สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

21750

T097018

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธัญพืชจากลูกเดือย

(Cereal based yoghurt-like product from Job's tears)

จัดทำโดย

นางสาวจิราภรณ์ ยอดเถื่อน รหัสนักศึกษา 46041050

นางสาวปองฉัตร สัตย์ซื่อ รหัสนักศึกษา 46041065

2 ก.ค.
ว535ค
2549
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 97018
วัน,เดือน,ปี 5 JUN 2006
.b 11729573
.i.....

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 28 / 3 / 50 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร. ศศิวิมล ชิ่นอิ่ม อาเหม็ด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธัญพืชจากลูกเดือย

(Cereal based yoghurt-like product from Job's tears)

จัดทำโดย

นางสาวจิราภรณ์	ยอดเถื่อน	รหัสนักศึกษา 46041050
นางสาวปองฉัตร	สัตย์ซื่อ	รหัสนักศึกษา 46041065

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

ดร. ศศิวิมล ชิ่นอิ่ม อาเหม็ด

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จิราภรณ์ ยอดเถื่อน และ ปองฉัตร สัตย์ซื่อ. 2549 : ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธัญพืชจากลูกเดือย (Cereal based yoghurt-like product from Job's tears) สาขาเทคโนโลยีการหมัก โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ศศิวิมล ชื่นอิ่ม อาเหม็ด

ในการทดลองนี้ได้ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตธัญพืชจากลูกเดือย โดยศึกษาการเตรียมน้ำนมลูกเดือยโดยเปรียบเทียบการย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล (Saccharification) ด้วยเชื้อ *Aspergillus oryzae* และเอนไซม์ทางการค้า (เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส) พบว่าการใช้เอนไซม์ในการเตรียมน้ำนมลูกเดือย ให้ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 13.12 ซึ่งมีค่าสูงกว่าและให้กลิ่นที่ดีกว่าการใช้เชื้อ *Aspergillus oryzae* จากการศึกษาแหล่งโปรตีนเสริมที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย โดยจุลินทรีย์โยเกิร์ต *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* YC-380 และ YF-L811 และจุลินทรีย์โพรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* La5 พบว่าการใช้นมถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนให้โยเกิร์ตที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสเนียน และคงตัวมากกว่าการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Isolated soy protein; ISP) อย่างไรก็ตามพบว่าโยเกิร์ตที่หมักด้วย YF-L811 ให้โยเกิร์ตที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสดีที่สุด เมื่อแปรผันอัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่างน้ำนมลูกเดือยต่อนมถั่วเหลืองที่ระดับ 50:50 60:40 70:30 และ 70:30 ผสม ISP 1% พบว่าที่อัตราส่วน 50:50 ให้โยเกิร์ตที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสและความคงตัวที่ดีที่สุด และพบว่าโยเกิร์ตที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อผสมระหว่าง YF-L811 และ La5 ให้รสชาติเปรี้ยวแหลมมากกว่าโยเกิร์ตที่หมักด้วยเชื้อ YF-L811 เพียงอย่างเดียว เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยกับโยเกิร์ตรสธรรมชาติ (plain yoghurt) ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด พบว่าโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยให้ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 1.13 ซึ่งมีค่าสูงกว่าโยเกิร์ตทั่วไป

จิราภรณ์ ยอดเถื่อน 28/3/50

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

ปองฉัตร สัตย์ซื่อ .....

ลายมือชื่อนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษ หัวเรื่อง ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตธัญพืชจากลูกเดือย ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ดร.ศศิวิมล ชื่นอิ่ม อาเหม็ด ซึ่งได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ และกรุณาสละเวลาให้คำแนะนำและชี้แนวทางแก้ไขปัญหาในการทำปัญหาพิเศษตลอดมา รวมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องของรายงานฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบรูณ์ ผู้จัดทำขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของอาจารย์ด้วยความจริงใจและเคารพอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. บุญเทียม พันธุ์เพ็ง และอาจารย์สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา ซึ่งให้ความกรุณาเป็นอาจารย์กรรมการในการจัดทำปัญหาพิเศษ และคอยให้คำแนะนำในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอบคุณเพื่อนๆ สาขาเทคโนโลยีการหมักทุกคน ที่คอยให้กำลังใจรวมทั้งพี่ๆ และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือและความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ลุล่วงด้วยดี

นางสาวจิราภรณ์ ยอดเถื่อน
นางสาวปองฉัตร สัตย์ซื่อ
12 มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประการ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	
2.1 โยเกิร์ต	2
2.2 ลูกเดือย	2
2.3 การย่อยสลายแป้งโดยใช้เอนไซม์	6
2.4 แบคทีเรียแลคติก(Lactic acid bacteria :LAB)	10
2.5 เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก(Probiotic cultures)ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมัก	11
2.6 เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์อะไมเลส	14
2.7 แหล่งโปรตีน	15
2.8 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและโยเกิร์ตจากธัญพืช	16
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	
3.1 วัตถุดิบ	19
3.2 เอนไซม์	19
3.3 เชื้อจุลินทรีย์	19
3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือ	19
3.5 สารเคมี	20
3.6 อาหารเลี้ยงเชื้อ	21
3.7 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.7.1 ศึกษาการเตรียมน้ำนมลูกเดือยโดยเปรียบเทียบการใช้จุลินทรีย์และเอนไซม์ทางการค้า	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.7.2 ศึกษาแหล่งโปรตีนและแบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย 22
3.7.3 ศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย 23
3.7.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย 24
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง
4.1 ศึกษาการเตรียมน้ำนมลูกเดือยโดยใช้จุลินทรีย์และเอนไซม์ทางการค้า 25
4.2 ศึกษาแหล่งโปรตีนถั่วเหลืองและสายพันธุ์แบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย 26
4.3 ศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำนมลูกเดือยและนมถั่วเหลืองในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย 31
4.4 องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย 37
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 38
เอกสารอ้างอิง 40
ภาคผนวก ก 43
ภาคผนวก ข 50
ภาคผนวก ค 53
ภาคผนวก ง 67
ภาคผนวก จ 70
ประวัติผู้เขียน 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือยดิบ	3
2.2	ส่วนประกอบทางเคมีของแป้งเดือย 100 กรัม	4
2.3	ประเภทของแบคทีเรียแลคติก	11
2.4	การจัดแบ่งกลุ่มแบคทีเรียในจีนัส *Lactobacillus* เป็น Subgenus และแบบ Molecular Subgroup	13
2.5	ปริมาณองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าว	16
4.1	ผลการวิเคราะห์น้ำนมลูกเดือยที่เตรียมจากจุลินทรีย์และเอนไซม์ทางการค้า	25
4.2	ความหนืดของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วนต่างๆ	32
4.3	ระดับคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสและความคงตัวของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วนต่างๆ	32
4.4	เปอร์เซ็นกรดแลคติกของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกัน	34
4.5	องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย 100 มิลลิลิตร	37
ค1	ปริมาณกลูโคสมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง ครั้งที่ 1	54
ค2	ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของวิธีการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยที่ต่างกัน	55
ค3	อัตราการหมักของวิธีการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลด้วยวิธีต่างกัน	55
ค4	เปอร์เซ็นต์ของแข็งของวิธีการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยที่ต่างกัน	56
ค5	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของเชื้อ YC-380 ของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	57
ค6	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของเชื้อ YF-L811ของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	57
ค7	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของเชื้อ La5 ของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	58
ค8	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของเชื้อ YC-380 ของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลือง	58
ค9	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของเชื้อ YF-L811 ของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลือง	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค10	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของเชื้อ La5 ของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลือง	59
ค11	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกันที่ชั่วโมงที่ 0	60
ค12	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกัน ที่ชั่วโมงที่ 6	61
ค13	ความหนืดของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยแต่ละอัตราส่วนที่หมักด้วยเชื้อ YF-L811 เพียงอย่างเดียวและเชื้อผสมระหว่าง YF-L811 และ La5 (ในอัตราส่วน 1:1)	61
ค14	จำนวนเซลล์ของแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย	62
ค15	เปอร์เซ็นต์โปรตีนของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย	62
ค16	เปอร์เซ็นต์ไขมันของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย	63
ค17	เปอร์เซ็นต์เยื่อใยของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย	64
ค18	ปริมาณกลูโคสมาตรฐานและค่าดูดกลืนแสงที่ 490 nm	64
ค19	เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย	65
ค20	ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย	66
ง1	การวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณน้ำตาลกลูโคสของวิธีการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยที่ต่างกัน (จากข้อมูลตารางผนวกที่ ค2 ภาคผนวก ค.)	68
ง2	การวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการย่อยแป้งของวิธีการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยที่ต่างกัน (จากข้อมูลตารางผนวกที่ ค3 ภาคผนวก ค.)	68
ง3	การวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ของแข็งของวิธีการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยที่ต่างกัน (จากข้อมูลตารางผนวกที่ ค4 ภาคผนวก ค.)	68
ง4	การวิเคราะห์ทางสถิติของความหนืดของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยแต่ละอัตราส่วนที่หมักด้วยเชื้อ YF-L811 เพียงอย่างเดียว (จากข้อมูลตารางผนวกที่ ค13 ภาคผนวก ค.)	69
ง5	การวิเคราะห์ทางสถิติของความหนืดของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยแต่ละอัตราส่วนที่หมักเชื้อผสมระหว่าง YF-L811 และ La5 (ในอัตราส่วน 1:1) (จากข้อมูลตารางผนวกที่ ค13 ภาคผนวก ค.)	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะลูกเดือย (Job's Tears)	3
2.2	ลักษณะแป้งลูกเดือย (Job's Tears Flour)	4
2.3	การทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (endo-enzyme)	7
2.4	การทำงานของเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (exo-enzyme)	8
2.5	การทำงานของเอนไซม์เบต้าอะไมเลส	9
2.6	การทำงานของเอนไซม์ไอโซอะไมเลส	9
2.7	ลักษณะของเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* La5	12
2.8	โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Soy protein isolate)	16
4.1	การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง(pH) ในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 5% เปรียบเทียบระหว่างเชื้อ โยเกิร์ต YC-380 , YF-L811 และ La5	26
4.2	การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง(pH) ในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลืองในอัตราส่วน1:1 เปรียบเทียบระหว่างเชื้อโยเกิร์ต YC-380, YF-L811และ La5	27
4.3	เปอร์เซ็นกรดแลคติกในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 5% เปรียบเทียบระหว่างเชื้อโยเกิร์ต YC-380 , YF-L811 และ La5	28
4.4	เปอร์เซ็นกรดแลคติกในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:1 เปรียบเทียบระหว่างเชื้อ โยเกิร์ต YC-380 , YF-L811 และ La5	28
4.5	ปริมาณแบคทีเรียแลคติก (log CFU/ml)ในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด	29
4.6	ปริมาณแบคทีเรียแลคติก (log CFU/ml)ในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:1	30
4.7	โยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย (ก) - (ค) เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด; (ง)- (ฉ) เสริมนมถั่วเหลือง; (ก) และ (ง) หมักโดยเชื้อ La5; (ข) และ (จ) หมักโดยเชื้อ YC380; (ค) และ (ฉ) หมักโดยเชื้อ YF-L811	31
4.8	ค่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกันและหมักโดยเชื้อ YF-L811	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.9	ค่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกันและหมักโดยเชื้อ YF-L811 ร่วมกับ La5	33
4.10	ปริมาณแบคทีเรียแลคติก (log CFU/ml)ในโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกันและหมักโดยเชื้อ YF-L811	35
4.11	ปริมาณแบคทีเรียแลคติก YF-L811 (log CFU/ml)ในโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกันและหมักโดย YF-L811 ร่วมกับ La5	35
4.12	ปริมาณแบคทีเรียแลคติก La5 (log CFU/ml)ในโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกันและหมักโดย YF-L811 ร่วมกับ La5	36
4.13	โยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย (ก) ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยต่อนมถั่วเหลืองเท่ากับ 50:50 หมักโดย YF-L811 (ข) ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยต่อนมถั่วเหลือง เท่ากับ 50 : 50 หมักโดย YF-L811ร่วมกับ La5 ในอัตราส่วน 1: 1	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

