที่อยู่โดยรอบคือแบคทีเรีย (b)

ที่มา : Teknotext (1995)

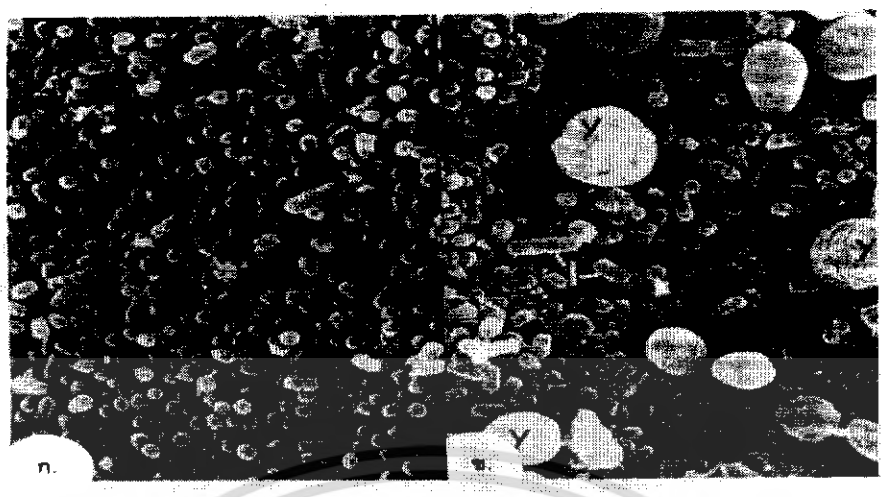
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 การก่อตัวของคีเฟอร์เกรน เริ่มจากเป็นแผ่นเชื้อแล้วม้วนตัวจนเป็นก้อน

ที่มา : Marshall และคณะ (1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 การอยู่ร่วมกันของแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก และยีสต์ในคีเฟอร์เกรน ขณะก่อตัวเป็นแผ่น

(ก) แบคทีเรียรูปท่อนอยู่บนด้านเรียบ

(ข) ยีสต์และแบคทีเรียรูปท่อนอยู่บนด้านขรุขระ (สัญลักษณ์ y คือยีสต์)

ที่มา : นภา (2534)

2.1.1.1 แบคทีเรียโพรไบโอติก (Probiotic bacteria) (ธารารัตน์, 2548)

โพรไบโอติก (Probiotic) ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกในรายงานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เพื่อกล่าวถึงสารที่จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งขับออกมา และช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นการทำงานที่ตรงข้ามกับการทำงานของยาปฏิชีวนะ (antibiotic) ที่จะทำลายจุลินทรีย์เกือบทุกชนิด

ความหมายของโพรไบโอติกในปัจจุบัน คือ อาหารเสริมซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิต สามารถก่อประโยชน์ต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่มันอาศัยอยู่ โดยการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในร่างกาย

คำว่าจุลินทรีย์ (microorganism) หมายถึง สิ่งมีชีวิตซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นที่อาจมีโทษหรือมีประโยชน์ต่อเราก็ได้ แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. ไวรัส เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กที่สุดได้แก่ เชื้อเอดส์ งูสวัด และ เริม เป็นต้น
2. ราหรือยีสต์ ได้แก่ โรคผิวหนังที่ขึ้นตามที่อับชื้น มักทำให้มีอาการคัน
3. พาราไซต์ ได้แก่ เชื้อไข้มาลาเรีย
4. แบคทีเรีย น่าจะเป็นคำที่รู้จักแพร่หลายมากที่สุดในบรรดาจุลินทรีย์ที่กล่าวมาแล้ว และคนมักนึกถึงแต่เชื้อโรคอย่างเดียว ตัวอย่างของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคได้แก่ เชื้อวัณโรค เชื้อที่ทำให้เจ็บคอ หรือเชื้อที่ทำให้เราท้องเสียจากอาหารเป็นพิษ เป็นต้น แต่ยังมีแบคทีเรียที่ดีมีประโยชน์ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่างกายเรา ได้แก่ แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกได้ ซึ่งอาจเรียกว่า แบคทีเรียสร้างกรดแลคติก หรือ โพรไบโอติกนั่นเอง ได้แก่ *Enterocossus faecalis, L. acidophilus , S. thermophilus, B. bifidum* แสดงดังภาพที่ 6

L. bulgaricus *S. thermophilus* *Bifidobacteria* sp.

ภาพที่ 6 ลักษณะของเซลล์แบคทีเรียโพรไบโอติก

ที่มา: http://www.magma.ca/~scimat/

แบคทีเรียเหล่านี้อาศัยอยู่ในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ตั้งแต่แรกเกิด ทำหน้าที่ช่วยย่อยอาหารและผลิตสารอาหารที่ดีมีประโยชน์ ได้แก่ กรดอะมิโน กรดแลคติก พลังงาน วิตามินเค วิตามินบี และสารปฏิชีวนะธรรมชาติหลายชนิด ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกาย

เมธนิคอฟ (Methnicof) และนักวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาคุณสมบัติของแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก พบว่าแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกช่วยรักษาโรคได้หลายชนิด ได้แก่

1. ออสทีโอโพโรซิส (Osteoporocis) หรือโรคกระดูกผุ

อาการของโรคนี้คือ การผุกร่อนของกระดูก ทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือถึงตายได้ มักพบในสตรีวัยหมดประจำเดือน บางคนเกิดอาการปวดรุนแรงตามเนื้อตัว บางคนตัวจะหดสั้นลงหรือหลังโกง สาเหตุหลักมาจากการที่ปริมาณแคลเซียมในกระดูกลดลง เพราะอาหารที่รับประทานในแต่ละวันมีแคลเซียมน้อย หรือเกิดจากความเครียดเนื่องจากวัยที่มากขึ้นและสุขภาพที่เสื่อมถอย ทำให้ร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้น้อยลง ปัญหาเหล่านี้แก้ไขได้ด้วยการดื่มนม

บางคนมีอาการแพ้น้ำนม คือ ไม่สามารถดื่มนมสดได้ เนื่องจากขาดเอนไซม์แลคเตส แต่หากนำน้ำนมไปผ่านกระบวนการหมักโดยใช้แลคโตบาซิลลัสจะสามารถรับประทานได้โดยไม่มีปัญหา ผลิตภัณฑ์นมหมักนี้มีแคลเซียมในปริมาณมากเท่าๆกับนมสด ทำให้ลดปัญหาการขาดแคลเซียมและการไม่ดูดซึมแคลเซียมได้

แบคทีเรียยังช่วยให้ร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้มากขึ้น ทำให้มีการทดแทนแคลเซียมในกระดูกที่ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คอเลสเตอรอล (Choresterol)

บทบาทของคอเลสเตอรอลในเลือดเป็นสิ่งที่แพทย์ถกเถียงกันมานานว่ามีประโยชน์หรือมีโทษ แต่หากมีระดับคอเลสเตอรอลสูงเกินไป จะมีความเสี่ยงต่อเส้นเลือดหัวใจอุดตันมากขึ้น แม้จะสรุปไม่ได้ว่าสาเหตุของโรคนี้ คือ คอเลสเตอรอล แต่คนที่มีคอเลสเตอรอลสูงมักได้รับคำแนะนำให้พยายามลดระดับลง โดยมีงานวิจัยส่วนหนึ่งยืนยันว่า การใช้แบคทีเรีย *Lactobacillua* spp. จะช่วยได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยกับมนุษย์และสัตว์ทดลองอีกชนิดหนึ่ง คือ หมู

ในปี พ.ศ.2517 มีการวิจัยเกี่ยวกับ "ชนเผ่ามาซาย" ในแอฟริกา เพื่อศึกษาผลของสารอิมัลซิฟาย (emulsifier) ที่เติมลงในน้ำนมต่อระดับคอเลสเตอรอล ผลการวิจัยแสดงว่าสารอิมัลซิฟายไม่ช่วยในการลดระดับคอเลสเตอรอล แต่น้ำนมที่ผ่านการหมักโดย *Lactobacillua* spp. สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลได้ ไม่ว่าจะเติมสารอิมัลซิฟายหรือไม่ก็ตาม ในการวิจัยใช้ชายหนุ่มนักรบเผ่ามาซาย จำนวน 24 คน ให้รับประทานเนื้ออย่างเดียวนาน 2 วัน หลังจากนั้นให้รับประทานเฉพาะน้ำนมที่ผ่านการหมักวันละ 8 ลิตรติดต่อกัน 3 อาทิตย์ พบว่าระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง 19–28 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 กรัม (ในช่วงการทดลองนี้ผู้ที่มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นจะมีระดับคอเลสเตอรอลลดลง)

ในปี พ.ศ.2522 มีการวิจัยโดยใช้กลุ่มอาสาสมัคร พบว่าเมื่อกลุ่มนี้รับประทานนมสดหรือ ไม่ได้รับประทานผลิตภัณฑ์นมหมัก คอเลสเตอรอลจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่เมื่อรับประทานโยเกิร์ตติดต่อกัน 1 สัปดาห์ ระดับคอเลสเตอรอลจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด

ในปี พ.ศ.2527 นักวิจัยแห่งมหาวิทยาลัยโอกลาโฮม่าสเตท (Oglahomastate University) นำคอเลสเตอรอลบริสุทธิ์มาป้อนให้หมูรับประทานในจำนวน 1,000 มิลลิกรัมต่อวัน ครึ่งหนึ่งของหมูที่นำมาทดลองได้รับประทานทั้งคอเลสเตอรอลและนมหมักจาก *L. acidophilus* ผลการวิจัยพบว่าหมูทั้งหมดมีระดับคอเลสเดอรอลสูงขึ้นแต่หมูที่รับประทานนมหมักมีระดับคอเลสเดอรอลสูงขึ้นเพียงครึ่งหนึ่งของระดับคอเลสเดอรอลในหมูที่ไม่ได้รับประทานนมหมัก คือ เพิ่มขึ้นเพียง 9 มิลลิกรัม ต่อเดซิลิตร แทนที่จะเป็น 18 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร งานวิจัยอีกชิ้นหนึ่งของสถานีทดลองเกษตรในรัฐเนบราสก้า พบว่าเมื่อนำหนูมาป้อนนมที่ผ่านการหมักโดยอะซิโดฟิลัสเป็นเวลา 30 วัน มีคอเลสเตอรอลลดลงร้อยละ 23

นักวิจัยที่ทำการทดลองกับชาวมาซายกล่าวว่า ในนมหมักมีสารไฮดรอกซีเมทิลกลูตาเรทช่วยยับยั้งเอนไซม์ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์คอเลสเตอรอล

3. ความสามารถในการทำลายจุลินทรีย์ให้โทษ

การหมักน้ำนมด้วย *Lactobacillus* spp. ทำให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid) กรดเบนโซอิก (benzoic acid) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) ซึ่งทุกตัวมีฤทธิ์ฆ่าจุลินทรีย์ นมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมักด้วย *L. acidophilus* จะมีสารปฏิชีวนะ 3 ชนิด คือ อะซิโดลิน (Acidoline), อะซิโดฟิลิน (Acidophilin) และแลคโตซิดิน (Lactosidin) นมที่หมักด้วย *L. bulgalicus* จะผลิตสารปฏิชีวนะ 1 ชนิด คือ บุลแกริแคน (Bulgalican)

อะซิโดฟิลิน และบุคแกริแคน สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคหลายชนิด รวมทั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้ป่วยเนื่องจากอาหารเป็นพิษ คือ *Clostridium botulinum, Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* จากที่เคยกล่าวมาในตอนต้นว่า *Bifidibacteria* spp. สามารถฆ่าเชื้อเหล่านี้ได้เช่นกัน นอกจากนี้เด็กที่รับประทานนมแม่จะมี *Bifidobacteria* spp. มากและมีภูมิต้านทานต่ออาการผื่นแดงทางผิวหนังที่มักจะพบในเด็กที่ไม่ได้รับประทานนมแม่

Lactobacillus spp. จะผลิตกรดแลคติกซึ่งช่วยทำลายเชื้อโรค ส่วน *Bifidobacteria bifidum* นั้นจะผลิตกรดแอซิติกซึ่งฆ่าเชื้อโรคได้เช่นกัน

สารปฏิชีวนะของแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกจะเลือกทำลายเฉพาะจุลินทรีย์ก่อโรคเท่านั้น ไม่เหมือนยาปฏิชีวนะโดยทั่วไป ซึ่งทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดทั้งที่มีประโยชน์และก่อโรค

4. การแพ้น้ำนม

ในน้ำนมมีน้ำตาลแลคโตส ซึ่งในผู้ใหญ่ทั่วไปหรือบางคนจะไม่สามารถย่อยน้ำตาลนี้ได้ เพราะขาดเอนไซม์ที่จำเป็น ทำให้เกิดอาการท้องร่วงรุนแรงเมื่อรับประทานนม จากการสำรวจพบว่าประชากรในยุโรปเหนือร้อยละ 2–8 มีอาการนี้ ส่วนประชากรในเอเชียตะวันออกกลางและแอฟริกามีอาการนี้ถึงร้อยละ 60

คนที่มีอาการแพ้น้ำนมจะขาดเอนไซม์แลคเตส (lactase) ซึ่งทำหน้าที่ย่อยน้ำตาลแลคโตส โดยแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกจะผลิตเอนไซม์แลคเตสชื่อเบตา–กาแลคโตซิเดส (β-galactosidase) ทำหน้าที่ย่อยสลายแลคโตสให้เป็นกลูโคสกับกาแลคโตส จากนั้นกลูโคสจะถูกนำมาใช้ผลิตกรดแลคติก นอกจากนี้ แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกยังช่วยกระตุ้นให้ร่างกายสร้างแลคเตสขึ้นมาเอง

การรับประทานน้ำนมที่ผ่านการหมักด้วยแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกช่วยให้คนที่มีอาการแพ้น้ำนมได้รับสารแคลเซียมและสารอาหารอื่นๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้เป็นที่นิยมในประเทศที่คนส่วนใหญ่มีอาการแพ้น้ำนม

5. การขาดสารอาหาร

แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกซึ่งช่วยแก้ปัญหาการแพ้น้ำนม ทำให้คนบางกลุ่มได้รับสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายโดยไม่ทำให้เกิดอาการเจ็บป่วย นอกจากนี้แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกยังช่วยแก้ปัญหาการขาดสารอาหารในลักษณะอื่นได้อีก

การหมักโดย *Lactobacillus* spp. ทำให้เกิดการสังเคราะห์วิตามินบีคอมเพล็กซ์ (Vitamin B complex) ซึ่งถ้าอยู่ในอาหารชนิดอื่นจะถูกทำลายขณะทำให้อาหารสุก ในโยเกิร์ตจะพบกรดโฟลิก (Pholic acid) ไนอาซิน (Niacin) หรือวิตามินบี3 และไรโบเฟลวิน (Riboflavin) ในเนยมักจะพบวิตามินบี12 วิตามินบี 6 และ กรดแพนโททีนิก (Pentotynic acid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับตัวให้เข้ากับสารอาหารซึ่งประกอบด้วยสารสกัดจากถั่วเหลือง ในปี ค.ศ. 1956 นักวิจัยพบว่า

ในน้ำนมมีปริมาณกรดโฟลิก และไนอาซินเป็น 0.13-0.73 และ 71-96 ไมโครกรัมต่อน้ำนม 100 กรัม ตามลำดับ แต่ในโยเกิร์ตปริมาณสารดังกล่าวจะสูงขึ้นเป็น 3.9 และ 130–141 ไมโครกรัมต่อโยเกิร์ด 100 กรัม ตามลำดับ

แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกนอกจากจะช่วยเพิ่มสารอาหารในผลิตภัณฑ์นมหมักแล้วยังช่วยรักษาปริมาณสารอาหารที่มีอยู่แล้วไม่ให้ลดลง ในตะวันออกกลางมักใช้ถั่วเหลืองเป็นอาหารหลัก แต่มีปัจจัยบางอย่าง เช่น สารยับยั้งไฟเทท (Phytate) และ ทริปซิน (trypsin) ทำให้ย่อยยากและร่างกายไม่สามารถนำโปรตีนจากพืชเหล่านี้ไปใช้งานได้ เมื่อนำถั่วเหลืองมาหมักให้เป็นซีอิ๊ว เต้าหู้ เทมเป้ และมิโซ จะช่วยทำลายปัจจัยดังกล่าวหรือยับยั้งไม่ให้ทำงานได้

อาหารชนิดอื่นที่ผ่านการหมักด้วยแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกได้แก่ กะหล่ำปลีดอง(เชื่อกันว่าเป็นอาหารหลักของกองทัพเจงกิสข่าน เมื่อครั้งบุกทำสงครามในยุโรป) แตงกวาดอง ขนมปังไรย์ และ ขนมปัง (Sourdough) ซึ่งอาหารเหล่านี้ยังไม่มีผู้ศึกษาคุณประโยชน์ แต่ก็คาดว่าน่าจะพบสารที่มีประโยชน์เช่นเดียวกัน

6. การลดความซึมเศร้า

มีหลักฐานหลายประการที่บ่งชี้ว่า *Lactobacillus* sp. มีบทบาทสำคัญในการช่วยลดความวิตกกังวลและความซึมเศร้า ทั้งนี้เนื่องจากหลังจากการหมัก *Lactobacillus* sp. จะผลิตกรดอะมิโนหลายชนิด หนึ่งในจำนวนนั้น คือ ทริปโตเฟน ซึ่งมีฤทธิ์ลดความซึมเศร้า ดังนั้นผลิตภัณฑ์นมหมักน่าจะช่วยลดความซึมเศร้าได้ ผลสรุปนี้เป็นจริงหรือไม่ยังไม่สามารถพิสูจน์ได้แน่ชัด

7. มะเร็ง

การใช้แบคทีเรียเพื่อต้านมะเร็งมีมานานก่อนที่เมทธนิคอฟจะค้นพบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับ *Lactobacillus* sp. แต่ว่าแบคทีเรียที่เคยใช้เป็นแบคทีเรียชนิดอื่น ใน พ.ศ.2524 ดร.วิลเลียม โคลีย์ รายงานไว้ในวารสารศัลยแพทย์ถึงความสำเร็จในการใช้สารพิษจาก *Streptococcus* sp.ในการรักษาโรคมะเร็ง เขาได้ความคิดนี้มาจากรายงานเก่าๆ ทางการแพทย์ที่บ่งชี้ว่ามีคนไข้โรคมะเร็งหลายคนที่หายจากโรค เพราะเกิดอาการติดเชื้อ *Streptococcus* sp. ต่อมาอีก 50 ปีมีการวิจัยจำนวนมากที่สนับสนุนผลการทดลองของโคลีย์

ปัจจุบันการแพทย์และการสาธารณสุขเจริญขึ้น คนมีโอกาสได้รับเชื้อแบคทีเรียชนิดรุนแรงน้อยลง และในขณะเดียวกันเปอร์เซ็นต์คนที่เป็นมะเร็งก็เพิ่มขึ้นเมื่อร่างกายได้รับเชื้อแบคทีเรียจะกระตุ้นให้มีการสร้าง ที–ลิมโฟไซต์ (T-lymphosyte) และอินเดอร์เฟียรอล (Inderphiarol) ที่เป็นส่วนสำคัญในการป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง

ดร.อิวาน บอกดานอฟ (1951) แห่งห้องปฏิบัติการวิจัยเพื่อผลิตสารชีวภาพ ในเมืองโซเฟีย ประเทศบัลกาเรีย พร้อมทั้งผู้ร่วมงานได้แยกพันธุ์ *L. bulgaricus* สามารถสังเคราะห์สารปฏิชีวนะ สายพันธุ์นี้มีชื่อย่อว่า LB – 51 และถูกเก็บไว้นานกว่า 30 ปี ในระหว่างนั้นมันได้วิวัฒนาการและปรับตัวให้เข้ากับสารอาหารซึ่งประกอบด้วยสารสกัดจากถั่วเหลือง ในปี ค.ศ.1956 นักวิจัยพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LB – 51 ผลิตสารซึ่งมีฤทธิ์ป้องกันมะเร็ง และแตกต่างโดยสิ้นเชิงจากสารเคมีที่ใช้รักษามะเร็งอยู่ในขณะนั้น การทดลองกับหนูแสดงว่าสารดังกล่าวช่วยยับยั้งการเกิดเนื้องอก และยังส่งเสริมให้มีการผลิตภูมิคุ้มกัน ทำให้มะเร็งไม่สามารถเกิดขึ้นได้อีกจนตลอดชีวิต

การทดลองใช้ LB – 51 กับคนภายใต้ชื่อการค้าว่า แอนาบอล (Anaball) โดยเริ่มในปี พ.ศ. 2510 ผลการทดลองแสดงให้เห็นชัดเจนว่าไม่มีอันตราย และช่วยรักษาโรคได้ โดยทำการทดลองกับคน 45 คนซึ่งเป็นโรคมะเร็งชนิดรักษาไม่หาย เมื่อได้รับยาแอนาบอล ทุกคนมีอาการดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด มี 2 รายหายจากโรคมะเร็งตับอ่อน ทั้งๆ ที่โดยปกติคนที่เป็นโรคนี้มักเสียชีวิตภายใน 1 ปี ที่สถาบันสโลนเคทเตอริงเพื่อการวิจัยมะเร็งได้ทดลองกับ *L. acidophilus* และพบว่ามีฤทธิ์ต่อต้านเนื้องอกอย่างแน่นอน

นำหนูที่ได้รับเชื้อที่ทำให้เกิดเนื้องอกมาป้อนด้วยโยเกิร์ตซึ่งหมักด้วย *Lactobacillus* sp. พบว่าการเติบโตของเนื้องอกจะลดลงร้อยละ 22 – 25

หนูทดลองอีกกลุ่มหนึ่งถูกป้อนด้วยเนื้อ และพบว่าเมื่อให้หนูรับประทาน *L. acidophilus* ปรากฏว่ามีการยับยั้งเอนไซม์ 3 ชนิด คือ เอโซลรีดักเทส (Asolreductase) เบตา–กลูคิวโรนิเดส (β-gluceuronidase) และไนโตรรีดักเทส (Nitroreductase) เชื่อกันว่าเอนไซม์เหล่านี้ช่วยส่งเสริมการผลิตสารก่อมะเร็งในช่องท้อง เมื่อให้คนรับประทาน *L. acidophilus* ได้ผลการทดลองคล้ายกัน

เกลือไนเตรทและไนไตรท์ในอาหารทั้งที่เกิดในธรรมชาติหรือที่เติมลงไป เพื่อช่วยป้องกันการเน่าเสีย เช่น แหนม เบคอน แฮม เป็นสารที่คนให้ความสนใจ เพราะคาดว่าอาจเป็นสารก่อมะเร็ง เนื่องจากเมื่อเข้าไปในร่างกายสามารถเปลี่ยนเป็นไนโตรซามีน ซึ่งมีฤทธิ์ทำให้เกิดมะเร็ง *Lactobacillus* sp. บางสายพันธุ์สามารถทำลายไนโตรซามีนได้ จึงเป็นหัวข้อที่น่าศึกษาวิจัยต่อไป

8. แก้สิว ฝ้า

การรับประทานผลิตภัณฑ์ที่มี *L. acidophilus* ช่วยลดการเกิดสิวและอาการบวมแดง และช่วยให้ผิวพรรณผ่องใสขึ้น และยังสามารถใช้ *L. acidophilus* ผสมกับหางนม ทำเป็นครีมลอกหน้าได้

9. การขจัดสารพิษจากตับ

ความเครียดจากสภาวะแวดล้อมภายนอก และความผิดปกติภายในร่างกาย มลพิษในอากาศการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ และใช้สารเสพติดล้วนส่งผลกระทบอย่างมากต่อตับและอาจทำให้ไม่สามารถกำจัดสารพิษออกจากเลือดได้ดีเท่าที่ควร ในพ.ศ. 2511 นักวิจัยให้คนไข้โรคตับ 20 คน รับประทานแบคทีเรีย *Bifidobacteria* sp. และพบว่าแอมโมเนียในเลือดลดลง ฟีนอลในซีรัม และอะมิโนไนโตรเจนซึ่งเป็นสารพิษลดลงด้วย

10. ระบบย่อยอาหารผิดปกติ

ดังที่กล่าวไว้ในตอนที่เกี่ยวกับความสามารถในการทำลายเชื้อโรคว่าแบคทีเรียก่อโรคในลำไส้มักจะถูกยับยั้งโดยสารเคมีที่ผลิตจากแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกเช่น *L. acidophilus, L.bulgalicus* และปัจจัยจาก *Bifidobacteria* sp. ทำให้สุขภาพของลำไส้ดีและระบบการย่อยอาหารดีด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายแพทย์แยชเชอร์ ยิงเคลสไตน์ ชาวนิวยอร์ค ได้ทำการศึกษาวิจัยโดยให้อาหารเสริม *Lactobacillus* sp. แก่คนไข้กลุ่มตัวอย่าง 107 คน ซึ่งเป็นโรคท้องผูก ท้องเดิน ลำไส้ใหญ่อักเสบ (mucous colitis) ผนังลำไส้ใหญ่โป่งพอง (diverticultis) ลำไส้บวม (megacolon) และโรคที่เกิดจากการรับประทานยาปฏิชีวนะมากเกินไปจนทำให้แบคทีเรียที่เคยอยู่ในลำไส้ใหญ่ตายหมด และได้แบคทีเรียที่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะ (antibioticcolitis) ผลปรากฏว่าคนไข้ที่เป็นโรคท้องผูกเรื้อรังอาการดีขึ้น 45 คนจาก 49 คน คนไข้ที่เป็นโรคท้องร่วงดีขึ้น 16 คนจาก 17 คน ส่วนคนที่เป็นโรคอื่นๆ ก็มีอาการดีขึ้นเช่นกัน

นายแพทย์เลนดอน สมิธ เมืองพอร์ทแลนด์ รัฐโอเรกอน ทดลองใช้ *L. acidophilus* กับคนไข้และรายงานไว้ว่าก๊าซในกระเพาะลดลง ความเจ็บป่วยหายไปและคนไข้แข็งแรงขึ้น

แบคทีเรีย *L. bulgaricus* บางสายพันธุ์ สามารถลดกรดในกระเพาะได้ดีช่วยลดอาการท้องอืดท้องเฟ้อ ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนที่พบใน *Lactobacillus* sp. มีฤทธิ์เป็นบัฟเฟอร์ช่วยลดความเป็นกรดของน้ำย่อยในกระเพาะ นอกจากนี้ *L. bulgaricus* ยังเป็นตัวควบคุม transient flora ที่สำคัญทำให้ช่วยเพิ่มปริมาณของอุจจาระอันเป็นแฟกเตอร์สำคัญต่อสุขภาพของระบบย่อยอาหาร หน้าที่นี้ของ *Lactobacillus* sp. เกิดขึ้นโดยผ่านระบบน้ำเหลือง ทำให้ไม่ขัดขวางการทำงานของ *L. acidophilus.* และ *B. bifidum* ซึ่งทำงานในลำไส้

11. Traveller's Trots

บางครั้งอาจเรียกชื่อโรคนี้ว่า "การแก้แค้นของมองเตซูมา" เป็นโรคบิดชนิดหนึ่ง เกิดขึ้นกับนักท่องเที่ยวที่เพิ่งเคยมาประเทศที่มีอากาศร้อน เนื่องจากได้รับเชื้อ *E. coli* ถ้ารับประทานอาหารเสริม *L. acidophilus* ติดต่อกัน 2 อาทิตย์ก่อนเดินทางและนำติดตัวไปด้วยระหว่างเดินทางจะช่วยป้องกันโรคนี้ได้ แบคทีเรียโพรไบโอดิกมีประโยชน์ต่อสุขภาพ และเหมาะอย่างยิ่งกับผู้ป่วยที่ได้รับยาปฏิชีวนะ หรือผู้สูงอายุ ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ในลำไส้ลดน้อยลง รวมทั้งบุคคลทั่วไปควรรับประทานอาหารที่มีแบคทีเรียโพรไบโอติกอย่างต่อเนื่องกันทุกวัน เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณ และรักษาจำนวนจุลินทรีย์สุขภาพให้แก่ร่างกาย

2.1.1.2 ยีสต์ (Yeasts) (กำเนิด, 2534)

*ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์มานานแล้ว คุณสมบัติของยีสต์สามารถเปลี่ยนน้ำตาล*ไปเป็นแอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างรวดเร็ว โดยยีสต์จะเปลี่ยนของเหลวที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ น้ำผลไม้ต่างๆให้เป็นแอลกอฮอล์ มีหลักฐานว่ามีการใช้ยีสต์ในการทำเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และใช้ยีสต์ในการทำขนมปังตั้งแต่ 3000 ปีก่อนคริสตกาล

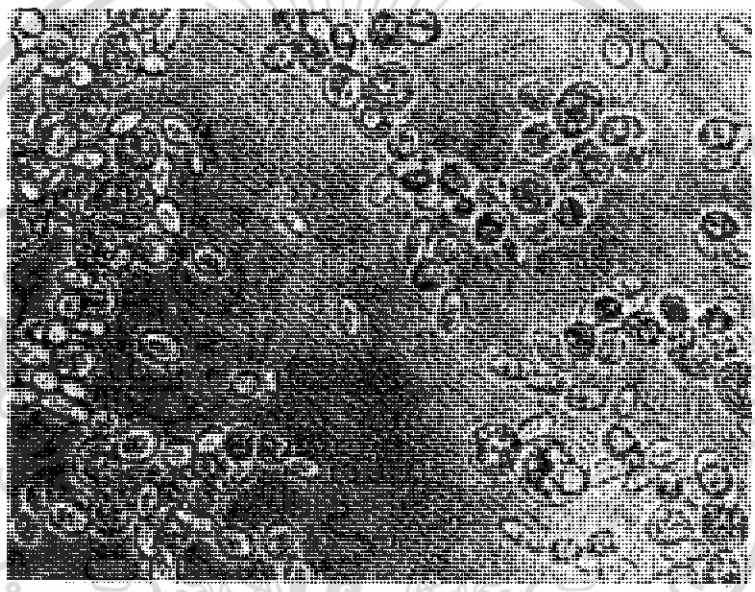
เซลล์ยีสต์มีขนาดแตกต่างกันออกไป มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1-5 ไมโครเมตร ยาวตั้งแต่ 1-50 ไมโครเมตร ส่วนใหญ่เซลล์จะเป็นรูปไข่แต่มีบางชนิดที่ยาวกว่า บางชนิดเป็นรูปทรงกลม แต่ละ สปีชีส์จะมีลักษณะเฉพาะของตนเอง แต่อย่างไรก็ตามขนาดและรูปร่างอาจแตกต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
67286

ขึ้นอยู่กับอายุและสภาพแวดล้อม ยีสต์ไม่มีโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนทำให้เคลื่อนที่ไม่ได้ แสดงดังภาพที่ 7

กระบวนการหมักของยีสต์

เมื่อเติมกลูโคสในอาหารเลี้ยง *S. cerevisiae* กลูโคสจะเข้าสู่เซลล์โดยผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เมื่อเข้าสู่เซลล์แล้วจะเปลี่ยนแปลงไป แสดงดังภาพที่ 8 กระบวนการนี้จะทำให้เกิดการสังเคราะห์ ATP 2 โมเลกุล ซึ่ง ATP นี้นำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพ (biosynthesis) เพื่อให้เซลล์เจริญต่อไป ถ้าขาดแหล่งไนโตรเจน กลูโคสจะถูกสะสมอยู่ภายในเซลล์ กลูโคสจะถูกใช้ไปประมาณร้อยละ 70 และ 30 จะถูกสะสมไว้ ยีสต์มีการใช้อาหารที่สะสมไว้อย่างช้าๆระหว่างการบ่มหรือการเพาะเลี้ยง เรียกว่า ขบวนการหมักภายในเซลล์ (endogenous fermentation)



ภาพที่ 7 ลักษณะของยีสต์ *S. cerevisiae*

ที่มา : http://user.rcn.com/BiologyPagess/Y/Yeast.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

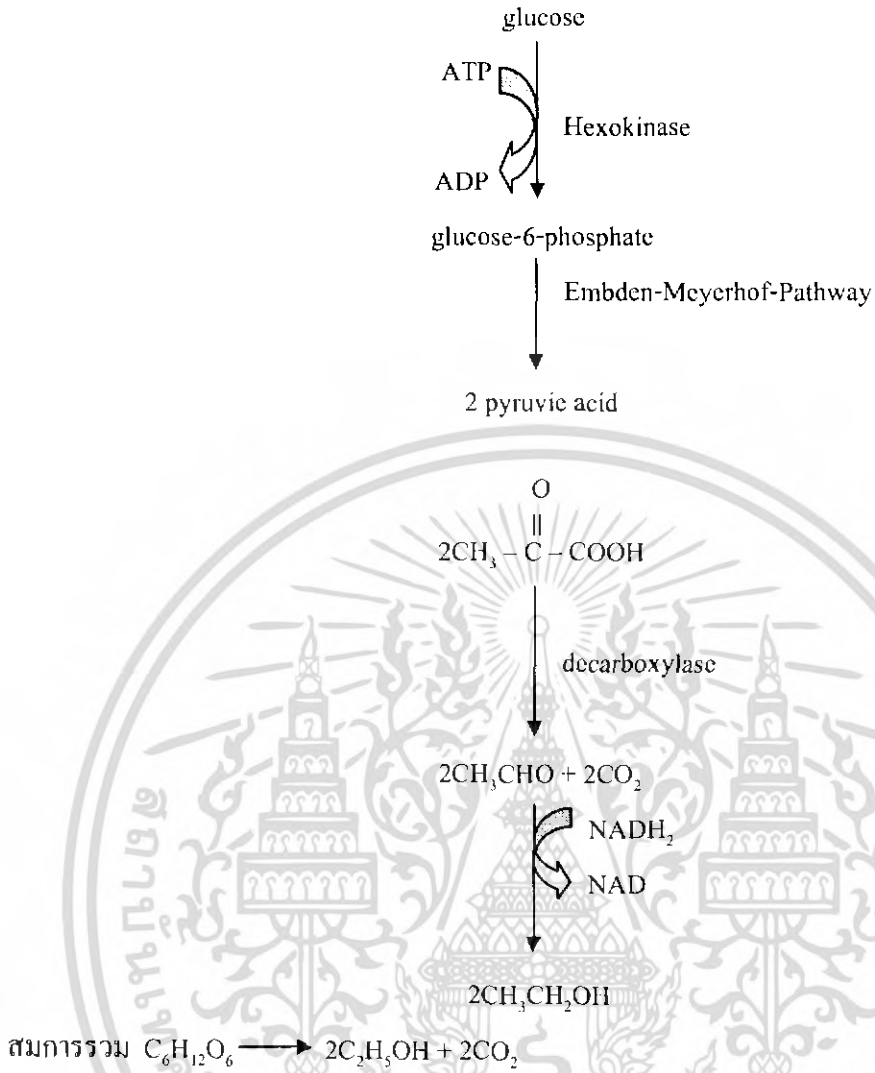
ผลิตภัณฑ์พลอยได้ (By-product) จากการหมัก

ตามทฤษฎีได้เอทธานอลประมาณร้อยละ 51.1 โดยน้ำหนัก และได้คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 48.9 แต่ในทางปฏิบัติแล้ว ปริมาณเอทธานอลที่ได้จะต่ำกว่าทฤษฎี คือ ได้ประมาณร้อยละ 48 และมีผลพลอยได้หลายอย่าง และประมาณร้อยละ 1 ของน้ำตาลจะถูกเปลี่ยนไปเป็นองค์ประกอบของเซลล์ นอกจากนี้แอลกอฮอล์ยังระเหยออกไปจากระบบอีกด้วย

สารที่จัดเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการหมัก

1. กลีเซอรอล (glycerol) ประมาณร้อยละ 2.5 - 3.0 เป็นผลพลอยได้ที่มีมากที่สุด เกิดจากการเพิ่มไฮโดรเจนให้กับสาร dihydroxyacetone phosphate ซึ่งเป็นสารตัวกลางในกระบวนการหมัก
2. กรดอินทรีย์ ประมาณร้อยละ 0.02 - 0.05 กรดอินทรีย์ที่เป็นผลพลอยได้ ได้แก่ กรดซัคซินิก (succinic acid), กรดอะซิติก (acetic acid), กรดแลคติก (lactic acid) ส่วนในสก็อตวิสกี้มีกรดปาล์มิโทเลอิก
3. อัลดีไฮด์และคีโตน มีประมาณร้อยละ 0.01 - 0.04 ที่พบมากคือ อัลดีไฮด์ (aldehyde) เกิดจากการเอาคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากกรดออกโซ (Oxo acid) ระหว่างการเกิด higher alcohol มีตั้งแต่ฟอร์มาดีไฮด์ (formaldehyde) ไปจนถึงเฮกซานอล (hexanol) ไอโซแอลดีไฮด์ (*isoaldehyde*) พวกอัลดีไฮด์ทำให้รสของเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์เสียไป ส่วนประเภทคีโตนจัดเป็นช่วยให้กลิ่น รสหอมหวลกับเครื่องดื่ม เรียกว่า organolcptically compound สารเหล่านี้จะถูกผลิตขึ้นน้อยมาก สารนี้เป็นตัวชี้คุณภาพของเครื่องดื่ม สารนี้บางทีไม่ได้มาจากยีสต์เอง แต่มาจากวัตถุดิบที่นำมาใช้หรือบางทีเกิดจากยีสต์เปลี่ยนวัตถุดิบไป หรือมาจากถังหมักที่เป็นไม้ เช่น ถังไม้โอ๊คทำให้ไวน์มีรสดี สารประเภทคีโตน เช่น ไดอะซิทิล (*diacetyl*), 2-3 เพนเทนไดออน (*2-3-pentanedione*) ทำให้เกิดรสเนยกับบัตเตอร์สกอตช์ (butterscotch) และ ท็อฟฟี่ (toffee) ความเข้มข้นในบัตเตอร์สกอตช์ มีถึง 0.1 - 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. แอลกอฮอล์เชื้อเพลิง (higher alcohol หรือ fusel alcohol หรือ fusel oil) ได้มีการศึกษาสารประเภทนี้กันมากเพราะมีผลต่อคุณภาพของเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ เกิดจากการดึงคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากกรดคีโต (keto acid) ที่จะเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนแล้วมีการเติมไฮโดรเจน แอลกอฮอล์กลุ่มนี้ที่พบได้แก่ โพรพาบอล (propanol), เมทธิล-1-โพรพานอล หรือไอโซบิวทานอล (methyl-1-propanol หรือ iso-butanol), เมทธิล-1-บิวทานอล หรือไอโซ-เอมิลแอลกอฮอล์ (methyl-1-butanol หรือ isoamyl alcohol) และ 2-เมทธิล-1-บิวทานอล (2-methyl-1-butanol หรือ obtically active amyl alcohol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 กระบวนการหมักของยีสต์

ที่มา : เสาวนีย์ (2547)

5. เอสเตอร์(ester) ได้แก่ เอทธิลอะซิเตต (ethyl acetate), ไอโซเอมิลอะซิเตต (isoamyl acetate) ซึ่งเป็น organoleptically compound

2.1.1.3 หัวเชื้อผง (Freezed dry) (Teknotext, 1995)

จากวิธีการผลิตโดยการเตรียมหัวเชื้อสำหรับคีเฟอร์ในการผลิตมีความยากลำบาก เนื่องจากองค์ประกอบของกลุ่มจุลินทรีย์บนพื้นผิวของคีเฟอร์เกรนไม่แน่นอน จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพในการผลิตได้ ดังนั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ทางทีมงานวิจัยของ SMR, Lund (Malmo)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศสวีเดน ได้พัฒนาการผลิตหัวเชื้อในรูปผง (Freezed dried) หัวเชื้อลักษณะนี้เริ่มใช้ตั้งแต่กลางปี ค.ศ. 1980 ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงที่ด้านคุณภาพมากกว่าวิธีแบบดั้งเดิม

หลังจากที่ได้มีการทดลองนำเชื้อของแบคทีเรียและยีสต์ที่แยกได้จากคีเฟอร์จากหลากหลายแหล่ง เพื่อทดสอบลักษณะในการเจริญเติบโตร่วมกัน การสร้างกรด การสร้างกลิ่น และอื่นๆ องค์ประกอบของหัวเชื้อผง ได้จากการผสมจุลินทรีย์ต่างๆ เข้าด้วยกันให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับการผลิตโดยใช้คีเฟอร์เกรนตามแบบดั้งเดิม

หัวเชื้อผงของคีเฟอร์ที่ผลิตทางการค้าปัจจุบันสามารถนำมาผลิตคีเฟอร์ได้โดยนำมาใส่ลงในน้ำนมได้โดยตรง เมื่อเปรียบเทียบการผลิตสามารถลดขั้นตอนการผลิต และยังลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนให้น้อยลงอีกด้วย

2.1.2 กรรมวิธีการผลิตคีเฟอร์ (Teknotext, 1995)

2.1.2.1 การเตรียมหัวเชื้อ

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการเตรียมสารตั้งต้นก่อนการลงเชื้อเพื่อกระตุ้นเชื้อในคีเฟอร์เกรนให้ทำงาน โดยนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส โดยใส่หัวเชื้อประมาณร้อยละ 3 หรือ 5 จากนั้นทำการบ่มประมาณ 20 ชั่วโมง (หรือจนกระทั่งคีเฟอร์เกรนจมตัวลง) ระหว่างการบ่มจะมีการคนเป็นเวลา 10 – 15 นาที ทุก ๆ 2 – 5 ชั่วโมง เมื่อถึงค่าพีเอชประมาณ 4.5 จะทำการคนอีกครั้ง แล้วทำการกรองเอาคีเฟอร์เกรนออกโดยใช้ตะแกรงสเตนเลสที่มีรูขนาด 3 – 4 มิลลิเมตร หัวเชื้อที่อยู่บนตะแกรงสเตนเลสนำมาล้างด้วยน้ำร้อนหรือน้ำเย็น (บางครั้งอาจใช้หางนม) สามารถเก็บไว้ใช้ได้ใหม่อีก โดยเชื้อจะโตขึ้นประมาณร้อยละ 10 ต่อสัปดาห์ ดังนั้นก่อนจะทำการลงเชื้อครั้งต่อไปควรจะเอาเชื้อส่วนเกินออกก่อน

ขั้นตอนที่ 2 ส่วนที่ได้จากการกรองนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสประมาณ 2 – 3 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้ สำหรับการผลิตคีเฟอร์ปริมาณมาก ส่วนที่กรองสามารถนำไปใช้ได้ทันทีโดยใช้เป็นหัวเชื้อใส่ลงในนมที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นทำการบ่มที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จึงได้เป็นหัวเชื้อคีเฟอร์

2.1.2.2 การทำผลิตภัณฑ์คีเฟอร์

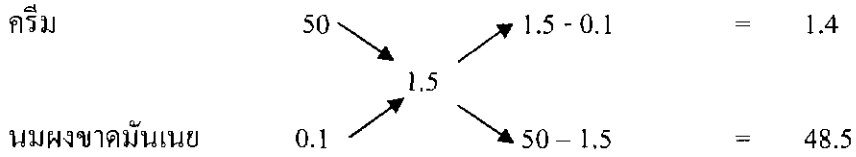
1. **การเตรียมส่วนผสม** (Teknotext, 1995)

การปรับปริมาณไขมัน

ปริมาณไขมันในคีเฟอร์โดยปกติจะมีค่าประมาณร้อยละ 0.5 – 0.6 น้ำนมดิบที่นำมาทำคีเฟอร์ส่วนมากจะใช้นมที่มีปริมาณไขมันประมาณร้อยละ 2.5 – 3.5 โดยไขมันมีผลต่อคุณภาพของคีเฟอร์ในแง่ของความรู้สึกเมื่อรับประทาน (mouthfeel) ในการปรับปริมาณไขมันที่ใช้ในการเตรียมคีเฟอร์จะใช้หลักการของเพียร์สันส์สแควร์ (Pearsons square) ดังตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าต้องใช้ครีมที่มีไขมันร้อยละ 50 และนมผงขาดมันเนยที่มีไขมันร้อยละ 0.1 ในการทำโยเกิร์ต เพื่อต้องการให้ได้คีเฟอร์ที่มีไขมันร้อยละ 1.5 ปริมาณ 1,000 ลิตร จะต้องใช้ส่วนผสมทั้ง 2 ชนิด ในปริมาณเท่าใด



ดังนั้น ปริมาณครีมที่ใช้ (1.4 x 1000)/ (48.5+1.4) = 28.1 ลิตร

ปริมาณนมผงขาดมันเนยที่ใช้ (48.5 x1000)/ (48.5+1.4) = 971.9 ลิตร

การปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในน้ำนม

ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในน้ำนมที่ใช้ในการผลิตคีเฟอร์ ได้แก่ น้ำตาลแลคโตส โปรตีน และเกลือแร่ จะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกายภาพและกลิ่นรสของคีเฟอร์ โดยเฉพาะความหนืด และความสม่ำเสมอของโครงสร้างทางกายภาพของคีเฟอร์ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของแข็งในน้ำนม คีเฟอร์ที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 15-16 แต่ถ้าปริมาณของแข็งทั้งหมดมีมากกว่าร้อยละ 25 จะทำให้ความชื้นในส่วนผสมลดลงและมีผลต่อการเติบโตของเชื้อเริ่มต้น (Tamine และ Robinson, 1999)

การเติมสารคงตัว (stabiliser)

มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด ลักษณะปรากฏด้านโครงสร้างของเคิร์ด (Sayed และคณะ, 2002 ; Younus และคณะ, 2002) เป็นต้น นอกจากนี้ทำให้คีเฟอร์สม่ำเสมอ และยังช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาอีกด้วย สารคงตัวที่ดีควรมีสมบัติดังนี้คือ ไม่มีกลิ่น มีประสิทธิภาพสูงในช่วงพีเอชต่ำ และกระจายตัวได้ดีในอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักน้ำนม ตัวอย่างสารคงตัวที่ใช้ในการผลิตคีเฟอร์ เช่น แป้ง เจลาติน และเพคติน เป็นต้น

การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenization)

โดยการนำส่วนผสมทั้งหมดเข้าสู่เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ความเร็วสูง โดยจะผ่านช่องเปิดเล็กๆ ภายใต้ความดันสูง หลังจากผ่านกระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จะมีผลทำให้คีเฟอร์ที่ได้หลังการหมักมีเนื้อสัมผัสที่เนียนมากขึ้น มีกลิ่นรสที่เป็นครีม และช่วยลดการแยกชั้นของเวย์ สำหรับการเลือกใช้โฮโมจีไนเซอร์ จะขึ้นกับปริมาณไขมันที่มีอยู่ ตามปริมาณไขมันมาตรฐานควรทำการโฮโมจิไนซ์นมที่อุณหภูมิประมาณ 65 – 70 องศาเซลเซียส และ 17.5 – 20 MPa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้ความร้อน

การให้ความร้อนแก่ส่วนผสมเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการทำคีเฟอร์ เพราะนอกจากจะมีผลต่อการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำนมแล้ว ยังมีผลต่อการทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อน นอกจากนี้ ยังช่วยกำจัดอากาศที่มีอยู่ในน้ำนม ซึ่งทำให้มีสภาวะแวดล้อมเหมาะสมต่อการเติบโตของเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกมากยิ่งขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกต้องการอากาศในปริมาณเพียงเล็กน้อย และยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำนม โดยทำให้โปรตีน ได้แก่ อัลบูมิน และโกลบูลินที่แปลงสภาพ (denature) แล้วตกตะกอน อีกทั้งทำให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุลเคซีน เกิดเป็นร่างแหในลักษณะสามมิติขึ้น โดยร่างแหนี้จะจับกับโปรตีนเวย์ แล้วทำให้คีเฟอร์ที่ได้มีความหนืดมากกว่าเดิม แสดงดังตารางที่ 3

การใส่เชื้อ

หลังจากการให้ความร้อน จะทำน้ำนมให้เย็นลงจนอุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส แล้วจึงใส่หัวเชื้อลงไปประมาณร้อยละ 2 – 3

การบ่ม

ช่วงเวลาการบ่มจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงการสร้างกรด และช่วงที่เกิดการหมักสมบูรณ์

1. ช่วงการสร้างกรด

ในช่วงแรกแบคทีเรียจะทำการสร้างกรด ทำให้ค่าพีเอชลดลง

2 ช่วงที่เกิดการหมักสมบูรณ์

ช่วงต่อมายีสต์จะผลิตแอลกอฮอล์ (alcohol) และคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) รวมทั้งสารให้กลิ่น เช่น อะซิตัลดีไฮด์ และอัลดีไฮด์ บ่มจนมีค่าพีเอช ประมาณ 4.5 (ใช้เวลาประมาณ 18 – 24 ชั่วโมง)

การทำให้เย็น

ผลิตภัณฑ์จะถูกทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 – 8 องศาเซลเซียส โดยการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) เพื่อหยุดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ซึ่งความเย็นเป็นสิ่งที่สำคัญในการรักษาผลิตภัณฑ์ จากนั้นผลิตภัณฑ์จะถูกเก็บรักษาในที่เย็นก่อนการบรรจุและควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับอากาศ เนื่องจากถ้าอากาศเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแยกชั้นของน้ำ (syneresis)

ปัจจุบันการทำคีเฟอร์สามารถทำได้ง่ายๆ ที่บ้าน โดยใช้น้ำนมจากแหล่ง ต่างๆ เช่น นมวัว นมแพะ นมแกะ น้ำกะทิ น้ำคั้นจากข้าว และน้ำนมถั่วเหลืองมาใช้ในการหมักได้ โดยนำมาผสมกับคีเฟอร์เกรน แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 18-24 ชั่วโมง จากนั้นกรองเอาคีเฟอร์เกรนออก จะได้ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ที่มีลักษณะข้น มีรสเปรี้ยว และมีกลิ่นเฉพาะตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำนมที่ใช้ในการเตรียมคีเฟอร์

เวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	กระบวนการ	ผลที่ได้
2-3 วินาที	≤ 65	Thermisation	ทำลายแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (psychrotropic bacteria) ได้
30 นาที	65	Batch pasteurization	ทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีอยู่ในน้ำ
15 วินาที	72	Pasteurization	นมได้เกือบทั้งหมดและเซลล์บางส่วน
4-20 วินาที	85	High pasteurization	ทำลายเซลล์ทั้งหมดและไม่ทำลายสปอร์
30 นาที*	85		
5 นาที*	90-95		
40-20 นาที	110-120	In-container sterilization and autoclaving	ทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ได้ทั้งหมด
20-2 วินาที	135-150	UHT	

* เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตโยเกิร์ต

ที่มา: Tamine และ Robinson (1999)

2.2 ข้าวโพด

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

การจัดอันดับของข้าวโพดทางพฤกษศาสตร์

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Zea mays Lin*

วงศ์ (Family) : Gramineae

วงศ์ย่อย (Sub family) : Panicoideae

สกุล (Genas) : *Zea*

ชนิด (Species) : *mays*

ข้าวโพดเป็นพืชต้นตระกูลหญ้า มีลำต้นตั้งตรง มีปล้อง ใบเรียวยาวติดอยู่กับต้นบริเวณปล้อง ฝักจะออกบริเวณกลางลำต้นตรงข้อ มีช่อที่ปลายยอด **(สมควร, 2542)** แสดงดังภาพที่ 9

2.2.2 โครงสร้างของข้าวโพดและการใช้ประโยชน์

ข้าวโพดประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน (Inglett, 1970) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 เปลือกและรำ เป็นส่วนของเปลือกหุ้มผล (pericarp) ซึ่งอยู่นอกสุดของเมล็ด ประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ และแร่ธาตุต่างๆ ส่วนนี้จะมีอยู่ประมาณร้อยละ 5-6 ของน้ำหนักเมล็ด

2.2.2.2 คัพภะ (embryo) มีอยู่ประมาณร้อยละ 10-14 ของน้ำหนักเมล็ด คัพภะของข้าวโพดที่แก่และแห้งแล้วสามารถนำมาสกัดได้ ใช้ในการประกอบอาหารหลายชนิด เช่นน้ำมันสลัด ทำขนม หรือใช้ทอดอาหารต่างๆ

2.2.2.3 เอนโดสเปอร์ม (endosperm) มีอยู่ประมาณร้อยละ 82 ของน้ำหนักเมล็ด องค์ประกอบหลักที่สำคัญคือ สตาร์ช (starch) และกลูเทน (gluten) หรือโปรตีน เอนโดสเปอร์มแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ฟลาวรีเอนโดสเปอร์ม (floury endosperm) แป้งมีลักษณะนุ่มและโปร่ง เซลล์มีขนาดใหญ่ เม็ดสตาร์ชมีขนาดใหญ่และกลม โปรตีนที่มีอยู่เป็นแบบเส้นใยโปรตีน (protein matrix) และฮอร์นี เอนโดสเปอร์ม (horny endosperm) แป้งมีลักษณะแข็ง เส้นใยโปรตีนหนากว่า และมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแบบแรก โปรตีนที่มีอยู่เป็นโปรตีนหลัก (protein body) หรือเซอิน (zein)

สตาร์ชข้าวโพดสามารถย่อยสลายด้วยกรดหรือเอมไซด์ให้อยู่ในรูปคอร์นไซรัปสำหรับในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มและขนมหวานเนื่องจากมีสมบัติไม่ตกผลึกและคงรูปนอกจากนี้ ยังสามารถดัดแปลงด้วยกระบวนการทางกายภาพหรือทางเคมีเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อาหาร ฟิล์ม กระดาษ พลาสติก และสิ่งทอ เป็นต้น (Anonymous, 2000) ส่วนกลูเทนข้าวโพด สามารถนำไปทำอาหารสัตว์ได้

2.2.2.4 ขั้ว เป็นส่วนของเมล็ดที่อยู่ติดกับฝักข้าวโพด มีอยู่ประมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักเมล็ด

ภาพที่ 9 ลักษณะต้นข้าวโพด

ที่มา:http://www.cdp24.co.uk/Content/Campaigns/Cred03/asp/why/Effects/effects133Farming.asp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays saccharata*) เป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นเวลานานแล้ว ในประเทศนำมาใช้บริโภคในลักษณะฝักสด แช่แข็งหรือแปรรูปโดยการบรรจุกระป๋องหรือภาชนะปิดสนิทในรูปของข้าวโพดเมล็ด (whole kernel corn) ข้าวโพดทั้งฝัก (corn on the cob) หรือข้าวโพดครีม (cream style corn) ซึ่งนับวันจะมีบทบาทมากขึ้นเพราะมีอุตสาหกรรมการแปรรูปที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วรองรับอยู่ การเลือกใช้ข้าวโพดจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญมากและเป็นปัจจัยแรกที่ต้องพิจารณา (ทวีศักดิ์, 2540) เพื่อให้ผลผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตรงตามความต้องการ นอกจากนั้น พันธุ์ข้าวโพดยังเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆที่มีผลต่อข้าวโพดหวาน ข้าวโพดที่นำมาแปรรูป ควรมีความสม่ำเสมอในด้านสีและเนื้อสัมผัส ส่วนความหวานนั้น ไม่จัดเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากสามารถเติมน้ำตาลลงในขั้นตอนการแปรรูปได้ นอกจากนี้ ยังต้องการข้าวโพดที่มีขนาดและรูปร่างฝักคงที่ เพื่อความสะดวกในการแปรรูป โดยใช้เครื่องจักรช่วยในการปอกเปลือกหรือหั่น (Jugenmheimer, 1958) โดยทั่วไป จะเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานหลังออกไหมแล้ว 19-21 วัน (Cruess, 1985) ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวมีความสำคัญมาก เนื่องจากถ้าเก็บเกี่ยวเร็วไปข้าวโพดจะมีความหวานสูง แต่ขนาดเมล็ดเล็กผลผลิตต่ำ แต่ถ้าเก็บเกี่ยวช้าเกินไป ข้าวโพดจะมีความหวานลดลงไป นอกจากนี้ยังเหนียวและแข็งอีกด้วย (Luh และ Woodroof, 1985) ลักษณะของฝักข้าวโพด แสดงดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 ลักษณะของฝักข้าวโพด

