สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของลูกเดือย (*Coix lacryma-jobi*) ต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในโยเกิร์ต

นางสาวฐานิดา จิตรสุภาพ
นางสาวเยาวภา แซ่เตียว
นายสิทธิศักดิ์ ชื่นพิทยาธร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 67304
วัน,เดือน,ปี 22 พ.ย. 2549

b.....
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Effect of *Coix lacryma-jobi* on the growth of probiotic bacteria in yogurt.

Miss Thanida Jitsuparp

Miss Yaowapa Saeteow

Mr. Sittisak Chenpitayaton

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment 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

โครงงานพิเศษเรื่อง	ผลของลูกเดือย (*Coix lacryma-jobi*) ต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในโยเกิร์ต		
นักศึกษา	นางสาวฐานิดา	จิตรสุภาพ	รหัสประจำตัว 45050730
	นางสาวเยาวภา	แซ่เตียว	รหัสประจำตัว 45050766
	นายสิทธิศักดิ์	ชื่นพิทยาธร	รหัสประจำตัว 45050783
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์		
สาขาวิชา	จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ		
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์		
คณะวิทยาศาสตร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		

อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ. อารี ฤทธิบูรณ์	
กรรมการ ผศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ	
กรรมการ ผศ.ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์	

.....

(.....)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	ผลของลูกเดือย (*Coix lacryma-jobi*) ต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในโยเกิร์ต		
นักศึกษา	นางสาวฐานิตา	จิตรสุภาพ	รหัสประจำตัว 45050730
	นางสาวเยาวภา	แซ่เตียว	รหัสประจำตัว 45050766
	นายสิทธิศักดิ์	ชื่นพิทยาธร	รหัสประจำตัว 45050783
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์		
สาขาวิชา	จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม		
ปีการศึกษา	2548		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ		

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือย 2 ชนิด ได้แก่ ลูกเดือยจ้าว และลูกเดือยเหนียว พบว่าลูกเดือยจ้าวมีปริมาณความชื้นร้อยละ 12.83 เถ้าร้อยละ 2.49 ไขมันร้อยละ 6.29 โปรตีนร้อยละ 10.60 เส้นใยอาหารร้อยละ 8.18 คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละ 59.61 และลูกเดือยเหนียวมีปริมาณความชื้นร้อยละ 12.66 เถ้าร้อยละ 2.42 ไขมันร้อยละ 6.82 โปรตีนร้อยละ 10.77 เส้นใยอาหารร้อยละ 7.81 คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละ 59.35

การศึกษาผลของการเพิ่มสารพรีไบโอติกในน้ำนมต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติก (*Bifidobacterium lactis* (Bb-12)) ในระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำนาน 21 วัน โดยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการเพิ่ม Hi-maize resistant starch ความเข้มข้นร้อยละ 3 ลูกเดือยจ้าวและลูกเดือยเหนียว ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5 ลงในน้ำนม ทำการตรวจหาจำนวน *B. lactis* (Bb-12) ที่มีชีวิต ปริมาณกรดทั้งหมด และค่าพีเอชของโยเกิร์ตทุกตัวอย่างในระหว่างการหมักและการเก็บรักษาพบว่า ปริมาณ *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตทุกทรีตเมนต์ลดลงหลังการหมัก 1 วัน และเมื่อการเก็บรักษาครบ 5 วัน จำนวนเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตที่เติม Hi-maize resistant starch ลูกเดือยจ้าวและลูกเดือยเหนียวเพิ่มขึ้น 3 log cycle จากจำนวนเริ่มต้น ในขณะที่โยเกิร์ตที่ไม่ได้เติมสารพรีไบโอติกชนิดใดๆ (ชุดควบคุม) มีปริมาณเชื้อลดลง 3 log cycle และเมื่อหลังจากการเก็บรักษาครบ 21 วัน เซลล์ที่มีชีวิตของ *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตผสม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 มีจำนวน 3.8×10^{6} CFU/กรัม จำนวน *B. lactis* (Bb-12) ในลูกเดือยจ้าว (ร้อยละ 2.5-3.0) และลูกเดือยเหนียว (ร้อยละ 2.5-3.0) มีจำนวนอยู่ในช่วง 2.5×10^{6} - 3.1×10^{6} และ 2.6×10^{6} - 3.6×10^{6} CFU/กรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าในโยเกิร์ตชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมที่มีปริมาณเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) เพียง 4.8×10^3 CFU/กรัม ในศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอชในโยเกิร์ตระหว่างการหมักและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าหลังการหมัก 1 วัน ปริมาณกรดทั้งหมดในโยเกิร์ตทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้นและค่าพีเอชลดลง เมื่อเก็บรักษาครบ 21 วัน พบว่าในโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยเหนียว (ร้อยละ 2.5-3.0) และชุดที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 มีปริมาณกรดทั้งหมดใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.80 – 0.81 (พีเอช 4.73 – 4.75) ซึ่งน้อยกว่าโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยจ้าว (ร้อยละ 2.5-3.0) มีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.84 (พีเอช 4.66 – 4.67) โยเกิร์ตที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 ลูกเดือยจ้าว(ร้อยละ 2.5-3.0) และลูกเดือยเหนียว (ร้อยละ 2.5-3.0) มีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำกว่าโยเกิร์ตที่ไม่ได้เติมสารพรีไบโอติกชนิดใดๆ (ชุดควบคุม) คือ ร้อยละ 0.98 (พีเอช 4.26)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Effect of *Coix lacryma-jobi* on the growth of probiotic bacteria in yogurt.

Name Miss Thanida Jitsuparp
Miss Yaowapa Saeteow
Mr. Sittisak Chenpitayaton

Department Applied Biology

Program Industrial Microbiology

Academic Year 2005

Special Project Advisor Assist. Prof. Dr. Suree Nanasombat

ABSTRACT

Chemical composition of two varieties of *Coix lacryma-jobi* L. , glutinous type and non-glutinous type were analyzed. Non-glutinous type of *C. lacryma-jobi* L. contained 12.83 % moisture, 2.49% ash, 6.29% fat, 10.60% protein, 8.18% dietary fibre, and 59.61% total starch, whereas glutinous type *C. lacryma-jobi* L. consisted of 12.66 % moisture, 2.42% ash, 6.82% fat, 10.77% protein, 7.81% dietary fibre, and 59.35% total starch.

Effect of prebiotic supplementation in milk on growth and survival of probiotic bacteria (*Bifidobacterium lactis* (Bb-12)) during fermentation at 37°C and refrigerated storage was studied. Supplementations of Hi-maize resistant starch (3.0%), glutinous type and non-glutinous type of *C. lacryma-jobi* L. (2.5, 3.0 and 3.5%) in milk were compared. Total viable counts of *B. lactis* (Bb-12), titratable acidity and pH in all yogurt samples were determined during fermentation and storage. The results showed that the number of *B. lactis* (Bb-12) in all treatments decreased after 1 day fermentation. At day 5 of storage, the number of *B. lactis* (Bb-12) in yogurt added with Hi-maize resistant starch and *C. lacryma-jobi* L. (glutinous type and non-glutinous type) increased 3 log cycle from the original number, whereas the number of *B. lactis* (Bb-12) in yogurt without addition of any prebiotic (controlled treatment) showed 3 log cycle reduction. After 21 days of storage, viable cells of *B. lactis* (Bb-12) in yogurt added with Hi-maize resistant starch(3.0%), non-glutinous type of *C. lacryma-jobi* L. (2.5, 3.0 and 3.5%) and glutinous type of *C. lacryma-jobi* L. (2.5, 3.0 and 3.5%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

were 3.8×10^6, 2.5×10^6 - 3.1×10^6 and 2.6×10^6 - 3.6×10^6 CFU/ g, respectively. They were higher than those in controlled yogurt (4.8×10^3 CFU/g). Changes in total acidity and pH during fermentation and storage of yogurt treatments at 4°C were determined. After 1 day fermentation, total acidity in all treatments increased, while pH level decreased. After 21 days of storage, total acidity in yogurt added with glutinous type of *C. lacryma-jobi* L. (2.5, 3.0 and 3.5%) was close to that in yogurt with 3% Hi-maize resistant starch (0.80 – 0.81%, pH 4.73 – 4.75) but lower than that in yogurt added with non-glutinous type of *C. lacryma-jobi* L. (2.5, 3.0 and 3.5%) which was 0.84% (pH 4.66 – 4.67). They were all higher than those in controlled yogurt which was 0.98% (pH 4.26).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาโครงงานพิเศษ ในหัวข้อเรื่องการศึกษาผลของลูกเดือย (*Coix lacryma-job*) ต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในโยเกิร์ต โครงงานนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีได้หากไม่ได้รับการช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้

ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำต่างๆ ที่เกี่ยวกับการทดลอง ข้อเสนอแนะ การตอบข้อซักถามของผู้จัดทำ และข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการทำการทดลอง จนกระทั่งโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ ผศ. อารี ฤทธิบูรณ์ และ ผศ. ลินจง สุขลำภู ที่ให้ความรู้ คำแนะนำต่างๆ เกี่ยวกับโครงงานพิเศษครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเบิกเครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องอาหารในการโยเกิร์ต

ขอขอบคุณพี่ๆ ปริญญาโทและเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆ ทำให้การทำโครงงานพิเศษเป็นไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดาของผู้จัดทำที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนกำลังทรัพย์ในการทำโครงงานพิเศษครั้งนี้

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้คงจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจในงานที่เกี่ยว ข้องทางด้านนี้หรือผู้ที่ต้องการศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับโครงงานพิเศษนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำต้องขออภัย ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	47
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	50
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	58
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก ก	66
ภาคผนวก ข	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดลูกเดือยและธัญพืช	6
2	ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนของแป้งลูกเดือย	7
3	องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันที่สกัดได้จากแป้งลูกเดือย	8
4	ปริมาณแร่ธาตุของแป้งลูกเดือย	8
5	ชนิดของสารคงตัวต่างๆที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตโยเกิร์ต	16
6	การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในน้ำนมหลังผ่านกระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน	20
7	เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำนมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ต	22
8	สารประกอบคาร์บอนิลที่ผลิตโดยเชื้อจุลินทรีย์ในโยเกิร์ต	23
9	ปริมาณของวิตามินในน้ำนมสดและโยเกิร์ต	26
10	ส่วนประกอบของน้ำนมสดและโยเกิร์ต	27
11	กรดอะมิโนอิสระในน้ำนมสดและโยเกิร์ต	29
12	สายพันธุ์ของจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม	34
13	ผลของพรีไบโอติกชนิดที่เป็นโอลิโกแซคาไรด์ต่อพฤติกรรมการขับถ่าย (Bowel habit)	40
14	ลักษณะทางกายภาพและประโยชน์ต่อสุขภาพของเส้นใยอาหาร	42
15	การศึกษาเกี่ยวกับเส้นใยอาหารและความอยากอาหาร	42
16	ผลของเส้นใยอาหารต่อพฤติกรรมการขับถ่าย (Bowel habit)	43
17	ประเภทของแป้งในอาหารเมื่อพิจารณาตามความสามารถในการย่อยสลายได้	45
18	องค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือยข้าวและลูกเดือยเหนียว	51
19	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตระหว่างการหมักและการเก็บรักษา	52
20	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตในระหว่างการหมักและการเก็บรักษา	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตในระหว่างการหมักและการเก็บรักษา	54
22	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตระหว่างการหมักและการเก็บรักษา (3 ซ้ำ)	67
23	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตในระหว่างการหมักและการเก็บรักษา (3 ซ้ำ)	69
24	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดของโยเกิร์ตในระหว่างการหมักและการเก็บรักษา (3 ซ้ำ)	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตโยเกิร์ต	14
2	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตระหว่างการหมักและการเก็บรักษา	68
3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตระหว่างการหมักและการเก็บรักษา	70
4	การเปลี่ยนแปลงค่าเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตระหว่างการหมักและการเก็บรักษา	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

โพรไบโอติก (probiotic) เป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่มีประโยชน์ต่อร่างกายของคนและสัตว์ จุลินทรีย์กลุ่มนี้ทำให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร โดยการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ให้มากขึ้นและลดปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ (Fuller, 1986 ; อุษามาส, 2005) โพรไบโอติกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆคือ กลุ่ม *Lactobacillus* เช่น *Lactobacillus acidophilus, L. casei, L. reuteri, L. rhamnosus, L. johnsonii, L. plantarum* และกลุ่ม *Bifidobacterium* เช่น *Bifidobacterium longum, B. breve, B. lactis* (Shortt, 1999) โพรไบโอติกสามารถทนต่อสภาวะกรดในกระเพาะอาหาร (Kalantzopoulos, 1997) และทนต่อน้ำดี (bile salts)ในลำไส้เล็ก (Dave และ Shah, 1997 ; Mårtensson และคณะ, 2002) ช่วยปรับปรุงเมแทบอลิซึมของแลคโตส ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ช่วยกระตุ้นการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน ช่วยลดระดับคลอเลสเทอรอลในเลือด ช่วยป้องกันโรคท้องร่วง ท้องเดิน และมีความสำคัญในการผลิตเอนไซม์ที่ใช้ย่อยอาหาร เช่น เอนไซม์ ß- galactosidase (Vinderola และคณะ, 2000 ; Holzapfel และ Schillinger, 2002 ; Charalampopoulos และคณะ, 2002) นอกจากนี้ยังพบว่าโพรไบโอติกช่วยสังเคราะห์วิตามินในอาหารโดยเฉพาะวิตามินบีคอมเพล็ก ช่วยย่อยโปรตีนในอาหาร และช่วยในการดูดซึมธาตุเหล็กจากอาหารผักดอง (อุษามาส, 2005) ในการที่จะให้แบคทีเรียโพรไบโอติกมีประโยชน์ต่อสุขภาพนั้น จะมีความเกี่ยวข้องกับการมีชีวิตรอดของจุลินทรีย์ ดังนั้น ควรจะบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเซลล์ของโพรไบโอติกอย่างน้อย 10^{5} - 10^{6} กรัม/เซลล์ และควรบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีแบคทีเรียโพรไบโอติกอย่างน้อยประมาณ 300 - 400 กรัม/สัปดาห์ (Shah และ Lankaputhra, 1997 ; Vinderola และคณะ, 2000 ; Helland และคณะ, 2004) อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียโพรไบโอติกทั่วไปเจริญเติบโตได้ช้าในน้ำนมและมักมีจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตลดลงเมื่อเก็บไว้ในตู้เย็น ดังนั้นจึงควรที่จะปรับปรุงการอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติก

การเพิ่มสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยปรับปรุงการอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติก มีรายงานว่าสารพรีไบโอติก (prebiotic) หลายชนิดช่วยกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก พรีไบโอติก หมายถึง ใยอาหารที่ไม่ถูกย่อยในลำไส้ สามารถให้ประโยชน์ต่อร่างกายโดยสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโพรไบโอติก สามารถยับยั้งความเป็นพิษต่างๆได้ และเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน (Klaenhammer, 2001 ; Gibson, 2004 ; Helland และคณะ, 2004 ; Rousseau และคณะ, 2005) สารอาหารที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกได้แก่ ไดแซคคาไรด์, โอลิโกแซคคาไรด์, ฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์, โอลิโกแซคคาไรด์จากถั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลือง, อินนูลิน, รีซิสแตนท์สตาร์ช (resistant starch), โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (สารอาหารจำพวกไฟเบอร์) เป็นต้น (Crittenden, 1999) และสารอาหารเหล่านี้สามารถพบได้ในพืช ผัก ผลไม้ที่มีอยู่ทั่วไป เช่น กล้วย สับปะรด กระเทียม หัวหอม หน่อไม้ฝรั่ง ถั่วเหลือง ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต หรือในพวกธัญพืชต่างๆ เป็นต้น

ลูกเดือย (*Coix lacryma-jobi*) เป็นธัญพืชชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการมีแป้งร้อยละ 52 ไขมันร้อยละ 5 โปรตีนร้อยละ 12 เส้นใยอาหารร้อยละ 4 เถ้าร้อยละ 2.6 แคลเซียม 19 มก./100 กรัม และฟอสฟอรัส 364 มก./100 กรัม (มูลนิธิสุขภาพไทย, 2545) และลูกเดือยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามคุณสมบัติของเมล็ดใน (ลูกเดือยกระเทาะเปลือกและสีแล้ว) คือ ลูกเดือยข้าวและลูกเดือยเหนียว (วีรศักดิ์, 2527) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานส่วนประกอบทางเคมีของลูกเดือยที่สมบูรณ์ จึงน่าสนใจที่จะวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือย เพื่อศึกษาดูแนวโน้มของความเป็นไปได้ที่จะนำลูกเดือยมาใช้เป็นสารพรีไบโอติกที่จะช่วยส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในโยเกิร์ต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาองก์ประกอบทางเคมีของลูกเดือย 2 ชนิด ได้แก่ ลูกเดือยข้าวและลูกเดือยเหนียว

2. เพื่อศึกษาผลของลูกเดือยต่อการเจริญของ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาการอยู่รอดของ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) และคัดเลือกสารอาหารที่เหมาะสมที่จะนำมาเติมลงในการผลิตโยเกิร์ต เพื่อพัฒนาการอยู่รอดของ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในระหว่างการเก็บรักษา

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยแบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือยทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า เส้นใยอาหาร โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

2. ศึกษาผลของลูกเดือยต่อการเจริญของ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อให้ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) มีชีวิตอยู่รอดได้ในกระเพาะและลำไส้ และเมื่อนำมาเติมลงในโยเกิร์ต จะทำให้โยเกิร์ตที่มีคุณค่าทางอาหารมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากการบริโภคโยเกิร์ตโพรไบโอติก และเพื่อเป็นการพัฒนาสูตรโยเกิร์ตโพรไบโอติกให้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ลูกเดือย

ลูกเดือยเป็นธัญพืชชนิดหนึ่งอยู่ในวงศ์ (family) Gramineae เหล่า (tribe) Maydeae สกุล (genus) *coix* มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *C. lacryma-jobi* L. มีชื่อสามัญว่า Job's tears (วีรศักดิ์, 2527)

2.1.1 ลักษณะของลูกเดือย

ตามสัณฐานวิทยาของพืช สามารถแบ่งลักษณะของลูกเดือย (*C. lacryma-jobi* L.) ใหญ่ๆ ได้ 4 ชนิด คือ

1.) *C. lacryma - jobi* L. var. typical เมล็ดมีรูปร่างกลมรีคล้ายรูปไข่ เปลือกเมล็ดสีฟ้าอมขาว ผิวเมล็ดเรียบและแข็ง

2.) *C. lacryma – jobi* L. var. stenocaepa Stapf. เมล็ดมีรูปร่างกลมยาว เปลือกมีสีฟ้าอมขาว

3.) *C. lacryma - jobi* L. var. monilifer Stapf. เมล็ดมีรูปร่างกลมแบน และมีส่วนกว้างมาก-กว่าส่วนยาว เปลือกมีสีขาวขุ่นเหมือนน้ำนม สีชมพู สีน้ำตาล สีดำ ขนาดเมล็ดมีตั้งแต่เล็กจนใหญ่ที่สุด เมล็ดชนิดนี้ไม่นิยมนำมารับประทาน แต่นำมาร้อยเป็นสร้อยคอ

4.) *C. lacryma - jobi* L. var. ma-yuen Stapf. เมล็ดมีลักษณะเป็นร่องตามแนวยาว เปลือกบางมาก สีขาวขุ่นถึงสีน้ำตาล เมล็ดชนิดนี้นิยมปลูกเพื่อนำมาบริโภค

นอกจากสายพันธุ์ทั้ง 4 ที่กล่าวมาแล้ว ยังมีสายพันธุ์ที่เกิดจากการผสมระหว่างสายพันธุ์ stenocarpa กับ monilifer และ stenocarpa กับ typical ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ผสมที่ให้ลักษณะเกี่ยวข้องกันอีกหลายชนิด

ส่วนในประเทศไทยนั้น มีการเพาะปลูกลูกเดือยเป็น 3 ประเภท (www.doa.go.th)

1.) ลูกเดือยพื้นเมือง (Native Job's tears) ชื่อเป็นที่รู้จักกันทั่วไป ได้แก่ เดือยหินหรือเดือยลูกปัด ลูกเดือยชนิดนี้พบขึ้นทั่วไปตามริมทุ่งหญ้า ริมนา และริมบ้าน ผลของลูกเดือยมีรูปร่างค่อนข้างกลม ขนาดเล็กประมาณ 7×7 มิลลิเมตร และเปลือกมีสีต่างๆโดยเฉพาะสีขาว มีความเลื่อมมันและแข็งมาก ใช้ทำเครื่องประดับ ภายในเมล็ดมีเนื้อของเมล็ด (endosperm) น้อยและแข็งใช้บริโภคไม่ได้ จึงไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ลูกเดือยประเภทนี้ได้แก่ *C. lacryma-jobi* L. var. typical Watt และ *C. lacryma-jobi* L. var. stenocarpa Stapf.

2.) ลูกเดือยเพาะปลูก (Cultivated Job's tears) เป็นลูกเดือยที่มีการเพาะปลูกมากทางภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนใหญ่ใช้เพื่อรับประทานในท้องถิ่นเท่านั้น และรูปร่างของผลลูกเดือยประเภทนี้มีลักษณะกลมขนาดใหญ่ประมาณ 10×12 มิลลิเมตร เปลือกมีสีน้ำตาลเทาและแข็งแต่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็งเท่าเดือนหิน เมล็ดที่นำมารับประทานจะเป็นเมล็ดอ่อนสีเขียว เนื้อในเมล็ดยังไม่แข็งมาก อาจจะต้มก่อนรับประทานหรือรับประทานสด โดยการใช้ฟันหน้าขบแล้วบีบให้แตกชาวบ้านจึงเรียกว่า เดือยขบ ลูกเดือยประเภทนี้ ได้แก่ *C. lacryma-jobi* L. var. major Mineur

3.) ลูกเดือยการค้า (Commercial Job's tears) เป็นลูกเดือยที่ไม่ใช่พันธุ์พื้นเมืองของประเทศไทย แต่มีการปลูกทั่วไปในปริมาณมากพอที่จะขายเป็นการค้าเช่นเดียวกับข้าวโพดและข้าวฟ่าง ผลของเมล็ดมีรูปร่างกลมและรี ขนาด 10×7 มิลลิเมตร เปลือกมีสีน้ำตาลจนถึงสีน้ำตาลเทา สามารถบีบแตกได้ง่ายด้วยนิ้วมือ ลูกเดือยการนี้แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะตามรูปร่าง เมล็ด ลำต้น และชนิดของสตาร์ชภายในเมล็ดคือ

(ก.) ลูกเดือยเหนียว (glutinous type)

ซึ่งลูกเดือยเหนียวนั้น เมล็ดจะมีลักษณะกลม สั้น และมีขนาดใหญ่กว่าลูกเดือยข้าว และมีปริมาณอะมิโลเพกตินสูง

(ข.) ลูกเดือยข้าว (non-glutinous type)

ลูกเดือยข้าว เมล็ดมีลักษณะค่อนข้างยาว เล็ก และปริมาณอะมิโลเพกตินต่ำ ลูกเดือยในประเทศส่วนใหญ่จะเป็นลูกเดือยข้าวเหนียว ซึ่งปลูกกันมากในภาคเหนือและอีสาน (www.thaibreder.tripod.com)

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือย

ทัศนีย์ (2530) ได้เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือยกับธัญพืชชนิดอื่นดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าลูกเดือยเป็นธัญพืชที่มีปริมาณโปรตีนและไขมันสูง ชนิดของโปรตีนคล้ายกันกับข้าวสาลี แต่มีค่า Biological Value สูงกว่าข้าวสาลี ถ้านำลูกเดือยมาผลิตเป็นแป้งและดัดแปลงเป็นอาหารจะมีคุณค่าอาหารมากกว่าแป้งสาลีและแป้งข้าวเจ้า

2.1.2.1 ปริมาณกรดอะมิโน

ลูกเดือยมีกรดอะมิโนทุกชนิดที่สูงกว่าความต้องการตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก ยกเว้นเมไธโอนีนและไลซีน เช่น มีกรดกลูตามิกในปริมาณมาก ตามด้วยลิวซีน อะลานีน โปรลีน วาลีน เฟนิลอะลานีน ไอโซลิวซีนและอาร์จีนีน (www.wave.prohosting.com)

ทัศนีย์ (2530) ได้วิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโน (amino acid) ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของแป้งลูกเดือยตามตารางที่ 2

2.1.2.2 ปริมาณกรดไขมัน

ลูกเดือยมีกรดไขมันเป็นชนิดที่ไม่อิ่มตัว เช่น กรดโอเลอิค (Oleic acid) และกรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) รวมแล้วถึงร้อยละ 84 และเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัว คือ พัลมิติก (Palmitic acid) และเสตียริก (Stearic acid) เพียงร้อยละ 16 เท่านั้น ดังนั้นลูกเดือยจึงเป็นอาหารที่ดีที่ให้พลังงาน กรดอะมิโน และไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (www.wave.prohosting.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดลูกเดือยและธัญพืชอื่นๆ

ธัญพืช	ผลวิเคราะห์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)					
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เส้นใย	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า
ลูกเดือย	10.8	13.6	6.1	8.4	58.5	2.6
ข้าวฟ่าง	10.6	11.3	2.9	2.2	71.3	1.7
ข้าวเจ้า	11.2	7.9	1.8	9.0	64.9	5.2
ข้าวโอ๊ต	8.9	12.0	4.7	10.6	60.2	3.6
ข้าวโอ๊ต	11.5	9.7	4.0	2.3	71.7	1.4
ข้าวสาลี	10.5	13.2	1.9	2.6	69.9	1.9

ที่มา : ทัศนีย์ (2530)

ทัศนีย์ (2530) ได้วิเคราะห์หาชนิดกรดไขมันและปริมาณกรดไขมันในน้ำมันที่สกัดได้จากแป้งลูกเดือย พร้อมกับรายงานไว้ตามตารางที่ 3 เป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัว 2 ชนิด คือ กรดพัลมิติก ร้อยละ 14.24 กรดสเตียริกร้อยละ 1.98 และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว 2 ชนิด คือ กรดโอเลอิก ร้อยละ 57.08 และกรดลิโนเลอิก

2.1.2.3 ปริมาณวิตามิน

ทัศนีย์ (2530) ได้วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินในแป้งลูกเดือยพบว่า แป้งลูกเดือยร้อยละ 100 มีวิตามินบีหนึ่ง 754.7 ไมโครกรัม มีวิตามินบีสอง 28.8 ไมโครกรัม

2.1.2.4 ปริมาณแร่ธาตุ

ทัศนีย์ (2530) ได้นำเถ้าของแป้งลูกเดือยไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุบางชนิด ผลปรากฏดังตารางที่ 4

2.1.3 การใช้ประโยชน์จากลูกเดือย (ทัศนีย์, 2530)

2.1.3.1 อาหาร

ลูกเดือยที่นำมาเป็นอาหารเป็นพันธุ์ที่มีชื่อว่า *Coix lacryma-jobi var* หรือพันธุ์ Ma Yuen ซึ่งมีเปลือกนุ่ม สามารถสีเปลือกออกได้ง่าย เนื้อเมล็ดมีขนาดใหญ่ มีรสหวาน สามารถนำมารับประทานแบบเดียวกันกับข้าวโดยหุงปนกับข้าวหรือหุงเฉพาะเมล็ดเดือย ใช้แทนข้าวในการปรุงอาหารได้ทุกประเภท ในมาเลเซียทำการคั่วเมล็ดก่อนนำไปกะเทาะเปลือก ใช้ประโยชน์ในการต้มรับประทานหรือทำเค้ก ในประเทศพม่าและรัฐฉานใช้ลูกเดือยเป็นอาหารโดยการคั่วทั้งเปลือกหรือทำให้เกรียมคล้ายกับข้าวโพดหรือใช้วิธีการต้มเช่นเดียวกันกับข้าวจ้าวก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนของแป้งลูกเดือย

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (เปอร์เซ็นต์)
<u>กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย</u>	
ลิวซีน	14.90
วาลีน	7.41
เมไทโอนีน	0.73
ไอโซลิวซีน	5.03
ทรีโอนีน	3.23
เฟนิลอะลานีน	5.98
ไลซีน	1.50
ทริปโตเฟน[1]	-
<u>กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย</u>	
ฮิสทิดีน	1.83
กรดกลูตามิก	25.74
โปรลีน	7.46
อะลานีน	10.03
กรดแอสปาร์ติก	0.33
ไทโรซีน	4.67
ไกลซีน	2.72
เซอรีน	4.50
อาร์จินีน	4.64

หมายเหตุ : [1] ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ที่มา : ทัศนีย์ (2530)

ชาวจีนใช้ลูกเดือยที่มีเปลือกออกขัดมันต้มปรุงรสเป็นซุป น้ำเต้าหู้ ขนมหวาน นอกจากนั้นยังใช้เป็นเครื่องดื่ม โดยการนำไปคั่วแล้วผสมลงในน้ำเดือดเช่นเดียวกับการชงชา ใช้ดื่มแก้อาการกระหายน้ำ (วีรศักดิ์, 2527) ในประเทศจีนปริมาณการบริโภคลูกเดือยมีจำนวนเพิ่มขึ้น ในการผลิตจะพบว่ามีผลิตภัณฑ์จากลูกเดือยเพิ่มขึ้นจากเดิมทุกปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันที่สกัดได้จากแป้งลูกเดือย

ชนิดกรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (เปอร์เซ็นต์)
<u>กรดไขมันชนิดอิ่มตัว</u>	
กรดพัลมิติก	14.24
กรดสเตียริก	1.98
<u>กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว</u>	
กรดโอเลอิก	57.08
กรดลิโนเลอิก	26.70

ที่มา : ทัศนีย์ (2530)

ตารางที่ 4 ปริมาณแร่ธาตุของแป้งลูกเดือย

ตัวอย่าง	ปริมาณแร่ธาตุ (ppm)[2]								
	P	K	Na	Ca	Cu	Mg	Mn	Zn	Fe
แป้งลูกเดือย	2,516	1,521.2	180.8	18.1	4.8	1,103.5	20.3	29.5	47.4

หมายเหตุ : [2]ตัวเลขที่รายงานเป็นผลเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ที่มา : ทัศนีย์ (2530)