จากกระแสความนิยมชีวจิตที่มาแรง ส่งผลให้ปัจจุบันคนไทยหันมาใส่ใจในการดูแลรักษาสุขภาพกันมากขึ้น โดยเฉพาะในภาวะที่เร่งรีบของคนในสังคมเมืองที่ต้องแข่งขันกับเวลา ดังนั้นอาหารเสริมหรือเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพพร้อมดื่มจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้คนส่วนใหญ่ ลูกเดือยเป็นธัญพืชที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร ซึ่งประกอบไปด้วย พลังงาน น้ำ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ไฟเบอร์ เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก และวิตามินต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้ลูกเดือยจัดเป็นสมุนไพรยาเย็นสำหรับแก้ร้อนใน และช่วยระบายความร้อน ยังมีสรรพคุณที่ช่วยแก้อาการปวดข้อ ปวดเข่า ไขข้ออักเสบ ยับยั้งการเกิดมะเร็งในกระเพาะอาหาร มะเร็งมดลูก ตกขาว บำรุงเส้นผม ผิวหนัง และทำให้ผิวพรรณสวยงาม (http://www.viewphayao.com) จึงมีการนำลูกเดือยมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่มธัญพืชเพื่อสุขภาพหลากหลายชนิด โดยเฉพาะน้ำลูกเดือย แป้งลูกเดือย ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนน้ำนมวัวในการผลิตโยเกิร์ต ช่วยลดต้นทุนการผลิต อีกทั้งเพิ่มมูลค่าและทางเลือกใหม่แก่ผู้บริโภค

ในการวิจัยนี้ ได้ศึกษาวิธีการเตรียมน้ำนมลูกเดือยที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโยเกิร์ต โดยเปรียบเทียบการย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลโดยใช้จุลินทรีย์และเอนไซม์ทางการค้า ศึกษาแหล่งโปรตีนเสริม และสายพันธุ์แบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ให้คุณค่าทางโภชนาการและโภชนบำบัด อีกทั้งเหมาะสำหรับผู้ที่รับประทานมังสวิรัติแบบเคร่งครัดได้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมน้ำนมลูกเดือยโดยเปรียบเทียบวิธีการย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลด้วยจุลินทรีย์และเอนไซม์ทางการค้า

1.2.2 เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์แบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

1.2.3 เพื่อศึกษาแหล่งโปรตีนเสริมและอัตราส่วนระหว่างโปรตีนเสริมต่อน้ำนมลูกเดือยที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 โยเกิร์ต (Yogurt) (http://www.dss.go.th)

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้จากการนำนมไปหมักกับเชื้อจุลินทรีย์ จนกระทั่งน้ำตาลแลกโทสซึ่งเป็นน้ำตาลธรรมชาติในนม เปลี่ยนเป็นกรดแลกติก และนมเปลี่ยนสภาพจากเดิม เป็นลักษณะข้นเหนียว เป็นลิ่มคล้ายคัสตาร์ทหรือเต้าฮวย มีเนื้อสัมผัสแบบเจล และมีรสเปรี้ยวเฉพาะตัว สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการทำโยเกิร์ตที่คนทั่วไปรู้จักกันดี คือ แลคโตบาซิลัส บัลการิคัส (*Lactobacillus bulgaricus*) และ สเตรปโตคอคคัส เทอร์โมฟิลลัส (*Streptococcus thermophillus*)

โยเกิร์ตมีประโยชน์ต่างจากนมสดธรรมดา ในกรณีที่บางคนดื่มนมสดแล้วปวดท้อง ท้องอืด ท้องเสีย เนื่องจากขาดเอนไซม์แลกเตสที่จะช่วยย่อยน้ำตาลแลคโตสในนม ซึ่งถ้าเปลี่ยนมารับประทานนมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ต จะไม่เกิดอาการดังกล่าว ขณะเดียวกันจะได้สารอาหารต่าง ๆ เหมือนกับการดื่มนมสดอย่างครบถ้วน หรือกรณีผู้ที่มีอาการท้องเสียเรื้อรัง การหันมาดื่มนมเปรี้ยวจะมีส่วนช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ชนิดที่เป็นประโยชน์กับลำไส้ให้มากขึ้น ซึ่งจุลินทรีย์ชนิดที่ได้จากโยเกิร์ตนี้เป็นที่รู้จักว่าโพรไบโอติก (probiotics) เป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตและเมื่อรับประทานอาหารที่มีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนี้ แล้วจะก่อให้เกิดผลดีต่อร่างกาย เนื่องจากสามารถทำให้มีการปรับจำนวนจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารจนอยู่ในสภาพสมดุล

โยเกิร์ตและนมเปรี้ยวมีกรรมวิธีการผลิตเหมือนกัน ต่างกันตรงลักษณะของผลิตภัณฑ์ คือ ถ้าเป็นชนิดครีม จะเรียกว่า โยเกิร์ต ถ้าเป็นของเหลวชนิดพร้อมดื่ม เรียกว่า นมเปรี้ยว

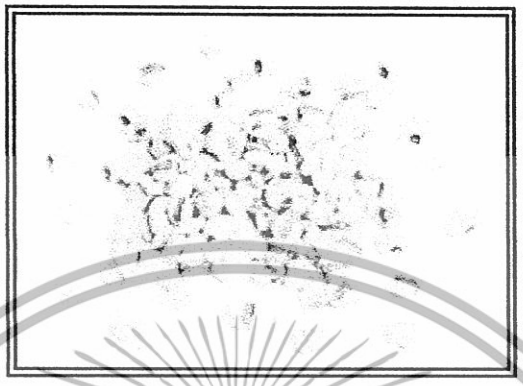
2.2 ลูกเดือย (http://www.doa.go.th)

2.2.1 ความสำคัญ

ลูกเดือย(Job's Tears) มีชื่อสามัญว่า Pearl barley หรือ Adlay หรือ Ma Yuen (จีน) และชื่อวิทยาศาสตร์ *Coix lacryma-jobi* Linn. เป็นพืชไร่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของจังหวัดเลย มีพื้นที่ปลูกคิดเป็นประมาณร้อยละ 95 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศพื้นที่ปลูกเดือยส่วนใหญ่จะอยู่บนเนินเขาและที่ลาดเชิงเขา ซึ่งมีความลาดเอียงตั้งแต่ 3 - 45 องศา อำเภอที่ปลูกเดือยมากและปลูกต่อเนื่องกันมาเรื่อยๆ ได้แก่ อำเภอภูหลวง อำเภอวังสะพุง และอำเภอเมือง ตามลำดับ ผลผลิตที่ได้ประมาณร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละ 85 - 90 จะส่งไปขายยังต่างประเทศ โดยตลาดที่สำคัญ คือ ญี่ปุ่น และไต้หวัน ผลผลิตที่เหลือจะบริโภคภายในประเทศ ในแต่ละปี สำหรับประเทศที่เป็นคู่แข่งทางการค้าของไทยคือ จีน และเวียดนาม



ภาพที่ 2.1 ลักษณะลูกเดือย (Job's Tears)

ที่มา: http://www.hormel.com/kitchen/glossary.asp?id=37942

2.2.2 คุณค่าทางโภชนาการ

เมล็ดเดือยมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีส่วนประกอบทางเคมีดังตารางที่ 2.1 เมล็ดเดือยยังมีโปรตีนและไขมันสูงกว่าข้าวและข้าวโพด ในเมล็ดเดือยยังมีแร่ธาตุอื่นๆ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและแคลเซียม เป็นต้น

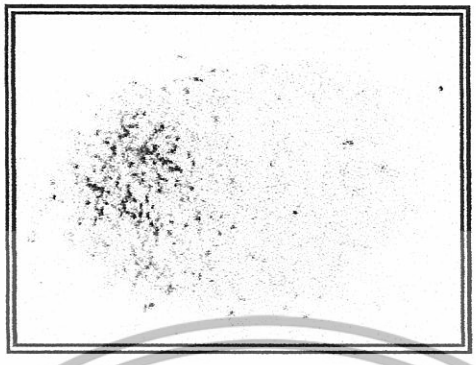
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือยดิบ

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
น้ำ	10.8
โปรตีน	13.6
ไขมัน	6.1
คาร์โบไฮเดรต	58.5
เยื่อใย	8.4
เถ้า	2.6

ที่มา : http://www.doa.go.th/pl_data/02_LOCAL/oard3/duay/body.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดเดือยสามารถนำมาแปรรูปเป็นแป้งลูกเดือย ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีของแป้งลูกเดือย 100 กรัม ดังตารางที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แป้งลูกเดือย (Job's Tears Flour)

ที่มา: http://www.hormel.com/kitchen/glossary.asp?id=37942

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของแป้งเดือย 100 กรัม

ส่วนประกอบทางเคมี	ปริมาณ
พลังงาน	380.0 แคลอรี่
น้ำ	11.2 กรัม
โปรตีน(Glutamic acid Leucine Tyrosine ArginineHistidine lysine)	15.4 กรัม
ไขมัน(myristic acid palmitic acid)	6.2 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	65.3 กรัม
ไฟเบอร์	0.8 กรัม
เถ้า	1.9 กรัม
แคลเซียม	25.0 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	435.0 มิลลิกรัม
เหล็ก	5.0 กรัม
ไทอะมีน(Thiamine)	0.28 มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน(Riboflavin)	0.19 มิลลิกรัม
ไนอะซิน(niacin)	4.30 มิลลิกรัม

ที่มา : http://www.doa.go.th/pl_data/02_LOCAL/oard3/duay/body.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การใช้ประโยชน์

2.2.3.1 อาหาร

ลูกเดือยที่นำมาใช้เป็นพันธุ์ที่มีชื่อว่า Coix lacryma-jobi var หรือพันธุ์ Ma Yuen ซึ่งมีเปลือกนุ่ม สามารถสีเปลือกออกมาได้ง่าย เนื้อเมล็ดมีขนาดใหญ่ มีรสหวาน สามารถนำไปรับประทานแบบเดียวกันกับข้าวโดยหุงปนกับข้าว หรือหุงเฉพาะเมล็ดเดือย ใช้แทนข้าวในการปรุงอาหารแทนข้าวได้ทุกประเภท ในมาเลเซียทำการคั่วเมล็ดก่อนนำไปกระเทาะเปลือก ใช้ประโยชน์ในการต้มรับประทานหรือทำเค้ก ในประเทศพม่าและที่รัฐฉานใช้ลูกเดือยเป็นอาหารโดยการคั่วทั้งเปลือก หรือทำให้เกรียมคล้ายกับข้าวโพด หรือใช้วิธีการต้มเช่นเดียวกันกับข้าวเจ้าก็ได้

ชาวจีนใช้ลูกเดือยที่มีเปลือกขัดมันต้มปรุงรสเป็นซุป น้ำเต้าหู้ ขนมหวาน นอกจากนั้นยังใช้ลูกเดือยเป็นเครื่องดื่ม โดยการนำไปคั่วแล้วผสมลงในน้ำเดือดเช่นเดียวกับการชงชา ใช้ดื่มแก้อาการกระหายน้ำ (วีรศักดิ์, 2527) ในประเทศจีนปริมาณการบริโภคลูกเดือยมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในการผลิตจะพบว่ามีผลิตภัณฑ์จากลูกเดือยเพิ่มขึ้นจากเดิมทุกปี

ในประเทศญี่ปุ่นจะนำลูกเดือยทั้งเปลือกไปคั่วสำหรับชงดื่มแทนน้ำชา กาแฟ เพื่อให้ความสดชื่น หรือปรุงเป็นซุปลูกเดือย ใช้ลูกเดือยทำเป็นเครื่องดื่มประเภทหมัก เรียกว่า dzu (Annonymous, 1950) นอกจากนี้ยังใช้ลูกเดือยในการผลิตมิโซ(miso) ซีอิ๊ว(soy sauce) แครกเกอร์ ขนมปัง บิสกิต ในประเทศญี่ปุ่นมีแนวโน้มที่จะใช้ลูกเดือยเป็นอาหารประเภท Health Food มากขึ้น เพราะลูกเดือยมีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพมากกว่าข้าวเจ้าและข้าวสาลี เนื่องจากมีส่วนประกอบของไขมันที่จำเป็นชนิดไม่อิ่มตัว และ โปรตีนอยู่มาก

2.2.3.2 สรรพคุณทางยา

ลูกเดือยมีสารอาหารสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งจำพวกโปรตีน และยังพบสารที่มีองค์ประกอบเป็นกรดอะมิโน รวมถึงพวกวิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น วิตามิน บี 1และบี 2 วิตามิน อี แคลเซียม ฟอสฟอรัส เป็นต้น จากการค้นคว้าและวิจัยยังพบว่ามีสารหลายตัว ที่มีสรรพคุณช่วยในการรักษาเกี่ยวกับโรคภูมิคุ้มกัน และยับยั้งสารส่งเสริมการก่อมะเร็ง ลดโคเลสเตอรอลในเลือด และ อื่นๆลูกเดือย เป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาสูง จึงนิยมนำมาประกอบอาหาร และของว่าง รวมไปถึงทำเป็นอาหารเสริม หรือเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพนอกจากนำมาประกอบเป็นอาหารแล้ว ลูกเดือยยังมีสรรพคุณทางยา แพทย์แผนไทยนำมาเข้ายาช่วยในการขับปัสสาวะ และบำรุงไตเป็นต้น ส่วนแพทย์แผนจีนถือว่าลูกเดือยมีฤทธิ์เป็นยาเย็น แก้ร้อนใน ช่วยย่อยอาหารบำรุง(http://www.viewphayao.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอดีตจะใช้ลูกเดือยผสมกับข้าวต้มรับประทาน เพื่อบำรุงกำลัง หล่อลื่นกระเพาะอาหารและลำไส้ แก้บวมน้ำ ปวดข้อเรื้อรัง บำรุงม้ามและปอด แก้ท้องเสีย และเหน็บชา แพทย์แผนไทยใช้เมล็ดลูกเดือยเป็นยาเย็น ช่วยขับปัสสาวะ บำรุงเลือด บำรุงไต แก้ปวดเข่า ปวดข้อ บำรุงกำลัง บำรุงม้าม แก้ท้องเสีย เหน็บชา และยังช่วยยับยั้งสารก่อมะเร็ง โดยมีสรรพคุณทางยา เช่น วิตามิน บี1 , บี 2 , วิตามิน อี , แคลเซียม และฟอสฟอรัส เป็นต้น

แพทย์แผนจีนถือว่า ลูกเดือยมีฤทธิ์เป็นยาเย็น แก้ร้อนใน ช่วยย่อยอาหาร ละลายไขมัน บำรุงร่างกายและบำรุงผิวพรรณ และเนื่องจาก "ลูกเดือย" เป็นธัญพืชที่มากด้วยคุณค่าทางโภชนาการสูง และในขณะที่ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกลูกเดือยที่ดีที่สุด แต่ที่ผ่านมาลูกเดือยยังไม่ค่อยได้รับความนิยมจากคนไทยมากนัก ส่วนใหญ่จะรู้จักลูกเดือยว่าเป็นเพียงส่วนผสมหนึ่งในน้ำเต้าหู้ หรือ เต้าทึง เท่านั้น (http://www.thaihealth.or.th)

สารสำคัญของลูกเดือย (http://www.doa.go.th)

โคอิกโซล (Coixol) มีฤทธิ์คลายอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ และป้องกันการชัก ลดความดันโลหิตได้ชั่วขณะลดน้ำตาลในเลือด และลดไข้ นักวิจัยชาวญี่ปุ่น พบว่ารากเดือยก็มีสาร โคอิกโซล และพบว่ารากเดือยมีฤทธิ์แก้ปวดและขับปัสสาวะ

โคอิกซิโนโลด์ (Coixenolide) จากการศึกษาวิจัยพบว่ามีฤทธิ์ต้านการเจริญเติบโตของเนื้องอก (antineoplastic) ช่วยยับยั้งการเกิดมะเร็งน้ำมันเดือย (Coix oil) มีประมาณ 5.9-9.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบได้ด้วยสารสำคัญคือ กรดโคอิก (Coix acid) และกรดพาลมิติก (Palmitic acid)

น้ำมันจากลูกเดือย มีฤทธิ์กระตุ้นศูนย์การหายใจ ลดความอ่านเปลี้ยของร่างกาย ลดความดันโลหิต และขับปัสสาวะ

2.3 การย่อยสลายแป้งโดยใช้เอนไซม์ (Enzymatic hydrolysis) (Maarel *et al.*,2002)

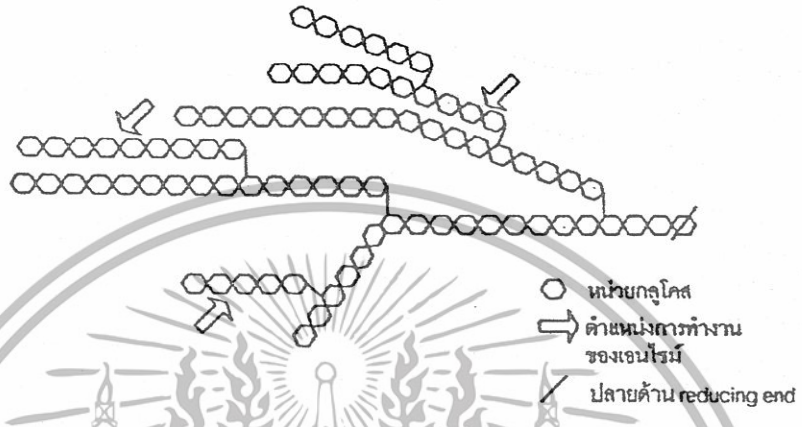
เมื่อพิจารณาตามลักษณะของการทำงานของเอนไซม์ จะแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ

2.3.1 เอนไซม์ย่อยภายในเส้นสายของกลูโคส (Endo-enzyme)