ที่มา : http://www.mju.ac.th/fac-agr/hort/vegetable/gallery.asp

ข้าวโพดหวานเป็นข้าวโพดที่มีกระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งในเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดการสะสมน้ำตาลชนิดต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของยีนด้อย (recessive gene) ข้าวโพดหวานที่ปลูกกันในอดีตจะเป็นข้าวโพดที่มียีนด้อยชูการี (sugary gene, su/su) แต่ในปัจจุบันนิยมปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวโพดหวานพิเศษ (super sweet) กันมากขึ้น ซึ่งมียีนในตระกูลของชรั้งเคน (shrunken gene, sh1/sh1 หรือ sh2/sh2) หรือตระกูลบริสเทิล (bristle gene, b1/b1 หรือ bt2/bt2) หรืออาจมียีนที่ทำหน้าที่ร่วมกันที่ทำให้เมล็ดข้าวโพดมีความหวานสูงขึ้น เพราะสามารถยับยั้งการสร้างแป้งได้ดีขึ้น เช่น ยีน sugary enhancer (se) ยีน waxy (wx) ยีน opaque-2(o_2) เป็นต้น ซึ่งเป็นเอนโดสเปิร์มยีน (endosperm genes) เช่นเดียวกับยีนชูการี

ตารางที่ 4 ชนิดและปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดไร่ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดหวานพิเศษ ที่ระยะเวลา 20 วันหลังออกไหม

ชนิดข้าวโพด	ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)				
	น้ำตาลรีดิวซ์	ซูโครส	WSP*	สตาร์ช	ปริมาณรวม
ข้าวโพดไร่	2.4	3.5	2.8	66.2	74.9
ข้าวโพดหวาน (ยีน su1)	5.4	10.2	22.8	28.0	66.5
ข้าวโพดหวานพิเศษ (ยีนsh2)	4.9	29.9	4.4	18.4	57.6
ข้าวโพดไร่	2.4	3.5	2.8	66.2	74.9
ข้าวโพดหวาน (ยีน su1)	5.4	10.2	22.8	28.0	66.5
ข้าวโพดหวานพิเศษ (ยีนsh2)	4.9	29.9	4.4	18.4	57.6

*water soluble polysaccharides หรือพอลิแซ็คคาไรด์ที่ละลายน้ำได้

ที่มา : Alexander และ Creech (1977)

2.2.4 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพด

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวานจะแตกต่างกันไป เนื่องจากปัจจัยต่างๆเช่น สายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว และสภาพแวดล้อมของสถานที่ปลูก (Alexander และ Creech ,1977) อย่างไรก็ตาม สามารถแสดงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวานได้ดังตารางที่ 5

คาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดหวานจะแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือ โมโนแซ็กคาไรด์และโอลิโกแซ็กคาไรด์ (monosaccharide and oligosaccharides) ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส ซึ่งน้ำตาลที่มีบทบาทของความหวานของข้าวโพดคือ ฟรุคโตส และซูโครส กลุ่มที่ 2 คือ ชูการ์ นิวคลีโอไทด์ (sugar nucleotides) ซึ่งมีความสำคัญในการสร้างโอลิโกแซ็กคาไรด์ชนิดต่าง ๆ และกลุ่มสุดท้าย คือ พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) ซึ่งส่วนใหญ่ที่เก็บสะสมในเอ็นโดรสเปิร์มของข้าวโพดหวานเป็นไฟโตไกลโคเจน (phytoglycogen) ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ และเป็นตัวกลางในการสังเคราะห์แป้ง ส่วนแป้งที่สะสมนั้นจะมี 2 ประเภท คือ อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพคติน (amylopectin) ซึ่งในข้าวโพดส่วนใหญ่จะเป็นอะไมโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีนในเมล็ดข้าวโพดหวาน ที่ได้พบ ได้แก่ อัลบูมิน (albumin) โกลบูลิน (globulin) โปรลามิน (prolamin) หรือเซอิน (zein) และกลูเทลิน (glutelin) โดยเซอินเป็นโปรตีนที่พบมากที่สุด เมล็ดที่มีอายุต่างกันจะมีโปรตีนต่างชนิดกันในปริมาณที่ไม่เท่ากัน โดยพบว่าเมล็ดข้าวโพดที่ยังอ่อนจะมีโปรตีนชนิดอัลบูมิน และโกลบูลินในปริมาณที่สูง เมื่อเมล็ดข้าวโพดแก่มากขึ้นจะมีปริมาณลดลง แต่เซอินมีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนกลูเทลินมีปริมาณลดลงเล็กน้อย (Pukrushpan และคณะ, 1977) สำหรับอัลบูมิน และโกลบูลินนั้นจะตกตอนเมื่อได้รับความร้อน

ไขมันในข้าวโพดคือ น้ำมันข้าวโพดซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว และกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น กรดไลโนเลอิกในปริมาณที่สูงและมีโทโคฟีรอล (tocopherol) ซึ่งเป็นวิตามินอีที่ละลายในไขมัน (Vall และคณะ 2003) แสดงดังตารางที่ 6

กรดไขมันมีความสำคัญต่อร่างกายมาก โดยช่วยป้องกันโรคผิวหนัง ได้แก่ แผลตกสะเก็ดในทารก ช่วยในการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อ ทำให้บาดแผลหายเร็ว เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยลดระดับคอลเลสเตอรอล (Ostlud และคณะ, 2002) และป้องกันความดันโลหิตสูงได้ ส่วนวิตามินอีประกอบด้วย แอลฟา-โทโคฟีรอล (α-tocopheral), เบตา-โทโคฟีรอล (β-tocopherol), แกมมา-โทโคฟีรอล (γ-tocopherol) และเดลตา-โทโคฟีรอล (δ-tocopherol) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) หรือมีความสามารถในการป้องกันและยังยั้งปฏิกริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในร่างกาย อันเป็นสาเหตุให้เกิดโรคมะเร็ง และโรคหัวใจได้ (Kurilich และ Juvik 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวาน 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	เมล็ดข้าวโพดหวาน [1]	เมล็ดข้าวโพดหวาน [2]
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	19.0-39.3	-
สตาร์ช (กรัม)	-	8.7-21.6
น้ำตาล (กรัม)	-	3.2-5.2
โปรตีน (กรัม)	3.2-4.9	2.9-4.5
ไขมัน (กรัม)	1.2-1.9	0.8-2.1
ความชื้น (กรัม)	53-76	57-80
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	2-4	9
เยื่อใย (กรัม)	-	0.6-1.1
เถ้า (กรัม)	-	0.6-1.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	89-116	-
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.4-0.5	0.7
วิตามินเอ (มิลลิกรัม)	281-435 (I.U.)	(แคโรทีน) 0-0.06
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.06-0.5	0.1
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.06-0.5	0.15
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	7-10	10
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	1.5-1.7	1.7
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	-	108-142

ที่มา : [1]กองโภชนาการ (2530)

[2]Anonymous (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันและโทโคฟีรอลที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันข้าวโพด

องค์ประกอบ (ชื่อ,จำนวนคาร์บอน:พันธะคู่)	ปริมาณ (ร้อยละของปริมาณไขมันทั้งหมด)
กรดปาล์มมิติก (palmitic acid, C-16:0)*	10.0
กรดปาล์มมิโทเลอิก (palmitoleic acid, C-16.1)	0.1
กรดมาร์การิก (margaric acid, C-17:0)	0.1
กรดมาร์กาโรเลอิก (margarolric acid, C-17:1)	0.1
กรดสเทียริก (stearic acid, C-18:0)*	2.0
กรดโอเลอิก (oleic acid, C-18:1)*	25.2
กรดลิโนเลอิก (linoleic acid, C-18:2)*	61.4
กรดลิโนเลนิก (linolenic acid, C-18:3)*	0.4
กรดอะราชิโนดิก (arachidonic acid, C-20:0)	0.4
กรดกาโดเลอิก	0.2
กรดเบเฮดิก	0.1
แอลฟา-โทโคฟีรอล	71.3
บีตา-โทโคฟีรอล	10.0
เดลตา-โทโคฟีรอล	240.0

* ชนิดของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย

ที่มา : Vall และคณะ (2003)

ข้าวโพดมีแคโรทีนอยด์ (carotenoid) (Kurilich และ Juvik, 1999) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Palozza และ Krinsky, 1992) เช่นเดียวกับวิตามินอี มีสมมุติฐานป้องกันโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด (Kritchevsky และคณะ, 1998) ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดต้อกระจกและลดการเกิดริ้วรอยหรือจุดด่างดำบนผิวหนังได้ (Moeller และคณะ, 2000) แคโรทีนอยด์แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ แคโรทีน (carotenes) และแซนโทฟิล (xanthophylls) แคโรทีนประกอบด้วย แอลฟา-โทโคฟีรอล (α-toco pheral), เบตา-โทโคฟีรอล (β-tocopherol) และไลโคฟีน (lycopene) ส่วนแซนโทฟิลเป็นอนุพันธ์ของแคโรทีน รวมถึงสารประกอบ เบตา-คริปโทแซนทิน (ß-cryptoxanthin), ลูทิน (lutein) และซีแซนทิน (zeaxanthin) (Humphries และ Khachik, 2003) แคโรทีนอยด์เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ (precursor) วิตามินเอซึ่งช่วยบำรุงสายตา ผิวพรรณ และป้องกันการเกิดโรคตาบอดกลางคืน (Combs, 1998) ชนิดของแคโรทีนอยด์ที่เป็นองค์ประกอบในข้าวโพดคือแอลฟา-แคโรทีน, เบตา-แคลโรทีน, ลูทีน และซีแซนทิน ซึ่งมีปริมาณ 60, 60, 520 และ 437 ไมโครกรัมต่อข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100 กรัม ตามลำดับ (Stahl และ Sies, 1999) นอกจากนี้ข้าวโพดยังประกอบด้วยวิตามินที่ละลายในน้ำหลายชนิด ได้แก่ วิตามินบี 1 (thiamine) ซึ่งมีความจำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ควบคุมการทำงานของระบบประสาทให้เป็นปกติ ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี 2 (riboflavin) ซึ่งมีความจำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโนและไขมัน ช่วยในการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ ไนอะซิน (niacin) ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพและช่วยในการเมแทบอลิซึมภายในร่างกาย และวิตามินซี (ascorbic acid) ซึ่งช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุ และมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Comds, 1998) อย่างไรก็ตาม วิตามินซีสูญเสียได้ง่ายในกระบวนการแปรรูป (Murcia และคณะ, 2002) ทำให้มีคุณค่าทางอาหารลดลง แต่จากการศึกษาของ Dewanto และคณะ (2002) พบว่า ข้าวโพดหวานแม้มีการสูญเสียวิตามินซีในระหว่างกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน แต่ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปเป็นสาเหตุให้มีการปลดปล่อยกรดเฟรูลิก (ferulic acid) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของกรดฟีนอลิก (phenolic acid) (Shahidi และ Naczk, 1995) ให้อยู่ในรูปอิสระมากขึ้น โดยที่ปริมาณของกรดเฟรูลิกจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อข้าวโพดหวานมีการผ่านความร้อนที่อุณหภูมิและเป็นเวลานานขึ้น ทำให้มีฤทธิ์ (activity) ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ข้าวยังเป็นแหล่งสำคัญของเยื่อใย (fiber) ช่วยในการลดปริมาณคอเรสเตอรอล ป้องกันการเกิดท้องผูก (Bemiller และ Whister, 1996) และโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Slavin และคณะ, 1997) เนื่องจากส่วนของเปลือกและรำประกอบด้วยเยื่อใยที่สำคัญ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน และลิกนิน ซึ่งไม่ถูกย่อยโดยเอมไซม์ภายในร่างกายจึงช่วยเพิ่มเยื่อใยอาหารด้วยคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ดังกล่าว ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกรับประทานธัญพืชที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกเหนือไปจากผักและผลไม้ (Dewanto และคณะ, 2002)

2.2.5 การผลิตน้ำนมข้าวโพด

การพัฒนาอาหารจากการแปรรูปข้าวโพด นอกจากจะเพิ่มมูลค่าและประโยชน์จากข้าวโพดแล้ว ยังทำให้มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอีกด้วย อีกทั้งข้าวโพดยังเป็นวัตถุดิบที่หาง่าย ราคาถูก และอุดมไปด้วยสารอาหาร รวมทั้งเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณที่สูง ทำให้ไม่เกิดการสะสมในร่างกาย จึงทำให้มีผู้สนใจในการศึกษาและพัฒนาอาหารจากการแปรรูปข้าวโพดมากขึ้น พบว่า มีการแปรรูปข้าวโพดในรูปเครื่องดื่มหรือเรียกว่า น้ำนมข้าวโพด ซึ่งในปัจจุบันน้ำนมข้าวโพดเริ่มเป็นที่รู้จักและได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากมีกลิ่นรสเป็นที่ชื่นชอบและยอมรับจากผู้บริโภค โดยทั่วไปได้จากการนำเมล็ดข้าวโพดมาป่นตีโดยผสมกับน้ำ จากนั้นกรองเพื่อแยกกากออก ได้น้ำนมข้าวสีเหลืองขุ่นและมีกลิ่นหอมของข้าวโพด แต่มีการศึกษาและพัฒนากรรมวิธีในการผลิตแตกต่างกันไปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรืองศรี (2520) ได้ศึกษาการผลิตน้ำนมข้าวโพด-ถั่วเหลืองจากข้าวโพดพันธ์สุวรรณ-1 และ opaque-2 โดยลวกข้าวโพดด้วยไอน้ำเป็นเวลา 12 นาที นำเมล็ดมาบดโดยผสมกับน้ำ 2 ส่วน จากนั้นกรองและนำมาผสมกับน้ำนมถั่วเหลือง นมผง น้ำตาล และทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้ง (drum dryer) บดให้ละเอียด ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับ มีปริมาณโปรตีนถึงร้อยละ 27.68 ของน้ำหนักแห้ง และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย 4 ชนิดคือ ทริปโตเฟน (tryptophan), ทรีโอนีน (thryonine), ลูซีน (leucine), และไลซีน (lysine) ที่ได้มาตรฐานของ FAO/WHO เช่นเดียวกับ Omeuti และคณะ (2000) ทำการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของน้ำนมข้าวโพดและถั่วเหลือง พบว่า การผสมข้าวโพดกับถั่วเหลืองในอัตราส่วน 3:1 ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพโปรตีนดีที่สุด เนื่องจากมีความสมดุลของกรดอะมิโนที่จำเป็น โดยพิจารณาได้จากค่าความสามารถในการย่อย (*in Vitro Digestibility* หรือ IVD) และพบว่ามีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น แม้ว่าจะมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าอัตราส่วนที่มีปริมาณถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น แสดงว่า การผสมข้าวโพดกับถั่วเหลืองช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์มากกว่าการใช้ถั่วเหลืองผลิตเป็นน้ำนมถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้นอกจากเป็นแหล่งโปรตีนราคาถูกที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังเป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากข้าวโพดมากขึ้น

การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตน้ำนมข้าวโพด (วรนุช, 2526) พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับน้ำนมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดหวานพิเศษมากกว่าพันธุ์สุวรรณ 2 จึงเลือกข้าวโพดหวานพิเศษมาศึกษาสภาวะที่เหมาะสม พบว่าเวลาในการลวกข้าวโพดด้วยไอน้ำที่เหมาะสมเพื่อทำลายเอมไซม์คือ 9 นาที นำเมล็ดมาตีป่นโดยผสมกับน้ำ 4 ส่วน กรอง เติมน้ำตาล และเกลือ ตีป่นอีกครั้งพร้อมเติมคาราจีแนน นอกจากนี้ ยังปรับปรุงคุณภาพโดยการเติมนมผงไขมันเต็ม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นที่ยอมรับ มีปริมาณโปรตีนและไขมันร้อยละ 1.95 และ 1.65 ตามลำดับ เช่นเดียวกับ ชนาธิปและคณะ (2541) พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับน้ำนมข้าวโพดที่ผลิตจากข้าวโพดหวานพิเศษมากกว่าข้าวโพดข้าวเหนียว จึงนำมาผลิตน้ำนมข้าวโพดโดยลวกข้าวโพดด้วยไอน้ำเป็นเวลา 40 นาที เพื่อให้ได้กลิ่นรสของข้าวโพดที่ดีที่สุด นำเมล็ดมาตีป่นโดยผสมกับน้ำ 5 ส่วน กรอง นำน้ำนมที่ได้มาปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการโดยการเติมนมผง และน้ำมันพืช ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับ มีปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้า ร้อยละ 3.05, 4.20 , 8.78 , 0.015 และ 0.45 ตามลำดับ

เกียรติ และคณะ (2543) ทำการศึกษาปัจจัยของวัตถุดิบที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำนมข้าวโพด พบว่า น้ำนมที่ผลิตจากข้าวโพดหวานที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 68 วัน ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่า 60 และ 50วัน ตามลำดับ จากนั้น ทำการวิเคราะห์ทางเคมีของเมล็ดข้าวโพดหวานสายพันธุ์ต่างๆ พบว่ามีปริมาณไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้าใกล้เคียงกัน จึงทำการทดลองทางประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวโพด พบว่า พันธุ์ซูการ์-73 ได้รับการยอมรับสูงสุด แต่ไม่พบความแตกต่างทางประสาทสัมผัส เมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพโดยเติมเอมไซม์แอลฟา-อะไมเลส นอกจากนี้ยังมีการผลิตน้ำนมข้าวโพดในรูปผงเครื่องดื่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมชาย และคณะ (2539) ทำการผลิตน้ำนมข้าวโพดจากเมล็ดข้าวโพดหวานและซังข้าวโพด พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณโปรตีนและไขมันร้อยละ 0.47 และ 0.02 ตามลำดับ แต่คุณภาพของโปรตีนในน้ำนมข้าวโพดยังขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ ไลซีนและทริปโตเฟน โดยมีคะแนนเชิงเคมี (chemical score) เท่ากับร้อยละ 53 และ 60 ตามลำดับ จึงทำการเพิ่มปริมาณและคุณภาพของโปรตีนด้วยนมผงไขมันเต็ม ทำให้น้ำนมข้าวโพดที่ได้มีปริมาณไลซีนและทริปโตเฟนสูงขึ้น โดยมีคะแนนเชิงเคมีเท่ากับร้อยละ 113 และ 140 ตามลำดับ ซึ่งได้มาตรฐานของ FAO/WHO นอกจากนี้ยังทำให้มีปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.35 และ 0.16 ตามลำดับ มีปริมาณวิตามินเอ บี1 บี2 ไนอะซิน และแร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และเหล็กเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.08-10.70

โชคชัย และคณะ (2544) ทำการวิเคราะห์ข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวสายพันธุ์อินทรีย์ 2 ซึ่งได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์แท้ SSWI 114 กับ KSci 14004 หรือ [(sh2 Syn 29 x KS 1) x Suwan 3(S) C4]-F4-S8-24-2-4-2-2 จากผลการทดสอบสายพันธุ์ จำนวน 7 ฤดู เป็นเวลา 6 ปี (2537-2542) ที่ไร่สุวรรณ พบว่าพันธุ์อินทรีย์ 2 ให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก (2,430 กิโลกรัมต่อไร่) และน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกที่ดี (1,371 กิโลกรัมต่อไร่) สูงกว่าสายพันธุ์อินทรีย์ 1 ร้อยละ 5.7 และ 9 ตามลำดับ ให้เมล็ดที่ตัดร้อยละ 34.17 และความหวานร้อยละ 15 บริกซ์สูงกว่า ส่วนความนุ่มและรสชาติใกล้เคียงกัน แต่มีขนาดฝักที่ใหญ่กว่า และมีลักษณะทางการเกษตรบางอย่างที่ดีกว่า จากผลการทดสอบพันธุ์ในสถานีต่างๆ รวม 4 แห่ง ในฤดูแล้ง ปี 2542 พบว่าสายพันธุ์อินทรีย์ 2 ให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก 2,300 กิโลกรัมต่อไร่ และน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกที่ดี 1,540 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์อินทรีย์ 1 ร้อยละ 3.6 และ 3.4 ตามลำดับ ผลการปลูกทดสอบสายพันธุ์อินทรีย์ 2 ให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก 2,097 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักฝักสดปอกเปลือกที่ดี 1,422 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตบรรจุกระป๋อง 766 กิโลกรัมต่อไร่ ความหวานร้อยละ15 บริกซ์ เนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม เมล็ดไม่ยุบตัวอยู่ได้นาน 2-3 วัน ฝักสีเหลือง ทรงกระบอก แถวเมล็ดเรียงตัวสม่ำเสมอ ไหมมีสีอ่อน ฝักยาว 17 เซนติเมตร กว้าง 4.5 เซนติเมตร มี 14-16 แถว มีอายุวันออกไหมร้อยละ 50-48 วัน และมีความสูงต้นและฝักปานกลาง (198 และ106 เซนติเมตร ตามลำดับ) ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติได้เผยแพร่ข้าวโพด พันธุ์อินทรีย์ 2 สู่เกษตรกรและโรงงานแปรรูปในปี 2542

2.3 นมโค

นมโคเป็นแหล่งของธาตุอาหาร และโปรตีนสร้างภูมิคุ้มกัน (immunological protection) ของวัวอ่อน ช่วงอุ้มท้อง (gestation period) ของวัวประมาณ 9 เดือน ก่อนคลอดจะมีน้ำนมออกมาจากเต้านมวัว (udder) เตรียมความพร้อมสำหรับลูกวัวที่จะเกิด เมื่อคลอดแล้วของเหลวจากเต้านมมีชื่อเรียกว่า โคลอสตัม (Colostum) ซึ่งมีสีอมเหลือง มีรสชาติเค็ม ประกอบด้วยโปรตีนซีรัม (serum protein) สูง ซึ่งสร้างความคุมกันให้แก่ลูกอ่อนจนสามารถสร้างภูมิคุ้มกันของสัตว์เอง วัว(แม่)จะให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคลอสตัมประมาณ 72 ชั่วโมง จากนั้นองค์ประกอบในของเหลวจะเปลี่ยนไป ซึ่งเรียกของเหลวในช่วงตั้งแต่นี้ว่า น้ำนม หรือนมสด (fresh milk) ซึ่งใช้เป็นอาหารของคนได้ (วรรณา, 2545)

นมเป็นอาหารธรรมชาติที่มีความสมบูรณ์และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมด้วยแร่ธาตุอาหารครบทุกหมู่ คือ โปรตีน วิตามิน เกลือแร่ คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำตาลนมหรือแล็กโทส (lactose) และโปรตีนที่เรียกว่าเคซีน (casein) จะพบในธรรมชาติคือในนมหรือน้ำนมเท่านั้นนมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาร่างกายและสมองของเด็กและเยาวชน

2.3.1 องค์ประกอบในนม ได้แก่

1. น้ำ เป็นสื่อกลางให้สารอาหารหลายชนิดละลาย ทำให้สะดวกในการบริโภค โดยเฉพาะเด็กอ่อนหรือทารกที่ยังไม่มีฟันเคี้ยวอาหาร

2. ไขมัน ตามปกติเรียกไขมันจากน้ำนมว่า มันเนย เป็นส่วนประกอบที่สำคัญทางโภชนาการและเศรษฐกิจ ให้พลังงาน ตลอดจนสารอาหารและวิตามินเอ ดี อี และ เค นอกจากนี้ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญใช้ในการกำหนดราคาซื้อขายน้ำนมดิบ เพราะสามารถนำไปใช้อุตสาหกรรมนมได้ นมให้ไขมันเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับขนมปัง นมผง ถั่วเหลือง หรือเนื้อ การดื่มนมจึงไม่ทำให้อ้วน

3. โปรตีนในน้ำนมเกือบทั้งหมดประกอบด้วยสารอาหารโปรตีน ที่เรียกว่า เคซีน โกลบุลิน อัลบูมิน ในปริมาณค่อนข้างสูง และมีกรดอะมิโน (amio acid) อยู่ 19 ชนิด ซึ่งมีประโยชน์ต่อการสร้างเนื้อเยื่อ เลือด และกระดูก นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ อีกด้วย

4. สารประกอบที่มีไนโตรเจน ตามปกตินมจะมีแร่ธาตุไนโตรเจนอยู่ประมาณร้อยละ 0.5

5. แล็กโทส เมื่อถูกย่อยแล้วจะกลายเป็นกลูโคส (glucose) และกาแล็กโทส (galactose) น้ำตาลกาแล็กโทสนี้เป็นส่วนประกอบของซีรีโบรไซด์ (cerebroside) ซึ่งพบมากในเยื่อหุ้มสมองและเยื่อหุ้มประสาท ดังนั้นทารกและเด็กจึงมีความต้องการแล็กโทสเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของสมอง

6. วิตามิน ในนมมีวิตามินเอ, บี 1 หรือไทอามีน (thaiamine), บี 2, บีรวม, บี 6, บี 12, ซี และดี ซึ่งช่วยป้องกันโรคลักปิดลักเปิด อัมพาต โรคผิวหนัง โรคลำไส้ โรคฟันผุ เป็นต้น

7. แร่ธาตุ ในน้ำนมประกอบด้วยโพแทสเซียม แคลเซียม โซเดียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส คลอไรด์ ซิเทรต เหล็ก ทองแดง และไอโอดีน

ตารางที่ 7 คุณค่าทางโภชนาการในน้ำนม 100 กรัม

น้ำ (ก.)	โปรตีน (ก.)	ไขมัน (ก.)	น้ำตาล (ก.)	แคลเซี่ยม (ม.ก.)	ฟอสฟอรัส (ม.ก.)	เหล็ก (ม.ก.)	วิตามิน(ม.ก.)		
							บี1	บี2	บี3
87.0	3.3	3.9	5.0	115	96	0.1	0.69	0.16	3.7

ที่มา : กองโภชนาการ (2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ชนิดของนม (วรรณา, 2545)

2.3.2.1 นมสด

เนื่องจากนมสดส่วนใหญ่ได้มาจาก นมโคจะมีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มาก นอกจากนี้อาจมีเชื้อวัณโรคร่วมด้วย จึงจำเป็นจะต้องผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ เสียก่อน

ประเภทที่ 1 การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบที่รักษาคุณภาพของนมสดเรียกวิธีการนี้ว่าการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอไรส์ (Pasteurization) คือ การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอันตรายต่อมนุษย์ (Pathogen) โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที หลังจากการฆ่าเชื้อด้วยวิธีนี้น้ำนมยังคงมีจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ถ้าเก็บไว้นานอาจจะเสียได้ นมประเภทนี้จะบรรจุใส่ถุงหรือขวดเป็นนมสดแท้ ต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 2-5 องศาเซลเซียส

ประเภทที่ 2 เป็นนมสดที่ใช้การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง โดยอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ในภาชนะที่ปิดสนิท การให้ความร้อนในระดับนี้จึงสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ให้หมดไปโดยสิ้นเชิง ทิ้งไว้นานไม่บูดเน่า เรียกการฆ่าเชื้อแบบนี้ว่า การสเตอริไลส์เซชั่น (Sterilization)

ประเภทที่ 3 เป็นการฆ่าเชื้อที่เรียกว่า ยูเอชที (UHT : Ultra Heat Treatment) เป็นนมสดที่ผ่านความร้อนสูง 140-150 องศาเซลเซียส ในระยะสั้น (ประมาณ 2 วินาที) นมประเภทนี้มักบรรจุกล่องและสามารถเก็บไว้ได้นาน

2.3.2.2 นมระเหย

นมระเหย คือ นมที่ได้ระเหยน้ำออกไปครึ่งหนึ่ง เป็นนมที่ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์เช่นกัน

ประเภทที่ 1 นมระเหยชนิดจืด

ประเภทที่ 2 นมข้นหวาน ประกอบด้วยหางนม ไขมัน และน้ำตาล ซึ่งห้ามใช้เลี้ยงเด็กทารก

ประเภทที่ 3 นมผง แบ่งเป็น 3 ชนิด

1. นมผงดัดแปลงสำหรับทารก นมผงชนิดนี้มีหลายสูตรให้เลือก เพราะแต่ละสูตรแต่ละบริษัทจะดัดแปลงต่างๆ กัน
2. เป็นนมผงธรรมดา ไม่เติมวิตามิน หรือเกลือแร่ใดๆ ใช้สำหรับบริโภคได้ทุกวัย
3. นมผงพร่องมันเนย เป็นนมผงที่เหมาะสำหรับผู้สูงอายุ หรือผู้ที่มีระดับไขมันสูง

2.3.3 มาตรฐานหรือคุณภาพของนมสด

1. ปราศจากเชื้อโรคอันอาจติดต่อถึงคนได้
2. ไม่มีน้ำนมเหลืองเจือปน
3. ไม่มีสารที่อาจเป็นพิษในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น สารปฏิชีวนะ สารตกค้างจากยาฆ่าแมลง
4. มีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย ไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.5 ของน้ำหนักและมีมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ของน้ำหนัก สำหรับนมสดตามข้อ 2.3.2.1 และ 2.3.2.2

5. มีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย ไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.5 ของน้ำหนัก และมีมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.1 และ ไม่ถึงร้อยละ 3.2 ของน้ำหนักสำหรับนมสดพร่องมันเนย
6. มีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่า 8.8 ของน้ำหนัก และมีมันเนยไม่ถึงร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก สำหรับนมสดขาดมันเนย
7. ผ่านความร้อนตามกรรมวิธีต่าง ๆ ก่อนจำหน่ายแก่ผู้บริโภคโดยตรง

2.4 เจลาติน (Gelatin) (วาทิต, 2546)

เจลาตินทำหน้าที่เป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสและเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์นมชนิดต่างๆ รวมทั้งโยเกิร์ต และไอศกรีม ส่วนใหญ่ในผลิตภัณฑ์ที่ใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัว จะนิยมใช้ปริมาณเจลาตินร้อยละ 0.3 – 0.5 เพื่อให้ได้โยเกิร์ตที่มีเนื้อละมุนละม่อม วาวใส หากใส่มากกว่าร้อลยะ 0.35 จะทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะเป็นก้อนลิ่ม ทั่วไปนิยมใช้บลูมสเตรงท์ (bloom strength) 225/250 หากใช้เจลาตินที่ไม่ดีจะทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะเหนียวข้นคล้ายพุดดิ้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ขณะที่ในไอศกรีมเจลาตินจะช่วยควบคุมการตกผลึกของน้ำแข็ง ในทั้งโยเกิร์ตและไอศกรีม เจลาตินจะละลายที่อุณหภูมิร่างกาย ช่วยทำให้เนื้อของผลิตภัณฑ์เรียบเนียน

2.4.1 แหล่งกำเนิด

เจลาตินนั้นผลิตได้จากชิ้นส่วนของลูกวัว หนังของวัวควาย สกัดจากกระดูกของวัวควาย และหนังหมู (http://www.greatlakesgelatin.com)

2.4.2 ชนิดของเจลาติน

1. ชนิด เอ (Type A) ผลิตได้จากขบวนการที่ใช้กรด จะใช้หนังหมูเป็นวัตถุดิบ
2. ชนิด บี (Type B) ผลิตได้จากกระบวนการที่ใช้ด่างหรือมะนาว จะใช้วัตถุดิบเป็นหนังของวัว ควาย และออสเซอีน (Ossein)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 กระบวนการผลิตเจลาติน

2.4.3.1 ชนิด เอ (Type A)

ผลิตจากหนังหมูสดหรือหนังหมูแช่แข็ง เริ่มโดยนำหนังหมูมาล้างด้วยน้ำและแช่ด้วยสารละลายกรดเจือจาง หนังหมูที่ผ่านขั้นตอนนี้แล้ว จะถูกใส่ไว้ในหม้อสกัดและไฮโดรไลซ์ ด้วยน้ำร้อนอย่างต่อเนื่อง สารละลายกรดเจือจางจะถูกกรองและระเหยออกไป สารละลายเข้มข้นที่เหลืออยู่จะถูกแช่เย็นให้กลายเป็นเจล ซึ่งเจลนี้จะถูกทำให้แห้งด้วยการกรองและให้ความร้อนในอุโมงค์ ให้ความร้อนอย่างต่อเนื่อง จนกลายเป็นของแข็ง มีความชื้นประมาณร้อยละ 10 เจลาตินที่แห้งแล้วจะถูกนำไปทดสอบเพื่อแบ่งเกรด

2.4.3.2 ชนิด บี (Type B)

ล้างหนังของลูกวัวด้วยน้ำ หลังจากนั้นแช่ด้วยน้ำมะนาวนาน 1 ถึง 3 เดือน หนังที่แช่มะนาวแล้วจะถูกล้างอีกครั้ง และทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายกรดเจือจาง หลังจากนี้หนังสัตว์ที่ได้จะย้ายลงหม้อและให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องด้วยน้ำร้อน การไฮโดรไลซิสของคอลลาเจนบางส่วนจะปรากฏขึ้น ผลจากการสกัดได้เป็นสารละลายเจลาตินที่แห้งแล้วจะถูกนำไปทดสอบเพื่อแบ่งเกรด

ออสเซอีนเจลาติน ได้มาจากการเอาน้ำมันออกจากกระดูกแข็ง ซึ่งกระดูกแข็งจะถูกล้างด้วยน้ำและชะล้างอีกครั้งด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง ซึ่งแร่ธาตุจะถูกละลายอยู่ในสารละลายกรดและมีลักษณะ คล้ายฟองน้ำ เรียกว่า ออสเซอีน จนมีแร่ธาตุในออสเซอีนร้อยละ 25 หลังจากนั้นจะถูกล้างด้วยน้ำที่ปราศจากกรดโดยให้ความร้อน จากนั้นทำไปทำให้แห้ง

สุภาภรณ์ และอัฏฐพล (2544) ศึกษาผลของการเติมสารให้ความคงตัวต่างชนิดกัน 3 ชนิด ได้แก่ คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (CMC), เจลาติน และคาราจีแนน ในปริมาณร้อยละ0.3 เท่ากันในโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด พบว่าโยเกิร์ตที่เติมเจลาตินเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

จุฑามาศ (2540) ศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตจากถั่วลิสง พบว่าการใช้เจลาตินร้อยละ 0.3 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับมากที่สุด

นัยนา และคณะ (2545) ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสในโยเกิร์ตถั่วเหลือง โดยการเติมเจลาตินร้อยละ0.7, 0.9 และ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าโยเกิร์ตที่เติมเจลาตินร้อยละ 1.0 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด และมีการแยกชั้นของน้ำน้อยที่สุด

2.5 คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร

คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารโดยทั่วไปประกอบด้วยลักษณะที่ปรากฏ (Appearance) เป็นคุณภาพที่อาศัยการสัมผัสทางสายตา ได้แก่ สี รูปร่าง ขนาด

1. กลิ่นรส (Flavor) เป็นคุณภาพที่สัมผัสด้วยปาก ลิ้น และจมูก ได้แก่ รส (taste) และกลิ่น (odor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เนื้อสัมผัส (Texture) เป็นคุณภาพที่สัมผัสบางส่วนของร่างกาย เช่น ปาก ลิ้น ฟัน หรือสัมผัสด้วยมือ โดยเนื้อสัมผัสจะมีผลต่อการกระตุ้นทางร่างกาย
3. คุณค่าทางอาหาร (Nutrition) เป็นสารอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ

ซึ่งคุณภาพ 3 ประการแรกนั้นเป็นปัจจัยรับรู้ทางประสาทสัมผัส เกี่ยวกับการยอมรับหรือไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ เพราะสามารถรับรู้ทางประสาทสัมผัสได้โดยตรง ส่วนคุณค่าทางอาหารจะไม่จัดอยู่ในกลุ่มดังกล่าว

2.5.1 คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส

เนื้อสัมผัสเป็นคุณสมบัติทางกายภาพเกี่ยวกับโครงสร้างของอาหารที่สัมผัสด้วยปาก มือ ลิ้น และฟัน และเป็นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ให้เป็นตัวควบคุมคุณภาพได้อย่างหนึ่ง ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารจะมีความสำคัญต่ออาหารในระดับต่างๆ กัน โดยดึงเอาอิทธิพลเนื้อสัมผัสที่มีต่อผู้บริโภคเป็นหลัก ระดับความสำคัญสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.5.1.1 Critical : เนื้อสัมผัสมีความสำคัญต่อการกำหนดคุณภาพ เช่น เนื้อสัตว์ มันฝรั่ง แผ่นทอด

2.5.1.2 Important : เนื้อสัมผัสมีความสำคัญพอๆ กับลักษณะปรากฏ และกลิ่นรส เช่น ผักผลไม้

2.5.1.3 Minor : เนื้อสัมผัสไม่มีส่วนในการกำหนดคุณภาพ เช่น เครื่องดื่ม

นอกจากนี้อิทธิพลของเนื้อสัมผัสของอาหารที่ต่อมนุษย์เป็นจิตวิทยาในการยอมรับ โดยพัฒนาจากวัฒนธรรม การสอนทางสังคม และประสบการณ์ เช่น วัฒนธรรมบางแห่งยอมรับเนื้อสัมผัสที่มีความเหนียวและเคี้ยวยาก ในขณะที่วัฒนธรรมบางแห่งยอมรับเนื้อสัมผัสที่เคี้ยวได้ง่ายและเปื่อยยุ่ยได้ง่ายในปาก

2.5.2 การวัดเนื้อสัมผัสของอาหาร

วิธีการวัดเนื้อสัมผัสของอาหารอาจจำแนกได้ดังนี้

2.5.2.1 การทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบ หรือการทดสอบแบบ subjective มี 2 แบบ คือ การสัมผัสด้วยปากหรือการชิมซึ่งจะบอกได้ว่ายอมรับหรือไม่ยอมรับ และการสัมผัสด้วยมือหรือนิ้ว โดยไม่ต้องให้อาหารเข้าไปในปาก

2.5.2.2 การทดสอบโดยใช้เครื่องมือ หรือการทดสอบแบบ objective มี 2 แบบ คือ การวัดคุณสมบัติของเนื้อสัมผัส เช่น ระยะทาง การแผ่กระจาย การยุบตัว และสี เป็นต้น

2.5.3 เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส

เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสโดยทั่วไปจะทดสอบวัดสิ่งต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.1 วัดแรงกระทำต่ออาหารที่สามารถวัดค่าเป็นเนื้อสัมผัส อาจใช้การทดสอบวัดต่อไปนี้

1. Puncture test เป็นการทดสอบแรงกดทะลุ
2. Compression test เป็นการทดสอบวัดแรงกดโดยไม่ถึงกับทะลุ
3. Shear test เป็นการทดสอบวัดแรงที่ใช้ในการเฉือนผลิตภัณฑ์
4. Compression-extrusion test เป็นการทดสอบวัดแรงที่ใช้กดจนอาหารไหลทะลักออกมา
5. Tensile test เป็นการวัดความเหนียวของผลิตภัณฑ์ว่ามีการยืดเกาะตัวได้ดีเพียงใด
6. Bending test เป็นการวัดความโค้งงอของผลิตภัณฑ์

2.5.3.2 วัดระยะทาง ใช้วัดของเหลวที่ไหลได้ โดยกดอาหารแล้วดูว่า อาหารมีการเคลื่อนที่ไปได้เพียงใด หรือวัดความสูงของไข่เพื่อวัดความสดใหม่ของไข่ เป็นต้น

2.5.3.3 วัดเวลาโดยการวัดความหนืด ดูเวลาในการเคลื่อนที่ของของเหลว

2.5.4 การวัดเนื้อสัมผัสของคีเฟอร์

คีเฟอร์ เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีลักษณะอยู่ระหว่าง rennet-like custard และของเหลวที่มีลักณะเหนียวข้น (highly viscous liquid) คุณสมบัติทางด้านเจล เป็นลักษณะหลักที่แสดงถึงคุณภาพของคีเฟอร์ เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) มีอยู่หลายแบบ เช่น Prenetrometer โดยให้หัววัดกดผ่านทะลุตัวอย่างที่จะวัด แล้วคำนวณค่าความอ่อนและความแข็ง นอกจากนั้นยังมีเครื่อง Instron ที่ใช้สกรูและมอเตอร์ในการขับเคลื่อน ความเร็วของการเคลื่อนที่ของหัววัดสามารถปรับได้ ค่าแรงจะแสดงผลทางกราฟออกมาในรูปของแรงและเวลา และในปัจจุบันการศึกษาทางด้านเนื้อสัมผัสของคีเฟอร์ยังมีการศึกษาอยู่น้อย ทั้งๆ ที่ความเข็งแรงของโครงสร้างของคีเฟอร์เป็นสิ่งสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นวลนภา (2546) ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตโดยนำน้ำนมข้าวโพดมาใช้ทดแทนน้ำนมโคในการผลิต โยเกิร์ต จากการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิต พบว่า ประกอบด้วยน้ำนมข้าวโพด (อัตราส่วนข้าวโพดต่อน้ำเป็น 1:2) และนมผงขาดมันเนยปริมาณร้อยละ 88 และ 12 โดยน้ำหนักตามลำดับ แล้วนำการพัฒนาสูตรโดยเติมน้ำตาลและวุ้นมะพร้าว พบว่าโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพดเติมวุ้นมะพร้าวที่ได้รับการยอมรับสูงสุดมีสีเหลืองอ่อน และมีกลิ่นหอมของข้าวโพด มีค่าการแยกชั้นของน้ำร้อยละ 24.56, ค่าความหนืด 3648 เซนติพอยส์, ค่าพีเอช 4.45, ปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 1.16, ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 20, ความชื้นร้อยละ 80, โปรตีนร้อยละ 4.91, ไขมันร้อยละ 0.62 จำนวนเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกและจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.31×10^{8} และ 2.44×10^{8}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ จำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPNต่อ กรัมและไม่พบเชื้อยีสต์และรา

Irigoyen และคณะ (2005) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางจุลชีววิทยา, เคมีเชิงฟิสิกส์และประสาทสัมผัส ของคีเฟอร์ในระหว่างการเก็บรักษาในตู้เย็น โดยเปรียบเทียบระหว่างคีเฟอร์ที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 และ ร้อยละ 5 บ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำคีเฟอร์ที่ได้ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ±1 องศาเซลเซียส แล้วจึงทำการวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆในวันที่ 2, 7, 14, 21, และ 28 ของการเก็บรักษา จากการวิเคราะห์พบว่าหลังจากใส่หัวเชื้อ 24 ชั่วโมง มีปริมาณเชื้อ lactobacilli และ lactococci, ยีสต์ และแบคทีเรียสร้างกรดอะซิติก (acitic acid bacteria) ประมาณ 10^8, 10^5, 10^6 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกที่อยู่ในหัวเชื้อนั้นลดลงไปประมาณ 1.5 log unit ระหว่างวันที่ 7 และ 14 ของการเก็บรักษา และจะมีปริมาณคงที่ไปตลอดการเก็บรักษา ส่วนปริมาณยีสต์ แบคทีเรียสร้างกรดอะซิติก น้ำตาลแลคโตส และค่าพีเอช จะค่อนข้างคงที่ไปตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ขณะที่ปริมาณไขมันทั้งหมดและปริมาณของแข็ง (dry matter) นั้นลดลงเรื่อยๆในขณะการเก็บรักษา ปริมาณหัวเชื้อที่ใส่มีผลทำให้คีเฟอร์ที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 มีปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก น้ำตาลแลคโตส และความเป็นกรดสูงกว่า ในขณะที่คีเฟอร์ที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 5 มีปริมาณเชื้อยีสต์ แบคทีเรียสร้างกรดอะซิติก และความหนืดสูงกว่า ส่วนปริมาณไขมันทั้งหมดและปริมาณของแข็ง (dry matter) นั้นใกล้เคียงกันในทั้ง 2 ความเข้มข้น และการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสนั้นมีการยอมรับได้สูงสุดในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา

Wszolek และคณะ (2001) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของคีเฟอร์ที่ผลิตในประเทศสกอตแลนด์และโปแลนด์ โดยผลิตจากนมวัว (Bovine) นมแกะ (Caprine) และนมแกะ (Ovine) ที่ใส่หัวเชื้อแตกต่างกัน วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี พบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีนทั้งหมด คาร์โบไฮเดรต เถ้า และไขมัน ประมาณ 106 - 149, 29 - 64, 38 - 47, 7 - 11, 31 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกและยีสต์พบมากทั้งในคีเฟอร์ที่เพิ่งหมักเสร็จและคีเฟอร์ที่ถูกแช่เย็นไว้ ยกเว้นบางสายพันธุ์ที่ลดลงประมาณ 1 log cycle ในระหว่างการเก็บรักษา 12 วัน ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์โคลิฟอร์มเมื่อเจือจาง 10^{-1} เท่า เมทาบอลิซึมของจุลินทรีย์ ปริมาณกรดไขมันอิสระ ไดอะเซติล และเอทธานอล ขึ้นอยู่กับชนิดของนมที่นำมาผลิต นอกจากนี้ปริมาณกรดไขมันอิสระและไดอะเซติลยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เก็บรักษาด้วย ความแข็งตัวของผลิตภัณฑ์มีผลมาจากชนิดของนมที่นำมาผลิต โดยผลิตภัณฑ์จากนมแกะ (Ovine) มีความแข็งมากกว่าผลิตภัณฑ์จากนมวัว (Bovine) และนมแกะ (Caprine) ตามลำดับ ลักษณะทางประสาทสัมผัสขึ้นอยู่กับชนิดของนมที่นำมาผลิต และระยะเวลาที่เก็บรักษา ได้แก่ การแยกตัวของส่วนใส ลักษณะสีขาวคล้ายชอล์ค ความรู้สึกในปาก และความเหลว แม้ว่าจะมีความยากลำบากในการเปรียบเทียบผลระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องปฏิบัติการของโปแลนด์และสกอตแลนด์ ผลสรุปรวมของทั้งสองเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือ ชนิดของน้ำนมที่นำมาผลิตมีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้มากกว่าหัวเชื้อที่ใช้

Gambelli และคณะ (1999) ศึกษาสารอาหารที่เป็นประโยชน์และส่วนผสมต่างๆที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีขายอยู่ในประเทศอิตาลี ซึ่งขณะนี้มีความต้องการบริโภคนมหมักในปริมาณมาก ได้แก่ นมผง น้ำตาล ผลไม้ และน้ำผลไม้ ขณะที่เชื้อจุลินทรีย์นั้นมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ โดยสารอาหารต่างๆ เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด กรดอะมิโน แร่ธาตุ วิตามินเอ วิตามินอี และคลอเรสเตอรอล จะพบในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมหมักทั้งแบบธรรมดาและแบบผสมสารปรุงแต่ง และควอร์ตชีสทั้งชนิดธรรมดาและผสมผลไม้ การศึกษานี้พบว่าผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดต่างๆ โดยเฉพาะชนิดที่ไม่ผสมสารปรุงแต่งกลิ่นรสมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ในปริมาณที่สูง

Guzel และคณะ (2000) ศึกษาหาปริมาณกรดอินทรีย์และสารประกอบให้กลิ่นรสในคีเฟอร์ในระหว่างการหมัก โดยสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 0, 5, 10, 15, และ 22 ชั่วโมง ในระหว่างการหมัก(พีเอชสุดท้าย คือ 4.6) ตัวอย่างจะถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณกรดออโรติก ซิตริก ไพรูวิก ยูริก แลคติก อะซิติก บิวทิริก โพรพิโอนิก และฮิพพิริก โดยใช้วิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณอะซิทัลดีไฮด์ เอทานอล อะซีโตอิน และไดอะซีทัล ใช้เทคนิคการแยกแบบ Gas Chromatography (GC) แบบหัวอ่านอัตโนมัติ พบว่าระดับของกรดออโรติก ซิตริก และไพรูวิก ลดลงเล็กน้อยในระหว่างการหมัก ส่วนกรดฮิพพิริกจะถูกใช้หมดไปภายใน 15 ชั่วโมง ไม่พบกรดอะซิติก โพรพิโอนิก บิวทิริก และไดอะซีทัล และเริ่มมีการผลิตเอทานอลเมื่อหมักเพียง 5 ชั่วโมง ในขณะที่ปริมาณอะซิทัลดีไฮด์และ อะซีโตอินนั้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นในระหว่างการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

1. น้ำนมข้าวโพดสายพันธุ์อินทรีย์ 2 จากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ ไร่สุวรรณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. นมโค ยูเอชที ผลิตจากโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตลดา
3. นมผงขาดมันเนย (skim milk) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทคาร์เท่ แดรี่เวิร์ค
4. ผงเชื้อคีเฟอร์ จากบริษัท Wilderness Family Naturals Lot. 4110208923
5. เจลาติน ชนิดFood grade จากบริษัทนิวทริชั่น

3.1.2 อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก ของบริษัท Sartorius รุ่น BP 221S
2. ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar Flow) ของบริษัท ISSCO รุ่น BVT 123
3. ตู้บ่มเชื้อ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (Incubator) ของบริษัท SHEL LAB รุ่น 2020
4. ตู้บ่มเชื้อ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ของบริษัท Memmert
5. ตู้บ่มเชื้อ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ของบริษัท Binder รุ่น control E2 (สามเหลี่ยม)
6. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
7. เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ของบริษัท BEC THAI รุ่น Cyberscan 2000^{pH}
8. เครื่องวัดสี ของบริษัท Minolta รุ่น CR-300
9. ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet apparatus) ของบริษัท BUCHI รุ่น 810
10. ชุดเครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน (Macro – Kjeldahl) ของบริษัท Gerhardt รุ่น Vapodest 30
11. เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสอาหาร (Texture analyzer) ของบริษัท LLOYD Instruments รุ่น TA Plus
12. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Auto clave) ของบริษัท Tomy รุ่น SS-325
13. เตาเผาเถ้า (Hotspot Furnace) ของบริษัท GALLENKAMP รุ่น Hotspot
14. ไมโครเวฟ (Microwave Ovens) ของบริษัท SHARP รุ่น 40 Million
15. ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (Hot air oven) ของบริษัท Memmert รุ่น 600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส (Hot air oven) ของบริษัท Binder รุ่น WTC
17. ตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ของบริษัท Intercool รุ่น Sander Intercool

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของวัตถุดิบ

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีของวัตถุดิบ ได้แก่ เมล็ดข้าวโพด น้ำนมข้าวโพด และน้ำนมโค โดยคุณลักษณะที่วิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (สำหรับวิเคราะห์เมล็ดข้าวโพด) หรือปริมาณของแข็งทั้งหมด (สำหรับวิเคราะห์น้ำนมข้าวโพดและน้ำนมโค), ปริมาณโปรตีนโดยใช้ Kjeldahl method และปริมาณไขมันโดยใช้ Soxhlet method (สำหรับวิเคราะห์เมล็ดข้าวโพด) และ Ether extraction method (สำหรับวิเคราะห์น้ำนมข้าวโพดและน้ำนมโค) ตาม AOAC (2000)

3.2.2 การเตรียมหัวเชื้อ (Activated stater)

การศึกษาครั้งนี้ใช้เชื้อผงสำเร็จรูปจากบริษัท Wilderness Family Naturals Lot. 4110208923 ทำการกระตุ้นหัวเชื้อโดยใช้น้ำนมโคยูเอชที รสจืด จากโครงการสวนจิตรลดา มาให้ความร้อนโดยการต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้โปรตีนเวย์เสียสภาพ และทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ทั้งหมด (Tamine and Robinson, 1999) จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส จึงใส่หัวเชื้อผงลงไปในอัตราส่วนหัวเชื้อผง 5 กรัมต่อน้ำนมโค 950 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะสังเกตเห็นชั้นหนาและมีกลิ่นเปรี้ยว จากนั้นนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ขณะที่แช่ตู้เย็นกระบวนหมักของจุลินทรีย์ยังมีอยู่แต่จะน้อยลง) หัวเชื้อคีเฟอร์ที่ได้จะใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตคีเฟอร์ในครั้งต่อไปได้ 7 ครั้ง ตามคู่มือการใช้หัวเชื้อคีเฟอร์ผงของบริษัท Wilderness Family Naturals โดยในคีเฟอร์จะประกอบด้วยแบคทีเรีย และยีสต์ที่ยังมีชีวิต

3.2.3 การศึกษาอัตราส่วนของน้ำนมข้าวโพดต่อนมโคที่มีผลต่อคุณภาพของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

เตรียมคีเฟอร์โดยนำน้ำนมโค น้ำนมโคผสมน้ำนมข้าวโพดในอัตราส่วนน้ำนมโคต่อน้ำนมข้าวโพด เท่ากับ 2:1, 1:1, 1:2 และน้ำนมข้าวโพดอย่างเดียว (ซึ่งเป็นการลดสัดส่วนของน้ำนมโคลงทีละส่วนและนำน้ำนมข้าวโพดมาใช้ทดแทน) ผสมกับนมผงพร่องมันเนยให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 16 ได้สูตรการผลิต 5 สูตร (สูตร 1-5 ตามลำดับ) แสดงดังตารางที่ 8 โดยให้สูตรที่ 1 ซึ่งทำจากน้ำนมโคอย่างเดียวเป็นชุดควบคุม (positive control) จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแบบ high pasteurization ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้โปรตีนเวย์เสียสภาพ และทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ทั้งหมด (Tamine and Robinson, 1999) จากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิ้งให้เย็นลงจนกระทั่งอุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส ใส่หัวเชื้อลงไปร้อยละ 3 โดยปริมาตร คนหัวเชื้อให้เข้ากับน้ำนม จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส สุ่มเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ปริมาณยีสต์ และคุณลักษณะทางเคมี ได้แก่ พีเอช และปริมาณกรดทั้งหมด ตามวิธี AOAC (2000) เมื่อพีเอชลดลงถึง 4.5 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สี โดยใช้เครื่อง Minolta CR – 300 ปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ด (syneresis) และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสอาหาร (Texture Analyzer) ของบริษัท LLOYD Instruments รุ่น TA Plus โดยใช้หัววัดแบบ cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที กำหนดให้หัวโพรบกดลงไปในตัวอย่างร้อยละ 50 กำหนดค่า Trigger 0.005 นิวตัน โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ บันทึกค่าความแข็ง (hardness), ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (cohesiveness), ค่าการคืนตัวกลับ (springiness), ค่าการเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness), และค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยาง (gumminess) แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Science) version 11.0 วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 8 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร

ส่วนผสมที่ใช้	สูตรการผลิต				
	สูตร 1 (ชุดควบคุม)	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
น้ำนมโค (ร้อยละโดยปริมาตร)	95.7	63.13	47.1	31.23	-
น้ำนมข้าวโพด (ร้อยละโดยปริมาตร)	-	31.57	47.1	62.47	92.7
นมผงขาดมันเนย (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร)	4.3	5.3	5.8	6.37	7.3

3.2.4 การศึกษาผลของปริมาณหัวเชื้อต่อคุณภาพของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

นำคีเฟอร์ที่มีลักษณะดีที่สุดจากข้อ 3.2.3 มาทดลองหาปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสม โดยทดสอบที่ความเข้มข้นของหัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5 (โดยปริมาตร) ทำได้โดยนำน้ำนมข้าวโพดและนมโคในอัตราส่วนที่เหมาะสมดังกล่าว ไปให้ความร้อนโดยการต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาที ทิ้งให้เย็นลงจนอุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส ใส่หัวเชื้อลงไป คนหัวเชื้อให้เข้ากับน้ำนม จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างทุกๆ 4 ชั่วโมง นำมาตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ โดยวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3 เมื่อพีเอชลดลงถึง 4.5 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3 และทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ชอบรับประทานผลิตภัณฑ์นมหมักจำนวน 25 คน โดยวิธี Hedonic scale โดยให้คะแนนตามลำดับความชอบตั้งแต่ 9-1 โดยคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความเปรี้ยว ความหวาน ปริมาณแอลกอฮอล์ และความชอบโดยรวม โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.0 วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2.5 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการบ่มต่อคุณภาพของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

นำคีเฟอร์ที่มีลักษณะดีที่สุดจากข้อ 3.2.4 มาทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบ่ม โดยทดสอบที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิปกติที่ใช้ในขบวนการผลิตคีเฟอร์), 30 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้องของประเทศไทยโดยเฉลี่ย) และ 42 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิที่ใช้ในขบวนการผลิตโยเกิร์ต) ทำได้โดยนำน้ำนมข้าวโพดและนมโคในอัตราส่วนที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.3 ไปให้ความร้อนด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นลงจนอุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส ใส่หัวเชื้อปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.4 คนหัวเชื้อให้เข้ากับน้ำนม จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิดังกล่าวโดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 ชั่วโมง นำมาตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ โดยวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3 เมื่อพีเอชลดลงถึง 4.5 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3 และทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ชอบรับประทานผลิตภัณฑ์นมหมักจำนวน 25 คน โดยวิธี Hedonic scale โดยให้คะแนนตามลำดับความชอบตั้งแต่ 9-1 โดยคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความเปรี้ยว ความหวาน และความชอบโดยรวมโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.0 วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2.6 การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดโดยใช้เจลาติน