ในประเทศญี่ปุ่นจะนำลูกเดือยทั้งเปลือกไปคั่วสำหรับชงชา กาแฟ เพื่อให้ความสดชื่น หรือปรุงเป็นซุปลูกเดือย ใช้ลูกเดือยทำเป็นเครื่องดื่มประเภทหมัก เรียกว่า dzu (Annonymous, 1950) นอกจากนี้ยังใช้ลูกเดือยในการผลิตมิโซ (miso) ซีอิ้ว (soy sauce) แครกเกอร์ ขนมปัง บิสเกต ในประเทศญี่ปุ่นมีแนวโน้มที่จะใช้ลูกเดือยเป็นอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น เพราะลูกเดือยมีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพมากกว่าข้าวจ้าวและข้าวสาลี เนื่องจากมีส่วนประกอบของไขมันจำเป็นชนิดไม่อิ่มตัวและโปรตีนอยู่มากกว่า

ในฟิลิปปินส์และหมู่ชาวเขาในอินเดียนำเมล็ดลูกเดือยดิบตำละเอียดมาใช้ในการผลิตเป็นเบียร์และมีการนำไปผลิตเป็นเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ ในประเทศไทยมีการใช้ลูกเดือยอย่างจำกัด ส่วนใหญ่ใช้ลูกเดือยทำเป็นขนมหวาน โดยต้องทำให้สุกก่อน ใส่ในน้ำเต้าหู้ เต้าทึง ทำเป็นของหวานประเภทใส่น้ำแข็งและน้ำหวาน บางครั้งทำเป็นขนมประเภทแกงบวดและใช้ทำเป็นซุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.2 ยารักษาโรค

เมล็ดลูกเดือยและแป้งสามารถย่อยได้ง่ายต้มรับประทานจะเป็นอาหารที่มีคุณค่าสำหรับผู้ป่วยที่กำลังพักฟื้น นำมาทำเป็นยาดองหรือยาต้ม แก้น้ำมูกไหล รักษาอาการบวมแดงของท่อปัสสาวะ ใช้รักษาโรคนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ

เมล็ดนำมาชงเป็นชาเย็น ช่วยขับปัสสาวะ บำบัดอาการหลอดลงอักเสบ ปอดอักเสบ ขับพยาธิในเด็ก แก้ร้อนใน บำรุงไต กระเพาะอาหาร ม้าม รวมทั้งบำรุงเลือดลมในสตรีหลังการคลอดรักษาอาการคลื่นไส้อาเจียน ท้องร่วง

ในตำราจีนกล่าวว่าลูกเดือยรสชุ่มจืด เย็น บำรุงม้าม ปอด แก้ไข้ แก้ท้องเสีย เหน็บชา ชักกระตุก บวมน้ำ ปอดอ่อนแอ ฝีหลายหัวที่ลำไส้ สตรีตกขาวมากกว่าปกติ ในตำรายาจีนจึงมักใช้ลูกเดือยบดผสมข้าว ต้มเป็นข้าวต้มกินทุกวันเพื่อบำรุงกำลัง หล่อลื่นกระเพาะอาหารและลำไส้ แก้บวมน้ำ ปวดข้อเรื้อรัง ทั้งยังเชื่อว่าการรับประทานลูกเดือยต้มน้ำตาลสามารถที่จะแก้ร้อนในได้ ทางการแพทย์ญี่ปุ่นพบว่า สามารถช่วยทำให้เลือดบริสุทธิ์และช่วยขับปัสสาวะ (วีรศักดิ์, 2527)

สรรพคุณในตำราไทยลูกเดือยเป็นยาเย็น แก้ปวดเข่า ปวดข้อ ไขข้ออักเสบ บำรุงกำลังไขข้อ บำรุงม้ามและตับ แก้ไอ แก้ท้องเสีย เหน็บชา ยับยั้งการเกิดมะเร็งในกระเพาะอาหาร มะเร็งมดลูก แก้ชักกระตุก ปอดอ่อนแอ ไอเป็นเลือด ตกขาว ป้องกันการเกิดฝีที่ลำไส้ หูด ร้อนในกระหายน้ำ แก้ทางเดินหายใจหรือทางเดินปัสสาวะอักเสบ ขับเสมหะ ช่วยย่อยอาหาร บำรุงเส้นผมและผิวหนัง ทำให้ผิวพรรณสวยงาม ลูกเดือยยังมีสรรพคุณในการรักษาโรคหูดที่มักจะเรื้อรัง โดยมีการทดลองในคนไข้ 23 ราย ให้กินลูกเดือย 60 กรัม ต้มรวมกับข้าวรับประทานวันละ 1 ครั้ง ติดต่อกันจนกว่าจะหาย หลังจากกินลูกเดือยติดต่อกัน 7-76 วัน ได้ผลหายขาด 11 ราย อาการดีขึ้น 8 ราย ไม่ได้ผล 6 ราย ซึ่งอาจเป็นเพราะสารจากลูกเดือยมีฤทธิ์ทำให้เลือดมาเลี้ยงที่ผิวหนังดีขึ้น หรือจากฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอก (www.kalathai.com)

เมล็ดมีสาร Coixans A, B และ C ซึ่งมีงานวิจัยพบว่าสามารถลดน้ำตาลในเลือดหนูปกติ (www.thaivegetarian.com) Coixan A มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดหนูเป็นเบาหวานได้ น้ำมันเดือย (Coix oil) มีประมาณร้อยละ 5.9-9.8 ซึ่งประกอบได้ด้วยกรดสำคัญคือ กรดโคอิก (Coix acid) และกรดพัลมิติก น้ำมันจากลูกเดือยมีฤทธิ์กระตุ้นศูนย์การหายใจ ลดความอ่อนเพลียของร่างกาย ลดความดันโลหิต และขับปัสสาวะ

ส่วนผลทางเภสัชวิทยามีรายงานว่า ลูกเดือยมีสารที่มีคุณสมบัติทางยาหลายชนิด ได้แก่ สารที่ไม่ใช่ไขมันในลูกเดือย สามารถลดคอเลสเตอรอล น้ำสกัดจากลูกเดือย ช่วยลดความดันเลือด ช่วยทำให้นอนหลับ และระงับปวดได้ในสัตว์ทดลอง แอลฟาโมโนไลโนเลอิน (α-monolinolein) เป็นสารสกัดแอลกอฮอล์ของลูกเดือย สามารถยับยั้งการก่อมะเร็งไม่ให้ทำร้ายเซลล์ในสัตว์ทดลอง สรุปแล้วลูกเดือยเป็นทั้งยาลดน้ำตาลและไขมันในเลือด ลดความดันในเลือดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยสามารถใช้เพิ่มภูมิต้านทาน ป้องกันหวัด นอกจากนี้ยังช่วยให้หลับง่ายและอาจจะป้องกันมะเร็งได้ด้วย (www.kalathai)

2.2 ผลิตภัณฑ์นมหมัก

ผลิตภัณฑ์นมหมัก เป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากนมซึ่งอาจเป็นน้ำนมพร้อมมันเนย น้ำนมพร่องมันเนย หางนม หรือน้ำนมเข้มข้น หรือน้ำนมที่ผสมด้วยหางนมผงโดยการนำมาโฮโมจีไนส์หรือไม่ก็ได้แล้วให้ความร้อน ทำให้เย็นแล้วหมักด้วยจุลินทรีย์ ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์นมหมักกำลังเป็นที่นิยมรับประทานกันมาก เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง และเป็นที่สนใจศึกษากันมากในแง่ของประโยชน์ที่ได้รับจากจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ของนมหมัก ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของนมหมักในประเทศไทย ได้แก่ โยเกิร์ต นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม และยาคูลท์ เป็นต้น ในต่างประเทศได้มีการนำจุลินทรีย์มาใช้ในการผลิตภัณฑ์นมหมักหลายชนิดด้วยกัน เช่น คีเฟอร์ (Kefir) ยเมร์(ymer) นมเปรี้ยว บัตเตอร์มิลค์ และคูมีส (kumiss) เป็นต้น จุลินทรีย์ที่นำมาเป็นกล้าเชื้อส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแลคติก (lactic acid bacteria) เช่น *Lactobacillus* , *Propionibacterium* และ *Leuconostoc* เป็นต้น แบคทีเรียเหล่านี้มีคุณสมบัติเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมให้เป็นกรดแลคติก แต่ละสายพันธุ์ของแบคทีเรียแลคติกจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว ทั้งกลิ่น รสและเนื้อสัมผัส นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ คือ สามารถสร้างกรดอินทรีย์จากกระบวนการเมแทบอไลท์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียหรือทำให้เกิดโรค สามารถสร้างสารปฏิชีวนะ เช่น ไนซิน ไดโพคอคซิล แบคเทอริโอซิน และริวเทอริน(ลาวัณย์, 2542)

2.2.1 โยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักน้ำนมหรือน้ำนมเพิ่มปริมาณของแข็ง โดยใช้แบคทีเรียแลคติก *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus* ช่วยในการหมักจุลินทรีย์จะสร้างกลิ่นรส และกรดแลคติกทำให้โปรตีนตกตะกอนเป็นลิ่ม โยเกิร์ตที่ได้จะมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวและมีคุณค่าทางอาหารสูง ปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในรูปแบบต่างๆ อาจมีการเพิ่มกลิ่นรส ผลไม้ สารให้ความหวาน ลดปริมาณไขมัน หรืออาจผลิตในรูปของโยเกิร์ตแห้งและโยเกิร์ตแช่แข็ง (Schmidt, 1992)

2.2.1.1 <u>ชนิดของโยเกิร์ต</u>

การแบ่งชนิดของโยเกิร์ตอาศัยหลักการ (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532) ดังต่อไปนี้

ก. กรรมวิธีการผลิต การผลิตโยเกิร์ตในอุตสาหกรรมมี 2 ลักษณะใหญ่ๆ ซึ่งขึ้นกับกระบวนการผลิต และโครงสร้างทางกายภาพของเนื้อโยเกิร์ต (coagulum) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โยเกิร์ตชนิดคงตัว (set yogurt) เป็นผลิตภัณฑ์ที่การหมักเกิดขึ้นในภาชนะบรรจุ ลักษณะของโครงสร้างทางกายภาพของมวลที่ตกตะกอนที่ได้เป็นเนื้อเดียวกันที่ต่อเนื่องและมีลักษณะแข็งกึ่งเหลว

- โยเกิร์ตชนิดคน (stirred yogurt) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการหมักที่เกิดขึ้นในถังหมักเรียบร้อยแล้ว ลักษณะของโครงสร้างทางกายภาพของมวลที่ตกตะกอนที่ได้จะแตกหรือแยกจากกันก่อนที่จะนำไปผ่านการให้ความเย็นหรือบรรจุ ตัวอย่างได้แก่ นมเปรี้ยวซึ่งมีปริมาณของแข็งเพียงร้อยละ 11 หรือน้อยกว่า เป็นต้น

ข. กลิ่นรสและการปรุงแต่ง สามารถแบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ

- โยเกิร์ตแบบธรรมดา (plain หรือ natural yogurt) เป็นโยเกิร์ตที่ผลิตได้ตามวิธีดั้งเดิม มีรสชาติเปรี้ยว ไม่มีการเติมกลิ่นรสหรือผลไม้ลงไป

- โยเกิร์ตรสผลไม้ (fruit หรือ flavored yogurt) ซึ่งอาจมีการเติมผลไม้และสารให้ความหวาน หรือมีการเติมกลิ่นรสและสีแทนส่วนของผลไม้ แบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบสวิส (swiss yogurt) ซึ่งเป็นเนื้อโยเกิร์ตที่มีผลไม้ผสมรวมกระจายอยู่ในเนื้อโยเกิร์ต อีกแบบ คือ แบบซันเด (sundee yogurt) ซึ่งมีเนื้อผลไม้อยู่บริเวณก้นภาชนะ เช่น ส้ม สับปะรด สตรอเบอรี เป็นต้น การเติมผลไม้ชนิดต่างๆ นอกจากเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคแล้ว ยังทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีปริมาณแร่ธาตุแตกต่างกันไป ซึ่งโดยทั่วไปพบทองแดง เหล็ก และแมงกานีส

- โยเกิร์ตที่ผสมน้ำตาล (sweetened yogurt) เป็นโยเกิร์ตที่มีน้ำตาลผสมอยู่ด้วย เพื่อให้เกิดความหวานชวนรับประทาน

- โยเกิร์ตพร้อมดื่ม (drinking yogurt) เกิดจากการนำโยเกิร์ตผสมกับน้ำผลไม้ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 แล้วนำมาผ่านการฆ่าเชื้อ โยเกิร์ตชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นน้ำสะดวกต่อการดื่มมีรสเปรี้ยวตามธรรมชาติ ส่วนสีและกลิ่นจะเป็นไปตามน้ำผลไม้ที่ผสมอยู่

ค. กระบวนการหลังการหมัก เมื่อกระบวนการหมักเสร็จสิ้นแล้วอาจนำโยเกิร์ตที่ได้ไปผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น การให้ความร้อน การแช่แข็ง การทำให้แห้ง เป็นต้น ซึ่งสามารถเติมสารให้กลิ่นรส สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัวและสีลงในผลิตภัณฑ์ได้

ง. องค์ประกอบทางเคมี ชนิดของโยเกิร์ตอาจขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์นั้น เช่น ปริมาณไขมัน (fat) ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (solid-non fat หรือ SNF) หรือปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid หรือ TS) ตามมาตรฐานของ FAO/WHO ซึ่งกำหนดให้แบ่งชนิดของโยเกิร์ตตามปริมาณไขมัน (FAO/WHO, 1984; Tamine and Robinson, 1999) คือ full yogurt/yogurt หมายถึง โยเกิร์ตที่มีปริมาณไขมันสูงกว่าร้อยละ 3 medium yogurt/partially skimmed yogurt หมายถึง โยเกิร์ตที่มีปริมาณไขมันประมาณร้อยละ 3 - 5 และ lowyogurt/skimmed yogurt หมายถึง โยเกิร์ตที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าร้อยละ 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 กล้าเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ได้แก่ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* แต่ละชนิดอาจใช้ 1 สายพันธุ์หรือมากกว่า 1 สายพันธุ์ก็ได้จุลินทรีย์ 2 ชนิดนี้จะอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน

- คุณลักษณะของ *S. thermophilus*

S. thermophilus เป็นแบคทีเรียแลคติก รูปร่างกลมต่อกันเป็นสาย สามารถเจริญได้ในที่อุณหภูมิสูงถึง 49 องศาเซลเซียส แต่จะเจริญไม่ดีในที่อุณหภูมิต่ำ (ไม่สามารถเจริญในที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส) เมื่ออยู่เดี่ยว ๆ จะสร้างกรดทำให้โปรตีนในน้ำนมตกตะกอนได้ดีแต่ปริมาณกรดที่สร้างขึ้นค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับแบคทีเรียแลคติกชนิดอื่น ในระหว่างการหมักน้ำนม *S. thermophilus* จะผลิตเอนไซม์แลคเตสและเอนไซม์บีต้า-กาแลคโตซิเดส มาย่อยแลคโตสให้เป็นกลูโคสกับกาแลคโตส และสามารถผลิตเอนไซม์ยูรีเอสมาย่อยสลายยูเรียในน้ำนม ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย นอกจากนี้ *S. thermophilus* ยังผลิตแคปซูล และผลิตเมือกภายนอกเซลล์ซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์ ช่วยให้โยเกิร์ตที่ผลิตได้มีลักษณะเนื้อที่เนียนข้น ทำให้ผลไม้กระจายตัวได้ดีในโยเกิร์ต (Vedamuthu, 1991)

นอกจากคุณลักษณะของ *S. thermophilus* ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีคุณลักษณะอีก 3 ประการที่ทำให้แบคทีเรียชนิดนี้อาจถูกยับยั้งในระหว่างการหมัก คุณลักษณะทั้ง 3 ประการนี้ ได้แก่ ประการแรก แบคทีเรียชนิดนี้มีการไวต่อเพนนิซิลินอย่างมาก รวมทั้งสารปฏิชีวนะชนิดอื่นด้วย ฉะนั้นก่อนที่จะนำน้ำนมมาผลิตเป็นโยเกิร์ตควรตรวจสอบสารปฏิชีวนะ มิฉะนั้นสารปฏิชีวนะในน้ำนมอาจยับยั้งการเจริญของ *S. thermophilus* ประการที่สอง แบคทีเรียชนิดนี้อาจถูกยับยั้งถ้าหากอยู่ในสภาพที่มีเกลือร้อยละ 2.5 - 3.0 โดยเฉพาะในเนยแข็ง และประการสุดท้าย ในสภาพที่มีความเข้มข้นของซูโครสสูงกว่าร้อยละ 4.0 สามารถชะลอการผลิตกรดของ *S. thermophilus* ได้ (Vedamuthu, 1991)

- คุณลักษณะของ *L. bulgaricus*

L. bulgaricus เป็นแบคทีเรียแลคติกรูปแท่ง อาจพบอยู่กันเป็นคู่หรือต่อกันเป็นสาย แบคทีเรียชนิดนี้ทนต่อความร้อนได้ดี มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญประมาณ 45 องศาเซลเซียล และมีอุณหภูมิที่เหมาะต่อการผลิตกรดประมาณ 43 - 46 องศาเซลเซียล *L. bulgaricus* เจริญได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจนเพียงเล็กน้อยหรือในสภาพที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นในช่วงแรกของการหมัก *L. bulgaricus* จะเจริญอย่างช้า ๆ จนกว่า ออกซิเจนจะถูกใช้ให้หมดไปโดยแบคทีเรียชนิดอื่นและแบคทีเรียชนิดนี้สามารถผลิตเมือกภายนอกเซลล์ ซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์ได้เช่นเดียวกับ *S. thermophilus* ช่วยให้โยเกิร์ตมีลักษณะที่เนียนและข้น (Vedamuthu, 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3. กระบวนการผลิตโยเกิร์ต

กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ต เริ่มจากการนำน้ำนมสด (whole milke) หรือหางนม (skim milk) หรือน้ำนมสดผสมกับหางนมในอัตราส่วนที่พอเหมาะ และมีการเติมนมผงเพื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็ง (solid content) ซึ่งทำให้ลักษณะตะกอนของผลิตภัณฑ์คงตัวได้ดีขึ้น วิธีการทำเริ่มจากการนำน้ำนมที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสม มาผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 85 ถึง 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 - 30 นาที แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 42 - 45 องศาเซลเซียส เติมกล้าเชื้อที่เป็นเชื้อผสมระหว่าง *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 หรือ 1 ต่อ 1.2 จำนวนร้อยละ 2 – 4 ทำการบ่มจนกระทั่งเกิดเคิร์ด (curd) และได้ปริมาณกรดที่ต้องการ จากนั้นจึงลดอุณหภูมิเหลือประมาณ 4 องศาเซลเซียส เพื่อหยุดการเจริญของจุลินทรีย์ (Marshall, 1986) ในอุตสาหกรรมการผลิตโยเกิร์ตแบ่งกรรมวิธีการผลิตเป็น 2 แบบ คือ set yogurt และ stirred yogurt กรรมวิธีทั้งสองแตกต่างกัน คือ set yogurt จะเป็นแบบบรรจุทันทีหลังจากการเติมจุลินทรีย์ และให้จุลินทรีย์ทำปฏิกิริยาในขณะที่อยู่ในภาชนะบรรจุ ในขณะที่แบบ stirred yogurt จะให้มีการทำปฏิกิริยาในขณะที่อยู่ในภาชนะบรรจุ ในขณะที่แบบ stirred yogurt จะให้มีการทำปฏิกิริยาจนได้ที่แล้วทำให้เย็นลงและทำการบรรจุลงในภาชนะภายหลัง (ภาพที่ 1)

กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตในโรงงานไม่ว่าจะเป็น set yogurt หรือ stirred yogurt สามารถสรุปกระบวนการผลิตได้ (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532) ดังนี้

1. การเตรียมส่วนผสมเบื้องต้น (Preliminary ingredient preparation)

เนื่องจากองค์ประกอบของนมที่ได้จากสัตว์ชนิดต่างๆ แตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำมาผ่านการหมักจะทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีคุณภาพแตกต่างกัน เช่น เมื่อไขมันในนมมีปริมาณสูงกว่า จะทำให้โยเกิร์ตที่มีความเป็นครีมสูงตามไปด้วย เป็นต้น นอกจากนี้แล้วน้ำตาลแลคโตสที่มีอยู่ในนมจะถูกใช้เป็นแหล่งอาหารของหัวเชื้อโยเกิร์ต ส่วนโปรตีนก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการดกตะกอนเป็นเนื้อโยเกิร์ต ซึ่งมีผลเกี่ยวข้องกับความหนืด (consistency/viscosity) ของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีคุณภาพตามมาตรฐานจึงจำเป็นต้องปรับคุณภาพก่อนการหมัก

ก.) การปรับปริมาณไขมันในนม

ในประเทศอังกฤษปริมาณไขมันเนยโดยเฉลี่ยในนมจะอยู่ระหว่างร้อยละ 3.7-4.2 แต่ปริมาณไขมันในโยเกิร์ตเฉลี่ยร้อยละ 1.5 (สำหรับ medium-fat yogurt) หรือร้อยละ 0.5 (สำหรับ low-fat yogurt) ในการปรับปริมาณไขมันในนมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตจะใช้หลักการของเปียสันสแควร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

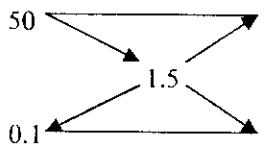
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต

ที่มา : สุรีย์ (2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง จะต้องใช้ครีม (ไขมันร้อยละ 50) และนมขาดมันเนย (ร้อยละ 0.1) ในปริมาณเท่าใดเมื่อต้องการให้ได้นมโยเกิร์ตที่มีไขมันร้อยละ 1.5 ปริมาณ 1000 ลิตร



ดังนั้น ต้องใช้ครีม 1.4×1000/49.9 = 28.1 ลิตร

ต้องใช้นมขาดมันเนย 48.5×1000/49.9 = 971.9 ลิตร

นมที่ปรับแล้วทั้งหมด = 1000 ลิตร

ข.) การปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (SNF) ในนม

สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (ได้แก่น้ำตาลแลคโตส โปรตีนและเกลือแร่) ในนมที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต จะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกายภาพและกลิ่นรสของโยเกิร์ตโดยเฉพาะความหนืดของเนื้อโยเกิร์ต โดยปริมาณของแข็งในของผสมที่ใช้ในเตรียมโยเกิร์ตยิ่งสูงผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จะมีความหนืดมากขึ้นตามไปด้วย โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีได้จากนมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid หรือ TS) เท่ากับร้อยละ 15-16 ซึ่งจะทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 14-15 อย่างไรก็ตาม ถ้าปริมาณของแข็งทั้งหมดในของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตสูงกว่าร้อยละ 25 ขึ้นไป จะทำให้ความชื้นลดลงและมีผลให้กิจกรรมของเชื้อลดลงด้วย การเพิ่มปริมาณของแข็งอาจกระทำได้โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การให้ความร้อนเพื่อเพิ่มความเข้มข้น การเติมนมผง เคซีอีน เวย์ผง หรือบัตเตอร์มิลค์ เป็นต้น

ค.) การเติมสารคงตัว

วัตถุประสงค์หลักในการเติมสารคงตัว (stabilizers) ในของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต ทั้งนี้เพื่อรักษาให้ลักษณะเฉพาะตัวที่ต้องการในโยเกิร์ตให้คงอยู่หรือเพิ่มขึ้น เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด ลักษณะที่ปรากฏด้านโครงสร้างของเจล และช่วยลดปัญหาการแยกชั้นของทางนม (whey) หรือที่เรียกว่า syneresis เป็นต้น นอกจากนี้สารคงตัวยังช่วยเพิ่มอายุการเก็บและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ โดยทำให้เจลในน้ำมีปริมาณน้ำอิสระสำหรับการเกิด syneresis ลดลง คุณสมบัติที่ดีของสารคงตัวคือ ไม่มีกลิ่น มีประสิทธิภาพสูงในช่วงพีเอชต่ำ และการกระจายตัวได้ดีในอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักนม สำหรับสารเคมีที่นิยมใช้เป็นสารคงตัว เช่น เจลาติน, vegetable gums (carboxymethylcellulose, locustbean และ guar) และ seaweed gums (alginates และ carrageenans) เป็นต้น ตารางที่ 5 แสดงชนิดของกัมต่างๆที่ใช้เป็นสารคงตัวในโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ชนิดของสารคงตัวต่าง ๆ ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตโยเกิร์ต

กัมธรรมชาติ	กัมดัดแปลง	กัมสังเคราะห์
พืช	อนุพันธ์ของเซลลูโลส	โพลิเมอร์
Exudates	Carboxymethylcellulose	Polyvinyl derivatives
Arabic	Methylcellulose	Polyethylene derivatives
Tragacanth	Hydroxyethylcellulose	
Karaya	Hydroxypropylcellulose	
Extracts	Hydroxypropylmethylcellulose	
Pectins	Microcrystallinecellulose	
Seed Flour	กระบวนการหมักจุลินทรีย์	
Locust (Carbo)	Dextran	
Guar	Xanthan	
สาหร่าย	อนุพันธ์ของนิสเซลลาเนียส	
Extracts	Low-methoxy pectin	
Agar	Propylene glycole alginates	
Alginates	Pre-gelatinised starches	
Carrageenan	Modified starches	
Furcellaran	Carboxymethyl starch	
สตาร์ชจากธัญพืช	Hydroxyethyl starch	
Wheat	Hydroxypropylstarch	
Corn		
สัตว์		
Gelatin		
Casein		
ผัก		
Soy protein		

ที่มา : Tamime และ Robinson (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.) การเติมสารให้ความหวาน

สารให้ความหวานหรือที่เรียกว่า "sweetener" มักเติมในการผลิตโยเกิร์ตรสผลไม้ หรือใน "sweet" โยเกิร์ตแบบธรรมดา โดยอาศัยการเติมสารให้ความหวานลงไปในส่วนผสมของโยเกิร์ต หรือเติมผลไม้ที่มีความหวานลงไป ทั้งนี้วัตถุประสงค์หลักในการเติมเพื่อลดความเปรี้ยวในโยเกิร์ต อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ชนิดของสารให้ความหวานที่ใช้ ความชอบของผู้บริโภค ชนิดของผลไม้ที่ใช้ ผลที่อาจยับยั้งหัวเชื้อ กฎหมายและอื่นๆ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้ว โยเกิร์ตรสผลไม้อาจมีคาร์โบไฮเดรตสูงถึงร้อยละ 20 ซึ่งได้จากน้ำตาลในนมที่เหลือจากการหมักน้ำตาลในผลไม้และน้ำตาลที่เติมเข้าไป ถ้าความเข้มข้นของน้ำตาลสูงเกินไป อาจมีผลไปยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อได้เนื่องจากผลของ adverse osmotic ของสารถูกละลายในน้ำและผลของ water activity ในโยเกิร์ต โดยทั่วไปปริมาณน้ำตาลที่เติมลงในโยเกิร์ตไม่ควรเกินร้อยละ 10

สารให้ความหวานที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมได้แก่ น้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส คอร์นไซรัป (corn syrup) กลูโคส/กาแลคโตสไซรัป (glucose/galactose syrup) หรือพวกซอร์บิทอลและแซคคารีน (saccharin) เป็นต้น

นอกจากนี้อาจมีการเติมสารประกอบอื่นๆลงในนมด้วย เช่น สารกันเสีย หรือเพนิซิลลิเนสที่ใช้ทำลายสภาพของสารปฏิชีวนะเพนิซิลลิน เพื่อให้นมเหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตมากที่สุด

2. <u>การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน</u> (Homogenization)

หลังจากการปรับส่วนผสมของนมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการแล้วการนำนมที่ปรับแล้วมาผ่านกระบวนการที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันจะมีผลต่อคุณภาพของนม ในด้านการเป็นสารอิมัลชั่นที่เป็นเนื้อเดียวกัน ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวสามารถกระทำได้โดยการให้นมผ่านเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ด้วยความเร็วสูงโดยผ่านทางช่องเปิดเล็กๆ ภายใต้ความดันสูง ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของนมทางด้านเคมีและกายภาพที่จะนำไปเตรียมโยเกิร์ตแสดงในตารางที่ 6

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายหลังการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันมีผลทำให้เนื้อสัมผัสที่ได้หลังการหมักมีเนื้อเนียนมากขึ้น มีกลิ่นรสที่เป็นครีม และช่วยลดการเกิดครีมที่ผิวหน้า หรือการแยกชั้นของน้ำหางนม (wheying-off) สำหรับการเลือกใช้เครื่องโฮโมจีไนซ์แบบ 1 หรือ 2 ขั้น จะขึ้นกับปริมาณไขมันที่มีอยู่ในนมที่ปรับองค์ประกอบแล้ว

3. <u>การให้ความร้อน</u> (Heat treatment)

การให้ความร้อนเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง นอกจากเพิ่มความเข้มข้นของนมแล้ว ยังมีผลต่อการทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อน นอกจากนี้ยังช่วยกำจัดอากาศที่มีอยู่ในน้ำนม ซึ่งทำให้มีสภาวะแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียแลคติกมากยิ่งขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียแลคติกต้องการอากาศในปริมาณเพียงเล็กน้อย และยังทำให้เกิดการเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
67304

แปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำนม โดยทำให้โปรตีน ได้แก่ อัลบูมิน และโกลบูลินที่เสียสภาพแล้วตกตะกอน อีกทั้งทำให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุลเคซีน เกิดเป็นร่างแหในลักษณะสามมิติขึ้น โดยร่างแหนี้จะจับกับโปรตีนเวย์แล้วทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีความหนืดมากกว่าเดิม ในตารางที่ 7 แสดงเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำนม

4. กระบวนการหมัก (Fermentation process)

หลังจากผ่านการให้ความร้อนและทำให้ความเย็นลงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมของส่วนผสมแล้ว จะทำการเติมหัวเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ในอัตราส่วนที่เท่ากัน โดยทั่วไปจะใช้หัวเชื้อประมาณร้อยละ 0.5-2 หลังจากทำการถ่ายเชื้อแล้วจะนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 42-45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง

5. การให้ความเย็น (cooling)