2.3.1.1 แอลฟาอะไมเลส (alpha-amylase; EC 3.2.1.1; α(1,4)-glucan glucanohydrolase) เป็นเอนไซม์ที่ทำงานภายในโมเลกุลแป้ง โดยจะตัดโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสที่จับกันด้วยพันธะ α-1,4 เท่านั้น ไม่สามารถตัดพันธะ α-1,6 ได้ ลักษณะการทำงานเป็นการสุ่มตัดภายในเส้นสายของกลูโคสดังแสดงดังรูปที่ 2.3 เอนไซม์ชนิดนี้มีมวลโมเลกุลประมาณ 50 กิโลดาลตัน การทำงานของเอนไซม์ต้องการ Ca^{2+} ร่วมทำกิจกรรม เอนไซม์มีความเสถียรที่พีเอช 5.5-9.0 และที่อุณหภูมิห้องถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส แอลฟาอะไมเลสสามารถผลิตได้จากพืช สัตว์ เชื้อรา และแบคทีเรีย ในทางอุตสาหกรรมจะใช้เอนไซม์ที่ได้จากเชื้อราและแบคทีเรีย โดยเฉพาะเอนไซม์จากแบคทีเรียซึ่งสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ เมื่อใช้แอลฟาอะไลเลสในการย่อยสารละลายแป้งจะทำให้ความหนืดและความสามารถในการย้อมติดสีไอโอดีนลดลงอย่างรวดเร็ว



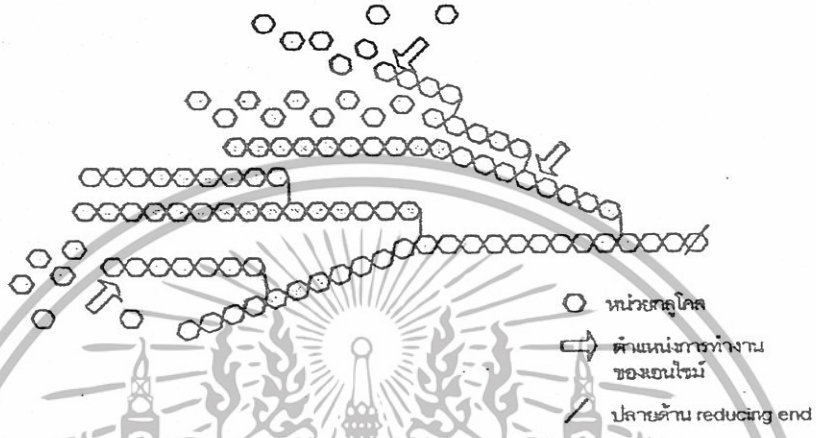
ภาพที่ 2.3 การทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (endo-enzyme)
ที่มา: Bruinenberg(1996)

2.3.2 เอนไซม์ย่อยปลายสายของกลูโคส (exo-enzyme)

2.3.2.1 กลูโคอะไมเลส (glucoamylase; EC 3.2.1.3; α(1,4)-glucan glucohydrolase) หรือเรียกว่า อะไมโลกลูโคซิเดส เป็นเอนไซม์ที่ตัดน้ำตาลกลูโคสที่จับกันด้วยพันธะ α-1,4 และพันธะกิ่ง α-1,6 โดยการตัดพันธะกิ่งจะเกิดขึ้นช้ากว่าการตัดพันธะ α-1,4 ดังแสดงการทำงานในรูปที่ 2.4 ในการย่อยแป้งให้ได้โมเลกุลของกลูโคสจะต้องใช้กลูโคอะไมเลสร่วมกับแอลฟาอะไมเลส กลูโคอะไมเลสไม่ต้องการโคแฟคเตอร์ (cofactor) ในการทำกิจกรรม เอนไซม์ชนิดนี้มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 50-110 กิโลดาลตัน มีรายงานของ Morita และ Fujio (1997) ซึ่งทำการศึกษาหาน้ำหนักโมเลกุลของเอนไซม์กลูโคอะไมเลสจากเชื้อรา *Rhizopus* sp. ด้วยวิธีเจลอิเลคโตรโฟรีซิสชนิดโซเดียมโดดิซิลซัลเฟต พอลิอะคริลาไมด์เจล พบว่าเอนไซม์ชนิดนี้มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 72.4 กิโลดาลตัน และน้ำหนักโมเลกุลของเอนไซม์กลูโคอะไมเลสจากเชื้อ *A. phoenicis* โดยวิธีเจลอิเลคโตรโฟรีซิสชนิดโซเดียมโดดิซิลซัลเฟต พอลิอะคริลาไมด์เจล มีค่าเท่ากับ 63,600 ดาลตัน (Lineback and Baumann, 1970) นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Fogarty และ Benson (1983) ถึงความคงตัวของค่าพีเอชต่อกิจกรรมของเอนไซมกลูโคอะไมเลสจากเชื้อรา *A. niger* พบว่า เอนไซม์มีความคงตัวสูงสุดที่ค่าพีเอชกับ 4.0 โดยค่ากิจกรรมสัมพัทธ์ของเอนไซม์เท่ากับร้อยละ 100 รองลงมา คือ ค่าพีเอช 3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

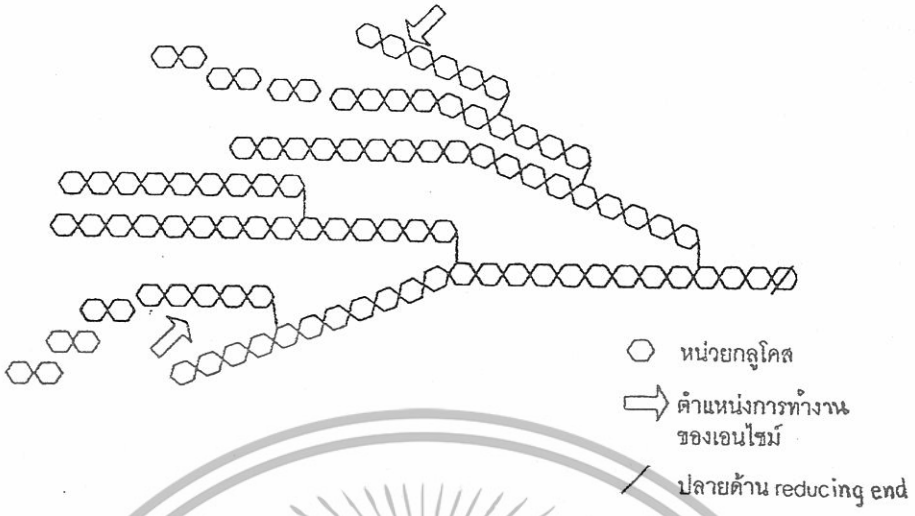
และ 5.0 ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เท่ากับร้อยละ 96 และ 94 ตามลำดับ และผลของอุณหภูมิที่มีต่อความคงตัวของเอนไซม์กลูโคอะไมเลสโดยเชื้อรา *A. niger* พบว่าที่อุณหภูมิในช่วง 25 ถึง 50 องศาเซลเซียส เอนไซม์มีความคงตัวสูงโดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เป็นร้อยละ 100 (Fogarty and Benson, 1983)



ภาพที่ 2.4 การทำงานของเอน ไซม์กลู โคอะ ไมเลส (exo-enzyme)
ที่มา: Bruinenberg(1996)

2.3.2.2 เบต้าอะไมเลส (beta-amylase; EC 3.2.1.2 ; α(1,4)-glucan maltohydrolase) เป็นเอนไซม์ที่ตัดพันธะจากภายนอกเข้ามาภายใน โดยเริ่มจากปลายของอะไมโลสหรืออะไมโลเพคติน จากปลายด้านที่ไม่มีคุณสมบัติรีดิวซ์ เอนไซม์จะตัดพันธะ α-1,4 ของโมเลกุลของกลูโคสเป็นคู่ๆ ไป ผลที่ได้จะเป็นน้ำตาลมอลโตส แต่เมื่อปฏิกิริยาเข้าใกล้จุดที่เป็นกิ่งก้านหรือพันธะ α-1,6 ของอะไมโลเพคติน เอนไซม์หยุดกิจกรรมทำให้เหลือโมเลกุลใหญ่ๆ ไว้มาก ดังแสดงในรูปที่ 2.5 เบต้าอะไมเลสต้องการ Ca^{2+} ในการทำกิจกรรม พบเอนไซม์ชนิดนี้ได้ในพืชชั้นสูง เมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวบาร์เล่ย์ ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี และพบได้ในถั่วหรือมันฝรั่งหวาน นอกจากนี้ยังสามารถสกัดเอนไซม์เบต้าอะไมเลสได้จากจุลินทรีย์ เช่น *Bacillus* sp. และ *Pseudomonas* sp. เอนไซม์เบต้าอะไมเลสมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 50 กิโลดาลตัน มีความเสถียรที่พีเอช 4-9 และที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส

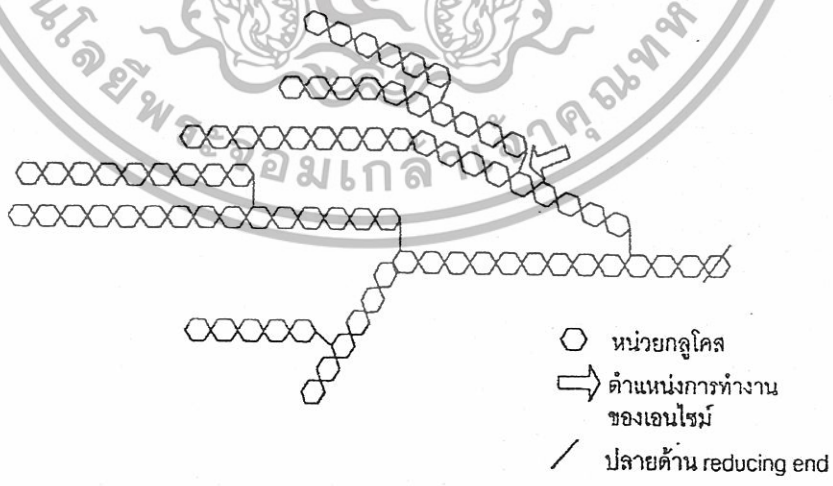
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 การทำงานของเอนไซม์เบต้าอะไมเลส
ที่มา: Bruinenberg(1996)

2.3.3 เอนไซม์ย่อยสายโซ่ข้าง (debranching enzyme)