นำคีเฟอร์ที่มีลักษณะดีที่สุดจากข้อ 3.2.5 มาปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเจลาตินในปริมาณที่เหมาะสม โดยศึกษาที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำได้โดยนำน้ำนมข้าวโพดและนมโคในอัตราส่วนที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.3 เติมเจลาติน แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นลงจนอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 32 องศาเซลเซียส ใส่หัวเชื้อปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.4 คนหัวเชื้อให้เข้ากับน้ำนม จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.5 โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 ชั่วโมง นำมาตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ โดยวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3 เมื่อพีเอชลดลงถึง 4.5 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3 และทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ชอบรับประทานผลิตภัณฑ์นมหมักจำนวน 25 คน โดยวิธี Hedonic scale โดยให้คะแนนตามลำดับความชอบตั้งแต่ 9-1 โดยคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความเปรี้ยว ความหวาน และความชอบโดยรวมโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.0 วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2.7 การวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุง

นำผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว มาวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1 คุณลักษณะทางกายภาพเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3 และคุณลักษณะทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ยีสต์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *Escherichia coli* โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของวัตถุดิบ

จากการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีของเมล็ดข้าวโพด น้ำนมข้าวโพด และน้ำนมโค พบว่า ขั้นตอนการผลิตน้ำนมข้าวโพดจากเมล็ดข้าวโพด ซึ่งต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อน และแยกส่วนที่เป็นจมูกข้าวโพดออกไป ทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันจากร้อยละ 14.27 และ 7.61 ลดลงเป็น 11.6 และ 3.85 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 9 ซึ่งสอดคล้องกับนวลนภา (2546) ที่ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีของเมล็ดข้าวโพดและน้ำนมข้าวโพด โดยใช้ข้าวโพดหวาน 3 สายพันธุ์คือ เอทีเอส-2, ไฮบริด-10 และเอทีเอส-5 พบว่าเมล็ดข้าวโพดมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 13.76, 12.97 และ 13.72 ตามลำดับ และมีปริมาณไขมันร้อยละ 5.72, 7.31 และ 6.81 ตามลำดับ และพบว่าเมล็ดข้าวโพดมีปริมาณโปรตีน และไขมันมากกว่าน้ำนมข้าวโพด

ส่วนปริมาณของแข็งในน้ำนมข้าวโพดและน้ำนมโคก็จะนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณของแข็งในส่วนผสมเพื่อผลิตคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 9 คุณลักษณะทางเคมีของเมล็ดข้าวโพด น้ำนมข้าวโพด และน้ำนมโค

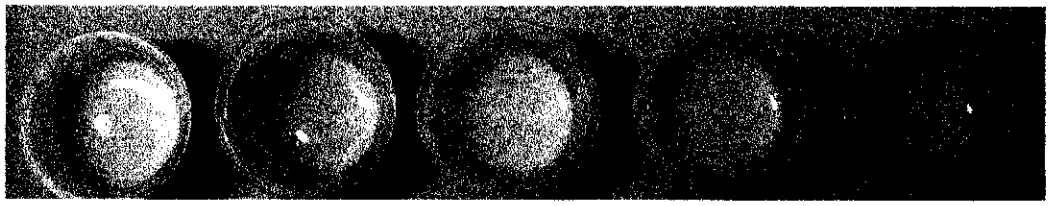
วัตถุดิบ	คุณลักษณะทางเคมี			
	ปริมาณของแข็งทั้งหมด(ร้อยละ)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)
เมล็ดข้าวโพด	-	76.59	14.27	7.61
น้ำนมข้าวโพด	9.5	-	11.6	3.85
น้ำนมโค	12.32	-	3.6	3.75

4.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนของน้ำนมข้าวโพดต่อน้ำนมโคที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

จากการทดลองเตรียมผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดโดยนำน้ำนมโคอย่างเดียว น้ำนมโคผสมน้ำนมข้าวโพดในอัตราส่วนน้ำนมโคต่อน้ำนมข้าวโพด เท่ากับ 2:1, 1:1, 1:2 และน้ำนมข้าวโพดอย่างเดียว ได้สูตรการผลิต 5 สูตร แสดงดังตารางที่ 8 โดยมีชุดควบคุม คือ ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์จากน้ำนมโค (สูตรที่ 1) ได้ผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพที่ 11 โดยทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส สี และปริมาณน้ำที่แยกตัวออกจากเคิร์ด ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียสร้างกรดแลคติค และยีสต์ และคุณลักษณะทางเคมี ได้แก่ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมด ได้ผลการทดลองดังนี้



สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 4 สูตรที่ 5

ภาพที่ 11 ลักษณะผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสอาหาร (texture analyzer) ได้ค่าจากการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 10 ได้แก่

ค่าความแข็ง (Hardness) ซึ่งหมายถึง แรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเกิดการเสียรูป ถ้าผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งมากแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงของเจลมากจึงต้องใช้แรงในการทำให้ตัวอย่างเกิดการเสียรูปมาก (Szezesniak and Kramer, 1973) พบว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมโคสูตรที่ 1 ซึ่งใช้เป็นชุดควบคุมมีค่าความแข็งมากที่สุดคือ 0.132342 N ซึ่งแตกต่างจากผลิตภัณฑ์สูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 2 และ 3 นั้นมีค่าความแข็งเท่ากับ 0.112923 และ 0.112642 N ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากสูตรที่ 4 ซึ่งมีความแข็งเท่ากับ 0.096553 N อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 5 ไม่สามารถวัดค่าความแข็งได้

ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness) คือ อัตราส่วนของพื้นที่ใต้กราฟที่มีค่าแรงเป็นบวกระหว่างการกดครั้งที่สองกับการกดครั้งแรก แสดงถึงความแข็งแกร่งของพันธะภายในของผลิตภัณฑ์ (Szezesniak and Kramer, 1973) พบว่าในผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมโคสูตรที่ 1 และผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.678171, 0.645487 และ 0.638092 N.mm. ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนในผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 4 และ 5 นั้นไม่สามารถวัดค่าได้

ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ (Springiness หรือ Elasticity) หมายถึง ขอบเขตหรือระดับความสามารถในการคืนตัวกลับมาเหมือนเดิมเมื่อมีการถอนแรงออกไปจากตัวอย่างอาหารที่ทำการทดสอบ (Szezesniak and Kramer, 1973) พบว่าในผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 14.614819 และ 14.496254 mm. ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากคีเฟอร์น้ำนมโค สูตรที่ 1 ซึ่งวัดได้ 13.752350 mm. ส่วนในผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตร 4 และ 5 นั้นไม่สามารถวัดค่าได้

ค่าการเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness) หมายถึง แรงที่ต้องใช้ในการทำให้อาหารที่เกาะติดอยู่ที่เพดานปากในระหว่างรับประทานอาหารหลุดออกมา หรือ หมายถึงงานที่ต้องการใช้ในการดึงอาหารออกมาจากพื้นผิวที่อาหารไปเกาะติด เช่น เพดานปาก (Szezesniak and Kramer, 1973) พบว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมโคสูตรที่ 1 มีค่าการเกาะติดพื้นผิวมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.002222 kgf.mm และแตกต่างจากผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 2 และ 3 นั้นมีค่าการเกาะติดพื้นผิวเท่ากับ -0.00023 และ -0.00026 kgf.mm ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 4 และ 5 นั้นไม่สามารถวัดค่าการเกาะติดพื้นผิวได้

ค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยาง (Gumminess) หมายถึง พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างอาหารที่เป็นกึ่งของแข็ง (semisolid) ในอัตราการเคี้ยวที่คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้ ค่านี้จะบ่งบอกความเหนียวแน่นที่คงมีอยู่ในอาหารกึ่งของแข็งตลอดการเคี้ยว (Szezesniak and Kramer, 1973) พบว่าในผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมโคสูตรที่ 1 และผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 8.699317, 7.780305 และ 7.335578 gf. ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนในผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 4 และ 5 นั้นไม่สามารถวัดค่าได้

การที่แต่ละสูตรมีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน แม้ว่าจะมีการปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดในส่วนผสมให้มีค่าเท่ากันทุกสูตร เนื่องจากแต่ละสูตรมีการใช้น้ำนมโค และนมผงในปริมาณที่แตกต่างกัน กล่าวคือ สูตรที่มีการใช้น้ำนมโคและนมผงในปริมาณมากกว่าจะมีปริมาณโปรตีนเคซีนมากกว่าเช่นกัน ซึ่งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมหมัก สอดคล้องกับการทดลองของนวลนภา (2546) ที่ศึกษาพบว่าโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพดที่ผสมนมผงในปริมาณแตกต่างกันจะมีความหนืดแตกต่างกัน และ Tamine and Deeth (1980) ที่กล่าวว่า ปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้การเกิดเจลของคีเฟอร์ยังมีผลมาจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีของนม โดยแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกจะใช้น้ำตาลแลคโตสในน้ำนมเป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตและทำการหมักได้กรดแลคติก และกรดแลคติกที่สร้างขึ้นเรื่อยๆนี้จะสลายสภาพความคงตัวของอนุภาคเคซีน (casein micelle) และทำให้สารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนในน้ำนมสูญเสียสภาพธรรมชาติไป เกิดการรวมตัวกันของอนุภาคเคซีน และ/หรือ กลุ่มของ micelle ย่อยๆเข้าด้วยกันและเกิดการตกตะกอนบางส่วน ในขณะที่ค่าพีเอชใกล้จุด isoelectric คือค่าพีเอชระหว่าง 4.6-4.7 ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างแอลฟา-แลคตัมบูมิน กับบีตา-แลคโตโกลบูลิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่ในน้ำนมกับเคซีน ทำให้เกิดอนุภาคเคซีนที่คงตัวมากขึ้น ดังนั้นร่างแหของเจลที่ประกอบด้วยโครงที่แน่นอนนี้ จึงสามารถจับองค์ประกอบอื่นๆที่มีอยู่ในส่วนผสมที่ใช้เตรียมคีเฟอร์รวมทั้งน้ำให้อยู่ในโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่มีการผสมนมโคในปริมาณมากจึงมีความแข็งแรงของเจลมากขึ้นตามไปด้วย จึงต้องใช้แรงที่ทำให้ตัวอย่างเกิดการเสียรูปมาก ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์จึงมากขึ้นด้วย ส่วนสูตรที่ 4 ซึ่งผสมนมโคในปริมาณน้อยและสูตรที่ 5 ซึ่งไม่มีการผสมนมโคลงไปในส่วนผสมเลย จึงมีลักษณะเคิร์ดที่เหลวมากจนไม่สามารถวัดค่าต่างๆได้

ผลการวิเคราะห์ค่าสี ได้แก่ ค่า L*, a*, b* (ค่า L* เป็น ค่าความสว่างมีค่าเริ่มตั้งแต่ 100 จนถึง 0) ถ้าค่า L* มีค่ามากแสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมาก และมีสีค่อนไปทางสีขาว (ค่าสีเท่ากับ 100) แต่ถ้าค่า L* มีค่าน้อยแสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำค่อนไปทางสีดำ (ค่าสีเท่ากับ 0) พบว่าในผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมโคสูตรที่ 1 มีความสว่างมากที่สุดแตกต่างจากผลิตภัณฑ์สูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เนื่องจากไม่มีส่วนผสมของน้ำนมข้าวโพดเลย รองลงมาเป็นสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ เนื่องจากมีส่วนผสมของน้ำนมโคน้อยลงตามลำดับ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างลดลง เช่นเดียวกับการทดลองของนวลนภา (2546) ที่พบว่าโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพดที่มีการผสมนมผงมากขึ้นจะมีค่าความสว่างมากขึ้นตามไปด้วย ส่วนค่า a* และ b* เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสี ถ้าค่า a* มีค่ามากและมีค่าเป็นบวกแสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีสีค่อนไปทางสีแดง แต่ถ้าค่า a* มีค่าน้อยและค่าติดลบแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสีค่อนไปทางสีเขียว ส่วนค่า b* ถ้ามีค่ามากและมีค่าเป็นบวกแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสีค่อนไปทางสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* มีค่าน้อยและมีค่าติดลบแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสีค่อนไปทางสีน้ำเงิน พบว่าในผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 5 มีสีเหลืองมากที่สุดแตกต่างจากผลิตภัณฑ์สูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เนื่องจากไม่มีส่วนผสมของน้ำนมโคเลย รองลงมาคือผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 4 , 3, 2 และ 1 ตามลำดับ เนื่องจากมีส่วนผสมของน้ำนมข้าวโพดน้อยลงตามลำดับ ทำให้มีสีเหลืองน้อยลง โดยค่า L*, a* และ b* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมโคสูตรที่ 1 (ชุดควบคุม) และผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 2 , 3, 4 และ5 แสดงดังตารางที่ 11

ผลการวัดปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ดเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมโคสูตรที่ 1 และผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 แสดงดังตารางที่ 11

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ยีสต์ ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมด ในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ทั้ง 5 สูตร พบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ยีสต์ ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมด ในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ทั้ง 5 สูตร มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน โดยที่เวลา 0 ชั่วโมง จำนวนเชื้อแบคทีเรียสร้างกรด แลคติกเริ่มต้นประมาณ 10^6 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ปริมาณเชื้อยีสต์เริ่มต้นประมาณ 10^4 โคโลนีต่อมิลลิลิตร พีเอชเริ่มต้นมีค่าอยู่ในช่วง 6.087-6.217 และปริมาณกรดทั้งหมดเริ่มต้นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.301-0.361 เมื่อหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปริมาณเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 10^8 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ปริมาณเชื้อยีสต์เพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 10^5 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ค่าพีเอชลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลือประมาณ 4.31-4.46 และปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.174-1.380 แสดงดังภาพที่ 12 และ 13

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญของเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก และเชื้อยีสต์กับระยะเวลาในการหมัก พบว่าแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วง 0-12 ชั่วโมงแรก และค่อนข้างคงที่ในช่วง 12-24 ชั่วโมง เนื่องจากแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกมีคุณสมบัติไวต่อพีเอชที่ต่ำ (Garrote และคณะ,1998) ทำให้ช่วงหลังแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกมีการเจริญเติบโตต่ำมาก ส่วนปริมาณเชื้อยีสต์ค่อนข้างคงที่ในช่วง 0-12 ชั่วโมงแรก และเจริญเติบโตเร็วขึ้นในช่วง 12-24 ชั่วโมง สอดคล้องกับนภา (2534) ที่กล่าวว่า แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกจะมีการเจริญก่อน จากนั้นยีสต์จึงมีการเจริญตามมา เนื่องจากยีสต์ที่พบส่วนใหญ่เป็นพวกที่ไม่สามารถใช้น้ำตาลแลคโตสในน้ำนมได้จึงต้องอาศัยสารอาหารที่สังเคราะห์โดยแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก ในขณะที่แบคทีเรียสร้างกรดแลคติกต้องพึ่งสารเสริมการเจริญเติบโต (growth factor) ที่สลายจากเซลล์ยีสต์ที่ตายแล้ว โดยมีหลักฐานการทดลองสนับสนุนในเรื่องนี้ กล่าวคือพบว่าแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกที่แยกจากคีเฟอร์เกรนจะเจริญได้ดีในน้ำนมก็ต่อเมื่อต้องเติมสารที่สกัดจากเซลล์ของยีสต์

โดยการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกนั้นจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดทั้งหมด ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 0-12 ชั่วโมงแรก และค่อนข้างคงที่ในช่วง 12-24 ชั่วโมง และสัมพันธ์กับค่าพีเอชที่ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 0-12 ชั่วโมงแรก และค่อนข้างคงที่ในช่วง 12-24 ชั่วโมงเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของสุลัยมาน (2547) ซึ่งศึกษาการหมักคีเฟอร์ในน้ำนมข้าวยาคู น้ำนมข้าวโพด และน้ำนมถั่วเหลือง พบว่าค่าพีเอชและปริมาณกรดแลคติกจะแปรผกผันกัน โดยแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกจะผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมให้เปลี่ยนเป็นกรดแลคติก โดยกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้น้ำนมมีค่าพีเอชลดลง

จึงพิจารณาสูตรที่ 2 และ 3 ในการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโพด เนื่องจากมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีรองจากชุดควบคุม และไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สูตรที่ 2 มีส่วนผสมของนมโคมาก จึงทำให้สีของส่วนผสมมีสีเหลืองน้อยลง กลายเป็นสีขาวครีมมากขึ้น ซึ่งอาจไม่เป็นที่ยอมรับ (สมชาย และคณะ, 2539) เนื่องจากความเข้มข้นของสีมีผลต่อการยอมรับทางด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์นมหมักรสผลไม้โดยที่ความเข้มของสีมากจะทำให้การยอมรับทางด้านกลิ่นรสมากตามไปด้วย (Calvo และคณะ, 2001) ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 3 มีค่าการแยกตัวของน้ำออกจากเคิร์ดน้อยกว่า มีสีออกเหลืองมากกว่า และมีการใช้น้ำนมข้าวโพดเป็นส่วนผสมในการผลิตมากกว่าสูตรที่ 2 ดังนั้นเพื่อเลือกอัตราส่วนที่สามารถผลิตเป็นคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดให้เกิดเคิร์ตที่ดีที่สุด โดยใช้น้ำนมข้าวโพดปริมาณมากที่สุด จึงเลือกใช้สูตรที่ 3 ในการทดลองขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร

สูตร	ลักษณะเนื้อสัมผัส				
	Hardness (N)	Cohesiveness (N.mm)	Springiness (mm)	Adhesiveness (kgf.mm)	Gumminess (gf)
1 (ชุดควบคุม)	0.132342 [a]	0.645487 [ns]	13.752350 [b]	0.002222 [a]	8.699317 [ns]
2	0.112923 [b]	0.638092 [ns]	14.614819 [a]	-0.00023 [b]	7.335578 [ns]
3	0.112642 [b]	0.678171 [ns]	14.496254 [a]	-0.00026 [b]	7.780305 [ns]
4	0.096553 [c]	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-

หมายเหตุ 1. ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

2. ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

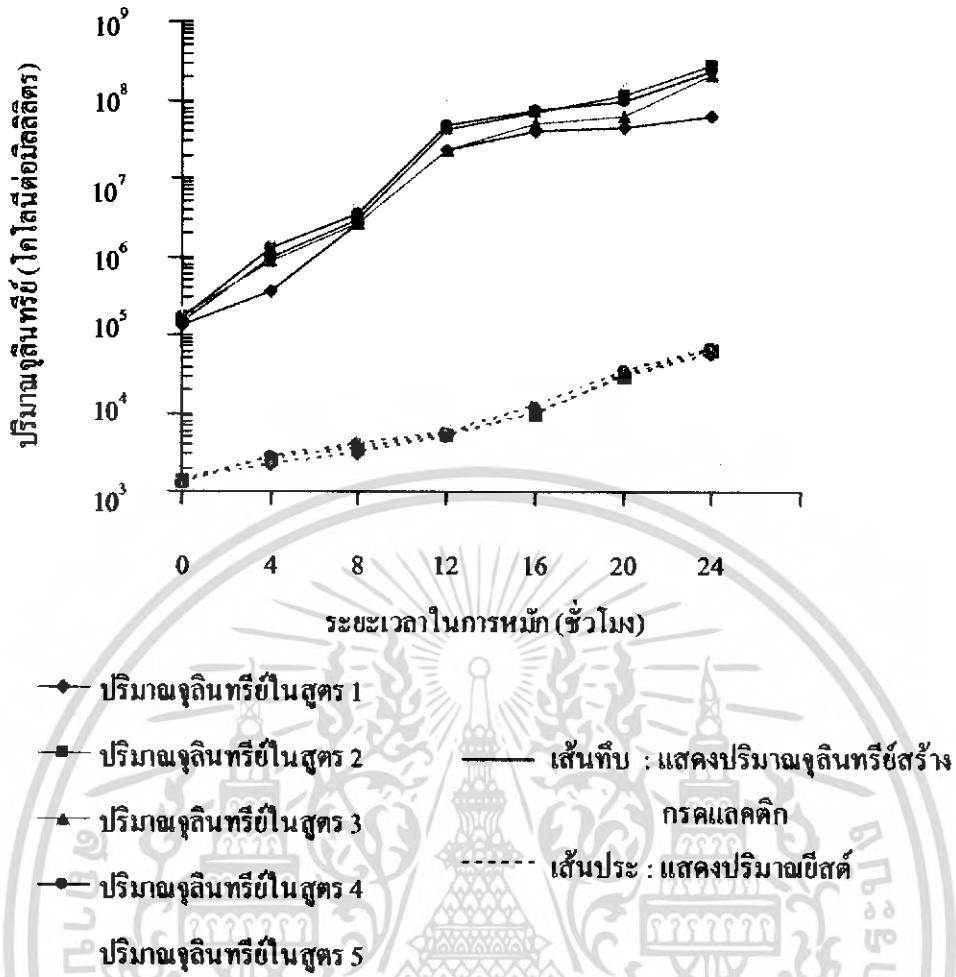
3. - หมายถึง ค่าที่ไม่สามารถวัดได้

ตารางที่ 11 ค่าสี และปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ด(syneresis) ของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร

สูตร	ค่าสี			ค่า syneresis (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
	L*	a*	b*	
1 (ชุดควบคุม)	81.397 [a]	-2.353 [a]	+8.097 [e]	28.178 [b]
2	79.143 [b]	-3.390 [c]	+13.940 [d]	32.982 [c]
3	77.750 [c]	-3.720 [a]	+16.320 [c]	30.471 [cb]
4	74.703 [d]	-4.847 [b]	+20.297 [b]	26.272 [b]
5	73.710 [e]	-5.030 [b]	+21.567 [a]	11.929 [a]

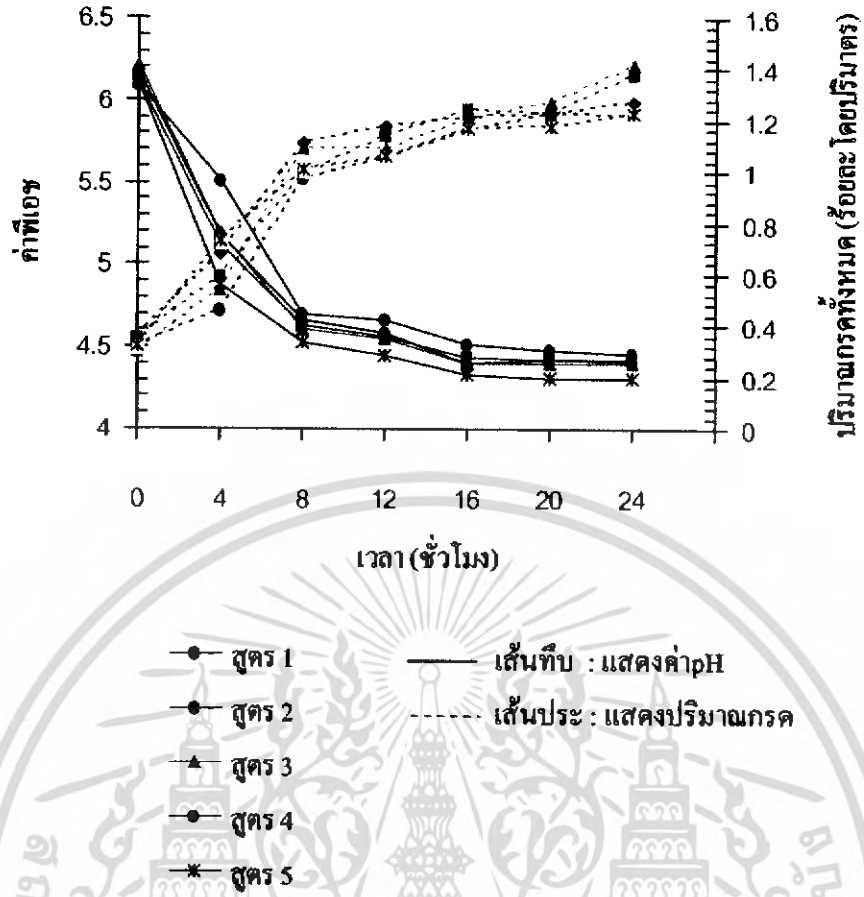
หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกและยีสต์กับระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

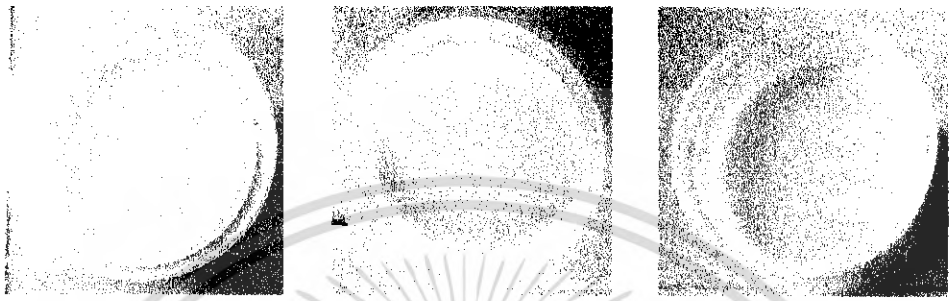


ภาพที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดกับระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวไพดทั้ง 5 สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาผลของปริมาณหัวเชื้อต่อคุณภาพของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

จากการนำผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 3 (น้ำนมโคต่อน้ำนมข้าวโพด เท่ากับ 1:1) มาทดลองหาปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสม โดยทดสอบที่ความเข้มข้นของหัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5 (โดยปริมาตร) ได้ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด แสดงดังภาพที่ 14 และทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ จุลินทรีย์ และเคมี เช่นเดียวกับข้อ 4.2



ร้อยละ 1 ร้อยละ 3 ร้อยละ 5

ภาพที่ 14 ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ5

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดโดยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสอาหาร แสดงดังตารางที่ 12 ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 มีค่าความแข็งมากที่สุดคือ 0.1500 N ซึ่งแตกต่างจากผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 3 และ 5 มีค่าความแข็งเท่ากับ 0.1129 และ 0.1104 N ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ความสามารถในการเกาะตัวรวมกันของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) คือมีค่าเท่ากับ 0.6829 และ 0.6381 N.mm ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 5 ซึ่งวัดได้ 0.4276 N.mm.

ความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 19.1319 mm. แตกต่างจากผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 3 และ 5 มีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 14.6874 และ 14.6148 mm. ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

การเกาะติดพื้นผิวของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 มีค่ามากที่สุด คือ -0.000061 kgf.mm รองลงมาคือผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ -0.000130 kgf.mm โดยผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 และร้อยละ 5 มีค่าการเกาะติดพื้นผิวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อร้อยละ 3 มีค่าการเกาะติดพื้นผิวน้อยที่สุดคือ -0.000231 kgf.mm ซึ่งแตกต่างจากผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ความเหนียวเป็นกาวหรือยางของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 มีค่าความเหนียวมากที่สุดคือ 10.4442 gf รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อใส่หัวเชื้อร้อยละ 3 มีค่าเท่ากับ 7.3356 gf ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อใส่หัวเชื้อร้อยละ 5 มีค่าความเหนียวน้อยที่สุดคือ 4.8456 gf

ผลการวัดสีของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5 มีค่า L*, a* และ b* แสดงดังตารางที่ 13 พบว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 5 มีความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 3 โดยผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 3 และ 5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 มีความสว่างน้อยที่สุดและแตกต่างจากผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่า b* ของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อทั้ง 3 ความเข้มข้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p > 0.05$)

ผลการวัดปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ดเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แสดงดังตารางที่ 13

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก และยีสต์ในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อทั้ง 3 ความเข้มข้น พบว่า ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 5 และ 3 มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกมากกว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 ในระยะเวลาที่เท่ากัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 5 และ 3 ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมากกว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 ในระยะเวลาที่เท่ากัน และสอดคล้องกับค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 5 และ 3 ที่ลดลงอย่างรวดเร็วและน้อยกว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 ในระยะเวลาที่เท่ากันตลอดระยะเวลาการหมัก แสดงดังภาพที่ 15 และ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5

ปริมาณหัวเชื้อ (ร้อยละโดยปริมาตร)	ลักษณะเนื้อสัมผัส				
	Hardness (N)	Cohesiveness (N.mm)	Springiness (mm)	Adhesiveness (kgf.mm)	Gumminess (gf)
1	0.150012 [a]	0.682988 [a]	19.131890 [a]	-0.000061 [a]	10.444161 [a]
3	0.112923 [b]	0.638020 [a]	14.614819 [b]	-0.000231 [b]	7.335578 [b]
5	0.110361 [b]	0.427634 [b]	14.687381 [b]	-0.000130 [ab]	4.845561 [c]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 13 ค่าสี และปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ด (syneresis) ของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5

ปริมาณหัวเชื้อ (ร้อยละโดยปริมาตร)	ค่าสี			ค่า syneresis (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
	L*	a*	b*	
1	77.167 [b]	-3.597 [a]	+16.277 [ns]	35.06 [ns]
3	77.800 [a]	-4.115 [b]	+16.975 [ns]	34.856 [ns]
5	77.835 [a]	-4.133 [b]	+17.030 [ns]	36.405 [ns]

หมายเหตุ 1. ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

2. ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

เมื่อนำผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อทั้ง 3 ความเข้มข้น มาทำการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ชอบรับประทานผลิตภัณฑ์นมหมักจำนวน 25 คน โดยวิธี Hedonic scale โดยให้คะแนนตามลำดับความชอบตั้งแต่ 9-1 โดยคุณลักษณะที่ทดสอบได้แก่ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความเปรี้ยว ความหวาน ปริมาณแอลกอฮอล์ และความชอบโดยรวม แสดงดังตารางที่ 14 พบว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อทั้ง 3 ความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาถึงด้านต้นทุนวัตถุดิบ จึงเลือกใช้หัวเชื้อร้อยละ 1 ในการทดลองขั้นต่อไป

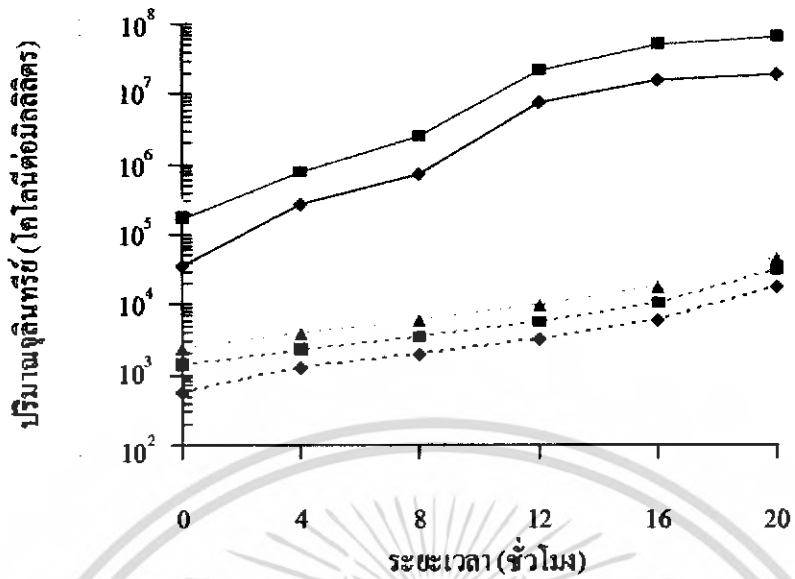
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5

หัวเชื้อ (ร้อยละโดยปริมาตร)	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ปริมาณแอลกอฮอล์	ความชอบโดยรวม
1	6.863 ^{ns}	5.909 ^{ns}	6.095 ^{ns}	5.682 ^{ns}	5.727 ^{ns}	4.933 ^{ns}	6.000 ^{ns}
3	7.000 ^{ns}	6.182 ^{ns}	6.048 ^{ns}	6.455 ^{ns}	5.955 ^{ns}	5.000 ^{ns}	6.727 ^{ns}
5	7.000 ^{ns}	5.773 ^{ns}	6.095 ^{ns}	6.136 ^{ns}	6.091 ^{ns}	4.933 ^{ns}	6.591 ^{ns}

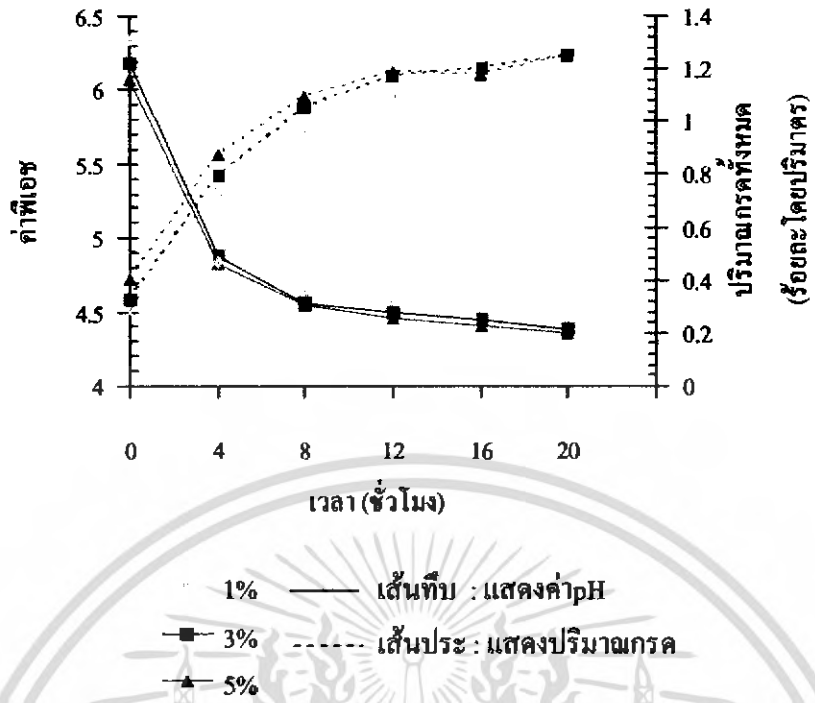
หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกและยีสต์กับระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

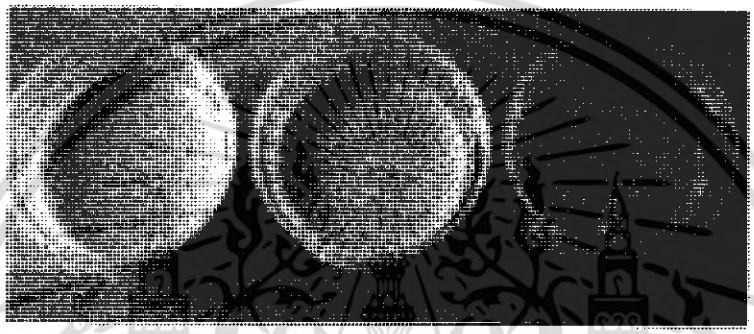


ภาพที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดกับระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิในการบ่มต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

จากการเตรียมผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดโดยใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 มาทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด โดยทำการบ่มที่ 3 อุณหภูมิ คือ อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิปกติที่ใช้ในการหมักดีเฟอร์ (ใช้เป็นชุดควบคุม), อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิห้องโดยเฉลี่ยในประเทศไทย และอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักโยเกิร์ต ได้ผลิตภัณฑ์ แสดงดังภาพที่ 17 แล้วทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ จุลินทรีย์และเคมี เช่นเดียวกับข้อ 4.2



22 องศาเซลเซียส 30 องศาเซลเซียส 42 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 17 ผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ42 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร แสดงดังตารางที่ 15 ซึ่งได้แก่ ค่าความแข็ง พบว่าผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งมากที่สุดคือ 0.154511 N.mm รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 0.150012 N.mm ซึ่งผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 30 และ 22 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งน้อยที่สุดคือ 0.146990 N.mm ซึ่งแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ความสามารถในการเกาะตัวรวมกันของผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียสมีค่าเท่ากับ 0.682988, 0.663466 และ 0.627976 N.mm ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส เท่ากับ 19.131890, 19.138530 และ 19.235278 mm. ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

การเกาะติดพื้นผิวของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส เท่ากับ 1.960257 , 1.962839 และ 1.778252 kgf.mm. ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ความเหนียวเป็นกาวหรือยางของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส เท่ากับ 10.444161, 10.455829 และ 9.427912 gf ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ผลการวัดสีของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส มีค่า L*, a* และ b* แสดงดังตารางที่ 16

ผลการวัดปริมาณน้ำที่แยกตัวออกจากเคิร์ดเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 16

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก และยีสต์ในระหว่างการหมัก พบว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกมากกว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22 และ 42 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในเวลาที่เท่ากัน ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22 และ 42 องศาเซลเซียสตามลำดับ และสัมพันธ์กับค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ลดลงอย่างรวดเร็วกว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22 และ 42 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสมีค่าพีเอชลดลงถึง 4.5 เร็วกว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22 และ 42 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยใช้เวลาเพียง 12 ชั่วโมง แสดงดังภาพที่ 18 และ 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก (องศาเซลเซียส)	ลักษณะเนื้อสัมผัส				
	Hardness (N)	Cohesiveness (N.mm)	Springiness (mm)	Adhesiveness (kgf.mm)	Gumminess (gf)
22	0.150012 ^{ab}	0.682988 ^{ns}	19.131890 ^{ns}	1.960257 ^{ns}	10.444161 ^{ns}
30	0.154511 ^{a}	0.663466 ^{ns}	19.138530 ^{ns}	1.962839 ^{ns}	10.455829 ^{ns}
42	0.146990 ^{b}	0.627976 ^{ns}	19.235278 ^{ns}	1.778252 ^{ns}	9.427912 ^{ns}

หมายเหตุ 1. ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

2. ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 16 ค่าสี และปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ด (syneresis) ของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก (องศาเซลเซียส)	ค่าสี			ค่า syneresis (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
	L*	a*	b*	
22	77.133 ^{b}	-4.343 ^{a}	17.297 ^{b}	15.324 ^{b}
30	77.500 ^{a}	-4.250 ^{a}	17.240 ^{b}	13.876 ^{ab}
42	75.550 ^{c}	-4.780 ^{b}	19.043 ^{a}	12.651 ^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

การที่ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส มีกลิ่นบูดเน่า และเกิดฟองที่บริเวณผิวหน้า แสดงดังภาพที่ 17 เนื่องจากที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์หัวเชื้อคีเฟอร์ จึงทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูง เจริญขึ้นมาแทน เช่น พวก *Bacillus thermophilus* และ *Bacillus cereus* โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้จัดเป็นพวก aerobic spore forming ที่ทนอุณหภูมิสูงมาก (เอกชัย, 2539) ดังนั้นผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่จะนำมาทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสได้จึงมีเพียงผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22 และ 30 องศาเซลเซียส เท่านั้น แสดงดังตารางที่ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

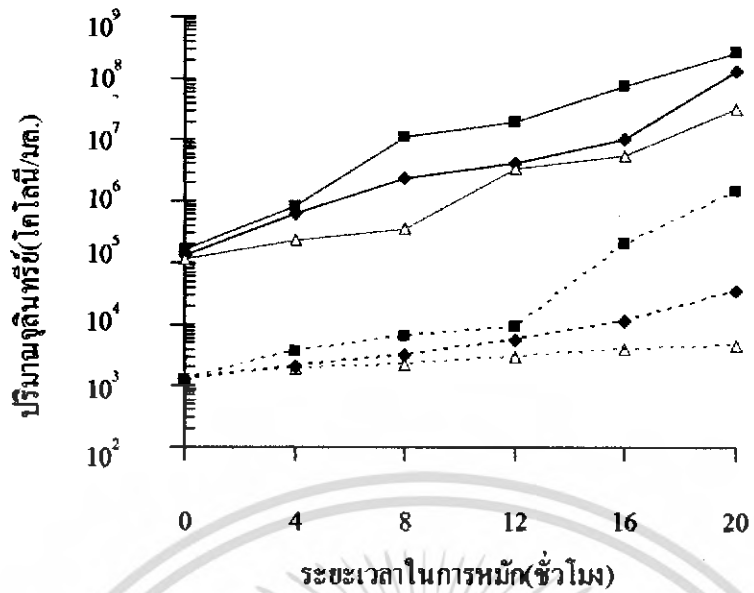
ตารางที่ 17 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก (องศาเซลเซียส)	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
22	7.13	5	5.79	5.66	5.375	5.75
30	7.5	6.13	6.04	5.71	5.33	6.08
42	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ - หมายถึง ค่าที่ไม่สามารถวัดได้

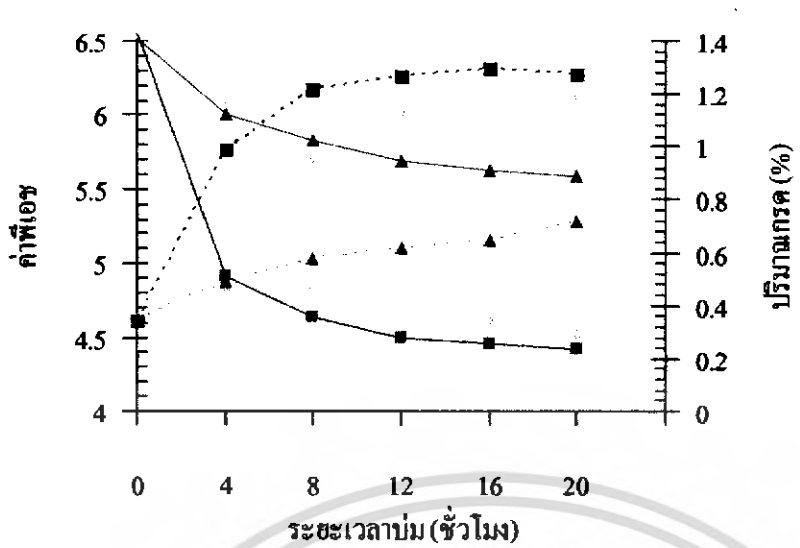
เนื่องจากปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ดของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22 และ 30 องศาเซลเซียสไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสใช้เวลาในการหมักจนพีเอชลดลงถึง 4.5 เพียง 12 ชั่วโมง ซึ่งน้อยกว่าการหมักที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียสที่ต้องใช้ถึงเวลา 20 ชั่วโมง รวมทั้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิห้องของประเทศไทยโดยเฉลี่ยจึงประหยัดพลังงานในการควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากไม่ต้องใช้พลังงานสูงในการลดอุณหภูมิจนถึง 22 องศาเซลเซียส และเมื่อนำผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และที่ 30 องศาเซลเซียสไปทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ยังพบว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสได้รับคะแนนความชอบมากกว่าที่ 22 องศาเซลเซียสอีกด้วย จึงเลือกอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในการผลิตคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดในขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกและยีสต์กับระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดกับระยะเวลาในการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่อุณหภูมิ 22, 30 และ42 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดโดยใช้เจลาติน

จากการเตรียมผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 3 โดยใส่หัวเชื้อร้อยละ 1 และใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในการหมัก มาปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเจลาตินในปริมาณที่เหมาะสม โดยทดสอบที่ปริมาณเจลาตินร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) แล้วทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ จุลินทรีย์ และเคมี เช่นเดียวกับข้อ 4.2

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร แสดงดังตารางที่ 18 ซึ่งได้แก่ ค่าความแข็ง พบว่า ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 1.0 มีค่ามากที่สุดคือ 0.267060 N แตกต่างจากร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติตราดัชชี่ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือโยเกิร์ตรสธรรมชาติตราดัชชี่วัดได้ 0.195810 N ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.3 มีค่าความแข็งน้อยที่สุดคือ 0.122682 N ซึ่งไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.5 และ 0.7 อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.122780 และ 0.137986 N ตามลำดับ จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับการเพิ่มปริมาณเจลาติน พบว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดจะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้น ถ้าค่าความแข็งมากแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งแรงของเจลมากจึงต้องใช้แรงในการทำให้ตัวอย่างเกิดการเสียรูปมากด้วย โดยค่าความแข็งแรงของเจลจะขึ้นอยู่กับปริมาณเจลาติน ความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้น (Pye, 1997)

ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกันของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7, 1 และโยเกิร์ตรสธรรมชาติ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ใช้เจลาตินร้อยละ 0.7, 1, 0.5 และ 0.3 คือ 0.719250, 0.670009, 0.639661 และ 0.623775 N.mm ตามลำดับ

ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.3 มีค่ามากที่สุดคือ 14.216198 mm รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.5 ซึ่งวัดได้ 14.039743 mm โดยผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.3 และ 0.5 มีค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.7 ซึ่งวัดได้ 13.585820 mm โดยผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.5 และ 0.7 มีค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติตราดัชชี่ ซึ่งวัดได้ 13.253166 mm โดยผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติตราดัชชี่ และผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.7 มีค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 1.0 มีค่าความยืดหยุ่นน้อยที่สุดคือ 12.923465 mm โดยผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 1.0 และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติตราดัชชี่ มีค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการเกาะติดพื้นในผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใช้เจลาตินร้อยละ 1.0 มีค่ามากที่สุด คือ 0.027285 kgf.mm และแตกต่างจากร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติตราดัชชี่ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติตราดัชชี่ซึ่งวัดได้ 0.015683 kgf.mm ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใช้เจลาตินร้อยละ 0.3 มีค่าการเกาะติดพื้นผิวน้อยที่สุดคือ 0.000044 kgf.mm ซึ่งไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใช้เจลาตินร้อยละ 0.5 และ 0.7 อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.000341 และ 0.002851 kgf.mm ตามลำดับ

ค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยางในผลิตภัณฑ์คีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพดที่ใช้เจลาตินร้อยละ 1.0 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 18.099277 gf และแตกต่างจากร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติตราดัชชี่ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติตรา ดัชชี่ ซึ่งวัดได้ 14.195528 gf ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพดที่ใช้เจลาตินร้อยละ 0.5 มีค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยางน้อยที่สุดคือ 7.988424 gf ซึ่งไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์คีเฟอร์จากน้ำนมข้าวโพดที่ใช้เจลาตินร้อยละ 0.3 และ 0.7 นั้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 8.184296 และ 10.154712 gf ตามลำดับ

ตารางที่ 18 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด เมื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเจลาตินร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0

ปริมาณเจลาติน (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร)	ลักษณะเนื้อสัมผัส				
	Hardness (N)	Cohesiveness (N.mm)	Springiness (mm)	Adhesiveness (kgf/mm.)	Gumminess (gf)
โยเกิร์ตรสธรรมชาติ*	0.195810^{b}	0.711112^{ns}	13.253166^{cd}	0.015683^{b}	14.195528^{b}
0.3	0.122682^{c}	0.623775^{ns}	14.216198^{a}	0.000044^{c}	8.184296^{c}
0.5	0.122780^{c}	0.639661^{ns}	14.039743^{ab}	0.000341^{c}	7.988424^{c}
0.7	0.137986^{c}	0.719250^{ns}	13.585820^{bc}	0.002851^{c}	10.154712^{c}
1.0	0.267060^{a}	0.670009^{ns}	12.923465^{d}	0.027285^{a}	18.099277^{a}

หมายเหตุ 1. ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

2. ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

3. * หมายถึง โยเกิร์ตรสธรรมชาติ ตราดัชชี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดค่าสีในผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7, 1.0 และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติตราดัชชี่ แสดงดังตารางที่ 19

ผลปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ดของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7, 1.0 และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสธรรมชาติตราดัชชี่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) โดยปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ดจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเจลาตินที่ใช้ แสดงดังตารางที่ 19

จากการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเจลาตินร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 โดยวิธี Hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ชอบรับประทานผลิตภัณฑ์นมหมักจำนวน 25 คน ให้คะแนนตามลำดับความชอบตั้งแต่ 9-1 คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความเปรี้ยว ความหวาน และความชอบโดยรวม แสดงดังตารางที่ 20 โดยพบว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.5 มีความชอบโดยรวมมากที่สุดคือ 6.48 รองลงมาคือผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.3 และ 0.7 ซึ่งมีความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.48 และ 6.28 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.5, 0.3 และ 0.7 มีความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.5$) ส่วนผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 1.0 มีความชอบโดยรวมน้อยที่สุดคือ 5.56 ซึ่งไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 ค่าสี และปริมาณน้ำที่แยกออกจากเคิร์ด (syneresis) ของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดเมื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสด้วยเจลาตินร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0

ปริมาณเจลาติน (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร)	สี			ค่า syneresis (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
	L*	a*	b*	
โยเกิร์ตรสธรรมชาติ*	-	-	-	31.567[c]
0.3	75.80[a]	-3.45[a]	20.99[b]	16.767[d]
0.5	75.42[b]	-3.63[ab]	21.53[ab]	11.186[c]
0.7	75.53[ab]	-3.74[b]	21.81[a]	5.466[b]
1.0	75.73[ab]	-3.75[b]	22.06[a]	0.413[a]

หมายเหตุ 1. ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

2. * หมายถึง โยเกิร์ตรสธรรมชาติ ตราดัชชี่

3. - หมายถึง ไม่ได้วัดค่าเนื่องจากเป็นโยเกิร์ตรสธรรมชาติ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบสีกับคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดได้

แม้ว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 0.3 และ 0.5 จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสและการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อคำนึงถึงต้นทุนวัตถุดิบ จึงควรเลือกใช้ปริมาณเจลาตินร้อยละ 0.3 ในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

ดังนั้นปริมาณเจลาตินที่เหมาะสมที่ใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด คือ ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เช่นเดียวกับการทดลองของจุฑามาศ (2540) ที่ศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตจากถั่วลิสง พบว่าการใช้เจลาตินร้อยละ 0.3 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับมากที่สุด และกล่าวว่า สเตบิไลเซอร์ (stabilizer) เป็นส่วนที่ช่วยให้โยเกิร์ตมีความหนืดและคงตัว เนื่องจากสเตบิไลเซอร์เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ซึ่งแขวนลอยในน้ำนมโดยยึดเกาะกับผิวเม็ดไขมันนมด้วยหมู่ไฮโดรโฟบิก (hydrophobic group) และหมู่ไฮโดรฟิลิก (hydrophilic group) จะยึดเกาะกับส่วนที่เป็นน้ำ ซึ่งการยึดเกาะระหว่างเฟสทำให้เกิดการอุ้มน้ำและเกิดไฮเดรชัน โดยตัวอย่างของสเตบิไลเซอร์ เช่น เจลาติน (gelatin) จะใส่ในความเข้มข้น 0.3 – 0.5 เพื่อให้ได้โยเกิร์ตที่มีเนื้อละมุนละม่อม วาวใส หากใส่มากกว่าร้อยละ 35 จะทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะเป็นก้อนลิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 ผลการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเจลาตินร้อยละ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0

ปริมาณเจลาติน (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร)	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
0.3	6.88^{a}	6.44^{ns}	6.16^{ab}	6.24^{ns}	5.80^{ns}	6.48^{a}
0.5	7.16^{a}	5.96^{ns}	7.04^{a}	6.48^{ns}	6.16^{ns}	6.96^{a}
0.7	6.76^{ab}	6.00^{ns}	5.96^{b}	6.48^{ns}	6.04^{ns}	6.28^{ab}
1.0	6.16^{b}	5.84^{ns}	4.52^{c}	6.00^{ns}	6.08^{ns}	5.56^{b}

หมายเหตุ 1. ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

2. ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

3. * หมายถึง โยเกิร์ตรสธรรมชาติ ตราดัชชี่

4.6 การวิเคราะห์คุณลักษณะของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุง

จากการตรวจสอบลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ได้มีสีเหลืองอ่อน ผิวหน้าเรียบ เคิร์ดที่ได้มีความคงตัวสูง เนื้อข้น แน่น และเนียนดี กลิ่นรสดี แสดงดังภาพที่ 20 เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ได้ผลดังตารางที่ 21 โดยพบว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดมีปริมาณโปรตีนและไขมันลดลงจากวัตถุดิบ ซึ่งสอดคล้องกับวิลาวัลย์ (2536) ที่กล่าวว่า ในระหว่างการหมักโยเกิร์ตปริมาณแลคโตส โปรตีน ยูเรีย ไขมัน วิตามิน และกรดอินทรีย์บางชนิดจะลดลง

จากตารางที่ 21 พบว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดมีปริมาณโปรตีนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 46 ที่ได้กำหนดให้มีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก (ราชกิจจานุเบกษา. 2523) และในด้านคุณลักษณะทางจุลินทรีย์พบว่า มีปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก และยีสต์เท่ากับ 1.3×10^{6} และ 7.5×10^{4} โคโลนีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียน้อยกว่า 2 MPNต่อมิลลิลิตร และไม่พบแบคทีเรีย *E. coli* ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 46 ที่กำหนดว่าต้องไม่ตรวจพบ *E. coli* ในอาหาร 0.1 กรัม (ราชกิจจานุเบกษา. 2523)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 20 ลักษณะของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 21 คุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุง

คุณลักษณะที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้
คุณลักษณะทางเคมี	
พีเอช	4.52
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	1.18
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	20.18
ปริมาณโปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	4.43
ปริมาณไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	2.46
คุณลักษณะทางกายภาพ	
ค่าสี L*	75.80
a*	-3.45
b*	20.99
การแยกชั้นของน้ำ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	16.77
ลักษณะเนื้อสัมผัส	
Hardness (N)	0.122682
Cohesiveness (N.mm)	0.623775
Springiness (mm)	14.216198
Adhesiveness (kgf.mm)	0.000044
Gumminess (gf)	8.184296
คุณลักษณะทางจุลินทรีย์	
แบคทีเรียสร้างกรดแลคติก (โคโลนีต่อมิลลิลิตร)	1.3×10^{6}
ยีสต์ (โคโลนีต่อมิลลิลิตร)	7.5×10^{4}
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN ต่อมิลลิลิตร)	< 2
E. coli	ไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์คีเฟอร์ในรูปผงจากบริษัท Wilderness Family Naturals Lot. 4110208923 โดยใช้น้ำนมข้าวโพดจากสถาบันวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าวแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สายพันธุ์อินทรีย์ 2 จากไร่สุวรรณ มีขั้นตอนการต่างๆ ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ การศึกษาอัตราส่วนของน้ำนมข้าวโพดต่อนมโคที่มีผลต่อคุณภาพของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด การศึกษาผลของปริมาณหัวเชื้อต่อคุณภาพของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด การศึกษาผลของอุณหภูมิในการบ่มต่อคุณภาพของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด และการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดโดยใช้เจลาติน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ พบว่าจากขบวนการผลิตน้ำนมข้าวโพด เริ่มจากเมล็ดข้าวโพดเป็นน้ำนมข้าวโพด คุณค่าทางเคมีได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีน และไขมันลดลง เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตน้ำนมข้าวโพดมีการผ่านความร้อนและมีการกรองส่วนของเส้นใยบางส่วนออกไป
2. การศึกษาอัตราส่วนของน้ำนมข้าวโพดต่อนมโคที่มีผลต่อคุณภาพของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด พบว่าจากปัจจัยที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดจำนวน 5 สูตร การใช้นมโคต่อน้ำนมข้าวโพดในอัตราส่วน 1:1 และ 2:1 จะให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัส สี และการแยกชั้นของน้ำ ดีที่สุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 แต่เมื่อคำนึงถึงต้นทุนวัตถุดิบ จึงควรเลือกใช้อัตราส่วนของน้ำนมข้าวโพดต่อนมโค 1:1 ซึ่งใช้ปริมาณของนมโคน้อยกว่า
3. การศึกษาผลของปริมาณหัวเชื้อต่อคุณภาพของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 1 ดีที่สุดและแตกต่างกับปริมาณหัวเชื้ออื่นๆอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนการแยกชั้นของน้ำ และการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่เมื่อคำนึงถึงต้นทุนวัตถุดิบ จึงควรเลือกใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 1
4. การศึกษาผลของอุณหภูมิในการบ่มต่อคุณภาพของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด พบว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดตามสูตรที่เหมาะสม เมื่อนำมาหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ใช้ระเวลาเพียง 12 ชั่วโมง และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพโดยรวมที่ดี และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดโดยใช้เจลาตินพบว่าผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใช้ปริมาณเจลาตินร้อยละ 0.3 และ 0.5 มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่เมื่อคำนึงถึงต้นทุนวัตถุดิบ จึงควรเลือกใช้ปริมาณเจลาตินร้อยละ 0.3
6. การวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสามารถสรุปได้ดังนี้
   6.1 คุณลักษณะทางกายภาพได้แก่ค่าสีระบบ CIE L* a* b* เท่ากับ 75.42, -3.63 และ21.53 ตามลำดับ ค่าการแยกชั้นของน้ำ ร้อยละ 11.19 และลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง ค่าการเกาะติดพื้นผิว ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน และค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยาง เท่ากับ0.122780 N, 0.639661 N.mm, 14.039743 mm, 0.000341 kgf.mm และ 7.988424 gf ตามลำดับ
   6.2 คุณลักษณะทางเคมีได้แก่ ค่าพีเอชเท่ากับ 4.52 และปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 1.18 ปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีน และไขมัน เท่ากับ ร้อยละ 20.18, 4.43 และ 2.46 ตามลำดับ
   6.3 คุณลักษณะทางจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรียสร้างกรดแลคติก และยีสต์ เท่ากับ 1.3×10^{6} และ 7.5×10^{4} โคโลนีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ มีจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียน้อยกว่า 2 MPN ต่อมิลลิลิตร และไม่พบ *Escherichea coli* ในผลิตภัณฑ์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงวิธีการวัดค่าการแยกน้ำออกจากเคิร์ด เนื่องจากวิธีนี้ไม่เหมาะสมสำหรับการทดลองนี้ เพราะเกิดกากและตะกอนของข้าวโพดอุดตันบนกระดาษกรอง ซึ่งอาจทำให้ผลที่ได้ไม่ถูกต้อง อาจทำการปรับปรุงวิธีวิเคราะห์โดยใช้วิธีการตั้งทิ้งไว้และวัดปริมาณชั้นน้ำที่แยกออก
2. ในการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด ควรทำชุดควบคุมโดยใช้คีเฟอร์น้ำนมโคเพื่อเปรียบเทียบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์
3. ควรควบคุมกรรมวิธีในการผลิต เพื่อลดความคาดเคลื่อนของผลการทดลอง
4. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงชนิด และ ปริมาณของจุลินทรีย์ในหัวเชื้อเริ่มต้นและผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับการบ่มด้วยคีเฟอร์เกรน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2530. กระทรวงสาธารณะสุข. กรุงเทพฯ.