การควบคุมกิจกรรมของหัวเชื้อโยเกิร์ตและเอนไซม์ จะทำเมื่อโยเกิร์ตมีระดับความเป็นกรด-ด่างตามต้องการคือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 4.6 หรือความเข้มข้นกรดแลคติกประมาณร้อยละ 0.9 โดยการให้ความเย็น หลักของการให้โครงสร้างทางกายภาพของมวลที่ดกตะกอนเย็นลงคือ ลดอุณหภูมิจาก 30-45 องศาเซลเซียส ให้ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสหรือประมาณ 5 องศาเซลเซียสทันที เพื่อควบคุมระดับความเป็นกรดสุดท้ายในผลิตภัณฑ์

6. การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรสและสี (Addition of flavoring/colouring ingredients)

การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรสและสี ลงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจะขึ้นกับชนิดของโยเกิร์ตที่ต้องการของผู้บริโภค องค์ประกอบที่ใช้เติมในอุตสาหกรรม การผลิตโยเกิร์ต ได้แก่ ผลไม้ สารให้กลิ่นรส สี และสารประกอบอื่นๆ เช่น น้ำผึ้ง มะเขือเทศ กาแฟ เป็นต้น

7. การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

อาจมีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และแบคทีเรียที่ใช้เป็นหัวเชื้อและแบคทีเรียที่อาจปนเปื้อน ซึ่งชนิดของโยเกิร์ตก็มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บ (Birollo และคณะ, 2000) ในประเทศไทยกำหนดให้เก็บโยเกิร์ตที่อุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส ได้ไม่เกิน 7 วัน หรือเก็บโยเกิร์ตที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส ได้ไม่เกิน 10 วัน

2.2.1.4 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขณะหมักโยเกิร์ต

ในระหว่างการหมักโยเกิร์ต เชื้อ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* จะเจริญแบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis) แต่ถ้าหาก *S. thermophilus* เจริญเดี่ยว ๆ จากการศึกษาว่าเชื้อนี้สามารถผลิตกรดแลคติกทำให้น้ำนมตกตะกอนได้เช่นกัน แต่ปริมาณกรดที่ได้ค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแบคทีเรียแลคติกอื่น ส่วน *L. bulgaricus* เดี่ยว ๆ นั้นจะผลิตกรดแลคติกได้สูง แต่อัตราการเจริญและการสร้างกรดในดอนเริ่มต้นจะต่ำ เนื่องจากเชื้อนี้เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนเพียงเล็กน้อยในการเจริญและต้องการสารประกอบบางอย่างเพื่อกระตุ้นการเจริญ ดังนั้นการใช้ *S. thermophilus* หรือ *L. bulgaricus* ชนิดใดชนิดหนึ่งในการผลิตโยเกิร์ต จึงไม่เป็นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยอมรับในอุตสาหกรรม แต่ถ้าใช้เชื้อทั้งสองชนิดนี้ในการผลิตโยเกิร์ต จุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้จะเจริญแบบพึ่งพาอาศัยกันระหว่างการหมักโยเกิร์ต โดยในช่วงแรก *S. thermophilus* จะเจริญได้ดีกว่า *L. bulgaricus* เนื่องจาก *S. thermophilus* ทนต่อออกซิเจนได้ดีกว่า จึงเจริญและสร้างกรดไปเรื่อยๆ จนกระทั่งออกซิเจนลดลงทำให้ *L. bulgaricus* เริ่มเจริญได้ดีและถูกกระตุ้นด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นโดย *S. thermophilus* จากการย่อยสลายยูเรียในน้ำนม นอกจากนี้ยังถูกกระตุ้นด้วยกรดฟอร์มิกและไพรูวิก ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการหมักสารคาร์โบไฮเดรต ส่วน *S. thermophilus* จะถูกกระตุ้นด้วยเปปไทด์เช่นกัน และกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายโปรตีนนมโดย *L. bulgaricus* ฉะนั้นในช่วงแรกและช่วงกลางของการหมักโยเกิร์ตจะมี *S. thermophilus* เจริญเด่นและผลิตกรดแลคติก อะซีตัลดีไฮด์และสารอื่น ๆ ที่ทำให้พีเอชลดต่ำลง ต่อมา *L. bulgaricus* ก็เริ่มการเจริญได้ดีขึ้นและสร้างกรดเพิ่มขึ้น ขณะที่การเจริญของ *S. thermophilus* ช้าลง เมื่อสิ้นสุดการหมักพีเอชจะลดลงถึง 4.6–4.7 มีกรดแลคติกเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 0.9 – 1.2 และมีแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตประมาณ 10^6 – 10^8 เซลล์ต่อกรัม (Schmidt, 1992 ; Vedamuthu, 1991)

2.2.1.5 <u>กระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต</u>

แลคโตสเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญเพียงแหล่งเดียวของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกโดยขบวนการหมัก (fermentation) ซึ่งแลคโตสจะถูกสลายตัวให้กลูโคสและกาแลคโตส โดยขบวนการนี้เกิดขึ้นภายในเซลล์ของแบคทีเรียแลคติก หลังจากที่แลคโตสถูกดูดซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปแล้ว

การลำเลียงแลคโตสผ่านผนังเซลล์นั้นมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องอยู่ด้วย 2 ชนิด ได้แก่ Galactosidase permease และ Lactose phosphotransferase โดยแลคโตสจะถูกเปลี่ยนเป็น glycosyl ß – (1, 4) – galactosidase – 6P หรือ lactose – P ภายในมีเอนไซม์อีก 2 ชนิด ที่จะทำการไฮโดรไลส์ lactose คือ ß – D – galactosidase (ß – gal) กับ ß – D – phosphogalactosidase (ß – P gal) โดยที่ ß– D – galactosidase จะไฮโดรไลส์แลคโตสไปเป็น galactose-6P กับ D-glucose ต่อมา D-glucose จะเปลี่ยนไปเป็นไพรูเวทโดยผ่านขบวนการ Embden-Meyerhof Pathway (EMP) ต่อจากนั้นเอนไซม์ lactate dehydrogenase จะเปลี่ยนไพรูเวทไปเป็นกรดแลคติกต่อไป ส่วน ß- D – galactose กับ galactose – 6P นั้น มีอยู่บางส่วนจะถูกไฮโดรไลส์มาเป็นกรดแลคติกได้ แต่อีกส่วนหนึ่งจะถูกปลดปล่อยขับออกมานอกเซลล์สะสมอยู่ในโยเกิร์ต

บางสายพันธุ์ของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตได้ โดยสังเคราะห์สารพวกโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่เรียกว่า "glucan" ซึ่งเป็นเด็กซ์แตรนชนิดหนึ่งประกอบด้วย α – 1 – 6 glycosidic linkage สำหรับเชื้อโยเกิร์ตบางสายพันธุ์ เช่น RR culture ของประเทศเนเธอร์แลนด์สามารถสร้างกลูแคนได้ ทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะหนืดข้น (Tamine และ Robinson, 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในน้ำนมหลังผ่านกระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

ผลหลังจากการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน	การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโยเกิร์ต
1. ความหนืดที่เพิ่มขึ้น	การลดขนาดลงของเม็ดไขมันและการเพิ่มการดูดซับกับอนุภาคของโปรตีนเคซีนซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณอนุภาคแขวนลอย
2. ปริมาณของเอนไซม์แซนทิน ออกซิเดส (xanthin oxidase enzyme) เพิ่มขึ้น	เนื่องจากเกิดการถูกทำลายของเยื่อหุ้มของเม็ดไขมันซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ชนิดนี้อยู่ประมาณครึ่งหนึ่งที่พบในน้ำนม
3. สีขาวขึ้น	ปริมาณของเม็ดไขมันที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อการสะท้อนและกระจายของแสง
4. การเกิดลิโปไลซิส (lipolysis)	เนื่องจากพื้นที่ผิวของไขมันที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับเอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้น โดยเยื่อหุ้มของเม็ดไขมันที่ถูกทำลายไปจะส่งผลให้เกิดการแตกสลายของไขมันโดยหัวเชื้อมากขึ้น
5. การจับตัวรวมกันเพิ่มขึ้น	โดยเฉพาะน้ำนมที่มีนมผงเป็นส่วนผสม
6. ปริมาณของฟอสโฟลิปิดในนมผงขาดมันเนยเพิ่มขึ้น	ปริมาณของฟอสโฟลิปิดที่มีอยู่ที่เยื่อหุ้มเม็ดไขมันจะกระจายตัวอยู่ในนมผงขาดมันเนยมากขึ้น เนื่องจากแรงกระทำที่เกิดขึ้นในการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน
7. การเกิดฟองง่ายขึ้น	เป็นผลมาจากปริมาณของฟอสโฟลิปิดในนมผงขาดมันเนยเพิ่มขึ้น การปั่นนมที่จะทำโยเกิร์ตมาบ่มในถังบ่มจะก่อให้เกิดฟองง่ายขึ้น
8. ขนาดของเม็ดไขมันลดลง	ช่วยป้องกันการเกิดชั้นครีมในโยเกิร์ตระหว่างการบ่ม
9. การรวมตัวและผลต่อการลอยตัวลดลง	เนื่องจากการดูดซับเม็ดไขมันด้วยโปรตีนเคซีนส่งผลให้การรวมตัวของไขมันลดลง
10.เสถียรภาพของโปรตีนลดลง	การเปลี่ยนแปลงแรงยึดระหว่างโปรตีนกับโปรตีนมีผลมาจากการเสื่อมสภาพของโปรตีนและสมดุลของเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในน้ำนมหลังผ่านกระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน(ต่อ)

ผลหลังจากการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน	การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโยเกิร์ต
11. Oxidised flavour ลดลง	เนื่องจากปริมาณฟอสโฟลิปิดเพิ่มขึ้นของนมผงขาดมันเนย ประกอบกับการเกิดสารประกอบจำพวกซัลไฟด์ดิล (sulphydryl) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบจำพวกซัลไฟด์ดิล อาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของโปรตีนในนมผงขาดมันเนย
12. เคซีนในชั้นนมผงขาดมันเนย	เกิดการเคลื่อนย้ายของโปรตีนเคซีนบางส่วนจากนมผงขาดมันเนย มาจับตัวกับเยื่อหุ้มของเม็ดไขมันเล็กๆที่เกิดขึ้นจากการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน
13. การเกิด syneresis ลดลง	การเพิ่มความสามารถในการสร้างพันธะกับน้ำเนื่องจากแรงปฏิกิริยาของโปรตีนเคซีนที่เยื่อหุ้มของเม็ดไขมันและแรงปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีน

ที่มา : Tamine และ Robinson (1999)

2.2.1.6 การสร้างกรดแลคติก (Production of Lactic acid)

การสลายตัวของแลคโตสโดยแบคทีเรียแลคติกส่วนใหญ่แล้วจะได้กรดแลคติกซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการทำโยเกิร์ตด้วยเหตุผล คือ

1. กรดแลคติกทำให้เคซีนไมเซลล์ (casein micelles) เปลี่ยนสภาพจากสารแขวนลอยซึ่งอยู่ในรูป calcium – caseinate – phosphate – complex (CCPC) แตกตัวไปเป็น casein complex, calcium lactate และ calcium phosphate ดังสมการ

CCPC + lactic acid ⟶ calcium complex + calcium lactate + monocalcium phosphate

สารต่าง ๆ ที่ได้จากปฏิกิริยาจะอยู่ในลักษณะละลายอยู่ในส่วนประกอบที่เป็นน้ำของนม เมื่อปริมาณของกรดแลคติกมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาในการบ่ม เคซีนไมเซลล์ก็จะค่อยๆ สูญเสียธาตุแคลเซียมไปเรื่อย ๆ จนทำให้เสียสมดุลของธาตุแคลเซียมในเคซีนไมเซลล์ และเมื่อถึงพีเอช 4.6 – 4.7 เคซีนและเสียสมดุลทำให้เกิดการตกตะกอนของเคซีนและเกิดเคิร์ดขึ้น

2. กรดแลคติกทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะเฉพาะตัวของโยเกิร์ตในเรื่องรสชาติและกลิ่น เช่น ทำให้เกิดความเปรี้ยวและมีกลิ่นหอม

พวกแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกมีเอนไซม์ lactate dehydrogenase (LDH) ทำให้สามารถสังเคราะห์สารแลคติกจากไพรูวิกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำนมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ต

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

* เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตโยเกิร์ต

ที่มา : Tamine และ Robinson (1999)

2.2.1.7 สารที่ให้กลิ่นในโยเกิร์ต

เชื้อโยเกิร์ตสร้างสารให้กลิ่น (aromatic compound) ซึ่งทำให้โยเกิร์ตมีกลิ่นเฉพาะตัว สารให้กลิ่นในโยเกิร์ตแบ่งออกได้เป็น 4 พวกคือ

1. กรดที่ระเหยไม่ได้ เช่น กรดแลคติก กรดไพรูวิก กรดซัคซินิค และกรดออกซาลิก
2. กรดที่ระเหยได้ เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวไทริก
3. สารประกอบพวกคาร์บอนิล เช่น อะซีตัลดีไฮด์ อะซีโตน อะซีโตอิน และไดอะซีติล
4. สารประกอบอื่น ๆ เช่น กรดอะมิโนบางชนิด ไขมัน และแลคโตส เป็นต้น

สารให้กลิ่นในโยเกิร์ตนั้น เป็นผลที่เกิดจากการมีกรดแลคติกและสารประกอบพวกคาร์บอร์นิล (carbonyl compounds) Tamine และ Deeth (1980) ได้สรุปจากผลวิจัยหลายรายงานด้วยกัน ดังตารางที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 สารประกอบคาร์บอนิลที่ผลิตโดยเชื้อจุลินทรีย์ในโยเกิร์ต

ชนิดของจุลินทรีย์	สารประกอบคาร์บอนิล (ppm)			
	อะซีตัลดีไฮด์	อะซีโตน	อะซีโตอิน	ไดอะซีติล
S. thermophilus	1.0-8.3	0.2-5.2	1.5-7.0	0.1-13.0
L. bulgaricus	1.4-12.2	0.3-3.2	0-2.0	0.5-13.0
Mixed culture	2.0-41.0	1.3-4.0	2.2-5.7	0.4-0.9

ที่มา : Tamine และ Robinson (1985)

ในระหว่างการหมักจะเกิดการสร้างอะซีตัลดีไฮด์เมื่อค่าพีเอชเป็น 5.0 และจะถึงจุดสูงสุดที่พีเอช 4.2 และจะคงที่อยู่เมื่อพีเอชเป็น 4.0 จะสามารถเพิ่มระดับของอะซีตัลดีไฮด์ให้สูงขึ้นได้โดยการเติมธาตุน้ำนมไม่รวมไขมันให้มากขึ้น หรือการใช้น้ำร้อนระหว่างการต้มน้ำนมให้เหมาะสมและเมื่อนำโยเกิร์ตไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ระดับของอะซีตัลดีไฮด์ก็จะลดลง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ทำโยเกิร์ต เช่น ถ้าใช้น้ำนมสดล้วน ๆ เป็นวัตถุดิบการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หางนมผง การหมักน้ำนมโคพบว่าหลังการบ่ม 3 ชั่วโมง จะมีระดับของอะซีตัลดีไฮด์สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมแพะและน้ำนมแกะ

สารประกอบอื่น ๆ ที่มีส่วนประกอบในการสร้างรสชาติและกลิ่นของโยเกิร์ตทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่

1. กรดไขมันที่ระเหยได้ เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดคาปริก (capric acid) และกรดคาโปรอิก (caproic acid)

2. กรดอะมิโน เช่น เซรีน กรดกลูตามิค วาลีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน ปราลีน (praline) และไทโอซีน

3. สารประกอบอื่น ๆ ที่เกิดจากการต้มน้ำนมที่อุณหภูมิ 80 – 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-30 นาที ซึ่งได้แก่

3.1 จากไขมัน

3.1.1 จากพวกคีโต (keto acid) เช่น อะซีโตน บิวทาโนน และเฮกซาโนน

3.1.2 จากพวกไฮดรอกซี (hydroxyl acid) เช่น y-valerolactone, a-caprolactone และ a-caprilactone

3.1.3 จากสารเบ็ดเตล็ดอื่น ๆ เช่น 2-heptanone, 2-nonanone, 2-undecanone และ peptone

3.2 จากแลคโตส เช่น furfural, furfuryl alcohol, 5-methyl fufural และ 2-pentylfurane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 จากโปรตีน เช่น methionine, valine และ phenylalanine

3.4 จากสาร n- pentaldehyde และ 2-heptanone ที่ *L. bulgaricus* ผลิตขึ้น

Lee และ Jugo (1978) ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์อะซีตัลดีไฮด์ของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก เขาพบว่าสิ่งสำคัญในการสร้างอะซีตีไฮด์ คือ แลคโตส ทรีโอนีน และเมทไธโอนีน โดยที่เชื้อโยเกิร์ตทั้งสองชนิดนี้มีเอนไซม์ aldehyde dehydrogenase จะสามารถไปรีดิวซ์สาร acetyl co A หรืออะซีเตท และจะได้สารอะซีตัลดีไฮด์ ต่อจากนั้นเอนไซม์ alcohol dehydrogenase จะเข้าไปทำปฏิกิริยาได้สารเอทธานอลต่อไป สำหรับทรีโอนีนจะถูกเอนไซม์ threonine aldolase เข้าทำปฏิกิริยาดังสมการ

Theronine + Pyridoxal $\xrightarrow{\text{theronine aldolase}}$ Acetadehyde + Glycine

2.2.1.8 <u>กระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีน</u>

ทั้ง *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* มีความสามารถย่อยสลายโปรตีนได้น้อยมากแต่ยังสามารถตรวจพบว่ามีการสลายโปรตีนในโยเกิร์ตได้ โดยพบว่ามีการปลดปล่อยเปปไทด์หลายขนาดรวมทั้งกรดอะมิโนอิสระ ซึ่งนักวิจัยหลายคณะยืนยันว่าการที่มีกรดอะมิโนในโยเกิร์ตนั้นเป็นผลดีของการเจริญของ *S. thermophilus* ซึ่งทั้งเปปไทด์และกรดอะมิโนอิสระไม่ได้มีอิทธิพลต่อรสชาติของโยเกิร์ตโดยตรงแต่ทำหน้าที่เป็นแหล่งวัตถุดิบ (precursor) ในการผลิตสารประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อรสชาติของโยเกิร์ต

Tamine และ Deeth (1981) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการสลายตัวของโปรตีนอันเนื่องมาจากเชื้อโยเกิร์ตจากผลงานของนักวิจัยหลายคณะและได้สรุปว่าแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด มีกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเนส (proteinase) และเปปติเดส (peptidase) แตกต่างกัน คือ *S. thermophilus* มีกิจกรรมของเอนไซม์เปปติเดสสูงกว่าของ *L. bulgaricus* แต่มีกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเนสอยู่ในขอบเขตที่จำกัด ในขณะที่ *L. bulgaricus* มีกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเนสสูง แต่มีกิจกรรมของเอนไซม์เปปติเดสจากความสามารถดังกล่าวแสดงถึงความสัมพันธ์ในการอยู่รวมกันได้ดีของเชื้อทั้ง 2 โดยที่ *L. bulgaricus* จะใช้โปรตีเนสไปไฮโดรไลส์เคซีน เพื่อปลดปล่อยเปปไทด์ออกมา ต่อจากนั้นเปปติเดสของ *S. thermophilus* จะทำการย่อยสลายได้กรดอะมิโนออกมา ซึ่ง Tamine และ Deeth (1981) ได้เสริมอีกว่าปริมาณของกรดอะมิโนที่ปลดปล่อยออกมาจะมีมากหรือน้อยนั้นมีปัจจัยที่สำคัญ คือ

1. ชนิดของน้ำนม น้ำนมแพะจะให้กรดอะมิโนสูงกว่าน้ำนมโคและน้ำนมแกะ
2. กรรมวิธีในการผลิตโยเกิร์ต เช่น การบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง จะให้กรดอะมิโนมากกว่าการบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สัดส่วนของเชื้อทั้งสอง เนื่องจาก *L. bulgaricus* มีความสามารถสลายโปรตีนได้ดีกว่า *S. thermophilus* ดังนั้นถ้าหากสัดส่วนของ rod มีมากกว่า cocci ก็จะทำให้ได้กรดอะมิโนที่มีปริมาณสูงตามไปด้วย

4. สภาพของการเก็บรักษาอุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิของการเก็บถ้ายิ่งสูง เช่น เก็บโยเกิร์ตไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะปรากฏว่ามีกรดอะมิโนสูงกว่าการเก็บโยเกิร์ตไว้ในที่เย็น เช่น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

5. ระดับของกรดแลคติก โยเกิร์ตที่มีเปอร์เซ็นต์ของกรดแลคติกสูงจะมีปริมาณของกรดอะมิโนสูงตามไปด้วย

2.2.1.9 กระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมัน

การเปลี่ยนแปลงไขมันในโยเกิร์ตจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิด เช่น ระดับของไขมันนม และการโฮโมจิไนส์ เป็นต้น การไฮโดรไลส์ของไขมันโดยเชื้อโยเกิร์ตทั้ง 2 ชนิดเกิดขึ้นในขอบเขตจำกัดและมีปริมาณไม่แน่นอน

เชื้อโยเกิร์ตมีความสามารถย่อยสลายไขมันได้เพียงเล็กน้อย กรดไขมันอิสระที่ตรวจพบในโยเกิร์ตนั้นไม่ได้เกิดจากการไฮโดรไลส์ของไขมัน แต่อาจเกิดจากการออกซิไดส์ส่วนของกรดอะมิโน ดังนั้นจึงเป็นการยากมากในการศึกษาความสามารถของเอนไซม์ไลเปสในโยเกิร์ต

2.2.1.10 กระบวนการเมแทบอลิซึมของวิตามิน

การเปลี่ยนแปลงวิตามินมีทั้งการเพิ่มปริมาณและลดปริมาณแตกต่างกันไปคือ

1. วิตามินส่วนที่ลดปริมาณลง มีวิตามินบางชนิดที่ถูกออกซิไดส์ได้ง่าย รวมทั้งการใช้ความร้อนที่สูงในการต้มน้ำนม จึงทำให้วิตามินซี บี6 บี12 และกรดโฟลิกลดลง และในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานหลายวัน วิตามินหลายชนิดจะลดปริมาณลงคือ กรดโฟลิก ไนอาซีน บี12 ไบโอติน แพนททีนิก (Deeth และ Tamime, 1981)

2. วิตามินส่วนที่เพิ่มปริมาณ ในระหว่างการบ่มจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด สามารถสังเคราะห์วิตามินบางชนิดคือ กรดโฟลิก และไนอะซิน เป็นต้น

ดังนั้นจึงยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่า โยเกิร์ตจะมีวิตามินสูงกว่าน้ำนมสดหรือไม่ ซึ่ง Deeth และ Tamine (1981) ได้เปรียบเทียบวิตามินในน้ำนมสดและในโยเกิร์ตไว้ ดังแสดงในตารางที่ 9

2.2.1.11 คุณค่าทางอาหารของโยเกิร์ต

น้ำนมโคจัดว่าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เพราะว่ามีสารอาหารที่ร่างกายของมนุษย์มีความจำเป็นอยู่เกือบจะสมบูรณ์ ยกเว้นการขาดแคลนธาตุเหล็ก และวิตามินซีของน้ำนมโค แต่เมื่อนำมาทำโยเกิร์ตจะปรากฏว่าคุณค่าทางอาหารของโยเกิร์ตจะมีสูงกว่าน้ำนมโค ดังแสดงในตารางที่ 10 (Deeth และ Tamine, 1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ปริมาณของวิตามินในน้ำนมสดและโยเกิร์ต

ชนิดของวิตามิน	ปริมาณวิตามิน (ยูนิต/100 กรัม)			
	นมสด		โยเกิร์ต	
	น้ำนมไขมันเต็ม	หางนม	ไขมันเต็ม	ไขมันต่ำ
วิตามิน เอ (ยูนิต)	148.00	-	140.00	70.00
ไทอะมีน (ไมโครกรัม)	37.00	40.00	30.00	42.00
ไรโบฟลาวิน(ไมโครกรัม)	160.00	180.00	190.00	200.00
ไพริดอกซิน (ไมโครกรัม)	46.00	42.00	46.00	46.00
วิตามินบี 12 (ไมโครกรัม)	0.39	0.40	-	0.23
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	1.50	1.00	-	0.70
วิตามินดี (ยูนิต)	1.20	-	-	-
วิตามินอี (ยูนิต)	0.13	-	-	-
กรดโฟลิก(ไมโครกรัม)	0.25	-	-	4.10
กรดนิโคทินิก (ไมโครกรัม)	480.00	-	-	125.00
กรดแพนโททีนิก (ไมโครกรัม)	371.00	370.00	-	381.00
ไบโอติน (ไมโครกรัม)	3.40	1.60	1.20	2.60
โคลีน (มิลลิกรัม)	12.10	4.80	-	0.60

ที่มา : Deeth และ Tamine (1981)

ก. <u>คุณค่าทางอาหารของคาร์โบไฮเดรต</u>

คาร์โบไฮเดรตในโยเกิร์ตจะมีอยู่ด้วยกัน 2 รูป คือ คาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายย่อยได้กับย่อยไม่ได้ ในกรณีที่เป็นโยเกิร์ตที่ไม่ได้ปรุงแต่งสี กลิ่นและรสนั้น จะปรากฏว่ามีคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายย่อยได้ ซึ่งอยู่ในรูปของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและน้ำตาลโมเลกุลคู่อยู่น้อยมาก แต่หลังการหมักจะมีแลกโตสอยู่ในปริมาณที่มากพอสมควร โดยจะพบราว ๆ ร้อยละ 4-5 (Tamine, 1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ส่วนประกอบของน้ำนมสดและโยเกิร์ต

ชนิดวิตามิน	ปริมาณวิตามิน (ยูนิต/100 กรัม)				
	นมสด		โยเกิร์ต		
	น้ำนมไขมันเต็ม	หางนม	ไขมันเต็ม	ไขมันต่ำ	ผสมผลไม้
แคลอรี่	67.50	36.00	72.00	64.00	98.00
โปรตีน (กรัม)	3.50	3.30	3.90	4.50	5.00
ไขมัน (กรัม)	4.25	0.13	3.40	1.60	1.25
คาร์โบไฮเดรต (มิลลิกรัม)	4.75	5.10	4.90	6.50	18.60
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	119.00	121.00	145.00	150.00	176.00
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	94.00	95.00	114.00	118.00	153.00
โซเดียม (มิลลิกรัม)	50.00	52.00	47.00	51.00	-
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	152.00	152.00	186.00	192.00	254.00

ที่มา : Deeth และ Tamin (1981)

เพราะในการทำโยเกิร์ตนั้นจะมีการเติมหางนมผง เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุน้ำนมให้อยู่ในระดับร้อยละ 14-16 ทำให้ปริมาณของแลคโตสสูงตามไปด้วย แต่ภายหลังการหมักจุลินทรีย์ได้ใช้แลคโตสบางส่วนไปในการเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก จึงทำให้ปริมาณของแลคโตสเหลืออยู่ใกล้เคียงกับน้ำนมสด ซึ่งเมื่อบริโภคแล้ว จะถูกแลคเตสในลำไส้เล็กทำการย่อย สำหรับผู้บริโภคซึ่งขาดน้ำย่อยแลค - เตสมาตั้งแต่กำเนิด หรือไม่ได้ดื่มน้ำนมสดมาเป็นเวลานาน ๆ จนต่อมสร้างแลคเตสฝ่อหายไป เมื่อดื่มนมสดอาจเป็นโรคแพ้น้ำตาลนมได้ แต่เมื่อบริโภคโยเกิร์ตอาการแพ้น้ำตาลนมจะไม่เกิดขึ้นเลย ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุ 2 ประการ คือ

1. จุลินทรีย์ในโยเกิร์ตจะยังคงทำหน้าที่ในการย่อยแลคโตสต่อไปอีก หลังจากบริโภคแล้ว ทำให้ปริมาณของแลคโตสมีเหลืออยู่น้อยมาก เมื่อเข้าไปถึงส่วนของลำไส้เล็ก

2. หลังจากที่บริโภคแล้ว ลักษณะของเคิร์ดยังคงมีอยู่อย่างสมบูรณ์ ทำให้การกระจายตัวของแลคโตสเข้าสู่ผนังลำไส้เล็กเป็นไปอย่างช้า ๆ ผลเสียหายที่จะเกิดจากการย่อยแลคโตสจึงไม่เกิดขึ้นรุนแรงมากนัก

ด้วยเหตุดังกล่าว โยเกิร์ตจึงเป็นอาหารนมที่เหมาะสมกับผู้บริโภคที่เป็นโรคแพ้น้ำตาลนม (lactose-intolerance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ ได้แก่ พวกสารคงตัว ซึ่งเติมลงไปในโยเกิร์ตชนิดกวน (stirred yogurt) เพื่อป้องกันการแยกตัวของเวย์ สารคงตัวที่ใช้กันอยู่เป็นพวกคอมเพล็กซ์คาร์โบไฮเดรต เช่น guar gum, locust-bean gum, pectin, carrageenans เป็นต้น โดยสารคงตัวในโยเกิร์ตจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคในแง่อื่น ๆ คือ

1. ทำหน้าที่เป็น bulking agent ในลำไส้เล็ก โดยจะกระตุ้นให้ลำไส้เล็กมีการบีบหดตัว
2. ช่วยดูดซับสารพิษบางอย่างที่อาจเกิดมีขึ้นจากการทำงานของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่
3. ช่วยลดการกระจายตัวของแลคโตส ไม่ให้เข้าสู่ผนังลำไส้เล็กเร็วเกินไป ช่วยลดปัญหาของผู้บริโภคที่เป็นโรคแพ้น้ำตาลนม (lactose-intolerance) หรือผู้ป่วยที่เป็นโรคน้ำตาลในเลือดสูงหลังการรับประทานอาหารค่ำ

ข. คุณค่าทางอาหารของโปรตีน

โปรตีนของนมจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางชีวภาพมากทั้งเคซีนและโปรตีนเวย์ โดยจะให้กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายได้อย่างสมบูรณ์ ดังตารางที่ 11 ที่ Tamime และ Deeth (1981) ได้รวบรวมไว้