2.3.3.1 ไอโซอะไมเลส (isoamylase; EC 3.2.1.68 ; glucogen-6-glucanohydrolase) เป็นเอนไซม์ที่สามารถย่อยจุดที่เป็นกิ่งก้านของไกลโคเจนและอะไมโลเพคตินได้ดี แสดงการทำงานดังรูปที่ 2.6 ไม่ต้องการโคแฟคเตอร์ในการทำกิจกรรม สามารถดำเนินกิจกรรมได้ดีในช่วงพีเอช 3-4 และมีความเสถียรที่อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส เอนไซม์ชนิดนี้สามารถแยกได้จากพืช สัตว์และจุลินทรีย์ เช่น *Pseudomonas amylodermosa*



ภาพที่ 2.6 การทำงานของเอนไซม์ไอโซอะไมเลส
ที่มา: Bruinenberg (1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.2 พูลูลาเนส (pullulanase ; EC 3.2.1.41 ; pullulan-6-glucanohydrolase) เป็นเอนไซม์ที่ใช้ตัดพันธะ α-1,6 ของพูลูแลน (pullulan) และอะไมโลเพคติน แต่การทำกิจกรรมไม่สมบูรณ์เท่ากับกาย่อยโดยไอโซอะไมเลส และทำกิจกรรมกับไกลโคเจนได้ยาก สามารถย่อยได้สายกลูโคสที่มีความยาว 2-3 หน่วย ไม่สามารถย่อยจนได้กลูโคส 1 หน่วย เอนไซม์ชนิดนี้พบได้ในพืช สัตว์ และแบคทีเรีย เอนไซม์มีความเสถียรที่พีเอช 4.5-5.5 และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

2.4. แบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria : LAB)

เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่เคลื่อนที่ (nonmotile) ไม่สร้างเอนไซม์แคตาเลส (catalase negative) ไม่สร้างสปอร์ (non-spore froming) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบว่ามีทั้งรูปร่างแท่งและรูปร่างกลม ผลิตภัณฑ์ ที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของแบคทีเรียกลุ่มนี้ได้จากการใช้น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลแลคโตสเป็นแหล่งคาร์บอนได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นกรดแลคติก ตัวอย่างของแบคทีเรียกรดแลคติกที่พบ ได้ แก่ *Lactobacillus, Pediococcus, Streptococcus* และ *Leuconostoc* (Wood and Holzapfel, 1997)

แบคทีเรียแลคติกสามารถแบ่งตามการใช้อาหารและการสร้างอาหารได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่

2.4.1 โฮโมเฟอร์เมนเตทีฟแบคทีเรีย (Homofermentative Bacteria) เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกได้ในปริมาณ ร้อยละ 85 หรือมากกว่าจากการหมักคาร์โบไฮเดรต โดยไม่ต้องการไทอะมีนในการเจริญเติบโต เจริญได้ที่ 45 องศาเซลเซียส หรือ 15 องศาเซลเซียส สร้างเอนไซม์อัลโดเลส แต่ไม่สร้างเอนไซม์ฟอสโฟคีโตเลส ได้แก่ *Lactobacillus sake* , *L. acidilactici* , *L. casei* เป็นต้น

2.4.2 เฮทเทอโรเฟอร์เมนเตทีฟแบคทีเรีย (Hetrofermentative Bacteria) เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก กรดอะซิติก แอลกอฮอล์จากการหมักคาร์โบไฮเดรต ต้องการใช้ไทอะมีนในการเจริญเติบโต เจริญและสร้างเอนไซม์ฟอสโฟคีโตเลส แต่ไม่สร้างเอนไซม์อัลโดเลส ได้แก่ *Lactobacillus fermentum* , *L .brevis* เป็นต้น (Axelsson, 1993; Kandler and Weiss, 1989)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ประเภทของแบคทีเรียแลคติก

ประเภท	สายพันธุ์ของแบคทีเรียแลคติก	ลักษณะ
Homofementant	*Pediococcus cerevisiae*	
	Pediococcus damnosus	mainly present in musts and at high pH after malolactic fermentation
	Pediococcis pentosaceus	sometimes present lower populations
	Pediococcis parvulus	
	Lactobacillus casei	sometimes present lower populations
	Streptobacterium	
Heterofermentant	*Leuconostoc gracile*	
	Oenococcus oeni	most resistant to low pH
	Leuconostoc mesenteroides	sometimes present lower populations
	Lactobacillus hilgardii	
	Lactobacillus fructivorans	
	Lactobacillus desidiosus	
	Lactobacillus brevis	
	Lactobacillus hilgardi	sometimes present lower populations
	Lactobacillus brevis	sometimes present lower populations

ที่มา : http://www.brsquared.org/wine/Articles/MLF/MLF.htm

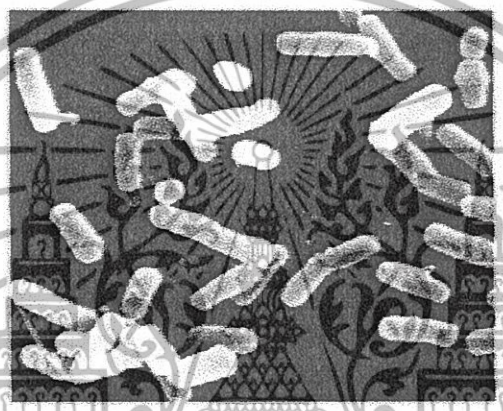
2.5 เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก (Probiotic cultures) ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมัก

จุลินทรีย์โพรไบโอติก (Probiotic) เป็นจุลินทรีย์มีชีวิตที่เติมลงไปในอาหาร ซึ่งมีการนำจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียกรดแลกติก (กลุ่มแลคโตบาซิลลัส) และบิฟิโดแบคทีเรียม มาใช้กันอย่างแพร่หลายเช่นในการผลิตโยเกิร์ต และผลิตภัณฑ์นมชนิดอื่นๆ จุลินทรีย์กลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ไม่ก่อโรค ไม่เป็นพิษ มีชีวิตอยู่เป็นเวลานานและสามารถมีชีวิตรอดผ่านกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กไปสู่ลำไส้ใหญ่ได้ดี เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ***Lactobacillus acidophilus***

เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก เซลล์มีลักษณะเป็นแท่งปลายมน เซลล์อาจอยู่เป็นเซลล์เดี่ยว เป็นคู่ หรือเป็นสายสั้นๆ มีการหมักน้ำตาลเฮกโซส (Hexose) แบบ Homofermentative แยกได้จากลำไส้ของคนและสัตว์ ปาก และช่องคลอดของคน เคยถูกจัดให้อยู่ใน Subgenus *Thermobacterium* ที่แบ่งโดยช่วงอุณหภูมิในการเจริญเติบโต และรูปแบบในการหมักน้ำตาลเฮกโซส (Hexose) (Homofermentative หรือ Heterofermentative) ซึ่งปัจจุบันไม่ใช้แล้ว แต่จะแบ่งแบบ Molecular based subgroup ดังตารางที่ 2.4 เจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 15-45 องศาเซลเซียส จัดเป็นแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิสูง (Thermophilic bacteria) (Kandler and Weiss, 1986)



ภาพที่ 2.7 ลักษณะของเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* La5
ที่มา : http://www.apotheka.sk/default.asp?prg=article&id=272

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 การจัดแบ่งกลุ่มแบคทีเรียในจีนัส *Lactobacillus* เป็น Subgenus และแบบ Molecular Subgroup

กลุ่มของ *Lactobacillus*	รูปแบบการหมัก Hexose	อุณหภูมิในการเจริญ	ชนิดที่ใช้เป็นโพรไบโอติก
Subgenus			
Thermobacterium	Homofermentative	15°C ไม่เจริญ 20°C 45°C	*L. acidophilus* group
Streptobacterium	Homofermentative	15°C 45°C	*L. casei* group *L. sake / curvatus*
Betabacterium	Heterofermentative	ไม่มีกฎตายตัว	*L. reuteri / L. fermentum*
Molecular based subgroup			
Group A	เป็น Homofermentative ทั้งหมด (หมักน้ำตาล Pentose ไม่ได้)	-	*L. acidophilus* group
Group B	เป็น Heterofermentative บ้าง (หมักน้ำตาล Pentose ได้ก๊าซ)	-	*L. casei* group *L. sake / curvatus*
Group C	เป็น Heterofermentative ทั้งหมด (หมักกลูโคส และ Pentose ได้ก๊าซ)	-	*L. reuteri / L. fermentum*

ที่มา : Klein *et al.* (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณประโยชน์ของ *L. acidophilus* ซึ่งจำแนกออกมาได้ดังนี้ (Kandler and Weiss, 1986)

- รักษาสมดุลของเชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหาร และการควบคุมเชื้อโรคที่ติดต่อระบบทางเดินอาหารทั้งในสิ่งมีชีวิตและหลอดทดลอง (Gilland, 1989) *L. acidophilus* หลายสายพันธุ์สามารถสังเคราะห์ยาปฏิชีวนะได้ เช่น *L. acidophilus* 11088 ผลิต Lactacin F และ *L. acidophilus* LAPT ผลิต Acidophilucin A เป็นต้น (Hoover and Steensen, 1993)

- ควบคุมระดับปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือด *L. acidophilus* เมื่อเจริญเติบโตอยู่ในสภาพที่เหมาะสม คือ ไร้ออกซิเจน (Anaerobe condition) และมีน้ำดี (Bile) เป็นส่วนประกอบ จะสามารถใช้โคเลสเตอรอล (Gilland, 1989)

- Montes *et al.* (1995) ทดลองใช้นมที่มีเชื้อ *L. acidophilus* ในเด็กที่ไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลกโตสได้ พบว่า *L. acidophilus* จะช่วยปรับปรุงความสามารถย่อยน้ำตาลแลกโตสได้

- การต่อต้านสารก่อมะเร็งและสารก่อกลายพันธุ์ (Antimutagenicity) ซึ่งแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกส่วนใหญ่สามารถต่อต้านการเกิดสารก่อมะเร็งได้ (Gilland, 1989)

2.6 เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์อะไมเลส (บัญญัติ, 2538)