กำนิด สุภัณวงษ์. 2534. จุลชีวอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เกียรติ มีสถาน, จิตมณี วรรณ และแสนรักษ์ แอบู. 2543. การศึกษาปัจจัยของวัตถุดิบที่มีผลต่อ คุณภาพของน้ำนมข้าวโพด. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มประสบการณ์. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

จุฑามาศ เมฆมงคงชัย และอรอุมา ปักกะโล. 2540. ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากถั่วลิสง. ปัญหาพิเศษ ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชนาธิป ลอยกุลนันท์, นุชนาถ สุขมงคล และปรมาภรณ์ เกิดทรัพย์. 2541. การผลิตเครื่องดื่ม เลียนแบบนมจากเมล็ดข้าวโพด. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มประสบการณ์.จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, นพพงศ์ จุลจอหอ และฉัตร พงศ์บาลลา. ข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวพันธุ์อินทรีย์ 2 . ครบรอบ 10 ปี สถาบันอินทรีย์ จันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์.

ณิชาภัทร พลชาลี. 2546. การผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพดรสชาเขียว. ปัญหาพิเศษครุศาสตร์ อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ. 2540. ข้าวโพดหวาน: การปรับปรุงพันธุ์เพื่อการค้า. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: โอเอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์,.

ธารารัตน์ ศุภศิริ. 2548. Probiotic: แบคทีเรียเพื่อสุขภาพ. วารสารวิทยาศาสตร์. 53(6): 357-360.

นภา โลห์ทอง. 2534. กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: *ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*

นัยนา จิตรฐาน, มัณฑนา กลิ่นจันทร์ และศศิปภา บุญมีประเสริฐ. 2545. โยเกิร์ตถั่วเหลือง เสริมแคลซียม. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยี การเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นวลนภา อัคสินธวังกูร. 2546. การผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ราชกิจจานุเบกษา. 2529. เล่มที่ 103 ตอนที่ 38, น.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรืองศรี นราพงษ์. 2520. การศึกษาองค์ประกอบและสูตรที่เหมาะสมในการทำ corn-soy beverage. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลินจง สุขลำภู. 2547. ผลิตภัณฑ์นมหมัก (fermentation Milk Products). เอกสารประกอบการเรียนวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรนุช ครุฑโภไคย. 2526. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นสำหรับกระบวนการผลิตนมข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2545. เคมีอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วาทิต ใจมา. 2546. โยเกิร์ตผสมจากนมถั่วเหลืองและนมวัว. วิทยานิพนธ์ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาอุสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิลาวัลย์ เจริญจิระตระกูล. 2536. ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากจุลินทรีย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมควร ดีรัศมี. 2542. การปลูกข้าวโพด. เลิฟแอนด์ลิพเพลส, กรุงเทพฯ.

สมชาย ประภาวัต, อุตม กาญจนปกรณ์ชัย, มาลัย บุญรัตนกรกิจ, ช่อลัดดา เที่ยงพุก, สุรีย์พันธุ์ บุญวิสุทธิ์ และ สมศรี ภู่สีม่วง. 2539. การผลิตเครื่องดื่มข้าวโพดจากเมล็ดข้าวโพดหวานและซังข้าวโพด. กรุงเทพ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาภรณ์ มณีศรี และอัฏพล ศรีอรัญ. 2543. โยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุลัยมาน แวเมาะสะ. 2547. การศึกษาการหมักคีเฟอร์จากน้ำนมข้าวยาคู น้ำนมข้าวโพด และน้ำนมถั่วเหลือง. ปัญหาพิเศษครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เสาวนีย์ ธรรมสถิต. 2547. แบคทีเรียทางเทคโนโลยีชีวภาพ เซลล์และผลิตภัณฑ์ของเซลล์. นครปฐม, สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหิดล.

Alexander, D.E. and Creech. 1977. Breeding special industrial and nutritional types. *In* G.F. Sprague, ed. Corn and Corn Improvement. 2nd ed. The Amer. Soc. Agron., Madison, U.S.A.

Anonymous. 2000. Connors farm photo tour. Cornors Farm Annual, Available:3

AOAC. Official Method of Analysis: Food Composition; Additive; Natural Contaminants. 17th ed. Maryland, U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bemiller, J. N. and Whistler, R. L. 1996. Carbohydrates. Food Chemistry. pp. 157-223. *In O.R. Fennema*. 3rd ed. Dekker, New York.

Berg, J. C. T. van den. 1988. Dairy Technology in the Tropics and Suptropics. Netherlands: Pudoc wageningen.

Calvo, C., Salvador, A. and Fiszman, S. M. 2001. Influence of coclor intensity on the perception of color and sweetness in various fruit-flavored yoghurts. *Eur. Food Res. Technol* 213(2): 99-103

Combs, G. F. Jr. 1998. The Vitamins. 2nd ed., Academic Press, San Diego, CA.

Cruess, W. V. 1985. Commercial Fruit and Vegetable Products. 4th ed., McGrew-Hill Book Company., Inc., New York.

Dewanto, V.; Wu, X. and Liu, R. H. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agri. Food Chem.* 50: 4959-4964.

Gambelli, L., Manzi, P., Panfili, G., Vivanti, V., and Pizzoferrato, L. 1999. Constituents of nutritional relevance in fermented milk products commercialised in Italy. *Food Chemistry*. (66): 353–358.

Garrote, G., Abraham, A., and De Antoni, G. 1998. Characteristics of kefir prepared with different grain:milk ratios. *Journal of Dairy Research* (65): 149–154

Guzel-Seydim, Z. B., Seydim, A. C., Grenee, A. K., and Bodine, A. B. 2000. Determination of organic acids and volatile flavor substances in kefir during fermentation. *Journal Food Composition and Analysis*. (13): 35–43.

Humphries, J.M. and Khachik, F. 2003. Distribution of Lutein, Zeaxanthin and Related Geometrical Isomers in Fruit, Vegetables, Wheat, and Pasta Products. *J. Agri. Food Chem.* 51: 1322-1327.

Inglett, G.E. 1970. Kernel structure, composition, and quality. *In* Corn: culture, processing, products, pp. 123-150. G. E. Inlett, ed. The AVI publishing company, Inc., U. S. A.

Irigoyen, A., Ortigosa, M., Torre, P., and Ibanez, F. C. 2003. Influence of different technological parameters in the evolution of pH during fermentation in kefir. Milchwissenschaft. 11(12): 631–633.

Iwasawa, S.; Ueda. M.; Mitaya. N.; Hirota. T. and Ahiko. K. 1982. Identification and fermentation character of Kefir yeast. *Agri. Biol. Chem.* (46): 2631-2636.

Jugenmheimer, R. W. 1958. Hybrid maize breeding and seed production. Food and Agriculture Organization of United Nation, Rome.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kritchevsky, S. Tell, B. Shimakawa, T. Dennis, B. Li, R. Kohlmeier , L. Steere E.and Heiss G. 1998. Provitamin A carotenoids intake and carotid artery plaques: the atherosclerosis risk in communities study. Am. *J. Clin. Nutr.* 68: 726-733

Kurilich, A. C. and Juvik, J. A. 1999. Quantification of Carotenoid and Tocopherol Antioxidants in Zea mays. *J. Agri. Food Chem.* 47: 1948-1955.

La Riviere, J.W.M.: Kooiman, P. and Schidt, K. 1967. Kefiran, a novel polysaccharide produced in the kefir grain by Lactobacillus brevis *Arch. Microbiol.* (59): 269-278.

Luh, B. S. and Woodroof, J.G. 1975. Commercial Vegetables Processing. The AVI Publishing Co., Inc., Westport. Connecticut.

Macrae, R., Robinson, R.K. and Sadler, M.J. 1993. Encyclopaedia of Food Science. *Food Technology and Nutrition*, pp.1804-1808

Marcotte, M., Hoshahili, A.R.T. and Ramaswamy, H.S.. 2001. Rheological properties of selectedhydrocolloids as a function of concentration and temperature. **Food Res Int.** 34 : 695-703.

Marshall, V.M.; Cole, W.M. and Brooker, B.E. 1984. Observations on the structure of kefir grains and the distribution of the microflora. *J. Appl. Bacteriol.* (57): 491-497.

Moeller, S. M.; Jacques, P. F. and Blumberg, A. B. 2000. The potential of dietary xanthophylis in catalact and age-related macular degeneration. *J. Am. Coll. Nutr.* 19: 5225-5275.

Murcia, M. A., B. L. Ayerra, M. M. Tome, A. M. Vera and F. G. Carmona. 2000. Evaluation of ascorbic acid and peroxidase during industrial processing of broccoli. *J. Agr. Food Chem.* 80: 1882-1886.

Nakazawa, Yuji. and Hosono, A. 1992. Functions of fermented milk : challenges for the health sciences. London: Elsevier Applied Science.

Omueti, O., E. B. Oguntona, O. Jaiyeola and O. A. Ashaye. 2000. Nutritional evalution of home prepared soy-corn milk-a protein beverage. *Nutrition and Food Sci.* 30 (3): 128-132

Ostlund, R. E.; Racette S. B., Okeke A.and Stenson W. F.. 2002. Atherosclerpsis Supplement. 3(2): 177.

Palozza, P. and Krinsky, N. I. 1992. Antioxidant effects of carotenoids in vitro: An overview. *Methods Enzymol.* 213: 403-452.

Pukruspan, T.; Mitchell, H. L. and Grieg, J. K. 1977. Effects of stage of muturity on protein fractions of sweet corn cultivars. *J. Food Sci.* 42 (3): 851-852.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sayed, E. M. E.; Gacad, I. A. A. E. Murad, H. A. and S. H. Salah. 2002. Utilization of laboratory-produced xanthan gum in the manufacture of yogurt and soy yogurt. *Eur. Food Res. Technol.* 215(4): 298-304.

Shahidi, F. and Naczk, M. 1995. Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects, Applications. Technomic Publish, Lancaster, PA.

Simova, E.; Beshkova, D. and Angelov, A. 2001. Lactic acid bacteria and yeasts in kefir grains and kefir made from them, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology.* 2002 (28): 1–6.

Slavin, J. L.; Jacobs, D. and Marquart, L. 1997. Whole-grain consumption and chronic disease: protective mechanisms. *Nurt. Cancer.* 27(1): 14-21.

Stahl, W. and Sies, H. 1999. Carotenoids: Occurrnce, Biochemical Activity and Bioavailabitility. Antioxidant FoodmSupplements in Human Health. 183-201. In L. Packer, M. Hiramatsu, T. Yoshikawa, eds. Academic Press, San Diego, CA.

Tamine, A.Y. and Robinson, R.K. 1999. Yoghurt, Science and technology. Cambridge : Woodhead

Teknotext. 1995. Kefir. Dairy processing handbook. pp. 259.

Varnam, A. H. and Sutherland J. P.. 1994. Milk and Milk Products. London.: Chapman & Hall

Vall, V. M. Goicoechea, P. Muniz, G. T. Saez and J. R. Cabo. 2003. Effect of corn oil and vitamin E on the oxidation status of adipose tissue of adipose tissues and liver in rat. *Food Chem.* 81: 281-286.

Wszolek, M., Tamime, A. Y., Muir, D. D., and Barclay, M. N. Y. 2001. Properties of kefir made in Scotland and Poland using bovine, caprine, and ovine milk different starter cultures. Lebensmittel- Wiss Technology. (34): 251–261.

Younus, S.; Masud, T. and Aziz, T. 2002. Quality Evalution of market yoghurt/dahi. Paskistas. *J. Nutririon.* 1(5): 226-230.

http://users.chariot.net.au/~dna/kef/3-KG-WKG.jpg

http://user.rcn.com/.../BiologyPagess/Y/Yeast.html

http://www.edp24.co.uk/Content/Campaigns/Cred03/asp/why/Effects/effects133Farming.asp

http://www.greatlakesgelatin.com

http://www.magma.ca/~scimat/

http://www.mju.ac.th/fac-agr/hort/vegetable/gallery.asp

http://www.spr.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณสัดส่วนของส่วนผสมที่จะใช้ผลิตคีเฟอร์

เพื่อให้คีเฟอร์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีจึงมีการคำนวณให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณร้อยละ 15-16 (Tamine และ Robinson, 1999) ดังนั้นในการคำนวณหาสัดส่วนของส่วนผสมที่จะใช้ในการเตรียมคีเฟอร์ จึงคำนวณได้จากปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำนมข้าวโพด น้ำนมโค และนมผงที่ใช้เป็นวัตถุดิบ แสดงดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ปริมาณของแข็งทั้งหมดในวัตถุดิบและอัตราส่วนการผลิตต่างๆ

ชนิดวัตถุดิบ	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)
น้ำนมโค	12.3144
อัตราส่วนนมโคต่อนมข้าวโพดเท่ากับ 2:1	11.3848
อัตราส่วนนมโคต่อนมข้าวโพดเท่ากับ 1:1	10.9201
อัตราส่วนนมโคต่อนมข้าวโพดเท่ากับ 1:2	10.4553
น้ำนมข้าวโพด	9.5257
นมผงขาดมันเนย	98.2038

จากการหาปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำนมโค น้ำนมข้าวโพด นมผง และอัตราส่วนการผลิตต่างๆ *รวมทั้งปริมาณของแข็งทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ* สามารถนำมาคำนวณสัดส่วนของส่วนผสมในการผลิตคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 1 ถึง 5 ได้ดังนี้

1. การคำนวณสัดส่วนของส่วนผสมในการผลิตคีเฟอร์น้ำนมโคสูตรที่ 1

กำหนดให้ X = ปริมาณน้ำนมโคที่ต้องใช้

Y = ปริมาณนมผงขาดมันเนยที่ต้องใช้

ปริมาณของแข็งทั้งหมด : $0.123144\,X + 0.982038\,Y = 16$

ปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด : $X + Y = 100$

$Y = 100 - X$

(แทนค่า Y ลงในสมการปริมาณของแข็ง)

$$0.123144\,X + 0.982038\,(100 - X) = 16$$

$$(0.123144 - 0.982038)\,X = 16 - 98.2038$$

$$X = 95.71$$

$$Y = 4.29$$

ดังนั้น ในการผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมโคสูตรที่ 1 ให้มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 16 จะต้องใช้ น้ำนมโคประมาณร้อยละ 95.7 และนมผงขาดมันเนยประมาณร้อยละ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การคำนวณสัดส่วนของส่วนผสมในการผลิตคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 2

กำหนดให้ X = ปริมาณอัตราส่วนนมโคต่อนมข้าวโพดเท่ากับ 2:1ที่ต้องใช้

Y = ปริมาณนมผงขาดมันเนยที่ต้องใช้

ปริมาณของแข็งทั้งหมด : $0.113848\ X + 0.982038\ Y = 16$

ปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด : $X + Y = 100$

$Y = 100 - X$

(แทนค่า Y ลงในสมการปริมาณของแข็ง)

$$0.113848\ X + 0.982038\ (100 - X) = 16$$

$$(0.113848 - 0.982038)\ X = 16 - 98.2038$$

$$X = 94.68$$

$$Y = 5.32$$

ดังนั้น ในการผลิตผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 2 ให้มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 16 จะต้องใช้ปริมาณอัตราส่วนนมโคต่อนมข้าวโพดเท่ากับ 2:1 ประมาณร้อยละ 94.7 และนมผงขาดมันเนยประมาณร้อยละ 5.3

3. การคำนวณสัดส่วนของส่วนผสมในการผลิตคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 3

กำหนดให้ X = ปริมาณอัตราส่วนนมโคต่อนมข้าวโพดเท่ากับ 1:1ที่ต้องใช้

Y = ปริมาณนมผงขาดมันเนยที่ต้องใช้

ปริมาณของแข็งทั้งหมด : $0.109200\ X + 0.982038\ Y = 16$

ปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด : $X + Y = 100$

$Y = 100 - X$

(แทนค่า Y ลงในสมการปริมาณของแข็ง)

$$0.109200\ X + 0.982038\ (100 - X) = 16$$

$$(0.109200 - 0.982038)\ X = 16 - 98.2038$$

$$X = 94.18$$

$$Y = 5.82$$

ดังนั้น ในการผลิตผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 3 ให้มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 16 จะต้องใช้ปริมาณอัตราส่วนนมโคต่อนมข้าวโพดเท่ากับ 1:1 ประมาณร้อยละ 94.2 และนมผงขาดมันเนยประมาณร้อยละ 5.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การคำนวณสัดส่วนของส่วนผสมในการผลิตคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 4

กำหนดให้ X = ปริมาณอัตราส่วนนมโคต่อนมข้าวโพดเท่ากับ 1:2ที่ต้องใช้

Y = ปริมาณนมผงขาดมันเนยที่ต้องใช้

ปริมาณของแข็งทั้งหมด : $0.104553\ X + 0.982038\ Y = 16$

ปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด : $X + Y = 100$

$Y = 100 - X$

(แทนค่า Y ลงในสมการปริมาณของแข็ง)

$$0.104553\ X + 0.982038\ (100 - X) = 16$$

$$(0.104553 - 0.982038)\ X = 16 - 98.2038$$

$$X = 93.69$$

$$Y = 6.31$$

ดังนั้น ในการผลิตผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 4 ให้มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 16 จะต้องใช้ปริมาณอัตราส่วนนมโคต่อนมข้าวโพดเท่ากับ 1:2 ประมาณร้อยละ 93.7 และนมผงขาดมันเนยประมาณร้อยละ 6.3

5. การคำนวณสัดส่วนของส่วนผสมในการผลิตคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 5

กำหนดให้ X = ปริมาณน้ำนมข้าวโพดที่ต้องใช้

Y = ปริมาณนมผงขาดมันเนยที่ต้องใช้

ปริมาณของแข็งทั้งหมด : $0.095257\ X + 0.982038\ Y = 16$

ปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด : $X + Y = 100$

$Y = 100 - X$

(แทนค่า Y ลงในสมการปริมาณของแข็ง)

$$0.095257\ X + 0.982038\ (100 - X) = 16$$

$$(0.095257 - 0.982038)\ X = 16 - 98.2038$$

$$X = 92.71$$

$$Y = 7.29$$

ดังนั้น ในการผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดสูตรที่ 5 ให้มีของแข็งทั้งหมดร้อยละ 16 จะต้องใช้น้ำนมโคประมาณร้อยละ 92.7 และนมผงขาดมันเนยประมาณร้อยละ 7.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน วิเคราะห์ตาม AOAC (2000) โดยวิธี Macro – Kjeldahl

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในอาหาร สามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด คือ วิธีทางเคมี เพราะสามารถทำได้ง่าย อุปกรณ์ที่ใช้ราคาไม่สูงมากนัก และได้ผลที่มีความถูกต้องสูง

ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธีทางเคมี วิธีของ Kjeldahl เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ผู้ค้นพบวิธีนี้คือ Dane Johan Kjeldahl

หลักการวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธีนี้คือ การหาปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในโปรตีน เพราะโมเลกุลของโปรตีนจะมีกรดอะมิโน ซึ่งมีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจับต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ (peptide bond)

โปรตีนในอาหารแต่ละชนิดจะมีไนโตรเจนที่แตกต่างกัน ตามแต่กรดอะมิโนที่ประกอบกันเป็นโปรตีน ดังนั้นถ้าทราบปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในโปรตีนก็จะสามารถทราบโปรตีนได้ เพื่อเป็นการสะดวกในการเปลี่ยนแปลงไนโตเจนที่มีอยู่ในโปรตีนเป็นปริมาณโปรตีนนั้น จึงได้คำนวณออกมาเป็นค่าคงที่ หรือที่เรียกว่า Kjeldahl factor และค่าที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการวิเคราะห์อาหารคือ 6.25 C โดยทั่วไปโปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 16 ดังนั้นถ้าไนโตรเจน 1 กรัม จะมีโปรตีนมากถึง 100/16 = 6.25 กรัม

การใช้ Kjeldahl factor ขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่นำมาวิเคราะห์ ซึ่งมีกรดอะมิโนแตกต่างกัน ขั้นตอนการวิเคราะห์แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 การเตรียมสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

ใช้หลักการ sampling โดยน้ำหนักสารตัวอย่างที่ใช้ อยู่ในช่วง 0.5 – 2.0 กรัม

1.2 การย่อย (digestion)

วิธีการย่อย ชั่งตัวอย่างให้มีน้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5-2.0 กรัม ใส่ในหลอดย่อย เติมสารคอปเปอร์ซัลเฟต และไดโพแทสเซียมซัลเฟตในอัตราส่วน 1:1 แล้วเติมกรดซัลฟุริกเข้มข้นประมาณ 20 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ ตั้งหลอดย่อยบนหลุมเผา และสวมชุดดูดควันบนหลอดย่อย เปิดเครื่องย่อยที่อุณหภูมิประมาณ 520 องศาเซลเซียส ย่อยจนกระทั่งสารเปลี่ยนเป็นสารละลายสีเขียวหรือฟ้าใส แล้วตั้งทิ้งไว้ในให้เย็น

ขั้นตอนการย่อยนี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาลงไปด้วย เพื่อให้เกิดการย่อยได้ดีและเร็ว ที่นิยมใช้กันคือ เกลือของทองแดง (Cu), ปรอท (Hg), ซิลีเนียม (Se) หรือ เปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะต้องใช้คู่กับ K_2SO_4 หรือ Na_2SO_4 เพื่อช่วยให้จุดเดือดสูงขึ้น หรือเป็นตัวเพิ่มอุณหภูมิ ปฏิกิริยาการย่อยเป็นปฏิกิริยา wet oxidation ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังสมการ

$$RNH_2COOH + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + SO_2 + H_2O + CO_2$$

ผลจากปฏิกิริยาได้ $(NH4)_2SO_4$ ส่วน, SO_2, H_2O จะระเหยออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การกลั่น (Distillation)

เติมกรดบอริก 4 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ แล้วหยดสารละลายอินดิเคเตอร์เมทิลเรด (methyl red) หรือ อินดิเคเตอร์ผสมระหว่างเมทิลเรดกับบรอมครีซอลกรีน (bromcresolgreen) 2-3 หยด จนกระทั่งสารละลายมีสีชมพู นำไปวางที่ตำแหน่งในเครื่องกลั่น และเลื่อนฐานขึ้นให้ปลายแท่งแก้วจุ่มในสารละลาย ใส่หลอดย่อยในเครื่องกลั่นปิดตู้ และเปิดเครื่องตั้งค่าให้เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 60 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ตั้งเวลาที่ใช้ในการกลั่นประมาณ 350 วินาที เมื่อกลั่นเสร็จ สารละลายที่ได้จะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีฟ้าอมเขียว ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังสมการ

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow 2NH_3 + Na_2SO_4 + 2H_2O$$

$$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4OH$$

$$NH_4OH + H_3BO_3 \longrightarrow NH_4H_2BO_3 + H_2O$$

1.4 การไทเทรต

นำสารที่กลั่นได้ไปไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ ซึ่งได้สารละลายสีชมพู กรณีของแบลงก์ (Blank) ใช้วิธีเดียวกับตัวอย่าง

1.5 การคำนวณ

กรดซัลฟุริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จะทำปฏิกิริยาพอดีกับไนโตรเจน 0.0014 กรัม

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง D กรัม} = \frac{0.0014 \times A \times (B-C)}{0.1} \text{ กรัม}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง} = \frac{0.0014 \times A \times (B-C) \times 100}{0.1 \times D} \%$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่าง} = \frac{0.0014 \times A \times (B-C) \times 100 \times 6.25}{0.1 \times D} \%$$

เมื่อ A = ความเข้มข้นของกรดซัลฟุริก (นอร์มัล)

B = ปริมาณกรดซัลฟุริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

C = ปริมาณกรดซัลฟุริกที่ใช้ในการไทเทรตกับแบลงก์ (มิลลิลิตร)

D = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{0.0014 \times A \times (B-C) \times 100}{D \times 0.1}$$

เปอร์เซ็นต์โปรตีน = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน x 6.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด วิเคราะห์ตาม AOAC (2000)

อบถ้วยอลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง นำมาใส่ไว้ในเดสิเคเตอร์ ทิ้งให้เย็น แล้วจึงนำไปชั่งเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน บันทึกค่าไว้ จากนั้นชั่งตัวอย่างใส่ถ้วยอลูมิเนียมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน บันทึกค่าที่ได้ นำตัวอย่างไปอบพร้อมถ้วยอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำมาใส่เดสิเคเตอร์ ทิ้งให้เย็น แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก นำตัวอย่างไปอบซ้ำจนได้น้ำหนักที่คงที่

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(W_2-W) \times 100}{W_1-W}$$

กำหนดให้ W คือ น้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียม (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบแห้ง (กรัม)

3. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น วิเคราะห์ตาม AOAC (2000)

อบถ้วยอลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง นำมาใส่เดสิเคเตอร์ ทิ้งให้เย็น แล้วจึงนำไปชั่งเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน บันทึกค่าไว้ จากนั้นชั่งตัวอย่างในถ้วยอลูมิเนียมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน บันทึกค่าที่ได้ นำตัวอย่างไปอบพร้อมถ้วยอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำมาใส่เดสิเคเตอร์ ทิ้งให้เย็น แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก นำตัวอย่างไปอบซ้ำจนได้น้ำหนักที่คงที่

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(W_1-W_2) \times 100}{W_1-W}$$

กำหนดให้ W คือ น้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียม (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบแห้ง (กรัม)

4. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Titratable activity) วิเคราะห์ตาม AOAC (2000)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์จำนวน 30 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอฟธาลีนประมาณ 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน นำไปไทเทรดกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งถึงจุดยุติจะได้สารละลายสีชมพู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(N \times V_1 \times 90.8 \times 100)}{1000 \times V_2}$$

กำหนดให้ N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

V_1 คือปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาณของสารตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

5. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน วิเคราะห์ตาม AOAC (2000) โดยวิธี Ether extraction