ในการทำโยเกิร์ตนั้น จะมีการเติมหางนมผง เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุน้ำนมทั้งหมดให้มากขึ้น จึงมีผลทำให้ระดับของโปรตีนมีมากกว่าในน้ำนมสด ดังนั้นการบริโภคโยเกิร์ตเพียงวันละ 200-250 มิลลิเมตร ก็จะสามารถทำให้ร่างกายได้รับโปรตีนจากสัตว์ในระดับต่ำสุดของความต้องการของร่างกายแล้ว นอกจากนี้โปรตีนในโยเกิร์ตก็จัดว่าเป็นจำพวกโปรตีนที่ย่อยได้ทั้งหมด (totally digestible protein) อันเนื่องมาจากการย่อยของจุลินทรีย์ และยังอยู่ในรูปที่เป็นเคิร์ต ทำให้การเคลื่อนที่ผ่านระบบทางเดินอาหารเป็นไปอย่างช้า ๆ ทำให้การย่อยและการดูดซึมมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทำให้ร่างกายได้รับประโยชน์มากขึ้น เมื่อเทียบกับการดื่มน้ำนมสด

ค. คุณค่าทางอาหารของไขมัน

ไขมันในนมเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูง เช่นเดียวกับไขมันจากแหล่งอื่น ๆ แต่ไขมันนมยังมีกรดลิโนเลอิก ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย มีอยู่เป็นจำนวนมาก อีกทั้งไขมันนมยังเป็นแหล่งของวิตามิน เอ ดี อี และเค และยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโยเกิร์ต ทำให้มีรสชาติอร่อยกลมกล่อม

2.2.1.12 ประโยชน์ของโยเกิร์ต (นวลนกา, 2546)

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีแบคทีเรียที่ใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตในผลิตภัณฑ์หลังเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต แบคทีเรียโยเกิร์ตต้องยังคงมีชีวิตอยู่และสามารถดำเนินกิจกรรมต่อไปได้ ในสภาวะที่เหมาะสมแบคทีเรียโยเกิร์ตสามารถทำหน้าที่และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของผู้บริโภค จึงส่งผลให้โยเกิร์ตได้ชื่อว่า "อาหารมหัศจรรย์" ซึ่งได้สรุปข้อดีของแบคทีเรียกรดแลคติก ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 กรดอะมิโนอิสระในน้ำนมสดและโยเกิร์ต

ชนิดของกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (มก./100 มล.)					
	วัว		แพะ		แกะ	
	น้ำนม	โยเกิร์ต	น้ำนม	โยเกิร์ต	น้ำนม	โยเกิร์ต
อะลานีน	0.16-0.64	1.17-3.8	1.33	3.83	0.56	1.30
อาร์จีนีน	0.15-0.96	0.70-1.39	0.40	0.67	0.26	0.85
กรดแอสพาติก	0.29-0.52	0.70-1.2	0.22	1.37	0.18	1.75
ไกลซีน	0.30-0.53	0.28-0.45	5.91	6.06	0.15	0.25
กรดกลูตามิค	1.48-3.9	4.8-7.06	3.54	3.78	1.08	4.10
ฮิสทีดีน	0.11	0.08-1.7	0.45	1.28	0.10	0.50
ไอโซลิวซีน	0.06-0.15	0.15-0.40	0.10	0.43	0.06	0.25
ลิวซีน	0.06-0.26	0.70-1.82	0.21	1.25	0.23	0.45
ไลซีน	0.22-0.94	0.80-1.11	0.60	2.35	0.13	0.72
เมทไธโอนีน	0.05	0.08-0.20	0.10	0.35	0.05	0.15
ฟีนิลอะลานีน	0.05-0.13	0.17-0.61	0.11	0.35	0.08	0.15
โพรลีน	0.12	5.4-7.05	0.65	4.35	0.11	4.30
เซรีน	0.08-1.35	1.5-2.9	3.05	3.51	0.20	2.00
ทรีโอนีน	0.05-0.26	0.24-0.70	3.34	2.80	0.13	0.55
ทริปโตเฟน	Trace	0.20	ไม่มีรายงาน	ไม่มีรายงาน	ไม่มีรายงาน	ไม่รายงาน
ไทโรซีน	0.06-0.14	0.18-0.61	0.30	0.60	0.16	0.24
วาลีน	0.10-0.25	0.90-1.86	0.30	0.50	0.24	0.90
รวม	3.29-10.31	18.77-33.06	20.60	33.48	3.78	18.46

ที่มา : Tamine และ Deeth (1981)

1.) ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่มีพลังงานและไขมันต่ำ (จำแนกตามปริมาณไขมันนม) อุดมด้วยแคลเซียมและโปรตีนนม ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็น และกรดอะมิโนอิสระหลายชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมพบว่า โยเกิร์ตมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าน้ำนม เนื่องจากส่วนประกอบที่เติมลงในน้ำนมที่ใช้ผลิตหรือในโยเกิร์ตโดยตรง และผลอันเนื่องมาจากการหมักของแบคทีเรียโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) ความสามารถในการย่อย ซึ่งร่างกายสามารถย่อยโยเกิร์ตได้ง่ายกว่าน้ำนม เนื่องมาจากอนุภาคของเคิร์ดจะไปกระตุ้นการหลั่งเอนไซม์ในการย่อยของต่อมน้ำลาย อีกทั้งในโยเกิร์ตมีปริมาณเปปไทด์และกรดอะมิโนอิสระมากกว่าในน้ำนม เนื่องมาจากการย่อยของแบคทีเรียกรดแลคติก และผลจากการใช้ความร้อน นอกจากนั้นในระหว่างกระบวนการผลิตแบคทีเรียแลคติกได้ย่อยแลคโตสไปเกือบครึ่งหนึ่งของปริมาณทั้งหมดให้เป็นกรดแลคติก ส่วนที่เหลือแบคทีเรียก็ทำการย่อยแลคโตสต่อจนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือกลูโคสและกาแลคโตส ซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่ลำไส้เล็กได้

3.) การใช้ทางด้านโภชนบำบัด (therapeutic use) การนำโยเกิร์ตมาใช้ในการบำบัดมีได้หลายกรณี เช่น

3.1) การปรับสมดุลของแบคทีเรียในลำไส้ โดยลดแบคทีเรียที่ให้โทษ ซึ่งเป็นผลจากสารเมแทบอไลส์ การผลิตสารยับยั้ง และการปรับปรุงการเคลื่อนที่ของลำไส้

3.2) ป้องกันและรักษาโรคทั้งในคนและสัตว์ที่มีความผิดปกติในระบบทางเดินอาหาร เช่น ท้องร่วง ท้องผูก ระบบทางเดินอาหารอักเสบของเด็กทารก

3.3) ใช้ในการบำบัดโรคแพ้น้ำตาลแลคโตส (lactose intolerance) ในผู้ที่ขาดน้ำย่อยแลคโตสมาแต่กำเนิด รวมถึงผู้ป่วยที่มีน้ำตาลในเลือดสูง

3.4) ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน เนื่องจากมีแคลเซียมสูง

3.5) ช่วยในการลดระดับคลอเลสเทอรอลในเลือด

3.6) ในโยเกิร์ตมีสารที่ทำหน้าที่ต่อต้านมะเร็ง ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของมะเร็งในระยะเริ่มต้น

2.3 จุลินทรีย์โพรไบโอติกและประโยชน์ที่ได้รับจากจุลินทรีย์โพรไบโอติก

2.3.1 จุลินทรีย์โพรไบโอติก

จุลินทรีย์โพรไบโอติกเริ่มเป็นที่รู้จักตั้งแต่การนำแลคติกแอซิดแบคทีเรียมาใช้ในการผลิตอาหารหมัก เช่น โยเกิร์ต แต่เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้ไม่สามารถมีชีวิตรอดได้ในระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นจึงได้มีการนำแบคทีเรียโพรไบโอติกมาเป็นส่วนหนึ่งในการผลิตโยเกิร์ตด้วย ซึ่งก็ได้แก่ เชื้อ *Lactobacillus acidophilus* และ Bifidobacteria โดยผลิตภัณฑ์อาหารที่มีจุลินทรีย์โพรไบโอติกอยู่ด้วยนั้นถูกจัดว่าเป็นอาหารที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ที่สามารถช่วยให้ผู้บริโภคมีสุขภาพดีขึ้นโดยจุลินทรีย์โพรไบโอติกสามารถปรับสมดุลของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในลำไส้ให้อยู่จำนวนที่เพียงพอ (Fuller, 1986)

จุลินทรีย์โพรไบโอติกมีลักษณะเป็นรูปท่อน สามารถรอดชีวิตและเจริญในระบบทางเดินอาหารได้ เป็นแหล่งเอนไซม์ที่ช่วยย่อยน้ำตาลแลคโตส เช่น เอนไซม์ ß -galactosidase และคุณค่าของสารอาหารจากน้ำนมได้มาจากการหมักด้วยจุลินทรีย์โพรไบโอติก (Hargrove และ Alfrod,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1980) นอกจากนี้ปริมาณของจุลินทรีย์โพรไบโอติกเป็นดัชนีบ่งบอกถึงสุขภาพของคนว่ามีสุขภาพดีหรือไม่ (Mitsuoka, 1977 ; Lee และ Salminen, 1995)

จุลินทรีย์โพรไบโอติก เช่น *Bifidobacterium bifidum*, *B. longum*, *B. infantis*, *B.breve*, *Lactobacillus casei*, *L. acidophilus*, *Streptococcus durans* และ *Pediococcus acidilaclici* (Hull และคณะ, 1992; Smith, 1991) ซึ่งจะต่างจากจุลินทรีย์โยเกิร์ต *(Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*) ตรงที่จุลินทรีย์โพรไบโอติกสามารถเจริญในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ได้ แต่จุลินทรีย์โยเกิร์ตไม่สามารถเจริญได้ (Varnam และ Sutherland, 1994)

จุลินทรีย์โพรไบโอติกหลายสายพันธุ์ที่ถูกคัดเลือก และนำมาศึกษา รวมทั้งนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมักต่างๆ ในระดับอุตสาหกรรม ดังแสดงในตารางที่ 12

2.3.1.1 ลักษณะของเชื้อ Bifidobacteria

Bifidobacteria ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1900 ในอุจจาระของเด็กทารก โดย Henry Tissier แล้วได้ตั้งชื่อเรียกว่า *Bacillus bifidus communis bifidobacterium* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปแท่งมีลักษณะโค้งงอ จัดอยู่ในแฟมิลี Actinomycetaceae เจริญได้บนอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์โคโลนีมีผิวหน้าเกลี้ยงนูน โค้ง ขอบเรียบ ไม่เว้า ไม่สร้างสปอร์ มีรูปร่างหลายแบบมีลักษณะเป็นกิ่งก้านสาขา ไม่ต่อกันเป็นสายยาว เป็นแท่งยาวสั้นคล้ายตัว Y หรือตัว X หรือตัว V ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหารที่ใช้ สายพันธุ์ที่แยกได้จากมนุษย์เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 41-43 องศาเซลเซียส และอาจสูงถึง 46 องศาเซลเซียส โดยจะไม่เจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส และไม่ทนต่ออุณหภูมิที่สูงกว่า 46 องศาเซลเซียส ส่วนค่าพีเอชที่เหมาะในการเจริญเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 6.5-7.0 และไม่เจริญที่พีเอชต่ำกว่า 5.0 หรือสูงกว่า 8.0 (Scardovi,1924; Sgorbati และคณะ, 1995)

เชื้อ Bifidobacteria พบได้ในน้ำลาย กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ ปกติกระเพาะอาหารเป็นแหล่งปลอดเชื้อหรือมีจุลินทรีย์เพียงปริมาณน้อย เนื่องจากในกระเพาะอาหารมีสภาวะเป็นกรดสูงมาก ซึ่งจะทำให้แบคทีเรียอื่นไม่สามารถมีชีวิตรอดผ่านไปยังลำไส้เล็กได้ แต่ Bifidobacteria สามารถทนต่อสภาวะนั้นผ่านไปยังลำไส้เล็ก และทนต่อสภาวะที่เป็นด่างสูง ในอุจจาระร้อยละ 30-50 จะพบ Bifidobacteria เป็นอันดับที่ 4 รองจาก Bacteriodaceae, Eubacteria และ Peptostreptococcaceae ตามลำดับ (Berrada และคณะ,1991; Mitsuoka, 1992)

เชื้อ Bifidobacteria ที่พบในลำไส้ของคนได้แก่ *B. bifidum*, *B. infantis*, *B. breve*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *B. angulatum*, *B. catenulatum* และ *B. pseudocatenulum* (Hughes และ Hoover, 1991) ส่วนชนิดที่ได้มีผู้นำมาไปใช้เป็นสตาร์ตเตอร์ในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก ได้แก่ *B. bifidum*, *B. longum*, *B. infantis* และ *B. breve* อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์เหล่านี้อยู่ในช่วง 37-41 องศาเซลเซียส ต้องการสภาพที่ไม่มีอากาศในการเจริญผลิตภัณฑ์นมหมักที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตโดยใช้ Bifidobacteria จะมีกลิ่นรสที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดอื่น คือ จะมีกลิ่นรสของน้ำส้มสายชู เนื่องจากการผลิตอะซิเตทและแลคเตทจากเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต (Robinson และ Tamine, 1990)

2.3.1.2 ลักษณะของเชื้อ *Lactobacilli*

L. acidophilus เป็นจุลินทรีย์แกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ ผนังเซลล์หนาประกอบด้วยชั้นของเปปติโดไกลแคน เซลล์มีลักษณะเป็นแท่งสั้นๆ ที่ปลายโค้งและโดยมากลักษณะเป็นโซ่สั้นๆ หรือเป็นเซลล์คู่ ส่วนที่ติดผนังเซลล์ของ *L. acidophilus* เป็นกรดกลีเซอรอล ไคโดอิค (glycerol teichoic acids) มีโซโซม (mesosomes) พบอยู่ในส่วนของไซโตพลาสมิค เห็นได้โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

L. acidophilus เป็นจุลินทรีย์ที่มีความจำเพาะต่ออาหารต้องการสารอาหารที่ซับซ้อนในการเจริญเติบโต เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อยในการเจริญ ค่าพีเอชที่เหมาะสมของอาหารอยู่ที่ 6.4-4.5 อุณหภูมิที่เจริญได้ดีที่สุดคือ 45 องศาเซลเซียส เจริญได้บนอาหาร MRS โคโลนีที่ขึ้นมีขนาดเล็กประมาณ 2-5 มิลลิเมตร มีลักษณะเรียบสะท้อนแสงเป็นมัน

L. acidophilus อาศัยอยู่ในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ นอกจากนี้ยังพบได้ในช่องปากและช่องคลอดของสตรี สามารถเจริญได้ทั้งในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobe) ผลิตกรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์หลักจากการใช้สารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต

2.3.1.3 ประโยชน์ของจุลินทรีย์โพรไบโอติก

สายพันธุ์ของ Lactobacilli และ Bifidobacteria สามารถต่อต้านสายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ เช่น เชื้อ *E. coli* โดยแบคทีเรียโพรไบโอติกจะสร้างกรดอินทรีย์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในลำไส้ พวก Coliform, Enterococci และ Clostridia เช่น *Salmonella*, *Shigella*, *Clostridium*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* และ *Candida albican* (Tomoda และคณะ, 1988) จากการแข่งขันกับแบคทีเรียอื่นๆ ในการแย่งอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญและสามารถผลิตแบคเทอริโอซิน (bacteriocin) มีฤทธิ์ไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหาร สามารถป้องกันการเกาะติดและเจริญของพวกจุลินทรีย์เหล่านี้ โดยจุลินทรีย์โพรไบโอติกจะเกาะอยู่ที่ผนังลำไส้ (Watkins และคณะ, 1982) ได้ทำการทดลองให้ไก่ที่เป็นโรคติดเชื้อในลำไส้บริโภคเซลล์ของ *L. acidophilus* พบว่าจุลินทรีย์โพรไบโอติกจะช่วยควบคุมจุลินทรีย์ก่อโรคพวก *Salmonella* และ *E. coli* ได้ มีการศึกษาในผู้สูงอายุก็พบว่าช่วยรักษาโรคติดเชื้อหลายชนิดเช่นกัน (Gordon และคณะ 1957) ในผู้สูงอายุจะมีปริมาณ Bifidobacteria น้อยกว่าในเด็ก มีการทดลองให้ผู้สูงอายุรับประทาน Bifidobacteria ที่มีชีวิตในปริมาณมาก เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าปริมาณของ *Clostridium perfrigens* ผลิตสารพิษพวกเอมีนจะมีปริมาณลดลงและมีปริมาณ Bifidobacteria เพิ่มมากขึ้น (Mitsuoka และคณะ, 1989) ส่วนเชื้อ *L. acidophilus* จะสามารถยับยั้งเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคท้องร่วงและยังสามารถปรับสมดุลของจุลินทรีย์ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำไส้หลังจากที่ได้ถูกทำลายไปขณะรับประทานยาปฏิชีวนะ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการบริโภคโยเกิร์ตชนิดธรรมดา (plain yogurt) วันละ 1 ถ้วยติดต่อกันเป็นระยะเวลา 6 เดือน จะทำให้ลดการเกิดการติดเชื้อยีสต์ที่ช่องคลอดของสตรี

โพรไบโอติกสามารถถูกใช้ได้ในกรณีที่เชื้อประจำถิ่นของลำไส้ถูกรบกวนหรือไม่ทำงาน นอกจากนี้ยังสามารถช่วยส่งเสริมระบบการย่อยอาหารให้ดีขึ้น และป้องกันการเกิดแก๊สที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคท้องอืดและลมหายใจผิดปกติ ในกรณีที่ต้องใช้ยาปฏิชีวนะในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย จะทำให้แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ถูกกำจัดไปด้วย ดังนั้นคนที่รับประทานยาปฏิชีวนะจะทำให้เกิดการติดเชื้อจากแบคทีเรียที่ลำไส้ได้ง่าย โดยเฉพาะยาปฏิชีวนะที่ใช้ในคนที่มีอาการท้องร่วง ดังนั้นแบคทีเรียโพรไบโอติกจึงถูกใช้เพื่อรักษาและลดอาการท้องร่วง ซึ่งพบว่าได้ผลดีในเด็ก การใช้แบคทีเรียโพรไบโอติกหลังจากการรักษาด้วยยาปฏิชีวนะจะทำให้มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์หลังจากที่โดนกำจัดไปโดยยาปฏิชีวนะ

จุลินทรีย์โพรไบโอติกจะช่วยเพิ่มความต้านทานของผู้อาศัย (host) ในกรณีติดเชื้อที่ก่อโรคในอาหารผ่านภูมิคุ้มกันของร่างกาย โดยการกระตุ้นการทำงานของฝาจขนาดใหญ่ (macrophage) เพื่อที่จะทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogenic organism) ซึ่งจำเป็นในการควบคุมการเจ็บป่วยจากการบริโภคอาหาร *Bifidobacterium* เป็นเชื้อที่ส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย โดยสามารถผลิตภูมิคุ้มกันต่อต้านการติดเชื้อจากไวรัส *L. plantarum* เป็นแบคทีเรียโพรไบโอติกที่สามารถลดอาการเจ็บป่วยในคนไข้ที่เป็นโรคลำไส้ โดยผู้เป็นโรคนี้จะมีการผลิตแก๊สที่ลำไส้มาก สามารถลดอาการได้ด้วยแบคทีเรียที่ผลิตแก๊สไฮโดรเจนในลำไส้ได้

จุลินทรีย์โพรไบโอติกสามารถผลิตสารต้านทานการเกิดมะเร็งระหว่างกระบวนการหมักน้ำนมและต่อต้านสารก่อมะเร็ง Reddy และคณะ (1983) แสดงการบริโภคโยเกิร์ตที่มี Bifidobacteria ของหนู พบว่าสามารถยับยั้งการพัฒนาของเซลล์เนื้องอก (tumor cells) ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณจุลินทรีย์ที่บริโภคเข้าไปด้วย นอกจากนี้ Bifidobacteria จะช่วยลดปริมาณของ nitrosoamines ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (Hosono และคณะ, 1990) เช่น *B. breve* ช่วยดูดซึมสารก่อมะเร็งที่เกิดจากอุปกรณ์ในการตัดเนื้อ (Mitsuoka และคณะ, 1989)

จุลินทรีย์โพรไบโอติกมีคุณสมบัติใช้คลอเลสเทอรอลในมนุษย์ ทำให้ระดับคลอเลสเทอรอลในเส้นเลือดลดลง มีการศึกษาพบว่า *L. acidophilus* ที่เติมในนมผงของเด็กจะช่วยลดระดับคลอเลสเทอรอลของเด็กได้ (Harrison, 1975) การทดลองในหมูก็เช่นเดียวกันพบว่า *L. acidophilus* ที่ผสมในอาหารหมูเพื่อบริโภคระหว่างการเจริญ จะทำให้คลอเลสเทอรอลลดลง Rasic และคณะ (1992) พบว่า *L. acidophilus* และ *B. bifidum* สามารถใช้ลดคลอเลสเทอรอลได้มากกว่า *S. salivarius* subsp. *thermophilus* และ *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ตามลำดับ ในด้านของการเพิ่มคุณค่าสารอาหารในน้ำนม พบว่า Bifidobacteria จะสังเคราะห์วิตามินไทอะมีน ไรโบฟลาวิน ไพริดรอกซิน กรดนิโคทินิก กรดโฟลิก กรดแพนโททีนิกและไบโอติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 สายพันธุ์ของจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

สายพันธุ์จุลินทรีย์โพรไบโอติก	แหล่งที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก
Lactobacillus acidophilus NCFM®	Rhodia, Inc.(Madison,Wis)
L. acidophilus DDS-1	Nebraska Cultures,Inc.(Lincoln,Neb.)
L. acidophilus SBT-2062	Snow Brand Milk Products Co.,Ltd. (Tokyo, Japan)
L. acidophilus LA-1 (เหมือนสายพันธุ์ LA-5 ที่ขายในยุโรป)	Chr.Hansen,Inc.(Milwaukee,Wis)
Lactobacillus casei Shirota	Yakult (Tokyo, Japan)
L. casei Immunitas	Danone (Paris,France)
Lactobacillus fermantum RC-14	Urex Biotech (London,Onterio,Cannada)
Lactobacillus johnsonii La1 (เหมือนสายพันธุ์ Lj1)	Nestle (Lausanne,Swizerland)
Lactobacillus paracasei CRL431	Chr.Hansen,Inc.(Milwaukee,Wis)
Lactobacillus plantarum 299V	Probi AB (Lund,Sweden)
Lactobacillus reuteri SD2112 (เหมือนสายพันธุ์ MM2)	Biogaia (Raleigh,N.C.)
Lactobacillus rhamnosus GG	Valio Dairy (Helsinki,Finland)
L. rhamnosus GR-1	Urex Biotech (London,Onterio,Cannada)
L. rhamnosus 271	Probi AB (Lund,Sweden)
L. rhamnosus LB21	Essum AB (Umeå,Sweden)
Lactobacillus salivarius UCC118	University College (Cork,Ireland)
Lactobacillus lactis L1A	Essum AB (Umeå,Sweden)
Bifidobacterium lactis Bb-12	Chr.Hansen,Inc.(Milwaukee,Wis)
Bifidobacterium longum BB536	Motinage Milk Industry Co.,Ltd.(Zama-City,Japan)
B. longum SBT-2928	Snow Brand Milk Products Co.,Ltd. (Tokyo,Japan)
Bifidobacterium breve strain Yakult	Yakult (Tokyo,Japan)

ที่มา : Yeung (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้แบคทีเรียโพรไบโอติกได้ถูกนำไปวิจัยในด้านที่เป็นประโยชน์ต่างๆต่อสุขภาพ และจากการวิจัยพบว่าสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมได้ (lactose malabsorption หรือ lactose intolerance) เนื่องจากไม่มีเอนไซม์ ß -galactosidase ดังนั้นเมื่อบริโภคน้ำนมจึงทำให้เกิดอาการท้องเสีย จุลินทรีย์โพรไบโอติกจะปล่อยเอนไซม์ ß -galactosidase ไปช่วยย่อยน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมภายในลำไส้เล็กแทน เมื่อจุลินทรีย์โพรไบโอติกเจริญในอาหารจะชักนำให้เกิดการสร้างเอนไซม์ภายในเซลล์สูง ซึ่งเป็นประโยชน์มากเมื่อรับประทานผลิตภัณฑ์ที่มีจุลินทรีย์โพรไบโอติกเข้าไป Fuller (1986) ได้กล่าวว่าจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ดีควรมีลักษณะดังนี้ สามารถอาศัยอยู่ในมนุษย์และให้ประโยชน์กับบริเวณที่จุลินทรีย์อาศัยอยู่ แต่ต้องไม่ก่อให้เกิดโรคและไม่ผลิตสารพิษ มีเซลล์มีชีวิตอยู่เป็นจำนวนมากในผลิตภัณฑ์ สามารถมีชีวิตรอดและผลิตสารต่างๆได้ในลำไส้และระบบทางเดินอาหาร ยังคงมีชีวิตอยู่ภายหลังการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้

2.3.1.4 <u>การมีชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก</u>

การอยู่รอดของเชื้อ *L. acidophilus* และ *Bifidobacterium* spp.

ในผลิตภัณฑ์นมหมักควรมีจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่มีชีวิตอย่างน้อย $10^5 - 10^6$ เซลล์ต่อกรัม ซึ่งเมื่อบริโภคเข้าไปแล้วจะมีจุลินทรีย์เหลืออยู่รอดในระบบทางเดินอาหารลดลงอีก จากการศึกษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากหลายโรงงานที่ผลิตพบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์โพรไบโอติกลดลง โดยเฉพาะเชื้อ Bifodobacteria สาเหตุที่ทำให้จุลินทรีย์เหล่านี้ลดลงเนื่องมาจากกรดแลคติกที่จุลินทรีย์โยเกิร์ตผลิตระหว่างกระบวนการหมักและระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ค่าพีเอชเมื่อสิ้นสุดการผลิตควรอยู่ที่ 4.5 เพื่อคุณภาพของโยเกิร์ตที่ดี การมีชีวิตรอดของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์จุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ใช้ในการผลิตรวมถึงปริมาณความเข้มข้นของกรดแลคติก กรดอะซีติกในผลิตภัณฑ์และการผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

Dave และ Shah (1996) ได้ศึกษาถึงอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการเจริญและเพิ่มปริมาณเชื้อ *L. acidophilus* และ Bifidobacteria คือ MRS agar และ MRS Maltose agar อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้นับจำนวนของ Bifidobacteria จะใช้ MRS – NNLP (Nalidixic, Neomycin sulphate, Lithium chloride และ Paromomycin sulphate) agar แต่ถ้าจะแยกความแตกต่างของ *L. acidophilus* และ Bifidobacteria ควรใช้อาหาร MRS – salicin agar หรือ MRS – sorbitol agar

Medina และ Jordana (1994) ศึกษาการรอดชีวิตของ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* และ *Bifidobacterium* sp. ในน้ำนมหมักที่ผลิตในประเทศสเปน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส หลังจากเก็บเป็นเวลา 10, 17, 24, 28, 31, 36, 42, 51 และ 84 วัน ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของ *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* และ *Bifidobacterium* sp. เท่ากับ 2.6×10^8, 5.1×10^7 และ 7.4×10^6 เซลล์ต่อกรัม ตามลำดับ หลังจากเก็บเป็นเวลา 24 วัน Streptococci ลดลงเพียงร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละ 10.7 ส่วน Lactobacilli และ Bifidobacteria ลดลงถึงร้อยละ 85.4 และร้อยละ 92.6 ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.81 ถึง 4.57

Hughes และ Hoover (1991) ศึกษาการรอดชีวิตของ *B. breve*, *B. bifidum*, *B. longum*, *B. angulatum* และ *L. acidophilus* รวมทั้งกิจกรรมของเอนไซม์ α – galactosidase และ ß – galactosidase ภายใต้สภาวะการเก็บในตู้เย็น พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ Bifidobacteria จะทนต่อการเก็บที่อุณหภูมิต่ำได้น้อยกว่า *L. acidophilus*

Dave และ Shah (1997) ศึกษาผลของปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นที่มีต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียโยเกิร์ต (*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*) และแบคทีเรียโพรไบโอติก (*L. acidophilus* และ *Bifidobacterium* sp.) ระหว่างผลิตและเก็บที่อุณหภูมิต่ำ พบว่า *S. salivarius* subsp. *thermophilus* จะมีปริมาณคงที่มากกว่าหรือเท่ากับ 10^7 เซลล์ต่อกรัม ส่วนเชื้อ *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* มีอัตราการรอดชีวิตต่ำ น้อยกว่า 10^5 เซลล์ต่อกรัม หลังจากเก็บเป็นเวลา 20 วัน *L. acidophilus* มีจำนวน 10^5 เซลล์ต่อกรัม หลังจากเก็บเป็นเวลา 20 – 25 วันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะลดปริมาณลงอย่างรวดเร็ว *Bifidobacterium* sp. จะลดลงระหว่างกระบวนการผลิต มีอัตราการรอดชีวิตต่ำ ค่าพีเอชมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย

Ravula และ Shah (1998) ศึกษาการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โยเกิร์ต (*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*) และแบคทีเรียโพรไบโอติก (*L. acidophilus* และ *Bifidobacterium* sp.) ใน fermented frozen dairy desserts โดยใช้สายพันธุ์ที่สามารถรอดชีวิตภายใต้สภาวะที่ถูกแช่แข็งที่อุณหภูมิ – 18 องศาเซลเซียส ในน้ำตาลร้อยละ 8 –16 ในสภาวะที่เป็นกรดมาเป็นกล้าเชื้อในการหมัก เมื่อทำการทดลองหมัก fermented frozen dairy dessert พบว่า หลังแช่แข็งเป็นเวลา 12 สัปดาห์ปริมาณจุลินทรีย์โยเกิร์ตลดลง 1 log cycle ส่วนปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกลดลง 5 – 6 log cycle

นอกจากนี้ยังพบว่าสารอาหารก็เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการมีชีวิตอยู่รอดของจุลินทรีย์โพรไบโอติกด้วย โดยเชื้อ Bifidobacteria สามารถเจริญได้ดีในน้ำนมคนมากกว่าในนมวัว เนื่องจากในน้ำนมวัวขาด *N*-acetyl-D-glucosamone ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อนี้ นอกจากนี้ lactulose (4-O-ß-D-galactopyranosyl-D-fructose) ก็มีส่วนในการเจริญของเชื้อเช่นกัน ในน้ำนมวัวนั้นมีสารอาหารที่เชื้อ Bifidobacteria ต้องการอยู่น้อยจึงมีการศึกษาที่จะพยายามพัฒนาการเจริญของเชื้อ Bifidobacteria ในน้ำนมวัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ผลิตภัณฑ์นมหมักที่ใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติก

ผลิตภัณฑ์นมหมักนี้ จะหมักด้วยจุลินทรีย์ *L. acidophilus* และ/หรือ *Bifidobacterium* sp. ร่วมกับ *S. thermophilus* ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดใหม่นี้ได้แก่ ไบโอเกิร์ต (Bioghurt) ไบโอการ์ด (Biogarde) และคัลเจอร์ร่า (cultura) เป็นต้น การที่นำเอา *S. thermophilus* มาใช้ร่วมด้วย เนื่องจากจุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถปรับตัวได้ดีในน้ำนมและหมักแลคโตสเป็นกรดแลคติกได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยลดเวลาที่ต้องใช้ในการทำให้เกิดการหมักอย่างสมบูรณ์ รายละเอียดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีดังนี้

2.4.1 ไบโอเกิร์ต (Biogurt)

ไบโอเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นจากการหมักน้ำนมด้วย *L. acidophilus* และ *S. thermophilus* บางครั้งอาจเติม *L. bulgaricus* ด้วย เพื่อเร่งการสร้างกรด กรรมวิธีการผลิตไบโอเกิร์ตจะเหมือนกับการผลิตโยเกิร์ตทุกประการ แต่จะแตกต่างกันเฉพาะชนิดของจุลินทรีย์สตาร์ตเตอร์ใช้เท่านั้น (Oberman, 1985)

2.4.2 ไบโอการ์ด (Biogard)

ไบโอการ์ดเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีคุณลักษณะทางกายภาพคล้ายกับโยเกิร์ตเช่นเดียวกับไบโอเกิร์ต แต่จะหมักด้วยจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน คือใช้ *L. acidophilus*, *B. bifidum* และ *S. thermophilus* สำหรับปริมาณของจุลิทรีย์สตาร์ตเตอร์ที่ใช้นั้นค่อนข้างมาก โดยใช้ประมาณร้อยละ 10-20 ทั้งนี้เพื่อให้ปริมาณเซลล์สูงในผลิตภัณฑ์ คือ ประมาณ 10^6-10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเพื่อให้ใช้เวลในการหมักลดลง ซึ่งในการผลิตไบโอการ์ดปกติไม่ต้องการให้มีกรดสูงเกินไป เนื่องจากต้องการให้มีเซลล์ที่รอดชีวิตเหลืออยู่มาก เพราะทั้ง *L. acidophilus* และ *B. bifidum* ไม่ทนต่อสภาพที่มีกรดสูง ดังนั้นไบโอการ์ดที่ผลิตได้จึงมีพีเอชสูงประมาณ 4.6 (Robinson และ Tamine, 1990)

2.4.3 คัลเจอร์ร่า (Cultura)

คัลเจอร์ร่าเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีลักษณะคล้ายโยเกิร์ต ผลิตจากน้ำนมที่มีการเพิ่มปริมาณโปรตีนให้ได้ร้อยละ 3.8-3.9 โดยนำน้ำนมมาผ่านความร้อนเช่นเดียวกับการผลิตโยเกิร์ต จากนั้นทำให้เย็นแล้วเติมจุลินทรีย์สตาร์ตเตอร์ 2 ชนิด คือ *L. acidophilus* และ *B. bifidum* หมักที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง อาจถึง 18 ชั่วโมง ถ้าหากใช้สตาร์ตเตอร์สำเร็จรูปในรูปฟรีสดรายจะใช้เติมลงในถังหมักโดยตรง (freeze-dried direct-vat-set culture) พีเอชของผลิตภัณฑ์จะต่ำถึง 4.1-4.2 เมื่อสิ้นสุดการหมักคาดว่าในผลิตภัณฑ์จะมีจำนวนเซลล์ของ *L. acidophilus* ตั้งแต่ 2.0×10^8 ถึง 4.0×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และจำนวนเซลล์ของ *B. bifidum* ตั้งแต่ 1.0×10^8 ถึง 2.0×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Robinson และ Tamine, 1990)

2.4.4. ยาคูลท์ (Yakult)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยาคูลท์เป็นน้ำนมเปรี้ยวที่ผลิตขึ้นมาจากการหมักน้ำนมด้วย *L. casei* ssp. *casei* ยาคูลท์มีปริมาณของแข็งต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดอื่น โดยไขมันร้อยละ 1.1 โปรตีนร้อยละ 1.2 และแลคโตสร้อยละ 1.1 จากสรรพคุณในด้านที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกาย จึงทำให้มีผู้นิยมดื่มยาคูลท์มากโดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายยาคูลท์ คือ ยาคูลท์ มิรู-มิรู เป็นนมเปรี้ยวที่มีส่วนประกอบใกล้เคียงน้ำนมโค คือ มีไขมันร้อยละ 3.1 โปรตีนร้อยละ 3.1 แลคโตสร้อยละ 4.5 และมีแซคคาไรด์ชนิดอื่นประมาณร้อยละ 6.1 จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตยาคูลท์ มิรู-มิรู เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ *B. bifidum*, *B. breve*, *L. acidophilus* และ *L. casei* ssp. *casei* (Robinson และ Tamine, 1990)

2.5 พรีไบโอติก

พรีไบโอติก เป็นอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้หมดที่ลำไส้ส่วนบนและช่วยส่งเสริมการเจริญของ Bifidobacteria และ Lactobacilli Gibson และ Roberfriod (1995) ได้ให้คำจำกัดความของพรีไบโอติกเป็นครั้งแรกเอาไว้ว่า "พรีไบโอติก คือ อาหารที่ไม่สามารถย่อยได้โดยลำไส้เล็กและมีประโยชน์ต่อเจ้าบ้านโดยการส่งเสริมการเจริญเติบโตหรือส่งเสริมกิจกรรมหรือกระตุ้นการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียในลำไส้ ซึ่งเป็นการเสริมให้สุขภาพดีขึ้น"

พรีไบโอติกจะประกอบไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อจุลินทรีย์สุขภาพในมนุษย์ แต่จะไม่ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค เช่น การสร้างสารพิษโดยเชื้อ Clostridria และ *Escherichia coli* โดยจุลินทรีย์สุขภาพที่กล่าวถึง ได้แก่ Bifidobacteria และ Lactobacilli ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เสริมให้สุขภาพดีขึ้น

อาหารที่เป็นพรีไบโอติกจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. อาหารนั้นต้องไม่ถูกย่อยและดูดซึมโดยกระเพาะอาหารหรือลำไส้เล็ก

2. มีความจำเพาะในการส่งเสริมแบคทีเรียในลำไส้ชนิดที่เป็นประโยชน์ เช่น Bifidobacteria

3. กระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นโดยใช้อาหารนั้นจะต้องก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเจ้าบ้าน

พรีไบโอติกที่รับประทานเข้าไปจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการหมักโดยแบคทีเรียสุขภาพในลำไส้ โดยส่วนประกอบในอาหารเหล่านั้น ได้แก่ รีซิสแตนท์สตาร์ช (Resistant starch (RS)) ซึ่งเป็นชนิดที่สำคัญที่สุด โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (Non-starch polysaccharide (NSP)) ซึ่งมักเป็นส่วนประกอบของพืช เช่น pectin cellulose hemicellulose guar และ xylan น้ำตาลและโอลิโกแซคคาไรด์ เช่น lactose lactulose raffinose stachylose และ fructo - oligosaccharide (FOS) ซึ่งสารเหล่านี้ไม่สามารถถูกย่อยได้โดยลำไส้เล็กและถูกนำไปใช้โดยจุลินทรีย์สุขภาพในลำไส้ สำหรับโอลิโกแซคคาไรด์นั้นสามารถพบได้ในธรรมชาติในผักและผลไม้หลายชนิด เช่น หัวหอม กล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระเทียม หน่อไม้ฝรั่ง ลีค อาทิโช้ค ชีคโอรี่ และในธัญญาหาร นอกจากนี้สารประเภทโอลิโกแซคคาไรด์ยังพบได้ทั่วไปในถั่วชนิดต่างๆ และมีการสังเคราะห์อาหารพรีไบโอติกชนิดใหม่ๆในอุตสาหกรรมตลอดเวลา โดยการนำสารที่เป็นโมโนแซคคาไรด์มาพัฒนากลายเป็นโอลิโกแซคคาไรด์ เช่น ใช้น้ำตาลจากผลไม้เพื่อพัฒนาคุณภาพให้เป็นฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ เพราะฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ให้พลังงาน 6 กิโลแคลอรี/กรัม ไม่เป็นพิษและไม่ก่อมะเร็ง และเป็นสารช่วยระบายอ่อนๆ แต่จะมีอาการท้องเฟ้อเมื่อบริโภคปริมาณมากๆได้ มีการทดสอบการควบคุมการรับประทานอาหารในอาสาสมัคร ให้รับประทานฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ปริมาณ 15 กรัม/วัน พบว่ามีปริมาณ Bifidobacteria ในอุจจาระเพิ่มขึ้นถึง 10 เท่า และปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *Clostridium* และ *Enterobacterium* ลดลง ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นว่าสามารถเพิ่มหรือลดจุลินทรีย์ชนิดใดในลำไส้โดยการปรับสารอาหาร นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกว่า จุลินทรีย์โพรไบโอติกสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ และสามารถสร้างสารที่มีฤทธิ์ยับยั้ง *Salmonella, Listeria, Campylobacter, Shigella, Vibrio* มีการทดสอบให้คนชรารับประทานฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ 8 กรัม/วัน พบว่าสามารถเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในอุจจาระเป็น 10 เท่า นอกจากฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์จะช่วยส่งเสริมการเจริญของ Bifidobacteria ยังช่วยส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียชนิดอื่นในลำไส้ด้วย ซึ่งเห็นได้ชัดในส่วนของระบบเมแทบอลิซึมของแบคทีเรียเหล่านั้น กาแลคโต-โอลิโกแซคคาไรด์เป็นสารที่พบได้ในนมของมนุษย์และนมวัวที่สร้างจากน้ำตาลแลคโตสโดยเอนไซม์กาแลคโตซิเดส ปริมาณ 2.5,5 หรือ10 กรัม/วัน พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณ Bifidobacteria ในอุจจาระได้แต่ยังไม่ชัดเจนนัก และสำหรับฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์นั้น ถ้าได้รับในปริมาณน้อยเกินไปก็จะไม่มีผลที่มีนัยสำคัญต่อสุขภาพได้ มีรายงานว่าจะต้องได้รับฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์อย่างน้อย 4 กรัม/วัน และจะให้ผลดีมากถ้าได้รับมากกว่า 8 กรัม/วัน คือ จะช่วยส่งเสริมการทำงานของ Bifidobacteria ในลำไส้

โอลิโกแซคคาไรด์เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบไปด้วยน้ำตาล 2-20 ยูนิต ต่อเป็นโพลีแซคคาไรด์สายสั้นๆ ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติคือในผักและผลไม้ นอกจากนี้ยังสามารถสกัดและสังเคราะห์ได้จากการไฮโดรไลซิสสารจำพวกโพลีแซคคาไรด์ เช่น เส้นใยอาหาร แป้ง มีโอลิโกแซคคาไรด์อย่างน้อย 2 ชนิดอยู่ในเมล็ดพืช ได้แก่

(1) กาแลคโตซิล (galactosyl) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของซูโครส (sucrose) สแตคไซโลส (stachylose) และราฟฟิโนส (raffinose)

(2) ฟรุกโตซิล (fructosyl) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของซูโครส ฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ (Henry และ Saini, 1989)

มีรายงานถึงการวิเคราะห์ส่วนประกอบของในธัญพืชที่บดแล้ว เช่น รำข้าวสาลี เมล็ดข้าวสาลี และแป้งสาลี พบว่าเมล็ดข้าวสาลีจะมีโอลิโกแซคคาไรด์ชนิดราฟฟิโนสมาก โดยจะพบร้อยละ 7.2 ในเมล็ดแห้ง (Mizuochi, 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอลิโกแซคคาไรด์ที่น่าจะมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอดิก ได้แก่ แลคตาโลส ฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ กาแลคโต-โอลิโกแซคคาไรด์ โอลิโกแซคคาไรด์จากถั่วเหลือง แลคโตซูโครส ไอโซมอลโต-โอลิโกแซคคาไรด์ กลูโค-โอลิโกแซคคาไรด์ ไซโล-โอลิโกแซคคาไรด์ พาลาทิโนส โดยพบว่า แลคตาโลส ฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ ทรานกาแลคโต-โอลิโกแซคคาไรด์ ปัจจุบันได้รับความสนใจมีผู้ศึกษากันมากเพราะมีผลต่อการกระตุ้นการเจริญของ Bifidobacteria และ Lactobacilli ภายในลำไส้

คาร์ไบไฮเดรตชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกจะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของ Lactobacilli และ Bifidobacteria เพิ่มการดูดซึมแคลเซียม และเป็นสารตั้งต้นที่ใช้ในการหมักทำให้เกิดกรดไขมันสายสั้นและก๊าซ

ตารางที่ 13 ผลของพรีไบโอติกชนิดที่เป็นโอลิโกแซคคาไรด์ต่อพฤติกรรมการขับถ่าย (Bowel habit)

แหล่งของพรีไบโอติก	N^a	ปริมาณที่รับประทาน กรัม/วัน	น้ำหนักอุจจาระที่เพิ่มขึ้น กรัม/กรัม
ทรานกาแลคโต-โอลิโก	13	7.5	0
แซคคาไรด์	14	15.0	0
ทรานกาแลคโต-โอลิโก	8	10.0	0
แซคคาไรด์			
ฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์	8	15.0	1.0
อินนูลิน	4	15.0	2.1
ฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์	24	5.0	0
	24	15.0	0
กาแลคโต-โอลิโกแซคคา	12	2.5	0
ไรด์	12	5.0	0
	12	10.0	1.1

[a] จำนวนช่วงเวลาที่รับประทาน (*N*)

ที่มา : Kleeesnและคณะ (1997) ; Bouhnik และคณะ (1999) ; Chen และคณะ (2001) ; Swanson และคณะ (2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของพรีไบโอติก

1. ช่วยกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกัน เนื่องจากพรีไบโอติกจะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สุขภาพในทางเดินอาหาร

2. ป้องกันหรือลดความรุนแรงของโรคติดเชื้อในทางเดินอาหาร เช่น ท้องร่วง

3. ช่วยลดความรุนแรงของสารพิษหลายชนิด

4. ช่วยให้การขับถ่ายดีขึ้น ป้องกันท้องผูก

5. ช่วยย่อยน้ำตาลแลคโตสในน้ำนม ซึ่งแก้ปัญหาแน่นท้องหรือท้องเสียได้

6. ช่วยดูดซึมแคลเซียมเสริมสร้างกระดูกและฟัน

2.6 เส้นใยอาหาร

เส้นใยอาหาร (Dietary fibre) เป็นส่วนหนึ่งของพืชที่กินได้หรือเป็นส่วนที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ซึ่งทนต่อการถูกไฮโดรไลซิสโดยเอนไซม์ภายในลำไส้ Trowell (1973) ได้ให้คำจำกัดความของเส้นใยอาหารไว้เป็นผู้แรกว่า เป็นส่วนหนึ่งของอาหารที่ได้มาจากผนังเซลล์พืชซึ่งย่อยได้ไม่สมบูรณ์ภายในร่างกายมนุษย์ เส้นใยอาหารจะแบ่งได้ตามความสามารถในการละลายน้ำ ได้ 2 ชนิด คือ เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยที่ละลายน้ำได้ (water soluble fibre) โดยเส้นใยที่ละลายน้ำได้ (water soluble fibre) ส่วนใหญ่เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำได้แก่ เบต้ากลูแคน (ß-glucan) อะราบิโนไซแลน (arabinoxylan) เพคติน (pectin) จากการที่เป็นสารละลายที่หนืด เส้นใยที่ละลายน้ำได้จะเคลื่อนอย่างช้าภายในระบบทางเดินอาหาร จึงช่วยให้อิ่มท้องอยู่ได้นาน ลดการดูดซึมกลูโคส และสเตอรอลภายในลำไส้ ลดระดับคลอเลสเทอรอล โพรสพรานเดียลกลูโคส (prostprandial glucose) และอินซูลินในร่างกายมนุษย์ เส้นใยที่ละลายน้ำได้ประกอบไปด้วยลิกนิน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส สารประกอบจำพวกโพลีแซกคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง เช่น อะราบิโนไซแลนที่ไม่ถูกสกัดด้วยน้ำ (water-unextractable arabinoxylan) โดยทั่วไปในเมล็ดพืชเส้นใยอาหารจะมีปริมาณลดลงนับจากเพอริแคปส่วนนอก (outer pericap) จนถึงเอนโดสเปิร์ม ยกเว้นอะราบิโนไซแลนซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของเอนโดสเปิร์มและผนังเซลล์ (Herrera และคณะ,1998 ; Nelson, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 ลักษณะทางกายภาพและประโยชน์ต่อสุขภาพของเส้นใยอาหาร

คุณลักษณะ	กลไกที่เกิด	ความสัมพันธ์ต่อสุขภาพ
สารตั้งต้นของการหมัก	-กระตุ้นการเจริญของแบคทีเรีย -ผลิตกรดไขมันสายสั้น -ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน กรดน้ำดี และซีโนไบโอดิกแมทาบอลิซึม	-อาการท้องผูก -โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันและโรคมะเร็งลำไส้
ผลต่อลำไส้เล็ก	-ทำให้เกิดการหลั่งอินซูลินและฮอร์โมนเกี่ยวกับลำไส้	-การตอบสนองต่อไกลซีมิกเบาหวาน การดูดซึมไขมันและโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน
ความอิ่มท้อง	-ผลต่อการคี้ยว -ทำให้อิ่มท้องอยู่ได้นาน	-ลดความอยากอาหารในช่วงสั้นๆ

ที่มา : Cummings และคณะ (2004)

ตารางที่ 15 การศึกษาเกี่ยวกับเส้นใยอาหารและความอยากอาหาร

แหล่งของเส้นใยอาหาร	N[a]	จำนวน	ความหิว	
			ลดลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
เมทธิลเซลลูโลส	3	1-3	2	1
รำข้าว	1	12	1	0
ไซเลียม	1	22	0	1
รำข้าว	3	6	2	1
แอลจิเนต	1	2+	1	0
ผลไม้	2	14-16	2	0
แหล่งรวม	5	7-39	4	1

[a] จำนวนผู้ทดลองรับประทาน (N)

ที่มา: Levine และคณะ (1989) ; Burley และ Blundell (1990) ; Delargy และคณะ (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 ผลของเส้นใยอาหารต่อพฤติกรรมการขับถ่าย (Bowel habit)

แหล่งของโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง	N*	ปริมาณของอุจจาระที่เพิ่มขึ้น (กรัม/กรัม ของ fibre ที่รับประทาน)	ค่าเฉลี่ย	ขอบเขต
รำข้าวดิบ	82	7.2	6.5	3-14.4
ผักและผลไม้	175	6.0	3.7	1.4-19.6
รำข้าวสุก	338	4.4	4.9	2-12.3
ไซเลียม	119	4.0	4.3	0.9-6.6
ข้าวโอ๊ต	53	3.4	4.8	1-5.5
ข้าวโพด	32	2.9	2.9	2.8-3.0
ถั่วเหลืองและเมล็ดพืชชนิดอื่น	98	1.5	1.5	0.3-3.1
เพคติน	95	1.3	1.0	1-3.6

* จำนวนคนที่รับประทานในแต่ละช่วงเวลา

ที่มา : Cummings และคณะ (2004)

2.7 เบต้ากลูแคน

เป็นเส้นใยอาหารชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญ เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่แตกแขนง มีส่วนช่วยในการรักษาโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (coronary heart disease) โดยการช่วยลดระดับคลอเลสเทอรอลในเลือด และการตอบสนองต่อไกลซีมิก นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเบต้ากลูแคน (ß-glucan) จากข้าวโอ๊ตช่วยส่งเสริมการเจริญของ Lactobacilli และ Bifidobacteria ในการทดลองในหนู (Ryhönen และคณะ, 1996) โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเบต้ากลูแคนของข้าวโอ๊ตช่วยส่งเสริมการเจริญของ Bifidobacteria 3 สายพันธุ์ และ *L. rhamosus* GG (Kontula และคณะ, 1998) นอกจากนี้ยังพบอีกว่าในข้าวบาร์เลย์และข้าวโอ๊ตอุดมไปด้วยเบต้ากลูแคนในปริมาณสูง โดยในชนิดแห้งจะพบประมาณร้อยละ 3-7 และในชนิดสดมีประมาณร้อยละ 3-11 ในข้าวบาร์เลย์ (Köksel, 1999) ข้าวโอ๊ต (Wood, 1993) และข้าวสาลี (Wood, 1997) จึงเป็นไปได้ที่จะพบเบต้ากลูแคนในเมล็ดพืชชนิดอื่นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 Resistant Starch

Functional food คือ อาหารหรือส่วนประกอบที่มีอยู่ในอาหารที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค รวมทั้งมีส่วนช่วยในการป้องกันและรักษาโรคได้ ซึ่งจะมีความหมายครอบคลุมทั้งอาหารเสริม สารทดแทนน้ำตาล สารทดแทนไขมัน อาหารที่มีเส้นใยสูง ผัก เนื้อสัตว์ที่มีไขมันต่ำ หางนมและอาหารที่มีคลอเลสเทอรอลต่ำ โดยในปัจจุบันนี้ผู้บริโภคให้ความสนใจกับอาหารที่บริโภคมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลจากการศึกษาและงานวิจัยต่างๆ แสดงให้เห็นถึงบทบาทของอาหารที่มีต่อการเกิดโรคต่างๆของมนุษย์และทำให้ผู้บริโภคมีแนวโน้มที่จะนิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น เช่น การบริโภคอาหารชีวจิต การบริโภคอาหารเพื่อเพิ่มเส้นใยอาหารหรือการหันมาบริโภคผักผลไม้แทนเนื้อสัตว์กันมากขึ้น เป็นต้น ดังนั้นตลาดของอาหารเพื่อสุขภาพจึงมีการเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงสิบปีที่ผ่านมา

<u>บทบาทของแป้งกับอาหารเพื่อสุขภาพ</u>

แป้ง (Starch) เป็นอาหารหลักและแหล่งของพลังงานที่สำคัญชนิดหนึ่งของมนุษย์ สามารถอยู่ทั่วไปตามส่วนต่างๆของพืช เช่น ในผลของกล้วย เมล็ดของธัญพืช หัวของมันสำปะหลัง เป็นต้น แป้งเป็นวัตถุดิบที่สักยภาพในการผลิตเป็นอาหารเพื่อสุขภาพสูงโดยในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากแป้งหลายชนิด เช่น Maltodextrin เพื่อใช้เป็นสารทดแทนไขมัน (Fat substitutes) (Hassel, 1993) และแป้งที่ไม่สามารถถูกย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็กของมนุษย์ (Resistant starch) ที่สามารถใช้ทดแทนเส้นใยอาหารได้ เป็นต้น

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ที่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยเอนไซม์และได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นกลูโคส ซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานของมนุษย์ เมื่อพิจารณาแป้งตามความสามารถในการถูกย่อยสลาย สามารถแบ่งประเภทของแป้งในอาหาร ได้ตารางที่ 17

แป้งที่ไม่สามารถถูกย่อยได้ด้วยเอนไซม์ (Enzyme – resistant starch หรือ Resistant starch) ตามคำนิยามของ European FLAIR – Concerted Action on Resistant Starch หมายถึง แป้งและผลิตภัณฑ์ของแป้งที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์และดูดซึมภายในลำไส้เล็กได้ของมนุษย์ปกติได้ ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะและแหล่งที่มาได้เป็น 3 ประเภท คือ

1.) แป้งที่ลักษณะทางกายภาพขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ (Physically inaccessible starch; RS_1) โดยเม็ดแป้งอาจถูกห่อหุ้มอยู่ภายในร่างแหของโปรตีนหรือถูกตรึงอยู่ภายในเซลล์หุ้มเมล็ดพืช ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาในเม็ดแป้งได้ Resistant starch ชนิดนี้จะพบในโครงสร้างของพืชที่ถูกทำลายไปบางส่วน เช่น ในเมล็ดธัญพืชที่ถูกบดมาบางส่วน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 ประเภทของแป้งในอาหารเมื่อพิจารณาตามความสามารถในการถูกย่อยสลายได้

ประเภทแป้ง	แหล่งของแป้ง	การย่อยสลายในลำไส้เล็ก
1. แป้งที่สามารถถูกย่อยได้อย่างรวดเร็ว (Rapidly digestible starch; RDS)	อาหารที่มีส่วนประกอบของแป้งเมื่อผ่านการหุงใหม่	สามารถถูกย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว ไปเป็นน้ำตาลกลูโคสภายในเวลา 20 นาที
2. แป้งที่สามารถถูกย่อยได้อย่างช้าๆ (Slowly digestible starch; SDS)	แป้งจากธัญชาติ ผลิตภัณฑ์เส้นที่ทำสุกแล้ว	สามารถถูกย่อยสลายได้ช้าๆ แต่ยังถูกย่อยไปเป็นน้ำตาลกลูโคสได้อย่างสมบูรณ์ โดยใช้เวลาตั้งแต่ 20 ถึง 110 นาที
3. แป้งที่ไม่สามารถถูกย่อยได้ด้วยเอนไซม์ (Enzyme-resistant starch; RS)	เมล็ดธัญพืชที่ถูกบดหรือแป้งที่เกิดการคืนตัว	ทนทานต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในลำไส้

ที่มา : เกื้อกูล ปียะจอมขวัญและกล้าณรงค์ ศรีรอด (2542)

2.) เม็ดแป้งดิบที่ทนทานต่อการทำงานของเอนไซม์ (Raw starch granules; RS_2) ได้แก่ เม็ดแป้งมันฝรั่งดิบ เม็ดแป้งกล้วยดิบและแป้งจากเมล็ดถั่ว โดยความคงทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างตามธรรมชาติของเม็ดแป้งที่ไม่มีรูหรือช่องเปิดให้เอนไซม์เข้าไปในเม็ดแป้ง การเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งจะช่วยให้เอนไซม์สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับเม็ดแป้งได้มากขึ้น

3.) แป้งคืนตัว (Retrograded starch; RS_3) Resistant starch โดยส่วนใหญ่จะจัดอยู่ในประเภท Retrograded starch ซึ่งได้แก่ อาหารที่ผ่านการให้ความร้อน จนแป้งเกิดการเจลาติไนซ์แล้วถูกทำให้เย็นตัวลง ทำให้ส่วนอะไมโลส (โพลีเมอร์เชิงเส้นของกลูโคส) ในน้ำแป้งที่หลุดออกมาในขณะที่เม็ดแป้งพองตัวเกิดการเรียงตัวใหม่ ได้เป็นผลึกแป้งที่แข็งแรงและทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (Asp และ Bjorck, 1992 ; Eerlingen และคณะ, 1994) ดังนั้นแป้งที่มีอัตราส่วนของอะไมโลสสูงกว่า จะสามารถเกิดรีโทรเกรเดชั่นได้มากกว่าแป้งที่มีอะไมโลเพกทินสูง แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงก็สามารถผลิต Resistant starch ได้ในระดับสูงเช่นเดียวกัน

<u>ลักษณะทางสรีรวิทยาของ Resistant starch</u> (Cummings และคณะ, 2004)

1. ช่วยการควบคุมการตอบสนองต่อไกลซีมิก
2. เป็นสารตั้งต้นของการหมัก
   - กรดไขมันสายสั้นโดยเฉพาะบิวทาเรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลต่อพฤติกรรมการขับถ่าย
- เมแทบอลิซึมของแบคทีเรีย
- ก๊าซ
- ผลต่อกรดน้ำดี

<u>ประโยชน์ของ Resistant starch ต่อสุขภาพ</u>

เนื่องจากคุณสมบัติที่สำคัญของ Resistant starch คือ ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยเอนไซม์ในลำไส้เล็ก ดังนั้น Resistant starch จึงมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับเส้นใยอาหาร (dietary fibre) (Mauro, 1996) ซึ่งมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่ายและระบบหมุนเวียนเลือด โดย Resistant starch ที่ไม่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในลำไส้เล็ก จะผ่านมาถึงส่วนของลำไส้ใหญ่และถูกหมักโดยจุลินทรีย์ภายในลำไส้ใหญ่ได้เป็นกรดไขมันสายสั้นๆ เช่น อะซีเดท โพรไพรโอเนทและบิวทาเรท และมีก๊าซเกิดร่วมด้วย กรดไขมันทั้งสามชนิดที่เกิดจะมีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดของ Resistant starch และสามารถถูกดูดซึมภายในลำไส้ใหญ่และขนส่งไปถึงตับได้ กรดไขมันที่เกิดขึ้นจะช่วยให้สุขลักษณะของปลายลำไส้ใหญ่ดีขึ้น โดยกรดไขมันจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค เพิ่มปริมาณของของเหลวและปรับสภาวะความเป็นกรด – ด่างภายในลำไส้ใหญ่ให้ต่ำลง บิวทาเรทที่สร้างขึ้นจะช่วยปรับสภาวะตอนปลายของลำไส้ใหญ่ให้สมบูรณ์ ยับยั้งการเจริญของ transformed cell ในสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะมีบทบาทในการป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ (Alexander, 1995) การเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารในอาหารที่บริโภคเข้าไปจะทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้ดีขึ้น โดยช่วยเพิ่มปริมาณอุจจาระ เพิ่มความถี่ในการขับถ่ายและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคท้องผูก โรคผนังลำไส้ใหญ่อักเสบและมะเร็งในลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้การบริโภค Resistant starch หรือเส้นใยอาหาร จะช่วยป้องกันหรือลดภาวะโรคอ้วนและมีบทบาทในการลดปริมาณคลอเลสเทอรอลในเส้นเลือด ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคหัวใจและโรคเบาหวานอีกด้วย (Ranhotra และคณะ, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ลูกเดือยข้าว ลูกเดือยเหนียว นมผงปราศจากไขมัน น้ำนมพาสเจอไรส์ชนิดพร้อมมันเนย แลคโตส เจลาติน และ Hi-maize resistant starch ได้จาก Starch and Chemical (Thailand) Ltd.

2. เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้คือ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ได้จาก The East Asiatic (Thailand) Public Company Limited

3. อาหารเลี้ยงเชื้อ และสารละลายที่ใช้ทำเจือจาง ได้แก่ deMan Rogosa Sharpe Medium (MRS) และสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1

4. สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) แคลเซียมอะซีเตท (CH_3COOCa) กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) กรดบอริก (H_3BO_3) กรดแอซีติก กลูโคส เปปโตน โซเดียมอะซิเตท (CH_3COONa) แมกนีเซียมซัลเฟต-7-ไฮเดรต ($MgSO_4.7H_2O$) แมงกานีส(2)ซัลเฟต-4-ไฮเดรท ($Mn_2SO_4.4H_2O$) เฟอร์รัสซัลเฟต-7-ไฮเดรท ($FeSO_4.7H_2O$) โซเดียมไฮดรอกไซด์ โปตัสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ($C_8H_5KO_4$) โปตัสเซียมโซเดียมทาร์เทรท ($C_4H_4KNaO_6$) โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) ซีลีเนียมไฮตรอกไซด์ (SeO_2) บรอมครีซอลกรีน เมทิลเรด เตตาร์ไฮเดรท เมธิลลีนบลู ซิงค์อะซิเตท โปตัสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด

5. เครื่องมือ ได้แก่ หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) เครื่องมือวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) ตู้บ่มเชื้อ เทอร์โมมิเตอร์ ตู้อบลมร้อน ตู้ปลอดเชื้อ เครื่องตีป่น เครื่องปั่นเหวี่ยง เครื่องชั่งชนิดละเอียด ภาชนะโลหะสำหรับวิเคราะห์หาความชื้น (มอยซ์เจอร์แคน) โถดูดความร้อน (เดซิเคเตอร์) ภาชนะเซรามิกสำหรับวิเคราะห์หาเถ้า (ครูซิเบิล) เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และอุปกรณ์ชุดไทเทรต

6. เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์ที่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือย

นำตัวอย่างลูกเดือยข้าวและลูกเดือยเหนียวมาบดให้ละเอียด แล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า เส้นใยอาหาร โปรตีน และไขมัน โดยใช้วิธีการของ AOAC (2000) และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ใช้วิธีการของ Jeon (1995) ในภาคผนวก ข ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ซ้ำ

2. การศึกษาผลของลูกเดือยต่อการเจริญของ *Bifidobacteriun lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ต

2.1 การเตรียมเชื้อ *B. lactis* (Bb-12)

ทำการถ่ายเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) ลงในอาหารเหลว MRS นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที และล้างเซลล์ด้วยสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1 จำนวน 2 ครั้ง เสร็จแล้วเติมสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 10 มิลลิลิตรลงไป จะได้สารแขวนลอยของ *B. lactis* (Bb-12) ซึ่งพร้อมที่จะนำไปผลิตเป็นกล้าเชื้อขั้นตอนต่อไป

2.2 การผลิตโยเกิร์ต

ทำการผลิตโยเกิร์ตทั้ง 8 ชุด นำน้ำนมพาสเจอไรส์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตมีปริมาณไขมันร้อยละ 4.15 และปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 12.8 สำหรับโยเกิร์ตชุดที่ 1 เป็นชุดควบคุม ซึ่งทำมาจากน้ำนมพาสเจอไรส์อย่างเดียว โยเกิร์ตชุดที่ 2 น้ำนมพาสเจอไรส์ผสมลูกเดือยข้าวร้อยละ 2.5 โยเกิร์ตชุดที่ 3 น้ำนมพาสเจอไรส์ผสมลูกเดือยข้าวร้อยละ 3.0 โยเกิร์ตชุดที่ 4 น้ำนมพาสเจอไรส์ผสมลูกเดือยข้าวร้อยละ 3.5 โยเกิร์ตชุดที่ 5 น้ำนมพาสเจอไรส์ผสมลูกเดือยเหนียวร้อยละ 2.5 โยเกิร์ตชุดที่ 6 น้ำนมพาสเจอไรส์ผสมลูกเดือยเหนียวร้อยละ 3.0 โยเกิร์ตชุดที่ 7 น้ำนมพาสเจอไรส์ผสมลูกเดือยเหนียวร้อยละ 3.5 และโยเกิร์ตชุดที่ 8 น้ำนมพาสเจอไรส์ผสม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 ทำการปรับปริมาตรของแข็งทั้งหมดในนมผสมสารอาหารแต่ละชุดด้วยหางนมผง เพื่อให้ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 16 จากนั้นผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยนำไปตีปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้เป็นเวลา 3 นาที นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้วจึงเติมกล้าเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) ที่เตรียมไว้ลงไปร้อยละ 2 คนให้เข้ากัน นำไปบรรจุในภาชนะปิดฝา บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การตรวจสอบคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาและทางเคมี

ทำการตรวจวัดพีเอช วัดปริมาณกรดทั้งหมดโดยคำนวณในรูปของกรดแลคติกตามวิธีของ AOAC (1980) และวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียแลคติกในระหว่างการหมักโยเกิร์ตและการเก็บรักษาที่เวลา 0, 0.5, 1, 7, 14 และ 21 วัน

2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance และ Duncan Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือย

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของลูกเดือย 2 สายพันธุ์คือ ลูกเดือยจ้าว และลูกเดือยเหนียวสายพันธุ์ละ 3 ตัวอย่าง ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 18 พบว่าลูกเดือยจ้าว มีปริมาณเถ้า เส้นใย ความชื้น มากกว่าลูกเดือยเหนียว แต่ลูกเดือยจ้าวจะมีปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดต่ำกว่าลูกเดือยเหนียว จากผลการวิเคราะห์พบว่ามีค่าเฉลี่ยร้อยละของความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ต่างกับรายงานของทัศนีย์ (2530) ซึ่งพบว่ามีความชื้นร้อยละ 10.8 โปรตีนร้อยละ 13.6 ไขมันร้อยละ 6.1 เส้นใยร้อยละ 8.4 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 58.5 เถ้าร้อยละ 2.6 คาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในเมล็ดธัญพืชพบในรูปสตาร์ช เส้นใยที่ละลายน้ำได้ เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ และน้ำตาลอิสระเล็กน้อย เช่น กลูโคส กลีเซอรอล สแตคไชโลส (stachylose) ไซโลส ฟรุคโตส มอลโตส ซูโครส อะราบิโนส ซึ่งส่วนประกอบต่างๆเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของธัญพืช กระบวนการที่ใช้ และปริมาณน้ำที่เติม (Becker และ Hanner, 1991) ส่วนประกอบเหล่านี้โดยเฉพาะโปรตีน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต อาจจะเป็นอาหารที่ช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลิน ทรีย์โพรไบโอติกในโยเกิร์ตดังการศึกษาของ Gobbetti และ Corsetti (1997) ซึ่งได้แยกแบคทีเรียกรดแลคติก *L. reuteri, L. plantarum, L. acidophilus* และ *L. fermentum* จากธัญพืชและนำไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีข้าวมอลต์ ข้าวบาร์เลย์ และข้าวสาลีสกัด โดยไม่มีการเติมธาตุอาหารอื่นลงไป พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อจากข้าวมอลต์ช่วยส่งเสริมการเจริญของเชื้อได้ดีกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อจากข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลี เนื่องจากในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ประกอบด้วย มอลโตส ซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส ประมาณ 15 กรัมต่อลิตร และมีไนโตรเจนอิสระประมาณ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกว่าข้าวมอลต์ ข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์สกัด มีความสำคัญในการช่วยปกป้องเชื้อ *L. plantarum* และ *L. acidophilus* ให้สามารถอยู่รอดภายใต้สภาวะความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร โดยพบว่ามีน้ำตาลอยู่ในธัญพืชสกัด และมีอะมิโนไนโตรเจนอิสระอยู่เล็กน้อยแล้วแต่สายพันธุ์ของธัญพืช (Chalarampopoulus และคณะ, 2002) จึงอาจเป็นไปได้ว่าลูกเดือยทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในปริมาณสูง มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าเล็กน้อย แต่มีปริมาณเส้นใยอาหารสูงกว่าข้าวมอลต์ เนื่องจากในข้าวมอลต์มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 13.1 เส้นใยร้อยละ 5.7 ข้าวสาลีมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 13.3 เส้นใยร้อยละ 2.3 (Severson, 1998) ลูกเดือยจึงอาจจะมีคุณสมบัติในการช่วยส่งเสริมการเจริญของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในการหมักโยเกิร์ต และช่วยป้องกันให้เชื้อสามารถอยู่รอดจากความเป็นกรดในกระเพาะอาหารได้ จากการที่ลูกเดือยทั้ง 2 สายพันธุ์ที่มีปริมาณเส้นใยอาหารสูงมีผลดีต่อสุขภาพคือ ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลดีต่อสุขภาพคือ ส่วนใหญ่อาจเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งได้แก่ เบต้ากลูแคน อะราบิโนไซแลน (arabinoxylan) และเพคติน จากการที่เป็นสารละลายที่หนืดจะเคลื่อนอย่างช้าๆ ภายในระบบทางเดินอาหาร จึงช่วยให้อิ่มท้องได้นาน ช่วยลดการดูดซึมกลูโคสและสเทอรอลภายในลำไส้ ช่วยลดระดับอินซูลินในร่างกายมนุษย์ ลดระดับคลอเลสเทอรอลในลำไส้เล็ก ทำให้สามารถป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันได้ (Severson, 1998)

ตารางที่ 18 องค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือยจ้าวและลูกเดือยเหนียว

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณสารอาหารในลูกเดือย (ร้อยละ)[a] ± SD	
	ลูกเดือยจ้าว	ลูกเดือยเหนียว
โปรตีน	10.60 ± 0.08	10.77 ± 0.53
ไขมัน	6.29 ± 0.12	6.82 ± 0.44
เถ้า	2.49 ± 0.17	2.42 ± 0.19
เส้นใย	8.18 ± 0.14	7.81 ± 0.41
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	59.61 ± 0.05	59.35 ± 0.11
ความชื้น	12.83 ± 0.35	12.66 ± 0.11

[a] ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองทั้ง 3 ซ้ำ

4.2 การศึกษาผลของลูกเดือยต่อการเจริญของเชื้อ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ต

จากการศึกษาผลของลูกเดือยต่อการเจริญของ *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตทั้ง 8 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 ชุดควบคุม ชุดที่ 2 ลูกเดือยจ้าวร้อยละ 2.5 ชุดที่ 3 ลูกเดือยจ้าวร้อยละ 3.0 ชุดที่ 4 ลูกเดือยจ้าวร้อยละ 3.5 ชุดที่ 5 ลูกเดือยเหนียวร้อยละ 2.5 ชุดที่ 6 ลูกเดือยเหนียวร้อยละ 3.0 ชุดที่ 7 ลูกเดือยเหนียวร้อยละ 3.5 และชุดที่ 8 Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ *B. lactis* (Bb-12) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกและค่าพีเอชของโยเกิร์ตที่เก็บรักษาที่เวลา 0, 0.5, 1, 2, 5, 7, 14 และ 21 วัน ผลการทดลองดังตารางที่ 19 ตารางที่ 20 และตารางที่ 21

<u>การเปลี่ยนแปลงของจำนวน *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ทั้งหมดในโยเกิร์ต</u>

จากการตรวจนับจำนวน *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ต ระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ในวันที่ 1 โยเกิร์ตชุดควบคุมมีปริมาณเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) ที่มีชีวิต 2.0×10^9 CFU/กรัม ซึ่งน้อยกว่าในโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยจ้าว (4.4×10^9- 5×10^9 CFU/กรัม) โยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยเหนียว (3.6×10^9-4.4×10^9 CFU/กรัม) และโยเกิร์ตชุดที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 (3.8×10^9 CFU/กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อ *Bifidobacterium lactis* **(Bb-12)** ในโยเกิร์ตระหว่างการหมักและการเก็บรักษา

วันที่	ปริมาณเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) [a] (CFU / กรัม)							
	ชุดควบคุม	Hi-maize 3%	ลูกเดือยข้าว 2.5%	ลูกเดือยข้าว 3%	ลูกเดือยข้าว 3.5%	ลูกเดือยเหนียว 2.5%	ลูกเดือยเหนียว 3%	ลูกเดือยเหนียว 3.5%
0	3.5×10^{9} $_{AB}$ [b]	3.6×10^{9} $_{AB}$	3.2×10^{9} $_{A}$	3.4×10^{9} $_{AB}$	3.9×10^{9} $_{B}$	3.6×10^{9} $_{AB}$	3.2×10^{9} $_{A}$	3.7×10^{9} $_{AB}$
0.5	2.4×10^{10} $_{A}$	4.1×10^{10} $_{B}$	4.3×10^{10} $_{B}$	4.8×10^{10} $_{B}$	4.2×10^{10} $_{B}$	4.7×10^{10} $_{B}$	4.1×10^{10} $_{B}$	4.3×10^{10} $_{B}$
1	2.0×10^{9} $_{A}$	3.8×10^{9} $_{AB}$	4.4×10^{9} $_{BC}$	4.3×10^{9} $_{BC}$	5.0×10^{9} $_{C}$	4.4×10^{9} $_{BC}$	3.7×10^{9} $_{AB}$	3.6×10^{9} $_{AB}$
2	1.5×10^{7} $_{A}$	2.3×10^{9} $_{C}$	1.4×10^{9} $_{B}$	1.5×10^{9} $_{B}$	1.9×10^{9} $_{BC}$	1.8×10^{9} $_{B}$	2.3×10^{9} $_{C}$	2.3×10^{9} $_{C}$
5	3.1×10^{6} $_{A}$	2.7×10^{12} $_{C}$	1.7×10^{12} $_{B}$	1.8×10^{12} $_{BC}$	1.5×10^{12} $_{B}$	2.2×10^{12} $_{B}$	1.7×10^{12} $_{B}$	2.1×10^{12} $_{BC}$
7	2.9×10^{5} $_{A}$	3.5×10^{8} $_{C}$	3.0×10^{7} $_{B}$	4.0×10^{7} $_{B}$	4.2×10^{7} $_{B}$	4.7×10^{7} $_{B}$	4.1×10^{7} $_{B}$	3.8×10^{7} $_{B}$
14	5.5×10^{3} $_{A}$	2.4×10^{7} $_{B}$	3.7×10^{6} $_{A}$	3.1×10^{6} $_{A}$	3.3×10^{6} $_{A}$	4.1×10^{6} $_{A}$	3.1×10^{6} $_{A}$	4.5×10^{6} $_{A}$
21	4.8×10^{3} $_{A}$	3.8×10^{6} $_{B}$	3.1×10^{6} $_{B}$	2.5×10^{6} $_{B}$	2.6×10^{6} $_{B}$	3.4×10^{6} $_{B}$	2.6×10^{6} $_{B}$	3.6×10^{6} $_{B}$

[a] ค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อ *Bifidobacterium lactis* Bb-12 ของโยเกิร์ต

[b] ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวต่างกัน (ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา) แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตในระหว่างการหมักและการเก็บรักษา

วันที่	ปริมาณกรดทั้งหมด[a]							
	ชุดควบคุม	Hi-maize 3%	ลูกเดือยข้าว 2.5%	ลูกเดือยข้าว 3%	ลูกเดือยข้าว 3.5%	ลูกเดือยเหนียว 2.5%	ลูกเดือยเหนียว 3%	ลูกเดือยเหนียว 3.5%
0	0.14^{A}[b]	0.14^{A}	0.17^{AB}	0.21^{C}	0.21^{C}	0.18^{AB}	0.18^{ABC}	0.19^{BC}
0.5	0.31^{A}	0.35^{A}	0.31^{A}	0.31^{A}	0.35^{A}	0.33^{A}	0.32^{A}	0.33^{A}
1	0.99^{E}	0.54^{A}	0.65^{B}	0.77^{D}	0.69^{C}	0.59^{A}	0.59^{A}	0.59^{A}
2	0.86^{E}	0.47^{A}	0.54^{C}	0.54^{C}	0.51^{B}	0.59^{D}	0.59^{D}	0.59^{D}
5	0.63^{D}	0.34^{A}	0.54^{BC}	0.50^{B}	0.50^{B}	0.54^{BC}	0.56^{C}	0.56^{C}
7	0.86^{B}	0.59^{A}	0.68^{A}	0.66^{A}	0.66^{A}	0.59^{A}	0.59^{A}	0.59^{A}
14	0.98^{D}	0.68^{A}	0.81^{C}	0.81^{C}	0.81^{C}	0.74^{B}	0.75^{BC}	0.77^{BC}
21	0.98^{C}	0.81^{AB}	0.84^{B}	0.84^{B}	0.84^{B}	0.81^{AB}	0.80^{A}	0.80^{A}

[a] ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ต

[b] ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวต่างกัน (ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา) แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 21 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตในระหว่างการหมักและการเก็บรักษา

วันที่	ค่าพีเอช[a]							
	ชุดควบคุม	Hi-maize 3%	ลูกเดือยข้าว 2.5%	ลูกเดือยข้าว 3%	ลูกเดือยข้าว 3.5%	ลูกเดือยเหนียว 2.5%	ลูกเดือยเหนียว 3%	ลูกเดือยเหนียว 3.5%
0	6.63C[b]	6.64C	6.62BC	6.61AB	6.59A	6.68D	6.68D	6.67D
0.5	5.81B	5.82B	5.81B	5.78A	5.83B	6.05D	5.83B	5.97C
1	4.51A	5.00DE	4.72B	4.78C	4.73B	4.97D	5.02E	4.95C
2	4.56A	5.05D	4.77B	4.90C	4.88C	5.04D	5.05E	5.08D
5	4.83A	5.24E	4.97B	4.94C	5.01C	5.18D	5.16D	5.16D
7	4.50A	4.83B	4.80B	4.80B	4.80B	4.99C	4.98C	4.98C
14	4.30A	4.77C	4.70B	4.71B	4.71B	4.80C	4.79C	4.80C
21	4.26A	4.73C	4.67B	4.66B	4.66B	4.73C	4.74C	4.75C

[a] ค่าเฉลี่ยของค่าพีเอชของโยเกิร์ต

[b] ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวต่างกัน (ในแต่ละช่วงของการเก็บรักษา) แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ปรากฏว่าในโยเกิร์ตเกือบทุกชุดมีปริมาณ *B. lactis* (Bb-12) เพิ่มขึ้น 3 log cycle จากวันที่ 1 ของการเก็บรักษา ยกเว้นโยเกิร์ตชุดควบคุมที่มีปริมาณเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) ลดลง 1 log cycle จากวันที่ 1 ของการเก็บรักษา ซึ่งพบว่าโยเกิร์ตชุดควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับโยเกิร์ตที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 โยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยข้าว โยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยเหนียว โดยโยเกิร์ตชุดควบคุมมีปริมาณเชื้อ 2.0×10^{6} CFU/กรัม โยเกิร์ตที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 มีปริมาณเชื้อ 2.7×10^{12} CFU/กรัม โยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยข้าวมีปริมาณเชื้ออยู่ในช่วง 1.5×10^{12}- 1.8×10^{12} CFU/กรัม และโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยเหนียวมีปริมาณเชื้ออยู่ในช่วง 1.7×10^{12}- 2.2×10^{12} CFU/กรัม จนกระทั่งวันที่ 21 ของการเก็บรักษาพบว่าปริมาณ *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตแต่ละชุดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยในโยเกิร์ตที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 โยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยเหนียว โยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยข้าว มีปริมาณเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) ในช่วง 2.5×10^{6}- 3.8×10^{6} CFU/กรัม ยกเว้นโยเกิร์ตชุดควบคุมที่มีปริมาณเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) เพียง 4.8×10^{3} CFU/กรัม

<u>การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในโยเกิร์ต</u>

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตในระหว่างการหมักและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากการหาปริมาณกรดทั้งหมดจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตในแต่ละชุดเพิ่มขึ้น จนถึงวันที่ 5 ปริมาณกรดทั้งหมดจะลดลงและเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา หลังการหมัก 1 วัน โยเกิร์ตชุดควบคุมจะมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มสูงสุดที่ร้อยละ 0.99 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกับโยเกิร์ตทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) ส่วนโยเกิร์ดชุดที่เติมลูกเดือยข้าวร้อยละ 2.5 และ 3.5 จะมีความแตกต่างกับชุดที่เติมลูกเดือยข้าวร้อยละ 3.0 และโยเกิร์ตที่เติมลูกเดือยข้าวทั้งสามความเข้มข้นมีปริมาณกรดทั้งหมดแตกต่างกับโยเกิร์ตที่เติมลูกเดือยเหนียวทุกชุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P< 0.05$) กล่าวคือโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยข้าวร้อยละ 2.5 จะมีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.65 ลูกเดือยข้าวร้อยละ 3.0 มีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.77 และลูกเดือยข้าวร้อยละ 3.5 มีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.64 ส่วนโยเกิร์ตชุดที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 ซึ่งมีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.54 ไม่แตกต่างกับโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยเหนียวซึ่งมีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.59 กันในทางสถิติ เมื่อเข้าสู่วันที่ 5 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตในแต่ละชุดการทดลองจะมีค่าลดลงจากวันแรก โดยโยเกิร์ตชุดควบคุมมีปริมาณกรดทั้งหมดที่มากที่สุด ร้อยละ 0.63 และโยเกิร์ตชุดที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 ที่มีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.34 มีความแตกต่างกับโยเกิร์ดชุดที่เติมลูกเดือยข้าว ลูกเดือยเหนียวและชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) ส่วนโยเกิร์ดชุดที่เติมลูกเดือยข้าวและโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยเหนียวซึ่งมีปริมาณกรดทั้งหมดในช่วงร้อยละ 0.50-0.56 ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ จนครบ 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นในโยเกิร์ตทุกชุด โดยโยเกิร์ตชุดควบคุมจะมีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละเป็น 0.98 ซึ่งมากที่สุดซึ่งต่างกับชุดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) ส่วนโยเกิร์ตชุดที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 โยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยข้าวและโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยเหนียวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยปริมาณกรดทั้งหมดจะอยู่ในช่วงร้อยละ 0.80-0.84 ดังนั้นจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของลูกเดือยไม่ได้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดในชุดการทดลองเดียวกัน

<u>การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในโยเกิร์ต</u>

จากการวัดค่าพีเอชของโยเกิร์ตที่หมักด้วยเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการหมักครบ 1 วัน ค่าพีเอชของโยเกิร์ตทุกชุดลดลง โดยโยเกิร์ตชุดควบคุมมีค่าพีเอชลดลงเร็วที่สุดเป็น 4.51 ซึ่งมีความแตกต่างกับโยเกิร์ตชุดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P< 0.05$) ส่วนในโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยข้าวจะมีค่าพีเอชลดลงในช่วง 4.72-4.78 ตามด้วยโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยเหนียวมีค่าพีเอชลดลงอยู่ในช่วง 4.75-5.02 และโยเกิร์ตชุดที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 มีพีเอชเป็น 5.00 เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ครบ 5 วัน พบว่าค่าพีเอชของโยเกิร์ตทุกชุดมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ยกเว้นในโยเกิร์ตชุดควบคุมที่มีค่าพีเอชลดลง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับโยเกิร์ตชุดอื่น ($P< 0.05$) โดยโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยข้าวมีค่าพีเอชในช่วง 4.77-5.01 ซึ่งต่ำกว่าโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยเหนียวที่มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.16-5.18 และโยเกิร์ตชุดที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 มีพีเอช 5.24 จนกระทั่งวันที่ 21 ของการเก็บรักษา จะเห็นว่าโยเกิร์ตชุดควบคุมจะมีค่าพีเอชต่ำที่สุด 4.26 ตามด้วยโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยข้าว (พีเอช 4.66 – 4.67) และโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยเหนียว (พีเอช 4.73– 4.75) ซึ่งโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยเหนียวมีค่าพีเอชใกล้เคียงกับค่าพีเอชของโยเกิร์ตชุดที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 (พีเอช 4.73) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปริมาณของลูกเดือยที่ทำการเติมลงไปในโยเกิร์ตนั้นไม่มีผลต่อความแตกต่างของค่าพีเอชในโยเกิร์ตชุดเดียวกัน

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) การหาปริมาณกรดทั้งหมด และค่าพีเอชในโยเกิร์ตที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 โยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยข้าวและลูกเดือยเหนียว พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชจะมีความสัมพันธ์กันกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณของเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) เนื่องจากหลังจากการเก็บรักษาโยเกิร์ตเป็นเวลา 21 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าพีเอชลดลงและปริมาณการรอดชีวิตของเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) ต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าพีเอชมีผลต่อการเจริญของเชื้อด้วย และจากผลการศึกษาการอยู่รอดของ *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 และโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยข้าวและลูกเดือยเหนียวได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Martinez – Villaluenga และคณะ (2005) ที่ได้ศึกษาการอยู่รอดของ *Lactobacillus acidophilus* La-5 และ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ในผลิตภัณฑ์นมหมักที่เติมราฟฟิโนส-โอลิโกแซคคาไรด์ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่าจำนวนเชื้อที่มีชีวิตของแบคทีเรียทั้งสองสายพันธุ์ในผลิตภัณฑ์นมหมักที่เติมราฟฟีโนส-โอลิโกแซคคาไรด์สูงกว่าในผลิตภัณฑ์นมหมักโพรไบโอติกที่ไม่ได้เติมราฟฟีโนส-โอลิโกแซคคาไรด์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และยังพบว่าค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์นมหมักโพรไบโอติกที่ไม่ได้เติมราฟฟีโนส-โอลิโกแซคคาไรด์ (ค่าพีเอช 4.27) น้อยกว่าผลิตภัณฑ์นมหมักโพรไบโอติกที่เติมราฟฟีโนส-โอลิโกแซคคาไรด์ (ค่าพีเอช 4.37) เมื่อทำการเก็บรักษานาน 21 วัน เช่นเดียวกับ Lankaputhra และคณะ (1996) ได้ศึกษาการอยู่รอดของ *Bifidobacterium infantis* ในทางนมที่มีความเข้มข้นร้อยละ 12 ที่พีเอช 4.3 พบว่าหลังจากทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 และ 24 วัน เชื้อจะลดลงร้อยละ 30 และมากกว่าร้อยละ 82 ตามลำดับ นอกจากนี้ Dave และ Shah (1997) ยังได้กล่าวว่าเชื้อ Bifidobacteria สามารถอยู่รอดได้ดีในผลิตภัณฑ์นมหมักที่ไม่ได้ผ่านการหมักมากกว่าในผลิตภัณฑ์นมหมักที่ผ่านการหมัก เนื่องจากในผลิตภัณฑ์นมหมักที่ผ่านการหมักจะเกิดกรด ซึ่งกรดจะมีผลทำให้เชื้อตาย ดังนั้นพีเอชในระหว่างการเก็บรักษาไม่ควรต่ำกว่า 5 หรือสูงกว่า 8 (Scardovi,1924; Sgorbati และคณะ, 1995) อย่างไรก็ตามปริมาณ *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตที่เติม Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 และโยเกิร์ตชุดที่เติมลูกเดือยข้าวและลูกเดือยเหนียว มีปริมาณเชื้อที่มีชีวิตตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หลังครบกำหนดการเก็บรักษา คือต้องมี Bifidobacteria อยู่ในผลิตภัณฑ์นมหมักอย่างน้อย 10^6-10^7CFU/กรัม (Ishibashi และ Shimamura, 1993) ดังนั้นสารอาหารทั้ง 3 ชนิดจึงช่วยส่งเสริมการเจริญของ *B. lactis* (Bb-12) ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของลูกเดือยต่อการเจริญของ *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ต โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ลูกเดือย 2 ชนิด คือ ลูกเดือยข้าวและลูกเดือยเหนียวที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน ตั้งแต่ร้อยละ 2.5, 3.0 และร้อยละ 3.5 ลงในน้ำนมที่จะนำไปผลิตโยเกิร์ต โดยเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำนมที่ไม่ได้ทำการเติมสารอาหารอื่นๆ พบว่าการใช้ลูกเดือยทั้ง 2 ชนิด ทำให้จำนวนเซลล์ที่มีชีวิตของ *B. lactis* (Bb-12) อยู่ในผลิตภัณฑ์มากกว่าโยเกิร์ตที่ไม่ได้เติมสารอาหารอื่นเนื่องจากในลูกเดือยทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของ *B. lactis* (Bb-12) ซึ่งสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญ ได้แก่ เส้นใยอาหาร โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ทั้งหมด นอกจากนี้แล้วยังมีปริมาณวิตามิน แร่ธาตุและกรดอะมิโนที่จำเป็นที่ยังช่วยส่งเสริมการเจริญของ *B. lactis* (Bb-12) อีกด้วย (ทัศนีย์, 2530)

อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้เป็นเพียงการทดลองศึกษาในขั้นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพโยเกิร์ตโพรไบโอติกในด้านสารอาหารที่ผู้บริโภคจะได้รับและปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภค ในขั้นต่อไปหากจะทำการวิจัยเพื่อพัฒนาการอยู่รอดของเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) ควรทำการควบคุมพีเอชไม่ให้ต่ำกว่า 5 และควรทดสอบผลของการเติมลูกเดือยทั้ง 2 ชนิด ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นและหาปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการเติมลงในน้ำนมที่จะผลิตเป็นโยเกิร์ต นอกจากนี้ควรประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่ผลิตขึ้นด้วย เมื่อได้รับสารอาหารที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตโพรไบโอติก แล้วอาจทำการปรับปรุงแต่งสี กลิ่นและรสของโยเกิร์ต อาจดัดแปลงเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ เช่น โยเกิร์ตพร้อมดื่ม (drinking yoghurt) หรือโยเกิร์ตแช่แข็ง (frozen yoghurt)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. เดือยข้าวเหนียวพันธุ์เลย. [Oline]. Available : http:// www.doa.go.th.

เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ และ กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. ข่าวสารวิชาการ ตอน "มารู้จักแป้งสุขภาพ (Resistant starch) กันเถอะ". 1(1). [Oline]. Available: http://www.biotec.or.th.