Aspergillus เป็นเชื้อที่เส้นใยมีผนังกั้นตามขวาง ส่วนใหญ่ไม่มีสี มีฟุตเซลล์ (foot cell) ตรงฐานของเส้นใยที่ชูขึ้นไปในอากาศเรียกว่าคอนิดิค โอฟอร์(conidiophore) ตรงปลายคอนิดิโอฟอร์ขยายใหญ่ เรียกว่าเวสิเคิล (vesicle) คอนิดิโอสปอร์ (conidiospore) มีขนาดเล็ก และเรียงต่อกันเป็นสายยาวมักมีสีเขียว สีน้ำตาล และสีดำ เชื้อ *Aspergillus* เป็นเชื้อที่มีบทบาทสำคัญทางอาหาร เช่น

(1) ทำให้ผลไม้เน่ามีสีดำ โดยเฉพาะในส้ม

(2) เป็นราที่เติบโตได้บนแฮมและเบคอน

(3) บางสปีชีส์ ของเชื้อนี้เป็นสาเหตุของการเสียของปาล์ม ถั่วลิสง และข้าวโพด

(4) เชื้อ *A. flavus* สร้างอะฟลาทอกซินในอาหารแห้งเช่น ถั่ว กระเทียม และข้าวโพด เป็นต้น

บทบาทของเชื้อ *Aspergillus* ที่มีประโยชน์ เช่น

(1) เชื้อ *A. oryzae* และ *A. sojae* ใช้ในการผลิตอาหารหมักบางชนิดเช่น ซีอิ๊ว เทมเป้

(2) เชื้อ *A. niger* สามารถสร้างเอนไซม์ บีตา-กาแลกโตซิเดส (β-galactosidase) กลูโคอะไมเลส (glucoamylase) อะไมเลส (amylase) และเพกติเดส (pectinase) ส่วนเชื้อ *A. oryzae* สร้างเอนไซม์ แอลฟา-อะไมเลส (α-amylase) ได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 แหล่งโปรตีน

2.7.1 น้ำนมถั่วเหลือง (soy milk) (อภิพรรณ ,2546)

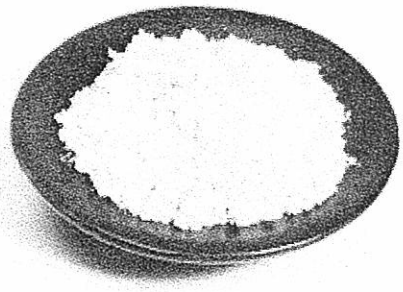
น้ำนมถั่วเหลือง (soy milk) เป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นน้ำนมที่สกัดจากการบดเมล็ดถั่วเหลืองผสมกับน้ำ กรอง และผ่านการให้ความร้อน มีลักษณะภายนอก และองค์ประกอบคล้ายกับน้ำนมวัว อย่างไรก็ตามการยอมรับผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองของผู้บริโภคยังมีข้อจำกัดโดยเฉพาะผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับกลิ่นถั่ว(beany flavor) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase)ซึ่งผลิตภัณฑ์คือสารชนิดที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเขียวคือ เฮกซานอล(hexanol)

ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองนั้นมีปริมาณวิตามินบีเชิงซ้อน ค่อนข้างสูงยกเว้นวิตามิน B12 ในบางครั้งคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองอาจจะลดลงได้หากมีสารเคมีบางชนิดที่มารบกวนการใช้ประโยชน์จากโปรตีนถั่วเหลือง สิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวถึงนี้ มักเกิดในพืชหลายชนิดที่มีสารเคมีบางประเภท เช่น protease inhibitor, lectins, oligosaccharides, phytates, antivitamins และอื่น ๆ การรบกวนการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในพืชโดยสารเหล่านี้ จะหายไปหากมีการให้ความร้อน สารประกอบที่มักเกิดขึ้นได้บ่อย ๆ และมีปริมาณมาก ซึ่งทำให้อาหารถั่วเหลืองไม่เกิดประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ในด้านเสริมการเจริญเติบโต เนื่องจากสารตัวนี้ไปยับยั้งไม่ให้มีการย่อยโปรตีนจากถั่วเหลือง แต่ขณะเดียวกันปฏิกิริยาของ trypsin inhibitor ก็สามารถป้องกันได้โดยการต้ม หรือการทำให้สุกด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น คั่ว และการใช้เตาไมโครเวฟ

2.7.2 โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Soy protein isolate)

โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Soy protein isolate) เป็นโปรตีนจากถั่วเหลือง ผลิตจากถั่วเหลืองที่มีการสกัดเอาไขมันและคาร์โบไฮเดรตออก ทำให้มีโปรตีนอยู่ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีโปรตีนอยู่ปริมาณสูง เพื่อให้มีสารอาหาร กลิ่น เทียบได้กับผลิตผลที่เป็นถั่วเหลือง การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารนั้นเพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารโปรตีน เพื่อเพิ่มรสชาติและกลิ่น เป็นอิมัลซิไฟเออร์ เพื่อเพิ่มความหนืด เป็นต้น สามารถใช้กับอาหารหลายประเภท เช่น อาหารประเภท อบ ผิง ไอศกรีม โยเกิร์ต อาหารทางเลือกใหม่ประเภทเนื้อ อาหารประเภทเนื้อ เป็ด และปลา อาหารประเภทซอสปรุงรส ซุป อาหารประเภทขนมขบเคี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Soy protein isolate)

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/soy_protein

2.8 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและโยเกิร์ตจากธัญพืช

Mitchell *et al.* (1990) ศึกษากระบวนการผลิตนมข้าวโดยใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ผลิตได้จากเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* เพื่อย่อยข้าวให้เป็นของเหลว และเอนไซม์กลูโคซิเดส (glucosidase E.C.3.2.1.3. 1,4-alpha-D-Glucan glucohydrolase) ในขั้นตอนแซคคาริฟิเคชัน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิต คือ นำข้าวมาบดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 30 เมช เติมน้ำและผลไม้ใน steam jacketed เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสในขั้นตอนแรก เพื่อย่อยข้าวให้เป็นของเหลว ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วจึงเติมเอนไซม์กลูโคซิเดสในขั้นตอนแซคคาริฟิเคชัน ให้ความร้อนที่อุณหภูมินี้ นาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมากรอง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณองค์ประกอบทางเคมี แสดงดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.5 ปริมาณองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าว

องค์ประกอบ	ปริมาณ(% of solids)
Soluble Complex Carbohydrate	10-70
Maltose	0-70
Glucose	5-70
Ash or Minerals	0.1-0.6
Protein and Fat	1.0-3.5
Fiber	0.05-0.40

ที่มา : Mitchell *et al.*(1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Lee *et al.* (1996) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปเครื่องดื่มจากข้าว โดยนำมอลท์มาสกัดที่อุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาผ่านขั้นตอนแซคคาริฟิเคชัน ที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส แล้วนำมาสเตอร์ริไรส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง น้ำ : มอลท์ เท่ากับ 10 : 1 โดยใช้ข้าวสุก 5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับมอลท์สกัด ซึ่งสภาวะที่ดีที่สุดในการแซคคาริฟิเคชัน คืออุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง นอกจากนี้ Takubo (1997) ศึกษาการผลิตนมข้าว โดยใช้มอลท์ข้าวท่อน นำมานึ่ง และผ่านขั้นตอนแซคคาริฟิเคชันของมอลท์ที่อุณหภูมิ 50-65 องศาเซลเซียส จากนั้นผสมกับน้ำร้อนจนเกิดอิมัลชัน แล้วนำมากรอง เครื่องดื่มที่ได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทางด้านรสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยไม่สูญเสียสารอาหาร

Nam *et al.* (2001) ศึกษากระบวนการแปรรูปเครื่องดื่มข้าว โดยใช้ทั้งข้าวกล้องและข้าวสารเป็นวัตถุดิบ มีขั้นตอนดังนี้ คือ ขั้นตอนแรกนำข้าวมาอบที่อุณหภูมิ 150-200 องศาเซลเซียส นาน 10-20 นาที แล้วนำมาบดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 50 เมช ผสมข้าวกล้องและข้าวสารในอัตราส่วนข้าวกล้อง : ข้าวสาร เท่ากับ 1 : 9 เติมน้ำในปริมาณ 4 เท่าของน้ำหนักข้าว นำมาผ่านการย่อยด้วยแบคทีเรียแอลฟา-อะไมเลส (0.02-0.06 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส นาน 10-30 นาที จากขั้นตอนนี้จะได้ของเหลวที่มีความหวาน 6-11°Brix ขั้นตอนที่สอง นำของเหลวที่ได้จากขั้นตอนแรกมาทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส และเติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (0.05-0.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) เอนไซม์โปรติเอส (0.10-0.30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) และเอนไซม์เพคติเนส (0.05-0.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) นาน 3-8 ชั่วโมง จากขั้นตอนนี้ทำให้มีความหวาน 8-13 °Brix นำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5-10 นาที เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ จากนั้นนำของเหลวที่ได้มาผ่านเครื่องกรอง (ขนาด 120 เมช) แล้วจึงนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่ม โดยมีส่วนประกอบดังนี้ ของเหลวที่ผ่านการกรองแล้ว 40-65 เปอร์เซ็นต์ เติมน้ำ 30-50 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 2-6 เปอร์เซ็นต์ วิตามินซี 0.002-0.2 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันถั่วเหลือง 0.1-0.8 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันปาล์ม 0.08-0.25 เปอร์เซ็นต์ และนำมาโฮโมจิไนส์ที่ความดัน 130-150 บาร์ บรรจุขวด ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115-128 องศาเซลเซียส นาน 20-40 วินาที

นัทกาญจน์ กองศรีมา (2541) ศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตเครื่องดื่มข้าว โดยนำปลายข้าวกล้องมาแช่น้ำ 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาปั่นกับน้ำอัตราส่วน ข้าว : น้ำ เท่ากับ 1 : 5 ผสมกับน้ำนมถั่วเหลือง (อัตราส่วน ถั่วเหลือง : น้ำ เท่ากับ 1 : 4) และน้ำลูกเดือย(อัตราส่วน ลูกเดือย : น้ำ เท่ากับ 1 : 5) ตามอัตราส่วนที่กำหนด ปรับให้มีปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ 11-12°Brix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
97018