เตรียมขวดระเหย โดยนำไปอบและหาน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นทำการสกัดไขมันโดยนำน้ำนมมาให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส จากนั้นนำนมใส่ลงในฟลาสก์ 10±0.1 กรัม เติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1.5 มิลลิลิตร หยดฟีนอฟทาลีน 3 หยด เติมแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงไป ปิดฝาเกลียว เขย่าเป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นเติมเอทิลอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ปิดฝาเกลียว เขย่าแรงๆเป็นเวลา 1 นาที ทำการเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ปิดฝาเกลียว เขย่าเป็นเวลา 1 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้จะเกิดการแยกชั้น จะสังเกตุเห็นสีชมพูในชั้นของน้ำ เทชั้นอีเทอร์ลงในขวดระเหย และนำชั้นน้ำมาทำการสกัดซ้ำ โดยเติมแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปิดฝาเกลียว เขย่าเป็นเวลา 15 วินาที เติมเอทิลอีเทอร์ 15 มิลลิลิตร ปิดฝาเกลียว เขย่าแรงๆ เป็นเวลา 1 นาที เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 15 มิลลิลิตร ปิดฝาเกลียว เขย่าเป็นเวลา 1 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้จะเกิดการแยกชั้น เทชั้นอีเทอร์ลงไปรวมในขวดระเหย เติมเอทิลอีเทอร์ 15 มิลลิลิตร ปิดฝาเกลียว เขย่าแรงๆ เป็นเวลา 1 นาที เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 15 มิลลิลิตร ปิดฝาเกลียว เขย่าเป็นเวลา 1 นาที ตั้งทิ้งไว้จะเกิดการแยกชั้น เทชั้นอีเทอร์ลงไปรวมในขวดระเหยและนำไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหย อบขวดระเหยพร้อมไขมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45-60 นาที ทิ้งให้เย็นในเดสิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักขวดระเหยพร้อมไขมันที่สกัดได้ ทำแบลงก์โดยใช้น้ำ 10 มิลลิลิตร แทนตัวอย่าง

$$\text{ไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{(B - A) - \text{น้ำหนักแบลงก์} \times 100}{W}$$

กำหนดให้ A คือ น้ำหนักขวดระเหย (กรัม)

B คือ น้ำหนักขวดระเหยและไขมันที่สกัดได้หลังอบ (กรัม)

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน วิเคราะห์ตาม AOAC (2000) โดยวิธี Soxlet method

เตรียมตัวอย่างโดยบดเมล็ดข้าวโพดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น นาน 2 นาที นำไปใส่ในถาดอลูมิเนียมฟอยด์ อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยโกร่ง จากนั้นชั่งนำหนักตัวอย่างประมาณ 3 กรัม บนกระดาษกรอง whatman No.1 และห่อให้มิดชิด จากนั้นนำมาใส่ลงในทิมเบิล (thimbles 26×60 mm.) แล้วนำทิมเบิลไปใส่ลงใน soxtec system HT โดยใช้ adepter สวม เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในถ้วยอลูมิเนียมที่นำไปอบและชั่งน้ำหนักแล้วประมาณ 50-75 มิลลิลิตร นำเข้าไปใน soxtec system HT พร้อมทั้งโยกคันโยกลง เลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง boiling และสกัดเป็นเวลา 15-20 นาที จากนั้นเลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง rinsing ทำการกลั้วเป็นเวลา 30-45 นาที จากนั้นระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์พร้อมกับปิด condensors valve และเปิดสวิทซ์ของอากาศ แล้วนำถ้วยอลูมิเนียมไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในเดสิเคเดอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณตามสูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{W}$$

โดย W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียม (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมและไขมันที่สกัดได้จากตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์การแยกชั้นของน้ำออกจากเคิร์ด (syneresis)

การแยกชั้นของน้ำออกจากเคิร์ด เป็นปริมาณน้ำที่แยกออกจากเนื้อคีเฟอร์ในเวลาที่กำหนดวิเคราะห์โดย ชั่งขวดรูปชมพู่และจดค่าน้ำหนักไว้ จากนั้นชั่งคีเฟอร์ให้มีน้ำหนักที่แน่นอนลงบนกระดาษกรอง (Whatman No.1) ซึ่งวางในกรวยแก้วบนขวดรูปชมพู่ จับเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำที่แยกจากเคิร์ดรวมอยู่ด้วย จดค่าไว้ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การแยกชั้นของน้ำออกจากเคิร์ด

$$\text{ค่าการแยกชั้นของน้ำออกจากเคิร์ด} = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{W}$$

โดย W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักขวดรูปชมพู่ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำที่แยกจากเคิร์ดรวมอยู่ด้วย (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวัดค่าสี L, a และ b โดยเครื่อง Minolta CR-300

2.1 วิธีการตั้งค่า

กดปุ่ม Index Set แล้วกดปุ่ม ขึ้นหน้าจอ ให้เลือก Light Source C หรือ D_{65} แล้วกดปุ่ม Enter

2.2 วิธีการ Calibrate เครื่อง Minolta CR-300

กดปุ่ม Calibrate หน้าจอจะขึ้นค่า Y..... x..... y..... ให้ใส่ค่าตรงกับแหล่งกำเนิดแสงที่เลือก คือ C หรือ D_{65} ตามค่าที่ให้มาในแผ่น White plate (ใช้ปุ่ม เพื่อเลื่อนตำแหน่งให้กับค่าที่จะใส่) เมื่อค่า Y..... x.....y..... ตรงกับแหล่งกำเนิดแสงที่เลือกแล้ว นำหัววัดวางบนแผ่น White plate แล้วกดปุ่ม measure (ที่หัววัดหรือที่เครื่อง) ไฟจะแฟลช 3 ครั้ง แสดงว่าเครื่องได้ Calibrate เรียบร้อยแล้ว กดปุ่ม Color Space select เพื่อให้หน้าจอขึ้นค่า Y..... x..... y..... เพื่อจะใช้ในการวัดสีต่อไป

2.3 การวัดสีตัวอย่าง

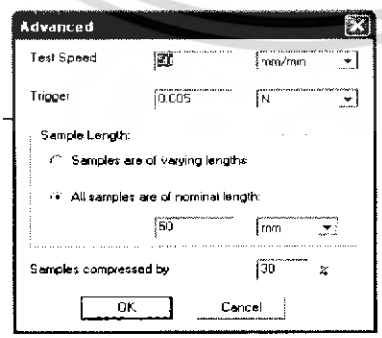
ใส่ตัวอย่างที่ต้องการวัดลงในถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่างขนาดเล็ก จากนั้นวางถ้วยบนหัววัด แล้วกดปุ่ม measure ค่าที่ได้จะปรากฏให้เห็นบนหน้าจอเครื่อง เป็นค่า L*, a* และ b*

3. การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเครื่อง Texture Analyzer

เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ตั้งค่าหัวเจาะให้เข้าใกล้ฐานมากที่สุด กดปุ่ม set zero เข้าโปรแกรม NEXYGEN Batch document

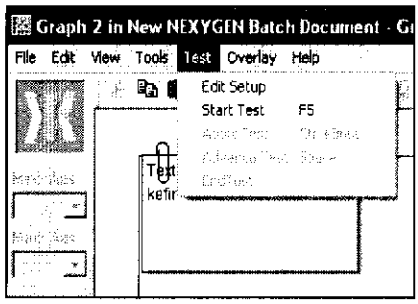
เลือก หัวข้อ Food 0kdoyhog]nvd Texture Analysis Setup (40/0617)

คลิกขวาเลือก advanced เพื่อตั้งค่า ดังนี้

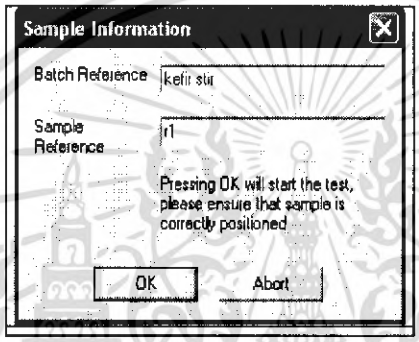


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลิก Test กด Start Test



ใส่ข้อมูลตัวอย่างที่ต้องการวัดค่า แล้วจึง คลิก OK



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกทั้งหมด

เจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85 จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม ปีเปตสารละลายที่ระดับวามเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ ทำการหลอมอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 45 – 50 องศาเซลเซียส มาทำ pour plate technique บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยเลือกนับเฉพาะที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25 – 250 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกในรูปโคโลนีต่อมิลลิลิตร

2. การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์

เจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85 จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม ปีเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ ทำการหลอมอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast Malt Extraxt agar (YM) และทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มาทำ pour plate technique บ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยเลือกนับเฉพาะที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนยีสต์ในรูปโคโลนีต่อมิลลิลิตร

3. การวิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (coliform bacteria)

3.1 การตรวจสอบขั้นต้น (presumptive test)

เจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.2) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว จนได้ระดับความเจือจาง 10^{-1}, 10^{-2} และ10^{-3} ตามลำดับ ปีเปตสารละลาย 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในอาหาร Laury Sulfate Tryptose broth (LST) โดยทำความเจือจางละ 3 หลอด บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง บันทึกจำนวนหลอดอาหาร LST ทั้งหมดที่เกิดก๊าซ แล้วเทียบตาราง MPN ค่าที่ได้คือ ปริมาณมากที่สุดของโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่อาจพบในตัวอย่างในการวิเคราะห์ขั้นต้น

3.2 การตรวจสอบขั้นยืนยัน (confirm test)

ถ่ายเชื้อจากอาหาร LST หลอดที่เป็นบวก (เกิดก๊าซภายใน 48 ± 1 ชั่วโมง) ทุกๆหลอด หลอดละ 1 ลูป ลงในอาหาร Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง บันทึกจำนวนหลอดอาหาร BGLB ทั้งหมดที่เกิดก๊าซ แล้วเทียบกับตาราง MPN ค่าที่ได้เป็นปริมาณที่ยืนยันว่าเป็นโคลิฟอร์มแบคทีเรียปริมาณมากที่สุดของโคลิฟอร์มแบคทีเรียโดยรายงานผลเป็น MPN ของโคลิฟอร์มแบคทีเรียต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การตรวจสอบขั้นสุดท้าย (complete test)

ถ่ายเชื้อจากอาหาร BGLB หลอดที่เป็นบวกไปทำ streak plate technique ให้เป็นโคโลนีเดี่ยวๆบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin Methylene Blue agar (EMB) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง สังเกตโคโลนีโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่ง *Escherichia coli* จะมีโคโลนีสีม่วงเข้มและมีผิวสีเขียวเป็นโลหะมันวาว (metallic sheet) ส่วน *Aerobacter aerogenes* โคโลนีจะมีสีชมพูอ่อน จากนั้นใช้เข็มเขี่ยเชื้อถ่ายโคโลนีที่เกิดขึ้นลงใน Plate Count Agar slant (PCA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำไปทดสอบทางชีวเคมีต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. DeMan, Rogosa, Sharp medium (MRS)

Peptose Protease	10	กรัม
Malt extract	8	กรัม
Yeast extract	4	กรัม
D(+)-Glucose	20	กรัม
Sodium acetate	5	กรัม
Tri-ammonium citrate	2	กรัม
K_2HPO_4	2	กรัม
MgSO4.7H2O	0.2	กรัม
MnSO4.H2O	0.05	กรัม
Polysorbate 80	1	มิลลิลิตร
Agar	20	กรัม

ละลายส่วนผสมทั้งหมด แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ปรับค่าพีเอชเป็น 6.2 ± 0.2 นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

2. Yeast extract agar (YM)

Yeast extract	3	กรัม
Malt extract	3	กรัม
Peptone	5	กรัม
Glucose	10	กรัม
Agar	20	กรัม

ละลายส่วนผสมทั้งหมด แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตรอปรับค่าพีเอชเป็น 5.5 นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

3. Lauryl Sulphate Tryptone broth (LST)

Tryptone	20	กรัม
Lactose	5	กรัม
NaCl	5	กรัม
K_2HPO_4	2.75	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KH_2PO_4	2.75	กรัม
Sodium lauryl sulphate	0.1	กรัม

ละลายส่วนผสมทั้งหมด แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ปรับค่าพีเอชเป็น 6.8 แบ่งใส่หลอดทดลอง หลอดละ 9 มิลลิลิตร พร้อมด้วยหลอดดักก๊าซ ปิดฝา นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

4. Eosin methylene blue agar (EMB)

Gelatin peptone	10	กรัม
Sucrose	5	กรัม
Eosin Y	0.4	กรัม
Agar	13.5	กรัม
Lactose	5	กรัม
K_2HPO_4	2	กรัม
Methylene blue	0.065	กรัม

ละลายส่วนผสมทั้งหมด แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ปรับค่าพีเอชเป็น 7.2 ± 0.2 นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

5. Brilliant green bile lactose broth (BGLB)

Peptone	10	กรัม
Lactose	10	กรัม
Ox bile	20	กรัม
Brilliant green	0.0133	กรัม

ละลายส่วนผสมทั้งหมด แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ปรับค่าพีเอชเป็น 7.4 แบ่งใส่หลอดทดลอง หลอดละ 9 มิลลิลิตร นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อในปริมาณร้อยละ 1, 3 และ 5

ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

คำแนะนำ กรุณาตอบแบบสอบถามดังต่อไปนี้โดยไม่ต้องคำนึงถึงความเหมือนหรือความแตกต่างจากโยเกิร์ตที่ทำจากน้ำนมโคในท้องตลาด โดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 9 – 1 โดย

ชอบมากที่สุด	ให้คะแนนเท่ากับ	9
ชอบมาก	ให้คะแนนเท่ากับ	8
ชอบปานกลาง	ให้คะแนนเท่ากับ	7
ชอบเล็กน้อย	ให้คะแนนเท่ากับ	6
เฉยๆ	ให้คะแนนเท่ากับ	5
ไม่ชอบเล็กน้อย	ให้คะแนนเท่ากับ	4
ไม่ชอบปานกลาง	ให้คะแนนเท่ากับ	3
ไม่ชอบมาก	ให้คะแนนเท่ากับ	2
ไม่ชอบมากที่สุด	ให้คะแนนเท่ากับ	1

กรุณาบ้วนปากหลังชิมทุกครั้ง

ลักษณะที่ทดสอบ	รหัสตัวอย่าง		
	____	____	____
สี	____	____	____
กลิ่น	____	____	____
ลักษณะเนื้อสัมผัส	____	____	____
ความเปรี้ยว	____	____	____
ความหวาน	____	____	____
ความชอบโดยรวม	____	____	____

ข้อเสนอแนะ _____

_____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่หมักที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

คำแนะนำ กรุณาตอบแบบสอบถามดังต่อไปนี้โดยไม่ต้องคำนึงถึงความเหมือนหรือความแตกต่างจากโยเกิร์ตที่ทำจากน้ำนมโคในท้องตลาด โดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 9 – 1 โดย

ชอบมากที่สุด	ให้คะแนนเท่ากับ	9
ชอบมาก	ให้คะแนนเท่ากับ	8
ชอบปานกลาง	ให้คะแนนเท่ากับ	7
ชอบเล็กน้อย	ให้คะแนนเท่ากับ	6
เฉยๆ	ให้คะแนนเท่ากับ	5
ไม่ชอบเล็กน้อย	ให้คะแนนเท่ากับ	4
ไม่ชอบปานกลาง	ให้คะแนนเท่ากับ	3
ไม่ชอบมาก	ให้คะแนนเท่ากับ	2
ไม่ชอบมากที่สุด	ให้คะแนนเท่ากับ	1

กรุณาบ้วนปากหลังชิมทุกครั้ง

ลักษณะที่ทดสอบ	รหัสตัวอย่าง		
	____	____	____
สี	____	____	____
กลิ่น	____	____	____
ลักษณะเนื้อสัมผัส	____	____	____
ความเปรี้ยว	____	____	____
ความหวาน	____	____	____
ความชอบโดยรวม	____	____	____

ข้อเสนอแนะ _____

_____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่เจลาตินร้อยละ 3, 5, 7 และ 1

ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์น้ำนมข้าวโพด

คำแนะนำ กรุณาตอบแบบสอบถามดังต่อไปนี้โดยไม่ต้องคำนึงถึงความเหมือนหรือความแตกต่างจากโยเกิร์ตที่ทำจากน้ำนมโคในท้องตลาด โดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 9 – 1 โดย

ชอบมากที่สุด	ให้คะแนนเท่ากับ	9
ชอบมาก	ให้คะแนนเท่ากับ	8
ชอบปานกลาง	ให้คะแนนเท่ากับ	7
ชอบเล็กน้อย	ให้คะแนนเท่ากับ	6
เฉยๆ	ให้คะแนนเท่ากับ	5
ไม่ชอบเล็กน้อย	ให้คะแนนเท่ากับ	4
ไม่ชอบปานกลาง	ให้คะแนนเท่ากับ	3
ไม่ชอบมาก	ให้คะแนนเท่ากับ	2
ไม่ชอบมากที่สุด	ให้คะแนนเท่ากับ	1

กรุณาบ้วนปากหลังชิมทุกครั้ง

ลักษณะที่ทดสอบ	รหัสตัวอย่าง			
	____	____	____	____
สี	____	____	____	____
กลิ่น	____	____	____	____
ลักษณะเนื้อสัมผัส	____	____	____	____
ความเปรี้ยว	____	____	____	____
ความหวาน	____	____	____	____
ความชอบโดยรวม	____	____	____	____

ข้อเสนอแนะ _____

_____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ข้อกำหนดทางกฎหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข
ฉบับที่ ๔๖ (พ.ศ. ๒๕๒๓)
เรื่อง นมเปรี้ยว

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ และมาตรา ๖ (๑) (๒) และ(๗) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่ากระทรวงสาธารณะสุขออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อที่ ๑ ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ ๒๗ (พ.ศ.๒๕๒๒) เรื่องกำหนดนมเปรี้ยวเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน ลงวันที่ ๑๓ กันยายน พ.ศ. ๒๕๒๒

ข้อที่ ๒ ให้นมเปรี้ยวเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ

ข้อที่ ๓ นมเปรี้ยว (Cultures milk) หมายความว่า นมหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมที่หมักด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรคหรือที่ไม่ทำให้เกิดพิษ และมีจุลินทรีย์ดังกล่าวที่มีชีวิตคงเหลืออยู่จากกรรมวิธีการหมักนั้น หรืออาจเติมวัตถุที่จำเป็นต่อกรรมวิธีการผลิต หรืออาจปรุงแต่งสี กลิ่น รสด้วยก็ได้

ข้อ ๔ นมเปรี้ยวต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานดังต่อไปนี้

1. มีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ ๑.๔ ของน้ำหนัก
2. ตรวจไม่พบบักเตรีชนิด *E. coli* ในอาหาร ๐.๑ กรัม
3. ไม่ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาล
4. ไม่มีวัตถุกันเสีย
5. ไม่มีสารพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ข้อ ๕ นมเปรี้ยว ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน ๑๐ องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่จำหน่ายจะต้องไม่เกิน ๗ วัน นับแต่วันที่บรรจุในภาชนะบรรจุ

ข้อ ๖ ภาชนะบรรจุที่ใช้บรรจุนมเปรี้ยว ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องภาชนะบรรจุ

ข้อ ๗ การแสดงฉลากของนมเปรี้ยวให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องฉลาก

ประกาศฉบับนี้ ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๘ มกราคม ๒๕๒๓

บุญสม มาร์ติน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

(๙๗ ร.จ. ๖๔๗ ตอนที่ ๒๕ (แผนกราชกิจจาฯ) ลงวันที่ ๒๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๒๓)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข
ฉบับที่ ๕๕ (พ.ศ. ๒๕๒๕)
เรื่อง นมเปรี้ยว (ฉบับที่ ๒)

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ และมาตรา ๖ (๑) (๒) และ(๗) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่ากระทรวงสาธารณะสุขออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อที่ ๑ ให้ยกเลิกความในข้อ ๓ ของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ ๔๖ (พ.ศ.๒๕๒๓) เรื่อง นมเปรี้ยว ลงวันที่ ๒๘ มกราคม พ.ศ. ๒๕๒๓ และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"ข้อที่ ๓ นมเปรี้ยว (Cultures milk) หมายความว่า นมหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมที่หมักด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรคหรือที่ไม่ทำให้เกิดพิษ อาจเติมวัตถุที่จำเป็นต่อกรรมวิธีการผลิต หรืออาจปรุงแต่งสี กลิ่น รสด้วยก็ได้"

ข้อที่ ๒ ให้ยกเลิกความในข้อ ๕ ของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ ๔๖ (พ.ศ.๒๕๒๓) เรื่อง นมเปรี้ยว ลงวันที่ ๒๘ มกราคม พ.ศ. ๒๕๒๓ และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"ข้อ ๕ นมเปรี้ยวที่มีจุลินทรีย์ที่ใช้ในกรรมวิธีการหมักมีชีวิตคงเหลืออยู่ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน ๑๐ องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่จำหน่ายจะต้องไม่เกิน ๗ วัน นับแต่วันที่บรรจุในภาชนะบรรจุ"

ประกาศฉบับนี้ไม่กระทบกระเทือนถึงใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับอาหารที่ออกให้ตามประกาศกระทรวงสาธารณะสุข ฉบับที่ ๖๒ (พ.ศ. ๒๕๒๔) เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ลงวันที่ ๗ กันยายน ๒๕๒๔ ให้ผู้รับใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับดังกล่าวมาดำเนินการแก้ไขตำรับอาหารให้มีรายละเอียดถูกต้องตามประกาศฉบับนี้ภายในเก้าสิบวันนับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ประกาศฉบับนี้ ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๒ มีนาคม ๒๕๒๕
มารุต บุนนาค
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

(๑๐๓ ร.จ. ๕ ตอนที่ ๕๕ (แผนกราชกิจจาฯ) ลงวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๒๕)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

ข้อมูลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกในระหว่างการหมักคีเฟอร์ทั้ง 5 สูตร

สูตร	ชั่วโมงที่						
	0	4	8	12	16	20	24
1	1.32×10^{5}	3.60×10^{5}	2.59×10^{6}	2.34×10^{7}	3.90×10^{7}	4.50×10^{7}	6.20×10^{7}
2	1.47×10^{5}	9.90×10^{5}	3.00×10^{6}	4.20×10^{7}	6.90×10^{7}	1.13×08	2.78×10^{8}
3	1.72×10^{5}	8.90×10^{5}	2.66×10^{6}	2.24×10^{7}	5.12×10^{7}	6.26×10^{7}	2.13×10^{8}
4	1.66×10^{5}	1.27×10^{6}	3.40×10^{6}	4.80×10^{7}	7.20×10^{7}	9.50×10^{7}	2.39×10^{8}
5	1.96×10^{5}	1.45×10^{6}	5.00×10^{6}	9.50×10^{7}	1.69×10^{8}	1.57×10^{8}	8.20×10^{8}

2. ปริมาณยีสต์ในระหว่างการหมักคีเฟอร์ทั้ง 5 สูตร

สูตร	ชั่วโมงที่						
	0	4	8	12	16	20	24
1	1.30×10^{3}	2.20×10^{3}	3.00×10^{3}	5.10×10^{3}	9.50×10^{3}	2.90×10^{4}	5.80×10^{4}
2	1.42×10^{3}	2.59×10^{3}	3.60×10^{3}	5.30×10^{3}	9.80×10^{3}	2.98×10^{4}	6.30×10^{4}
3	1.34×10^{3}	2.60×10^{3}	3.40×10^{3}	5.40×10^{3}	1.00×10^{4}	3.20×10^{4}	6.50×10^{4}
4	1.22×10^{3}	2.68×10^{3}	4.00×10^{3}	5.60×10^{3}	1.20×10^{4}	3.40×10^{4}	6.60×10^{4}
5	1.27×10^{3}	2.30×10^{3}	4.80×10^{3}	6.10×10^{3}	1.50×10^{4}	3.60×10^{4}	6.80×10^{4}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่าพีเอชในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์ทั้ง 5 สูตร

สูตร	ชั่วโมงที่						
	0	4	8	12	16	20	24
1	6.09	5.50	4.70	4.66	4.51	4.48	4.46
2	6.12	5.12	4.63	4.56	4.43	4.42	4.42
3	6.22	5.19	4.60	4.55	4.40	4.40	4.40
4	6.17	5.18	4.66	4.59	4.4	4.43	4.41
5	6.11	4.88	4.52	4.45	4.33	4.31	4.31

4. ปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์ดีเฟอร์ทั้ง 5 สูตร

สูตร	ชั่วโมงที่						
	0	4	8	12	16	20	24
1	0.318	0.46	0.97	1.053	1.163	1.23	1.223
2	0.351	0.591	0.994	1.137	1.24	1.23	1.38
3	0.301	0.537	1.09	1.091	1.205	1.269	1.418
4	0.361	0.678	1.107	1.174	1.215	1.229	1.272
5	0.320	0.732	1.005	1.06	1.168	1.174	1.224

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5

ปริมาณหัวเชื้อ	ชั่วโมงที่					
	0	4	8	12	16	20
1%	3.60×10^{4}	2.65×10^{5}	7.30×10^{5}	7.60×10^{6}	1.55×10^{7}	1.91×10^{7}
3%	1.650×10^{5}	7.60×10^{5}	2.42×10^{6}	2.20×10^{7}	5.00×10^{7}	6.40×10^{7}
5%	2.75×10^{5}	1.18×10^{6}	3.70×10^{6}	4.10×10^{7}	8.30×10^{7}	9.80×10^{7}

6. ปริมาณยีสต์ในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5

ปริมาณหัวเชื้อ	ชั่วโมงที่					
	0	4	8	12	16	20
1%	5.50×10^{2}	1.25×10^{3}	1.88×10^{3}	3.20×10^{3}	6.00×10^{3}	1.83×10^{4}
3%	1.37×10^{3}	2.20×10^{3}	3.30×10^{3}	5.60×10^{3}	1.05×10^{4}	3.10×10^{4}
5%	2.35×10^{3}	3.80×10^{3}	5.70×10^{3}	9.50×10^{3}	1.78×10^{4}	4.60×10^{4}

7. ค่าพีเอชในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5

ปริมาณหัวเชื้อ	ชั่วโมงที่					
	0	4	8	12	16	20
1%	6.33	5.31	4.61	4.57	4.48	4.41
3%	6.18	4.87	4.56	4.5	4.44	4.38
5%	6.07	4.83	4.54	4.46	4.41	4.36

8. ปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อร้อยละ 1, 3 และ 5

ปริมาณหัวเชื้อ	ชั่วโมงที่					
	0	4	8	12	16	20
1%	0.290	0.468	0.974	1.089	1.160	1.234
3%	0.328	0.798	1.054	1.174	1.200	1.254
5%	0.408	0.871	1.096	1.189	1.181	1.248

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ปริมาณแบคทีเรียสร้างกรดแลคติกในระหว่างการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่อุณหภูมิ 22, 30 และ42 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	ชั่วโมงที่					
	0	4	8	12	16	20
22 °c	1.31×10^{5}	6.20×10^{5}	2.42×10^{6}	4.05×10^{6}	1.06×10^{7}	1.34×10^{8}
30 °c	1.63×10^{5}	8.25×10^{5}	1.07×10^{7}	1.99×10^{7}	7.20×10^{7}	2.60×10^{8}
42 °c	1.14×10^{5}	2.30×10^{5}	3.52×10^{5}	3.33×10^{6}	5.35×10^{6}	3.20×10^{7}

10. ปริมาณยีสต์ในระหว่างการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่อุณหภูมิ 22, 30 และ42 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	ชั่วโมงที่					
	0	4	8	12	16	20
22 °c	1.32×10^{3}	1.86×10^{3}	2.20×10^{3}	3.00×10^{3}	3.80×10^{3}	4.50×10^{3}
30 °c	1.27×10^{3}	3.70×10^{3}	6.40×10^{3}	9.00×10^{3}	2.00×10^{5}	1.40×10^{6}
42 °c	1.25×10^{3}	2.10×10^{3}	3.10×10^{3}	5.50×10^{3}	1.10×10^{4}	3.50×10^{4}

11. ค่าพีเอชในระหว่างการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่อุณหภูมิ 22, 30 และ42 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	ชั่วโมงที่					
	0	4	8	12	16	20
22 °c	6.54	6.09	4.82	4.61	4.60	4.52
30 °c	6.55	4.92	4.64	4.49	4.46	4.42
42 °c	6.51	6.00	5.82	5.68	5.62	5.58

12. ปริมาณกรดแลคติกในระหว่างการหมักคีเฟอร์น้ำนมข้าวโพดที่อุณหภูมิ 22, 30 และ 42 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	ชั่วโมงที่					
	0	4	8	12	16	20
22 °c	0.351	0.452	0.955	1.129	1.147	1.178
30 °c	0.342	0.991	1.214	1.262	1.295	1.274
42 °c	0.349	0.487	0.577	0.615	0.648	0.715

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้