ดำริ แย้มสนรัตน์. 2530. การปลูกเดือย. กสิกร 33(6): 495-501.

ทัศนีย์ พรกิจประสาน. 2530. ลูกเดือย : คุณสมบัติบางประการและผลิตภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

นวลนภา อัคสินธวังกูร. 2546. การผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

บริษัท ลานนาเกษตรกรรม จำกัด. 2548. ลูกเดือย. [Oline]. Available: http:// www.lannabiotic.com

เปิดมหกรรมสินค้าปี 44 ตลอดปี ราคาตกต่ำผลผลิตทะลัก. 2544. ลูกเดือย [Oline]. Available : http://thaibreeder.tripod.com/agrinews-1.htm

วีรศักดิ์ ธนาประชุม. 2527. ลูกเดือย. วารสารสมาคมพ่อค้าข้าวโพดและพืชพันธุ์ไทย: 17-24.

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมัก. กรุงเทพฯ: โอเดียนโตร์: 189-209.

มูลนิธิสุขภาพไทย. 2545. นานาสาระตะด้านสุขภาพ ลูกเดือยธัญพืชเพื่อสุขภาพ. [Oline]. Available : http://www.kalathai.com

ศูนย์สุขภาพธรรมชาติบำบัดไบติก. 2548. ลูกเดือย. [Oline]. Available: http://wave.prohosting.com/news6.html#n61.html.

สุรีย์ นานาสมบัติ. 2539. เทคโนโลยีของนมและผลิตภัณฑ์นม. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อุษามาส จริยวรานุกูล. 2548. การรอดอยู่ชีวิตของโพรไบโอติกและการนำไปใช้ประโยชน์ (Probiotic Viability and Its Application). วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 25(1): 84-94.

Alexander, J.W. 1995. Specific nutrients and the immune response. *Nutrition*. 11: 229-232.

Anonymous. 1950. Preparation of methyl esters of long-chain fatty acids. J. Am. *Oil Chemist's Soc*. 43: 12A.

Association of Official Analytical Chemists. 1980. Official Method of Analysis. Washington D.C.: George Banta.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Beal, C., Spinnler, H.E., Corrieu, G. 1994. Compare of growth, acidification and productivity of pure and mixed culture of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* 404 and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 398. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 41: 95-98.

Becker, R., Hanners, G.D. 1991. Carbohydrate composition of cereal grains. *In:* Lorenz, K.I., Kulp, K. Z (Eds.), Handbook of Cereal Science and Technology. New York: Marcel Dekker.: 469-496.

Beer, M.U., Arrigiono, E., Aromado, R. 1995. Effects of oat gum on blood cholesterol levels in Healthy blood men. *Eur.J.Clin.Nutr.* 49: 517.

Berrada, N., Lemeland, J.F., Laroche, G., Thoubenot, P., Piaia, M. 1991. *Bifidobacterium* form fermented milks: survival during gastric transit. *J. Dairy Sci.* 74: 104-143.

Bingham, S. 1987. Definitions and intakes of dietary fibre. *Am.J.Clin.Nutr.* 45: 1226-1231.

Birollo, G.A., Reinheimer, J.A., Vinderola. 2000. Viability of lactic acid microflora in different types of yoghurt. *Food Res. Int.* 33: 799-805.

Bouhnik, Y., Flourie, B., D'Agay-Abensour, L., Poschart, P., Gramet, G., Durand, M., Rambaud, C.J. 1997. Administration of transgalacto-oligosaccharides increases faecal bifidobacteria and modifies colonic fermentation metabolism in healthy humans. *J.Nutr.* 127: 444-448.

Bouhnik, Y., et al. 1999. Short-chain fructo-oligosaccharide administration dose-dependently increases fecal bifidobacteria in healthy humans. *J. Nutr.* 129: 113-116.

Burly, V.J., Blundell, J.E. 1990. Action of dietary fibre on the satiety cascade. *In:* Krichevsky, D., Bonfiled, C., Anderson, J.W., ed. *Dietary fibre: chemistry, physiology and health effects.* New York: Plenum: 227-246.

Chen, H.L., Yu-Ho, Jiun-Lin, Jr and Lie-Yon Ko. 2001. Effects of isomalto-oligosaccharides on bowel functions and indicators of nutritional status in constipated elderly man. *J Am Coll Nurt.* 20: 44-49.

Charalampopoulos, D., Wang, R., Pondiella, S.S., Webb, C., 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods : a review. *International Journal of Food Microbiology.* 79: 965-975.

Crittenden, R.G., 1999. Prebiotie-Probiotie a critieal review Edited by Gerald W. Tannock. *Horizon Scientific Press*: 141-156.

Dave, R.I. and Shah, N.P. 1996. Evaluation of media for selective enumeration of *Streptococcus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

thermophilus, Lactobacillus delbreuckii spp. *bulgaricus, Lactobacillus acidophilus* and Bifidobacteria. *J. Dairy Sci.* 79: 1529-1536.

Dave, R.I. and Shah, N.P. 1997. Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts made from commercial starter culture. *Intl. Diary*. J. 7: 31-41.

Deeth, H.C. and Tamine, A.Y.1981. Yoghurt: Nutritive and Therapeutic Aspects. *J. of Food Protection*. 44: 78-86.

Delargy, H.J. et al. 1997. Effects of amount and type of dietary fibre (soluble and insoluble) on short-term control of appetite. *Int J Food Sci Nurt.* 48: 67-77.

Earligen R.C., Van Den Broeck I., Delcour J.A., Levine H. 1994. Enzyme resistant starch. V.I. Influence of sugars on resistant starch formation. *Cereal Chem.* 70: 345.

Fuller, R., 1986, Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteroil.* May, 66(5): 365-378.

Garcia, E.F. and McGregor, J.U. 1994. Determination of organic acids during the fermentation and cold storage of yoghurt. *J. Dairy Sci.* 77: 2934-2939.

Gibson, G.R., Roberfroid, M.B. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota : intro ducing the concept of prebiotics. *J. Nutri.* 125 : 1401-1412.

Gibson, G.R., Beatty, E.B., Wang, X., Cummings, J.H. 1995. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oilgofructose and inulin. *Gastroenterology* 108: 975-982.

Gibson, G.R., 2004. Prebiotic. Best Practices & Research Clinical Gastroenterology. 18: 287-298.

Gobbetti, M., Corsetti, A. 1997. *Lactobacillus sanfransisco* a key sourdough lactic acid bacterium: a review. *Food Microbiol.* 14: 175-187.

Gordon, D., Macreae, J., Wheater, D.M. 1957. A *Lactobacillus* proparation for use with Antibiotic: 203. *Cited by* Gilliland, S.E. and Steele, J.L., ed. Applied Dairy Microbiology. U.S.A.: Marcel Dekker. 516.

Hargrove, R.E. and Alfrod, A.J. 1980. Growth response of weaning rats to heated, aged, fractionated and chemically treated yoghurts. *J. Dairy Sci.* 63: 1065-1070.

Harrison, V.G. 1975. Peat G serum cholesterol and bowel flora in the newborn: 207. *Cited* by S.E. Gilliland. Fermented milks and probiotic: 195-212. *In:* Marth, E.H. and Steele, J.L. ed. Applied Dairy Mierobiology. U.S.A: Marcel Dekker: 516.

Hassel, C. A. 1993 Nutritional implication of fat substitutes. *Cereal Food World.* 38: 142-144

Helland, M.H., Wicklund, T., Narvhus, J.A. 2004. Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in milk and water- based cereal puddings. *Intl. Dairy. J.* 14 : 957-965.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Henry, R.J., Saini, H.S. 1989. Characterization of cereal sugars and oligosaccharides. *Cereal Chem.* 66 : 362-365.

Herrera, B.I.M., Gonzalez, G.E.P., Romero, J.G. 1998. Soluble, insoluble and total dietary fibre in raw and cooked legumes. *Arch. Latinoam. Nutr.* 48 : 179-182.

Holzapfel, W.H. and Schillinger, U. 2002. Introduction to pre- and pro-biotic. *Food Research International* 35: 109-116.

Hosono, A., Wardojo, R. Otani, H. 1990. Inhibitory effects of lactic acid bacteria from fermented Milk on the mutagenicities of volatile nitrosamines: 78. *Cited* by Hughes, D.B. and Hoover, D.G. Bifidobacteria : Their potential for use in American dairy products. *Food Technol.* 45(4): 74, 76, 78-80, 83.

Hughes, D.B. and Hoover, D.G. 1991. Bifidobacteria : Their potential for use in American dairy products. *Food Technol.* 45(4): 74, 76, 78-80, 83.

Hull, R.R., Conway, P.L., Evans, A.J. 1992. Probiotic foods a new opportunity. *Food Aus.* 44(3): 112-113.

Jeon, I.J., William, G.I. 1995. Analyzing Food For Nutrition Lalbeling and Harardous Contaninants. Newyork: Marcel Dekker: 87-136.

Kalantzopoulos, G. 1997. Fermented Products with Probiotic Qualities. *Anaerobe*.3 : 185-190.

Klaenhammer, T.R. 2001. Probiotics and Prebiotics. *J. Food Microbiology* : Fundamentals and Frontiers, 2nd ED. Edited by M.P. Doyle et al.: 797-811.

Kleessen, B., et al. 1997. Effects of inulin and lactose on fecal microflora, microbial activity, and bowel habit in elderly constripated persons. *Am J Clin Nutr.* 65: 1397-1492.

Kökesl, H., Edney, M.J., Ozkaya, B. 1990. Barley bulgur: effect of processing and cooking on chemical composition. *J. Cereal Sci.* 29: 185-190.

Kontula, P., Jaskari, J., Nollet, L., De Smet, I., Von Wright, A., Poutanen, K., Mattila-Sandholm, T. 1998. The colonization of a stimulator of human microbial ecosystem by a probiotic strain fed on a fermented oat bran product: effects on the gastrointestinal microbio ta. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 50: 246-252.

Ishibashi, N., Shimamura, S. 1993. Bifidobacteria : Research and development in *Japan Food Technology*, 47: 126-135.

Lankaputhra, W.E.V., Shah, N., Britz, M. 1996. Survival of *bifidobacterium* during refrigerated storage in presence of acid and hydrogen peroxide. *Milchwissenschaft.* 17: 65-70.

Lee, Y.K. and Jugo, G.R. 1978. A role of acetaldehyde in metabolism. *J. of Dairy Sci.* 61: 1216-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1209.

Lee, Y.K. and Salminen, S. 1995. The coming of age of probiotics. *Trends in Food Sci and Technol.* 6: 241-245.

Levine, A.S., et al. Effects of breakfast cereals on short-term food intake. *Am J Clin Nurt.* 50 : 1303-1307.

Marlett. J.A. 1990. Analysis of dietary fiber in human foods. *In:* Kritchevsky, D., Bonfield, C., Anderson, J.W. (Eds.), Dietary fibre: Chemistry, Physiology and Health Effects. Plenum, New York : 31-48.

Marshall, V.M. 1986. The microflora and production of fermented milks: 1-44. *In* M.R. Adams (ed.). Progress in industrial Microbiology. V. 23. London: Elesevier Applied science.

Mårtensson, O., Öste, R., Holst, O. 2002. The effect of yoghurt culture on the survival of probiotic bacteria in oat-based, non- dairy product. *Food Research International.* 35: 775-784.

Martínez-Villaluenga, C., Frias, J., Gomez, R., Vidal-Valverde, C. 2005. Influence of addition of raffinose family oligosaccharides on probiotic survival in fermented milk during refrigerated storage. *Intl. Dairy. J.* 1: 1-7.

Mauro, D.J. 1996. An update on starch. *Cereal Food World.* 41: 776-780.

Medina, L.M. and Jordano, R. 1994. Survival of constitutive of *Bifidobacterium* (*Lactobacillus bifidus*). *J. Bacteriol.* 93(1): 125-130.

Mitsuoka, T. 1992. The human gastrointestioal tract: 69-114. In: Brian, J.B. (ed.). The Lactic Acid Bacteria in Health and Diseasa. V. 1. Great Britain: Elsevier Science: 485.

Mizuochi, T. 1999. Isolation and purification of oligosaccharides by cellulose column chromato-Graphy. Jpn. Kokai Tokkyo Koho: 7.

Nelson, A.L. 2001. High-Fiber Ingredients. Minnesota: Eagan Press.

Oberman, H. 1985. Fermented milk: 167-195. *In* J.B. Brian (ed.). Microbiology of Fermented Foods Vol. 1. England: Elsevier Science.

Ranhotra, G.S., Gelroth J.A., Glaser B.K. 1996. Energy value of resistant starch. *J. Food Sci.* 61(2): 453-455.

Rasic, J.L., Vujicic, I.F., Skrinjar, M., Vulic, M. 1992. Assimilation of choresterol by some culture of lactic acid bacteria and Bifidobacteria. *Biotechnol. Lett.* 14(1): 39-44.

Ravula, R.R. and Shah, N.P. 1998. Viability of probiotic in fermented frozen dairy desserts.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Food Aust. 50(3): 136-139.

Reddy, G.V., Friend, B.A., Shahani, K.M., Farmer, R.E. 1983. Antitumor activity of yoghurt Components: 240. *Cited* by Gilliland, S.E. Special additional culture: 233-248. *In:* Cogan, T.M. and Accolas, J.P. (ed.). Dairy Starter Culture. U.S.A.: VHC.

Rivero-Urgell, M., Santaniaria-Orleans, A. 2001. Oligosaccharides: application in infant food. *Early Hum. Dev.* 65: S43-S52.

Robinson, R.K. and Tamine, A.Y. 1990. Microbiology of fermented milks: 291-392. *In* Robinson, R.K.(ed.)Diary Microbiology Vol.2. 2d ed. London: Elsevier Science.

Rousseau, V., Lepargneur, J.P., Roques, C., Remaud-Simeon, M., Paul, F. 2005. Prebiotic effects of oligosaccharide on selected vaginal lactobacilli and pathogenic microorganisms. *Anaerobe* 11: 145-153.

Ryhönen, E.L., Mantere-Alhonen, S., Salovaara, H. 1996. Effects of oat bran and rye bran diet on intestinal *Lactobaccillus* and *Bifidobacterium* flora on Wistar rats. *In:* Mälkki, Y., Cummings, J.H. (Eds.), Dietary Fiber and Fermentation in the Colon. Luxembourg: Office for Official Publications of European Communities: 55-57.

Samona, A. and Robinson, R.K., 1994. Effect of yoghurt cultures on the survival of bifidobac - teria in fermented milks. *J.Soc. Dairy Technol.* 47: 58-60.

Scadovi, V. 1924. Genus *Bifidobacterium*: 1418-1434. *In:* Sneath, P.H.A., Mair, N.S., Sharpe, M.E., Holt, J.G. (ed.). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. V. U.S.A.: William & Wilkins.

Severson, D.K. 1998. Lactic acid fermentations. *In:* Nagodawithana, T.W., Reed, G. (Eds.), Nutritional Requrirements of Commercially Important Microorganisms. Milwaukee, U.S.A.: Esteekay Association: 258-297.

Sgorbati, B., Biavati, B., Palenzona, D. 1995. The Genus *Bifidobacterium*:279-306. In: Wood, B.J.B. and Holzapfel, W.H. (ed.). The Lactic Acid Bacteria (The Genera of Lactic Acid Bacteria). U.S.A.: Chapman and Hall.

Shah, N.P., and Lankraputhra, W.E.V. 1997. Improving viability of *L. acidophilus* and *Bifidobacterium spp.* in yoghurt. *Intl. Dairy. J.* 7: 349-356.

Shortt, C. 1999. The prebiotic century : historical and current per spectives. *Trends Food Sci. Technol.* 10: 411-417.

Smith, J. 1991. Biotechnology group meeting probiotic-fact or fiction? J. chem. *Tech. Biotechnol.* 51: 539-570.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sulivan, J.T. 1935. The estimation of starch. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 7: 311-314.

Swanson, K.S., et al. 2002. Fructo-oligosaccharides and *Lactobacillus acidophilus* modify bowal function and protein catabolites excreted by healthy humans. *J Nurt.* 132: 3042-50.

Tamine, A.Y. and Robinson, R.K. 1985. Yoghurt Science and Technology. Oxford: Pergamon Press

Tamine, A.Y. and Robinson, R.K. 1999. Yoghurt Science and Technology. Oxford: Pergamon Press

Tamine, A.Y. 1977. In Some Aspects of the Production of yogurt and Condense Yogurt: 11-14. *In:* Tamine, A.Y. and Robinson, R.K. yoghurt: Science and Technology. Oxford: Pergamon Press

Tomoda, T., Nakano, Y., Kageyama, T. 1988. Intestinal *Candida* overgrowth and *Candida* infection in patients with leukemia : Effect of *Bifidobacterium* administration. *Bifidobacteria microflora.* 7: 71-74.

Trowell, H. 1973. Dietary fibre, ischaemic heart disease and diabetes mellitus. *Proc Nutr Soc* 32 : 151-157.

Vinderola, C.G., Bailo, N., Reinheimer, J.A. 2000. Survival of probiotic microflora in Argenti - nian yoghurts during refrigerated storage. *Food Research International* 33(2): 97-102.

William, H. Association of Official Agriculture Chemists Analytical. 2000. By AOAC International, United states of America. chapter 32: 2, 5, 14, 35-38.

Wood, P.J. 1993. Physicochemical characteristics and physiological properties of oat (1-3), (1-4)-ß-D-glucan. *In:* Wood, P.J. (Eds.), Oat Bran. Minnesota: AACC: 83-112.

Wood, P.J. 1997. Functional foods for health: opportunities for noval cereal processes and products. *In:* Campbell, M.G., McKee, L.S., Webb, C. (Eds.), Cereals: Novel Uses and Processes. New York: Plenum: 233-239.

Yeung, P.S.M., Cano, R., Tong, P.S., Sanders, M.E. 1999. Comparison of art, 16s rDNA Sequencing and fatty acid analysis as method to speciate commercial probiotic bacteria *J. Dairy Sci.* 82: 6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

1.1 deMan Rogosa Sharpe Medium (MRS agar)

Bacto protease peptone No. 3	10 กรัม
Bacto beef extract	10 กรัม
Bacto yeast extract	5 กรัม
Bacto dextrose	20 กรัม
Polysorbrate 80	1 กรัม
Ammonium citrate	2 กรัม
Sodium acetate	5 กรัม
Magnesium sulfate	0.1 กรัม
Manganese sulfate	0.05 กรัม
Dipotasstium phosphate	2 กรัม
เติมวุ้น	15 กรัม
น้ำกลั่น	1 ลิตร

ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ เป็นเวลา 15 นาที

2. ผลการทดลอง

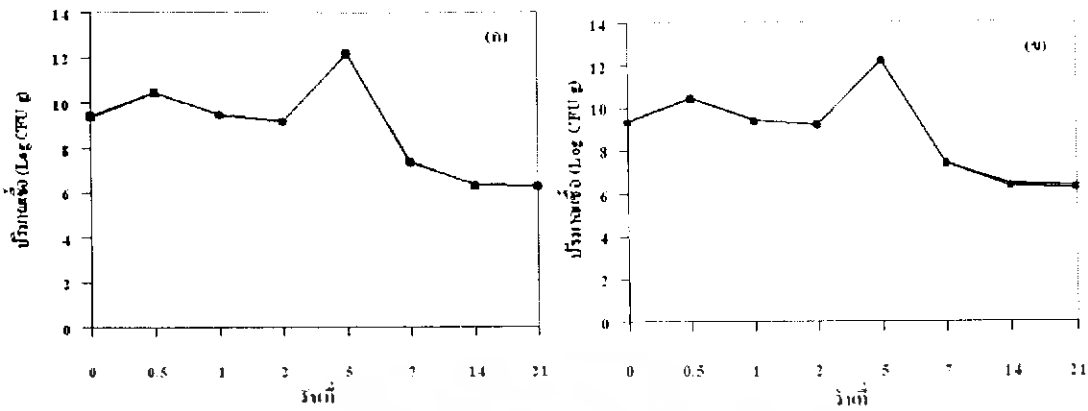
จากการศึกษาผลของลูกเดือยต่อการเจริญ *B. lactis* Bb-12 ในโยเกิร์ตทั้ง 8 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 ชุดควบคุม ชุดที่ 2 ลูกเดือยข้าวร้อยละ 2.5 ชุดที่ 3 ลูกเดือยข้าวร้อยละ 3.0 ชุดที่ 4 ลูกเดือยข้าวร้อยละ 3.5 ชุดที่ 5 ลูกเดือยเหนียวร้อยละ 2.5 ชุดที่ 6 ลูกเดือยเหนียวร้อยละ 3.0 ชุดที่ 7 ลูกเดือยเหนียวร้อยละ 3.5 และชุดที่ 8 Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ *B. lactis* (Bb-12) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกและค่าพีเอชของโยเกิร์ตทั้ง 3 ซ้ำ ที่เก็บรักษาที่เวลา 0, 0.5, 1, 2, 5, 7, 14 และ 21 วัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 22 ตารางที่ 23 และตารางที่ 24

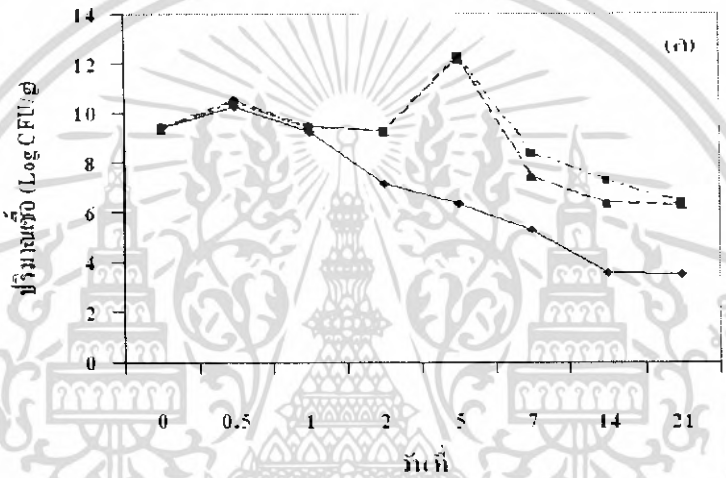
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตระหว่างการหมักและการเก็บรักษา (3 ซ้ำ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	วันที่ 0	วันที่0.5	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 5	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21
ชุดควบคุม	1	3.2×10^{9}	3.0×10^{10}	3.5×10^{9}	1.8×10^{7}	3.0×10^{6}	2.7×10^{5}	4.8×10^{3}	4.3×10^{3}
	2	3.5×10^{9}	1.2×10^{10}	-	1.6×10^{7}	3.0×10^{6}	2.9×10^{5}	5.3×10^{3}	4.6×10^{3}
	3	3.8×10^{9}	2.9×10^{10}	2.5×10^{9}	1.2×10^{7}	3.2×10^{6}	3.0×10^{5}	6.5×10^{3}	5.5×10^{3}
	ค่าเฉลี่ย	3.5×10^{9}	2.4×10^{10}	2×10^{9}	1.5×10^{7}	3.1×10^{6}	2.9×10^{5}	5.5×10^{3}	4.8×10^{3}
ลูกเดือย	1	3.2×10^{9}	4.8×10^{10}	4.4×10^{9}	1.3×10^{9}	TNTC	3.7×10^{7}	4.7×10^{6}	3.4×10^{6}
ข้าว 2.5 %	2	3.4×10^{9}	4.8×10^{10}	4.7×10^{9}	1.4×10^{9}	2.6×10^{12}	2.6×10^{7}	3.0×10^{6}	2.7×10^{6}
	3	3.0×10^{9}	3.8×10^{10}	4.0×10^{9}	1.6×10^{9}	2.5×10^{12}	2.8×10^{7}	3.4×10^{6}	3.2×10^{6}
	ค่าเฉลี่ย	3.2×10^{9}	4.3×10^{10}	4.4×10^{9}	1.4×10^{9}	1.7×10^{12}	3×10^{7}	3.7×10^{6}	3.1×10^{6}
ลูกเดือย	1	3.2×10^{9}	5.0×10^{10}	4.3×10^{9}	1.2×10^{9}	TNTC	4.4×10^{7}	4.4×10^{6}	3.8×10^{6}
ข้าว 3.0 %	2	3.2×10^{9}	4.7×10^{10}	3.8×10^{9}	1.6×10^{9}	1.9×10^{12}	3.4×10^{7}	1.3×10^{6}	1.2×10^{6}
	3	3.8×10^{9}	4.8×10^{10}	4.9×10^{9}	1.6×10^{9}	3.6×10^{12}	4.2×10^{7}	3.5×10^{6}	2.5×10^{6}
	ค่าเฉลี่ย	3.4×10^{9}	4.8×10^{10}	4.3×10^{9}	1.5×10^{9}	1.8×10^{12}	4×10^{7}	3.1×10^{6}	2.5×10^{6}
ลูกเดือย	1	3.8×10^{9}	4.3×10^{10}	5.7×10^{9}	1.8×10^{9}	TNTC	3.9×10^{7}	3.8×10^{6}	3.4×10^{6}
ข้าว 3.5 %	2	4.1×10^{9}	3.8×10^{10}	4.0×10^{9}	1.7×10^{9}	2.4×10^{12}	4.5×10^{7}	2.8×10^{6}	1.9×10^{6}
	3	3.8×10^{9}	4.6×10^{10}	5.4×10^{9}	2.1×10^{9}	2.0×10^{12}	4.2×10^{7}	3.2×10^{6}	2.4×10^{6}
	ค่าเฉลี่ย	3.9×10^{9}	4.2×10^{10}	5×10^{9}	1.9×10^{9}	1.5×10^{12}	4.2×10^{7}	3.3×10^{6}	2.6×10^{6}
ลูกเดือย	1	3.4×10^{9}	4.1×10^{10}	4.7×10^{9}	1.6×10^{9}	1.1×10^{12}	4.4×10^{7}	4.7×10^{6}	3.3×10^{6}
เหนียว	2	3.8×10^{9}	5.9×10^{10}	4.2×10^{9}	1.5×10^{9}	3.0×10^{12}	4.8×10^{7}	3.0×10^{6}	2.7×10^{6}
2.5%	3	3.5×10^{9}	4.2×10^{10}	4.2×10^{9}	2.2×10^{9}	2.4×10^{12}	5.0×10^{7}	4.7×10^{6}	4.3×10^{6}
	ค่าเฉลี่ย	3.6×10^{9}	4.7×10^{10}	4.4×10^{9}	1.8×10^{9}	2.2×10^{12}	4.7×10^{7}	4.1×10^{6}	3.4×10^{6}
ลูกเดือย	1	3.0×10^{9}	4.6×10^{10}	4.6×10^{9}	2.2×10^{9}	TNTC	4.2×10^{7}	3.8×10^{6}	3.1×10^{6}
เหนียว	2	3.0×10^{9}	3.8×10^{10}	3.8×10^{9}	2.6×10^{9}	2.2×10^{12}	4.3×10^{7}	3.2×10^{6}	2.8×10^{6}
3.0%	3	3.6×10^{9}	2.7×10^{10}	2.7×10^{9}	2.0×10^{9}	2.8×10^{12}	3.7×10^{7}	2.4×10^{6}	1.9×10^{6}
	ค่าเฉลี่ย	3.2×10^{9}	4.1×10^{10}	3.7×10^{9}	2.3×10^{9}	1.7×10^{12}	4.1×10^{7}	3.1×10^{6}	2.6×10^{6}
ลูกเดือย	1	3.3×10^{9}	4.8×10^{10}	3.7×10^{9}	2.0×10^{9}	TNTC	3.9×10^{7}	4.6×10^{6}	4.2×10^{6}
เหนียว	2	4.1×10^{9}	4.2×10^{10}	3.8×10^{9}	2.3×10^{9}	3.2×10^{12}	3.2×10^{7}	4.7×10^{6}	3.4×10^{6}
3.5%	3	3.6×10^{9}	4.3×10^{10}	3.3×10^{9}	2.6×10^{9}	3.0×10^{12}	4.2×10^{7}	4.2×10^{6}	3.2×10^{6}
	ค่าเฉลี่ย	3.7×10^{9}	4.3×10^{10}	3.6×10^{9}	2.3×10^{9}	2.1×10^{12}	3.8×10^{7}	4.5×10^{6}	3.6×10^{6}
Hi –	1	3.6×10^{9}	4.2×10^{10}	4.0×10^{9}	2.5×10^{9}	TNTC	3.9×10^{8}	1.1×10^{7}	4.5×10^{6}
maize	2	3.8×10^{9}	4.0×10^{10}	3.8×10^{9}	2.2×10^{9}	3.6×10^{12}	3.4×10^{8}	3.2×10^{7}	3.0×10^{6}
3 %	3	3.4×10^{9}	4.2×10^{10}	3.7×10^{9}	2.2×10^{9}	4.6×10^{12}	3.8×10^{8}	3.0×10^{7}	3.9×10^{6}
	ค่าเฉลี่ย	3.6×10^{9}	4.1×10^{10}	3.8×10^{9}	2.3×10^{9}	2.7×10^{12}	3.5×10^{8}	2.4×10^{7}	3.8×10^{6}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อ *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตระหว่างการหมักและการเก็บรักษา

(ก) การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตที่เติมลูกเดือยจ้าวร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5

ร้อยละ 2.5 ร้อยละ 3.0 ร้อยละ 3.5

(ข) การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตที่เติมลูกเดือยเหนียวร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5

ร้อยละ 2.5 ร้อยละ 3.0 ร้อยละ 3.5

(ค) การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อ *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตที่เติมลูกเดือยจ้าวร้อยละ 3 ลูกเดือยเหนียวร้อยละ 3 Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 และชุดควบคุม