นำมาให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส นำมาบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อโดยใช้รีทอร์ต ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง น้ำข้าว : น้ำนมถั่วเหลือง : น้ำลูกเดือย เท่ากับ 1 : 4 : 0.5 จะได้เครื่องดื่มข้าวซึ่งมี pH เท่ากับ 6.63 ปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ 12 °Brix

Martensson *et al.* (2000) ศึกษาลักษณะการหมักของสายพันธุ์ของแบคทีเรียแลคติก 9 สายพันธุ์ ในผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนนม ด้วยข้าวโอ๊ตในอาหาร Mill Milk™(MM medium) โดยใช้จำนวนเซลล์ที่รอดชีวิต ลักษณะของกลิ่น การผลิตกรดแลคติก และความหนืดเป็นปัจจัยทดสอบ การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้กลิ่นที่ดี และจำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตสูงกว่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนส่งผลต่อการผลิต exopolysaccharides และพบว่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นเมื่อบ่มที่อุณหภูมิต่ำ และใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน

Martensson *et al.* (2002) ศึกษาผลของเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตต่อการรอดชีวิตของ โพรไบโอติก ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่พบในมนุษย์ ได้แก่ *Lactobacillus reuteri* ATCC 55730, *Lactobacillus acidophilus* DSM 20079 และ *Bifidobacterium bifidum* DSM 20456 ในผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนนมด้วยข้าวโอ๊ต ที่มีปริมาณกลูโคสแตกต่างกัน(Adavena M40, MG20 and G40) และหมักร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตทางการค้า(V2) พบว่าเชื้อ *L. reuteri* ATCC 55730 มีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุดในผลิตภัณฑ์ทั้งหมด หลังจาก 30 วัน พบเซลล์ที่รอดชีวิต 10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และพบว่าการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก ที่เจริญร่วมกับจุลินทรีย์โยเกิร์ตน้อยกว่าในโยเกิร์ตที่มีเชื้อโพรไบโอติกเพียงอย่างเดียวเนื่องจากพีเอชของผลิตภัณฑ์ที่มีค่าต่ำกว่า นอกจากนี้พบว่าการลดลงของปริมาณ β-glucan ในผลิตภัณฑ์ที่หมักโดยเชื้อ *B. bifidum* DSM 20456

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ลูกเดือยข้าวเหนียว (ตราไร่ทิพย์)

3.1.2 โปรตีนถั่วเหลือง(Supro 670 IP) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Abbra corporation limited

3.1.3 นมถั่วเหลืองตราวีซอย สูตรไม่ผสมน้ำตาล

3.2 เอนไซม์

3.2.1 เอนไซม์ทางการค้า

3.2.1.1 แอลฟา-อะไมเลส (Sigma)

3.2.1.2 กลูโคอะไมเลส ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Novo Nordisk

3.3 เชื้อจุลินทรีย์

3.3.1 เชื้อรา *Aspergillus oryzae*

3.3.2 เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า

3.3.2.1 เชื้อ *Lactobacillus acidophilus* (La5) (Chirst Hansen, Denmark)

3.3.2.2 เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต YC380 และ YF-L811 (เชื้อผสมระหว่าง *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus*) (Chirst Hansen, Denmark)

3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.4.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้วิเคราะห์ทางเคมี

3.4.2 จานเพาะเชื้อ

3.4.3 ถ้วยพลาสติกสำหรับบ่มเชื้อ

3.4.4 ผ้ากรองลินิน

3.4.5 โถดูดความชื้น (desiccator)

3.4.6 เตาเผา (furnace muffle)

3.4.7 ถ้วยกระเบื้อง (crucible)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.8 ลูกแก้ว (boiling chip)

3.4.9 บีกเกอร์สำหรับย่อยขนาด 600 ml

3.4.10 บีกเกอร์ไขมัน

3.4.11 kjeldahl flask

3.4.12 เครื่องบดเปียก (moulinex , France)

3.4.13 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (water bath) (memmert , Germany)

3.4.14 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (InoLab level 1, Germany)

3.4.15 เครื่องวัดความหนืดแบบรางไหล (Brotswisk)

3.4.16 เครื่องบ่มโยเกิร์ต (severin , Germany)

3.4.17 กล้องจุลทรรศน์ (Olympus, Japan)

3.4.18 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) (Memmert 600 DO6062, Germany)

3.4.19 ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์ (Heraeus B6420, Germany)

3.4.20 เครื่องสกัดซอกซ์เลต พร้อมทิมเบิล (Gerhardf รุ่น S306AK)

3.4.21 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer) (รุ่น Spectronic 20 Genesys ของบริษัท Spectronic Instruments, USA.)

3.4.22 เครื่องย่อย และเครื่องกลั่นไนโตรเจน (Buchi รุ่น B-316)

3.4.23 เตาเผาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (furnace muffle) (carbolite รุ่น CWF 1100)

3.4.24 เครื่องโฮโมจิไนซ์เซอร์ (IKA work, T-25 basic)

3.4.25 เครื่องผสม (vortex mixer) (G-560E, USA)

3.5 สารเคมี

3.5.1 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์โปรตีน

- กรดซัลฟูริกเข้มข้น
- กรดบอริก 2%
- สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 หรือ 0.01 N
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 30%
- สารเร่งปฏิกิริยา (1:8 ของ $CuSO_4$ / K_2SO_4)
- โบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green)
- เมททิลเรด (Methyl red)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ไขมัน

- ปิโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส

3.5.3 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์เยื่อใย

- กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.255 N
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 N
- แอลกอฮอล์ 95%

3.5.4 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์คาร์โบไฮดรต (Phenol-Sulfuric)

- ฟีนอล
- กรดซัลฟูริกเข้มข้น

3.5.5 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำตาล (DNS reagent)

- 3,5 ไดไนโตรซาลิไซลิค แอซิด (3,5-dinitrosalicylic acid)
- โพรแทสเซียมโซเดียมเตราเตรท ($C_4H_4KNaO_6.4H_2O$)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 N
- น้ำกลั่น

3.5.6 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ด้านเคมี

- โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N
- ฟีนอลทาลีน 0.5%

3.6 อาหารเลี้ยงเชื้อ

3.6.1 MRS agar

3.6.2 MRS-IM agar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 วิธีดำเนินการวิจัย

3.7.1 ศึกษาการเตรียมน้ำนมลูกเดือยโดยเปรียบเทียบการใช้จุลินทรีย์ และเอนไซม์ทางการค้า

นำลูกเดือยแช่น้ำนาน 12 ชั่วโมง แล้วนึ่งด้วยไอน้ำเดือดนาน 30 นาที จากนั้นนำลูกเดือยที่ได้มาปั่นผสมกับน้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1:6 ด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร(blender) นาน 5 นาที จนกระทั่งลูกเดือยละเอียด แล้วกรองด้วยผ้าขาวบางจะได้น้ำลูกเดือย

3.7.1.1 การย่อยน้ำแป้งลูกเดือยโดยใช้จุลินทรีย์

ศึกษาการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยที่เตรียมได้โดยใช้เชื้อรา *Aspergillus oryzae* ที่ pH เริ่มต้นเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 16 ชั่วโมง (วนิดาและศิวทัต, 2548) และเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS (Chaplin and Kennedy, 1986) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (วรรณา, 2549) และทดสอบกลิ่นรสที่ดีทางประสาทสัมผัส โดยให้คะแนนกลิ่นรสที่ดี (pleasant flavour) น้อย (+) ปานกลาง (++) มาก (+++)

3.7.1.2 การย่อยน้ำแป้งลูกเดือยโดยเอนไซม์ทางการค้า (ดัดแปลงจาก Wongkhalang and Boonyaratanakornkit, 2000)

ศึกษาการย่อยน้ำแป้งลูกเดือย โดยใช้เอน ไซม์แอลฟ่าอะไมเลส ที่ pH เริ่มต้นเท่ากับ 6.5 และอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นลดอุณหภูมิลงเป็น 60 องศาเซลเซียส ปรับ pH เท่ากับ 5 แล้วย่อยต่อด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำของเหลวที่ได้มาทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และวิเคราะห์ตัวอย่าง เช่นเดียวกับข้อที่ 3.7.1.1

3.7.2 ศึกษาแหล่งโปรตีนและแบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

3.7.2.1 โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Isolated soy protein)

เตรียมน้ำนมลูกเดือยโดยวิธีที่เหมาะสมจากข้อ 3.7.1 นำมาเติมแหล่งโปรตีนจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Isolated soy protein) 5% ผสมกับเพคติน 0.3% ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องโฮโมจิไนซ์เซอร์ 2-3 นาที แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ลดอุณหภูมิทันทีให้เหลือ 43 องศาเซลเซียส เติมเชื้อแบคทีเรียแลคติก YC-380 YF-L811 หรือ *Lactobacillus acidophilus* (La5) ปริมาณ 0.2 % บ่มที่อุณหภูมิ 42 -43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุก 2 ชั่วโมงมาวิเคราะห์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2.1.1 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกโดยวิธีการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล มีฟีนอล์ทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ (AOAC., 2000)

3.7.2.1.2 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์

3.7.2.1.3 ทดสอบกลิ่นรสที่ดีทางประสาทสัมผัส โดยให้คะแนนกลิ่นรสที่ดี (pleasant flavour) น้อย (+) ปานกลาง (++) มาก (+++)

3.7.2.1.4 วิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียแลคติก

- ตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต YC-380 หรือ YF-L811 ด้วยวิธี pour plate ในอาหาร MRS agar บ่มที่สภาวะมีอากาศเล็กน้อย (candle jar) ที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2-3 วัน

- ตรวจนับเชื้อ *L. acidophilus* โดยวิธี pour plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS-IM agar ที่มี maltoseเป็นแหล่งคาร์บอน บ่มที่สภาวะมีอากาศเล็กน้อย (candle jar) ที่อุณหภูมิ43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา2-3วัน

3.7.2.2 นมถั่วเหลือง

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 3.7.2.1 แต่ใช้แหล่งโปรตีนเสริมจากนมถั่วเหลืองในอัตราส่วนน้ำนมลูกเดือยต่อนมถั่วเหลือง เท่ากับ 1:1 โดยปริมาตร