ชุดควบคุม ลูกเดือยจ้าวร้อยละ 3 ลูกเดือยเหนียวร้อยละ 3

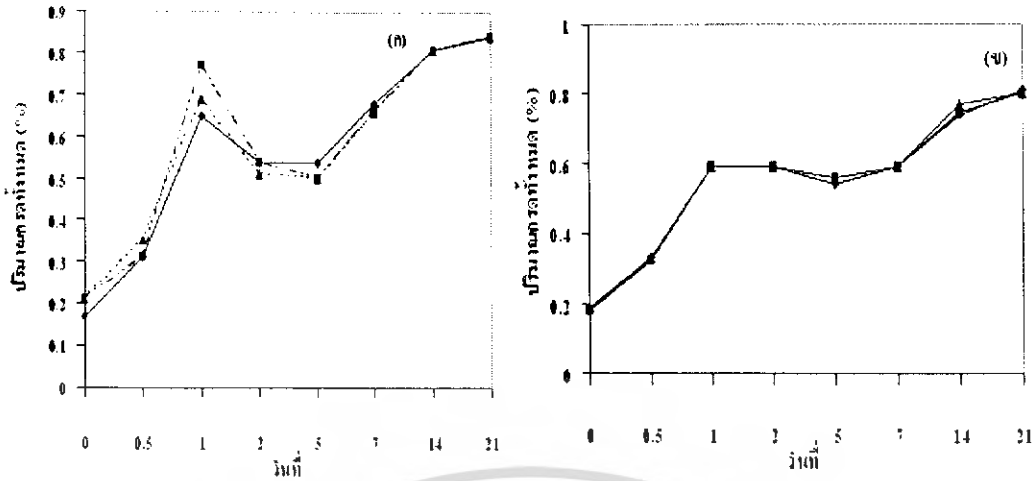
Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3

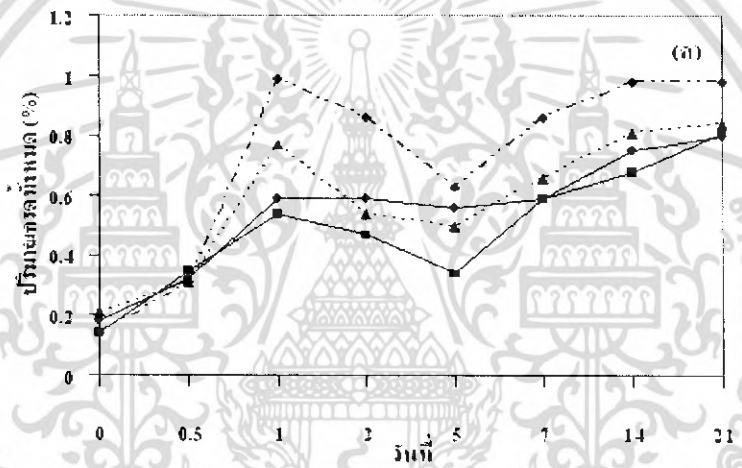
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตในระหว่างการหมักและการเก็บรักษา (3 ซ้ำ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	วันที่ 0	วันที่0.5	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 5	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21
ชุดควบคุม	1	0.14	0.32	0.99	0.86	0.72	0.86	0.95	0.99
	2	0.14	0.29	0.99	0.86	0.59	0.86	0.99	0.95
	3	0.14	0.32	0.99	0.86	0.59	0.86	0.99	0.99
	ค่าเฉลี่ย	0.14	0.31	0.99	0.86	0.63	0.86	0.98	0.98
ลูกเดือยข้าว	1	0.18	0.32	0.59	0.54	0.54	0.77	0.81	0.86
2.5 %	2	0.18	0.32	0.68	0.54	0.54	0.72	0.81	0.81
	3	0.14	0.29	0.68	0.54	0.54	0.54	0.81	0.86
	ค่าเฉลี่ย	0.17	0.31	0.65	0.54	0.54	0.68	0.81	0.84
ลูกเดือยข้าว	1	0.18	0.32	0.77	0.54	0.50	0.72	0.81	0.86
3.0 %	2	0.23	0.32	0.77	0.54	0.50	0.72	0.81	0.81
	3	0.23	0.29	0.77	0.54	0.50	0.54	0.81	0.86
	ค่าเฉลี่ย	0.21	0.31	0.77	0.54	0.50	0.66	0.81	0.84
ลูกเดือยข้าว	1	0.18	0.36	0.77	0.54	0.50	0.72	0.81	0.86
3.5 %	2	0.23	0.36	0.68	0.50	0.50	0.54	0.81	0.81
	3	0.23	0.32	0.68	0.50	0.50	0.72	0.81	0.86
	ค่าเฉลี่ย	0.21	0.35	0.69	0.51	0.50	0.66	0.81	0.84
ลูกเดือย	1	0.12	0.34	0.59	0.59	0.56	0.59	0.72	0.81
เหนียว2.5%	2	0.18	0.32	0.59	0.59	0.56	0.59	0.77	0.81
	3	0.18	0.34	0.59	0.59	0.50	0.59	0.72	0.81
	ค่าเฉลี่ย	0.18	0.33	0.59	0.59	0.54	0.59	0.74	0.81
ลูกเดือย	1	0.18	0.36	0.59	0.59	0.56	0.59	0.77	0.81
เหนียว3.0%	2	0.18	0.29	0.59	0.59	0.56	0.59	0.77	0.80
	3	0.18	0.32	0.59	0.59	0.56	0.59	0.72	0.80
	ค่าเฉลี่ย	0.18	0.32	0.59	0.59	0.56	0.59	0.75	0.80
ลูกเดือย	1	0.18	0.34	0.59	0.59	0.56	0.59	0.77	0.81
เหนียว3.5%	2	0.23	0.34	0.59	0.59	0.56	0.59	0.77	0.80
	3	0.18	0.32	0.59	0.59	0.56	0.59	0.77	0.80
	ค่าเฉลี่ย	0.19	0.33	0.59	0.59	0.56	0.59	0.77	0.80
Hi – maize	1	0.14	0.36	0.59	0.47	0.34	0.59	0.63	0.81
3 %	2	0.14	0.32	0.52	0.47	0.34	0.59	0.63	0.81
	3	0.14	0.36	0.52	0.47	0.34	0.59	0.77	0.80
	ค่าเฉลี่ย	0.14	0.35	0.54	0.47	0.34	0.59	0.68	0.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตระหว่างการหมักและการเก็บรักษา

(ก) การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตที่เติมลูกเดือยจ้าวร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5

ร้อยละ 2.5 ร้อยละ 3.0 ร้อยละ 3.5

(ข) การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตที่เติมลูกเดือยเหนียวร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5

ร้อยละ 2.5 ร้อยละ 3.0 ร้อยละ 3.5

(ค) การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตที่เติมลูกเดือยจ้าวร้อยละ 3 ลูกเดือยเหนียวร้อยละ 3 Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 และชุดควบคุม

ชุดควบคุม ลูกเดือยจ้าวร้อยละ 3 ลูกเดือยเหนียวร้อยละ 3

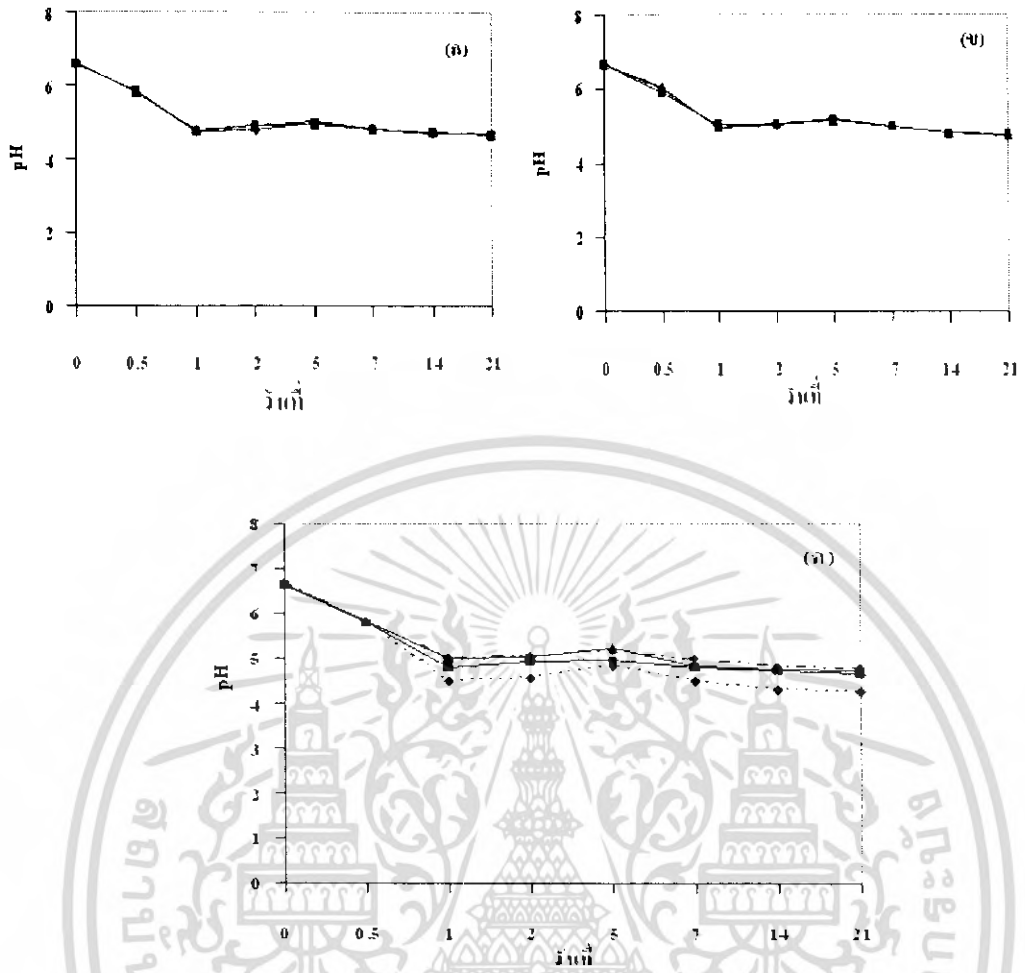
Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 24 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดของโยเกิร์ตในระหว่างการหมักและการเก็บรักษา (3 ซ้ำ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	วันที่ 0	วันที่0.5	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 5	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21
ชุดควบคุม	1	6.63	5.80	4.52	4.57	4.82	4.53	4.29	4.25
	2	6.64	5.83	4.50	4.55	4.84	4.44	4.30	4.29
	3	6.63	5.81	4.50	4.56	4.84	4.54	4.30	4.25
	ค่าเฉลี่ย	6.63	5.81	4.51	4.56	4.83	4.50	4.30	4.26
ลูกเดือยข้าว	1	6.61	5.80	4.74	4.78	4.98	4.78	4.69	4.65
2.5 %	2	6.61	5.80	4.69	4.79	4.98	4.80	4.71	4.70
	3	6.63	5.83	4.72	4.75	4.96	4.82	4.71	4.65
	ค่าเฉลี่ย	6.62	5.81	4.72	4.77	4.97	4.80	4.70	4.67
ลูกเดือยข้าว	1	6.60	5.80	4.78	4.89	4.97	4.79	4.70	4.64
3.0 %	2	6.61	5.70	4.79	4.89	5.01	4.82	4.73	4.70
	3	6.61	5.73	4.78	4.91	5.03	4.80	4.70	4.65
	ค่าเฉลี่ย	6.61	5.83	4.78	4.90	4.94	4.80	4.71	4.66
ลูกเดือยข้าว	1	6.60	5.85	4.79	4.89	5.01	4.82	4.73	4.65
3.5 %	2	6.57	5.85	4.67	4.87	5.02	4.80	4.71	4.70
	3	6.61	5.80	4.72	4.87	5.01	4.79	4.70	4.64
	ค่าเฉลี่ย	6.59	5.83	4.73	4.88	5.01	4.80	4.71	4.66
ลูกเดือย	1	6.67	6.03	4.95	5.04	5.17	4.98	4.80	4.72
เหนียว2.5%	2	6.70	6.08	4.98	5.05	5.18	4.97	4.81	4.73
	3	6.67	6.05	4.98	5.04	5.20	5.01	4.78	4.73
	ค่าเฉลี่ย	6.68	6.05	4.97	5.04	5.18	4.99	4.80	4.73
ลูกเดือย	1	6.68	5.85	5.01	5.06	5.16	4.97	4.78	4.70
เหนียว3.0%	2	6.68	5.85	5.04	5.06	5.15	4.98	4.79	4.76
	3	6.67	5.80	5.01	5.04	5.16	4.98	4.80	4.76
	ค่าเฉลี่ย	6.68	5.83	5.02	5.05	5.16	4.98	4.79	4.74
ลูกเดือย	1	6.68	6.00	4.95	5.08	5.15	4.98	4.80	4.72
เหนียว3.5%	2	6.66	6.00	4.96	5.07	5.16	4.98	4.79	4.76
	3	6.68	5.90	4.95	5.10	5.16	4.97	4.80	4.76
	ค่าเฉลี่ย	6.67	5.97	4.95	5.08	5.16	4.98	4.80	4.75
Hi – maize	1	6.64	5.80	4.98	5.05	5.26	4.83	4.75	4.70
3 %	2	6.63	5.80	5.00	5.04	5.21	4.84	4.77	4.74
	3	6.64	5.85	5.01	5.06	5.24	4.83	4.80	4.76
	ค่าเฉลี่ย	6.64	5.82	5.00	5.05	5.24	4.83	4.77	4.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>ภาพที่ 4</u> การเปลี่ยนแปลงค่าเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตระหว่างการหมักและการเก็บรักษา

(ก) การเปลี่ยนแปลงค่าเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตที่เติมลูกเดือยจ้าวร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5

—◆— ร้อยละ 2.5 —▲— ร้อยละ 3.0 —■— ร้อยละ 3.5

(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตที่เติมลูกเดือยเหนียวร้อยละ 2.5, 3.0 และ 3.5

—◆— ร้อยละ 2.5 —■— ร้อยละ 3.0 —▲— ร้อยละ 3.5

(ค) การเปลี่ยนแปลงค่าเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตที่เติมลูกเดือยจ้าวร้อยละ 3 ลูกเดือยเหนียวร้อยละ 3 Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3 และชุดควบคุม

···◆··· ชุดควบคุม —■— ลูกเดือยจ้าวร้อยละ 3 –·◆·– ลูกเดือยเหนียวร้อยละ 3

—▲— Hi-maize resistant starch ร้อยละ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือย

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดหรือปริมาณความชื้น

1. ชั่งตัวอย่างลูกเดือยที่บดละเอียด 2 กรัม ใส่ลงในภาชนะสำหรับวิเคราะห์หาความชื้น (มอยซ์เจอแคน) ที่อบและชั่งน้ำหนักแล้ว

2. อบโดยเปิดฝาที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3. เมื่ออบเสร็จแล้ว นำมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (เดซิเคเตอร์)

4. เมื่อตัวอย่างเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง นำมาชั่งน้ำหนักหลังอบ

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละของความชื้นทั้งหมด (moisture)} = \frac{(A-B) \times 100}{W}$$

A = น้ำหนักมอยซ์เจอแคน+น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักมอยซ์เจอแคน+น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ผลการทดลอง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักมอยซ์เจอร์แคนอบแล้ว (กรัม)	น้ำหนักมอยซ์เจอร์แคน+ตัวอย่างก่อนอบ (กรัม) (A)	น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น(กรัม) (W)	น้ำหนักมอยซ์เจอร์แคน+ตัวอย่างหลังอบ(กรัม) (B)	ร้อยละ
ลูกเดือยจ้าว	1	17.1227	19.1119	1.9992	18.8535	12.6750
	2	17.7567	19.7665	2.0088	19.5061	12.9132
	3	16.4415	18.4401	1.9986	18.1820	12.9140
	ค่าเฉลี่ย	17.4403	19.1062	2.0022	18.8472	12.8300
ลูกเดือยเหนียว	1	17.2250	19.2305	2.0055	18.9781	12.5853
	2	17.2261	19.2245	1.9989	18.9733	12.5669
	3	17.3471	19.3522	2.0051	19.0952	12.8173
	ค่าเฉลี่ย	17.2260	19.2691	2.0032	19.0155	12.6600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

1. ชั่งตัวอย่าง 3-5 กรัม ใส่ลงในภาชนะเซรามิกสำหรับวิเคราะห์หาเถ้า (ครูซิเบิล) ที่อบและชั่งน้ำหนักแล้ว

2. นำมาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้สีเทาอ่อนหรือได้น้ำหนักคงที่

การคำนวณ

ร้อยละของเถ้าทั้งหมด = $\frac{(A-B) \times 100}{W}$

A = น้ำหนักครูซิเบิล+น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

B = น้ำหนักครูซิเบิล+น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ผลการทดลอง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักครูซิเบิลเผาแล้ว (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม) (W)	น้ำหนักครูซิเบิล+ ตัวอย่างก่อนเผา(กรัม) (A)	น้ำหนักครูซิเบิล+ ตัวอย่างหลังเผา (กรัม) (B)	ร้อยละ
ลูกเดือยข้าว	1	22.4997	4.0046	26.5043	22.5991	2.48
	2	24.2049	4.0002	28.2051	24.2962	2.28
	3	27.0339	4.0016	31.0355	27.1416	2.70
	ค่าเฉลี่ย	24.5795	4.0021	28.5810	24.6789	2.49
ลูกเดือยเหนียว	1	24.1545	4.0007	28.1552	24.2504	2.40
	2	27.1006	4.0017	31.1023	27.1885	2.20
	3	29.2130	4.0009	33.2139	29.3194	2.66
	ค่าเฉลี่ย	26.8827	4.0011	30.8238	26.9194	2.42

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร

1. ชั่งตัวอย่าง 2.7-3 กรัม ถ่ายลงในเครื่องสกัด แล้วสกัดด้วย light petrolium

2. ต้มสารละลายที่ได้ 30 นาที โดยต้องคอยหมุนฟลาก์สทุกๆ 2-3 นาที

3. เมื่อครบ 30 นาทีแล้ว ปล่อยสารละลายนั้นทิ้งไว้ 1 นาที

4. กรองผ่านบุชเชอร์ ฟันเนล โดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 54 หรือ 531 ปรับซัคชันให้รองเสร็จภายใน 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำเดือด จนกระทั่งน้ำที่ล้างนั้นปราศจากกรด

6. ล้างฟลาก์สด้วย wash buffer ที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.013 นอร์มอล 200 มิลลิลิตร

7. นำฟลาก์สไปต้มให้เดือด เป็นเวลา 30 นาที โดยคอยหมุนฟลาก์สทุกๆ 2-3 นาที แล้วทำการทดลองในข้อ 3 ซ้ำอีกครั้ง

8. ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำเดือด และตามด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 เปอร์เซ็นต์แล้วล้างด้วยน้ำเดือดอีกครั้งจนปราศจากกรด แล้วล้างต่อด้วยแอลกอฮอล์ 2 ครั้ง และอีเทอร์อีก 3 ครั้ง

9. ถ่ายส่วนที่ไม่ละลายไปยังครูซิเบิลที่เผาแล้ว นำไปอบที่ 10 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่

10. นำครูซิเบิลไปเผาที่ 550 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละของเส้นใยทั้งหมด} = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W_0}$$

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างที่อบแล้ว (กรัม)

W_0 = น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

ผลการทดลอง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักครูซิเบิลเผาแล้ว (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม) (W_1)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม) (W_2)	น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม) (W_0)	ร้อยละ
ลูกเดือยข้าว	1	30.0423	2.9664	2.9924	2.7468	8.28
	2	30.2185	2.9412	2.9539	2.7128	7.99
	3	30.0325	2.9532	2.9974	2.7528	8.28
	ค่าเฉลี่ย	30.0978	2.9536	2.9812	2.7375	8.18
ลูกเดือยเหนียว	1	30.2517	2.9920	3.0177	2.7832	7.84
	2	30.0047	2.9629	2.9731	2.7406	7.85
	3	30.2453	2.9785	2.9949	2.7603	7.74
	ค่าเฉลี่ย	30.1672	2.9778	2.9952	2.7614	7.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

1. ชั่งตัวอย่าง 1-2 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติมแคทาลิสมิกเซอร์ 1 เม็ด และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

3. นำไปย่อยในเครื่องย่อยจนได้สารละลายสีเขียวใสแล้วทิ้งให้เย็น

4. เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาตร 45 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองหลอดเดิม

5. นำไปเข้าเครื่องกลั่น ในเครื่องกลั่นมีฟลาส์กขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งในฟลาส์กมีกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

6. ทำการกลั่นจนได้ปริมาตร 300 มิลลิลิตร นำฟลาส์กออกมาไทเทรตด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอลโดยใช้ screen methyl red ความเข้มข้นร้อยละ0.016 และ bromocresol greenความเข้มข้นร้อยละ 0.083 เป็นอินดิเคเตอร์

7. ไทเทรตจนได้สารละลายสีชมพูอ่อน

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละของไนโตรเจน} = \frac{V \times N \times 1.4}{G}$$

ร้อยละของโปรตีน = ร้อยละของไนโตรเจน × 6.25

V = ปริมาตรที่ใช้ไทเทรตหักลบจากแบลงค์ (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ไทเทรตเป็นนอร์มอล

G = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ผลการทดลอง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)	ปริมาตรกรดที่ใช้ไทเทรต(มิลลิลิตร)	ร้อยละ
ลูกเดือยข้าว	1	1.0898	14.95	10.69
	2	1.0818	14.75	10.63
	3	1.0990	14.85	10.50
	ค่าเฉลี่ย	1.0902	14.85	10.60
ลูกเดือยเหนียว		1.0481	14.65	11.69
		1.0202	14.95	10.50
		1.0402	14.25	10.63
	ค่าเฉลี่ย	1.0361	14.62	10.94
Blank	ค่าเฉลี่ย	-	1.65	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

1. ชั่งตัวอย่างบด 2 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน

2. เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 7 มิลลิลิตร นำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที คอยคนส่วนผสมเป็นครั้งคราว ในขั้นตอนนี้ถ้าตัวอย่างไม่ละลายสามารถปรับปริมาตรกรดต่อน้ำให้เท่ากับ 7:3 ได้ตลอดจนกว่าจะละลาย

3. ทิ้งให้ส่วนผสมเย็นลงแล้วเทลงใน separator funnel

4. เติมแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ไดเอทิลอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร โดยใช้ล้างส่วนที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์ด้วย

5. ปิดจุก separator funnel แล้วเขย่า

6. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร แล้วเขย่า

7. ปิดจุก separator funnel ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น เทของเหลวส่วนล่างใส่ลงใน separator funnel อีกอันหนึ่งแล้วทำการสกัดซ้ำอีกอย่างน้อย 2 ครั้ง โดยล้างส่วนที่สกัดได้ทุกครั้งด้วยน้ำจำนวนเล็กน้อยแล้วกรองใส่ในฟลาก์สที่อบและชั่งน้ำหนักแล้ว

8. ล้างส่วนที่สกัดได้อีกครั้งด้วยไดเอทิลอีเทอร์ แล้วระเหยตัวทำละลายออก

9. อบไขมันที่ได้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45-60 นาที

10. ชั่งน้ำหนักไขมันที่สกัดได้

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละของไขมันทั้งหมด} = \frac{(A-B) \times 100}{W}$$

A = น้ำหนักฟลาก์ส+น้ำหนักตัวอย่างหลังจากอบแห้ง (กรัม)

B = น้ำหนักฟาก์สที่อบแล้ว (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	น้ำหนักไขมันที่ชั่งได้ทั้งหมด (กรัม)	ร้อยละ
ลูกเดือยข้าว	1	2.0052	0.1442	7.10
	2	2.0014	0.1245	7.13
	3	2.0135	0.1302	7.41
	ค่าเฉลี่ย	2.0067	0.1330	6.29
ลูกเดือยเหนียว	1	2.0129	0.1498	8.52
	2	2.0142	0.1289	7.33
	3	2.0532	0.1362	7.59
	ค่าเฉลี่ย	2.0268	0.1383	6.82

1.6 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Jeon, 1995)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด = ปริมาณน้ำหนักหนักทั้งหมดของอาหาร – [โปรตีน (g) + ไขมัน (g) + ความชื้น (g) + เถ้า (g)]

หรือ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด = 100 – (เปอร์เซ็นต์โปรตีน + เปอร์เซ็นต์ไขมัน + เปอร์เซ็นต์ความชื้น + เปอร์เซ็นต์เถ้า)

1.7 การวิเคราะห์ปริมาณแป้งทั้งหมด (Total starch)

- การเตรียมกราฟมาตรฐานความเข้มข้นแป้ง-ค่าการดูดกลืนแสง

1. ชั่งแป้งจำนวน 5 มิลลิกรัม มาละลายน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2. นำสารละลายนี้ไปต้มเดือดเป็นเวลา 1 นาที ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร กรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

3. ปิเปตสารละลายมาจำนวน 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาดกลาง ปรับปริมาตรแต่ละหลอดให้ได้ 1 มิลลิลิตร โดยเติมน้ำกลั่นจำนวน 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1 และ 0 มิลลิลิตร ตามลำดับ

4. เติมกรดแอซิติกเข้มข้น 2 นอร์มอล จำนวน 1.25 มิลลิลิตร โพแทสเซียมไอโอไดด์เข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ จำนวน 0.25 มิลลิลิตร และโพแทสเซียมไตรไอโอเดตเข้มข้น 1/600 โมลาร์ จำนวน 2.5 มิลลิลิตรลงในแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร อย่างรวดเร็ว โดยเทียบกับสารละลายแบลงค์ ซึ่งเตรียมโดยใช้น้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร แทนสารละลายตัวอย่าง ทำการทดลองอย่างน้อย 4 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ยโดยค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากตัวอย่างเดียวกัน ไม่ควรมีค่าต่างกันเกิน 0.002

6. นำค่าที่ได้มาเขียนความสัมพันธ์กราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (570 นาโนเมตร) และความเข้มข้นของแป้ง (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ในรูปสมการเส้นตรง โดยให้แกนตั้งเป็นค่าการดูดกลืนแสง ส่วนแกนนอนเป็นค่าความเข้มข้นของน้ำแป้ง

- <u>การวิเคราะห์ตัวอย่าง</u>

1. เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการเตรียมการฟมาตรฐาน

2. ปิเปตตัวอย่างมาปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับการเตรียมกราฟมาตรฐาน อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ได้โดยหักลบจากค่าแบลงค์

<u>การคำนวณ</u>

1. คำนวณความเข้มข้นของแป้ง (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) โดยเทียบกับสมการกราฟมาตรฐาน

2. คำนวณปริมาณแป้ง

$$\text{ปริมาณแป้ง(ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของแป้ง} \times 100 \times 100}{V \times 1000 \times (50\text{-}50M/100)}$$

V = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ทดลองเป็นมิลลิลิตร (ใช้ 0.2 มิลลิลิตร)

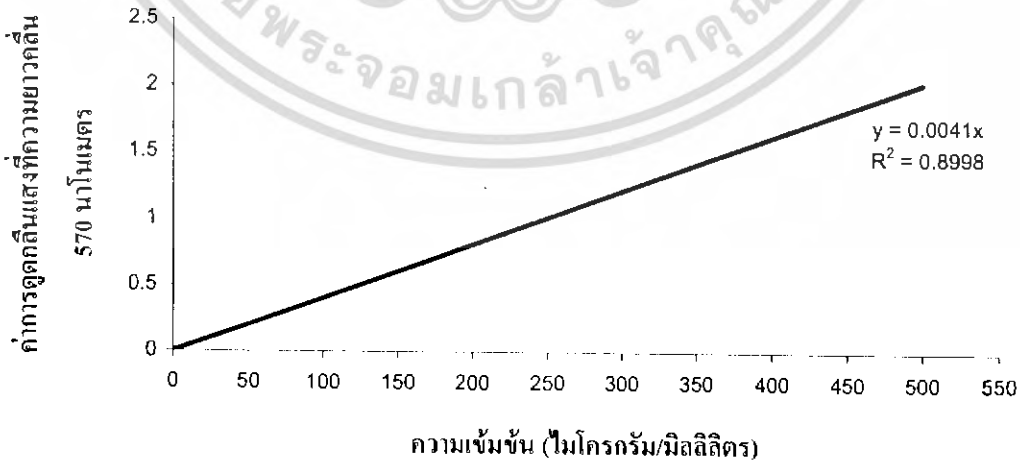
M = ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์เป็นร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ความเข้มข้นของ Standard (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร				ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	0	0	0	0	0
50	0.487	0.485	0.483	0.484	0.484
100	0.654	0.652	0.652	0.653	0.652
150	0.804	0.806	0.806	0.806	0.806
200	0.983	0.985	0.984	0.985	0.984
250	1.171	1.170	1.172	1.172	1.171
300	1.305	1.307	1.306	1.307	1.307
350	1.444	1.446	1.447	1.446	1.475
400	1.583	1.851	1.581	1.583	1.582
450	1.688	1.668	1.686	1.687	1.687
500	1.805	1.803	1.804	1.803	1.804
ลูกเดือยข้าว	0.282	0.284	0.284	0.283	0.283
ลูกเดือยเหนียว	0.286	0.288	0.287	0.286	0.286

กราฟมาตรฐานความเข้มข้นของแป้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ต ตามวิธี AOAC (1980)

2.1 การวัดค่าพีเอชของโยเกิร์ต

ใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter) โดยใช้ส่วนของ Glass electrode จุ่มลงในเนื้อโยเกิร์ตแล้วอ่านค่าพีเอชที่ได้ออกมา

2.2 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในโยเกิร์ต

- ใช้กระดายฟอยล์ซึ่งสอดไส้ด้วยกระดายกรอง นำมาชั่งจนได้น้ำหนักคงที่
- เกลี่ยโยเกิร์ตโดยประมาณ 1-2 กรัม ลงบนกระดาษกรองแล้วชั่งหาน้ำหนักคงที่ของโยเกิร์ต
- อบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1.5-2 ชั่วโมง
- ชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของของแข็งต่อไป

$$\% \text{ ของแข็งทั้งหมด} = \frac{\text{น้ำหนักของโยเกิร์ตที่ชั่งได้ครั้งสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักของโยเกิร์ตที่ใช้}} \times 100$$

2.3 การวิเคราะห์หาความเป็นกรดในโยเกิร์ต

สารเคมี

- น้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ เตรียมโดยนำน้ำกลั่นมาต้ม 20 นาที
- สารละลายมาตรฐาน 0.1N เตรียมจาก NaOH 4 กรัมเติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างโยเกิร์ด 2 กรัม นำมาเจือจางด้วยน้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ 30 มล. เติมสารละลายฟีนอฟทาลีน 3 หยด แล้วไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.1N NaOH จนกระทั่งได้จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู ปริมาณกรดคำนวณเป็นกรดแลคติกดังนี้

$$\text{กรดทั้งหมด (กรัมต่อ 100 กรัม)} = \frac{N \times V \times 90.08 \times 100}{1000 \times 2}$$

กำหนดให้ N = ความเข้มข้นมาตรฐาน 0.1N NaOH

V = มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐาน 0.1N NaOH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้