3.7.3 ศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

แปรอัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองเท่ากับ 50:50 60:40 70:30 และ 70:30 ผสมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด(Isolated soy protein) 1% ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องโฮโมจิไนซ์เซอร์ 2-3 นาที แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ลดอุณหภูมิลงทันทีให้เหลือ 43 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมแบคทีเรียแลคติกที่คัดเลือกได้จากข้อที่ 3.7.2 ปริมาณ 0.2% บ่มที่อุณหภูมิ 42-43 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างที่ 0 และ 6 ชั่วโมงมาทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 3.7.2.1.1 – 3.7.2.1.4 และวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบรางไหล (Botswick) โดยผสมตัวอย่างให้เข้ากัน ควบคุมให้อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างใส่ในช่องสี่เหลี่ยม ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ตั้งลูกน้ำให้อยู่ตรงกลาง จากนั้นเปิดช่องสี่เหลี่ยมให้ตัวอย่างเคลื่อนที่ออกมา พร้อมจับเวลา 30 วินาที แล้วบันทึกระยะทางที่ตัวอย่างเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

3.7.4.1 โปรตีน (AOAC., 1995)

เป็นการวิเคราะห์หาไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธีเจลดาห์ล(kjeldahl) โดยทำให้สารประกอบไนโตรเจนเปลี่ยนสภาพกลายเป็นแอมโมเนียที่มีสถานะเป็นไอ จากนั้นจึงใช้เทคนิคการไทเทรตวิเคราะห์หาปริมาณของแอมโมเนีย

3.7.4.2 ไขมัน (AOAC., 1995)

เป็นการสกัดไขมันจากตัวอย่างด้วยตัวทำละลายไขมันเช่น เฮกเซน จากตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้ว เนื่องจากที่ตัวอย่างมีน้ำปะปนอยู่จะทำให้การสกัดไม่ดี หลังจากสกัดเสร็จทำการระเหยแยกตัวทำละลายออกจากตัวอย่างไขมัน

3.7.4.3 กาวิเคราะห์เยื่อใย (AOAC., 1995)

เป็นการวิเคราะห์สารอินทรีย์ที่เหลือจากการย่อยตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้วด้วยสารละลายกรดและเบส ภายใต้สภาวะที่กำหนด

3.7.4.4 คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดโดยวิธีฟีนอล-ซัลฟูริก (Wrolstad, 2001)

3.7.4.5 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS (Chaplin and Kennedy ,1986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาการเตรียมน้ำนมลูกเดือยโดยใช้จุลินทรีย์ และเอนไซม์ทางการค้า

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบของน้ำลูกเดือยที่เตรียมได้จากกระบวนการแซคคาริฟิเคชั่น (Saccharification) โดยใช้จุลินทรีย์เปรียบเทียบกับเอนไซม์ทางการค้า พบว่าน้ำนมลูกเดือยที่เตรียมจากการใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและอะไมโลกลูโคซิเดส ให้กลิ่นที่ดีทางประสาทสัมผัสและมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าการใช้เชื้อรา *Aspergillus oryzae* ซึ่งได้ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงสุดเท่ากับ 13.12 และ 1.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ คิดเป็นอัตราการย่อยเท่ากับ 65.62 และ 0.65 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการในการใช้เชื้อราย่อยแป้งนั้นต้องมีการปรับสภาวะให้เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อรา เช่น แหล่งสารอาหาร คาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสม ซึ่งอาจมีผลต่ออัตราการผลิตเอนไซม์ของเชื้อรา ในขณะที่การใช้เอนไซม์มีความจำเพาะต่อสับสเตรทมากกว่าเนื่องจากเอนไซม์ที่ใช้เป็นเอนไซม์ที่จำเพาะต่อโมเลกุลของแป้ง ทำให้สามารถย่อยแป้งเป็นน้ำตาลได้มากกว่าการใช้เชื้อรา อีกทั้งน้ำนมลูกเดือยที่เตรียมจากเชื้อราให้กลิ่นของการหมักที่ชัดเจนทำให้ไม่ได้กลิ่นหอมของลูกเดือย เมื่อเทียบกับน้ำนมลูกเดือยที่เตรียมจากเอนไซม์ จึงเลือกวิธีเตรียมน้ำนมลูกเดือยโดยใช้เอนไซม์ อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำนมลูกเดือยที่เตรียมได้จากทั้ง 2 วิธี มีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณ 9.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์น้ำนมลูกเดือยที่เตรียมจากจุลินทรีย์และเอนไซม์ทางการค้า

องค์ประกอบของน้ำนมลูกเดือย	จุลินทรีย์ 16 ชั่วโมง	เอนไซม์ 2 ชั่วโมง
น้ำตาลรีดิวซ์ (%)	1.04 ± 0.06^{a}	13.12 ± 0.14^{b}
อัตราการย่อย (mg/ml/hr.)	0.65 ± 0.04^{a}	65.62 ± 0.71^{b}
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	9.83 ± 0.10^{a}	9.86 ± 0.12^{a}
กลิ่นที่ดีทางประสาทสัมผัส (pleasant flavour)	+	+++

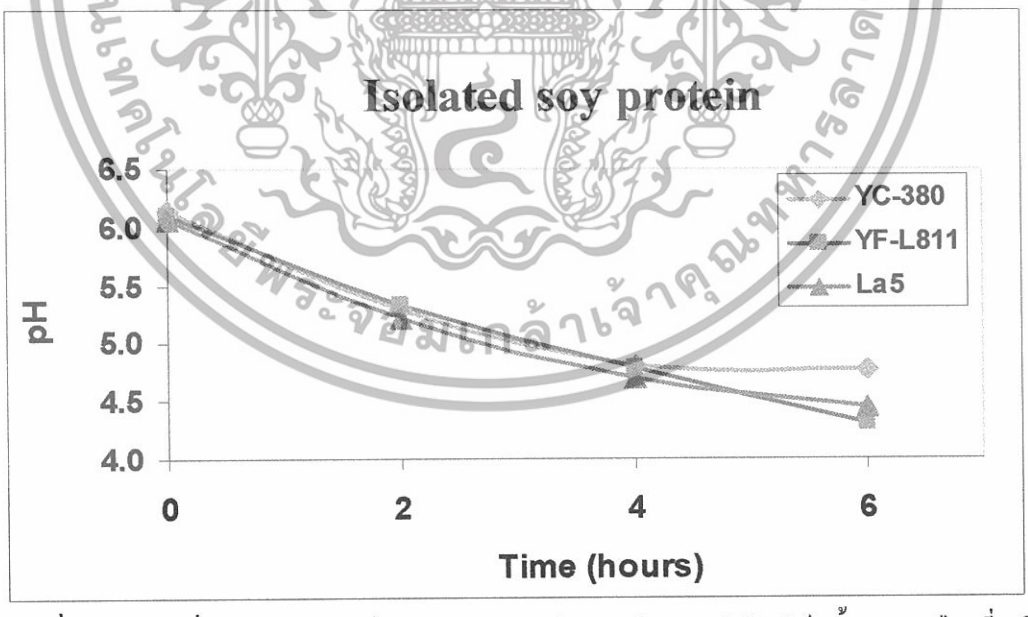
หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาแหล่งโปรตีนถั่วเหลืองและสายพันธุ์แบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

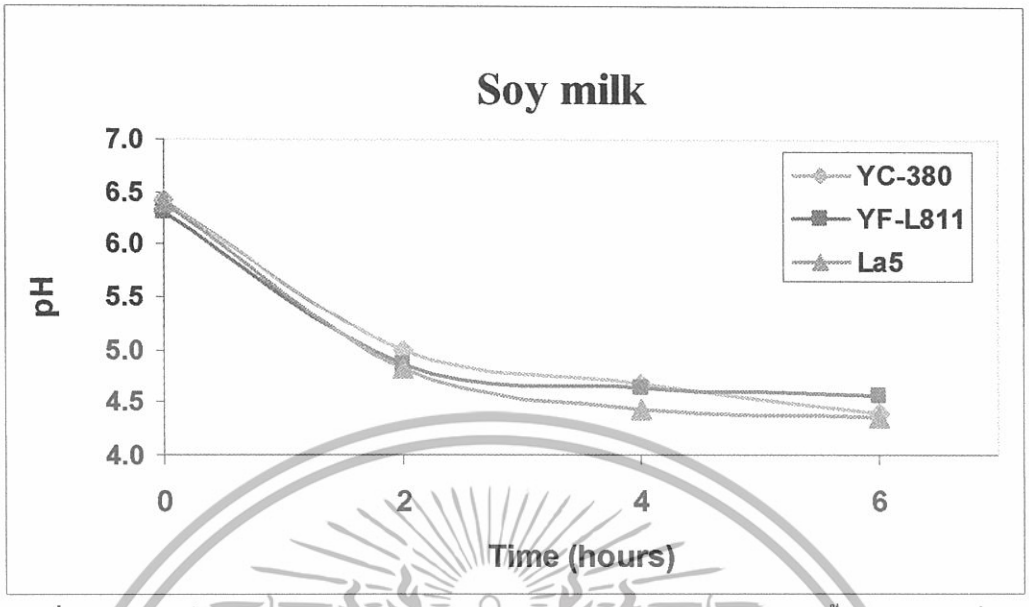
4.2.1 การเปลี่ยนแปลงพีเอชในระหว่างการหมักโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

ภาพที่ 4.1 และ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงพีเอชในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมแหล่งโปรตีนจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและนมถั่วเหลืองตามลำดับ พบว่าค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2-3 ชั่วโมงแรก โดยค่าพีเอชเริ่มต้นในโยเกิร์ตน้ำลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด มีค่าประมาณ 6.1 และค่าพีเอชเริ่มต้นของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน มีค่าประมาณ 6.3 - 6.4 จากผลการทดลองพบว่า อัตราการลดลงของพีเอชในกรณีที่ใช้นมถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนเสริม มีแนวโน้มเร็วกว่ากรณีที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด และเมื่อสิ้นสุดระยะการบ่มที่ 6 ชั่วโมง พบว่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนสกัดมีค่าสูงกว่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลืองเล็กน้อย โดยที่โยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ La5 มีค่าพีเอชที่ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า Isoelectric point (pI) ของโปรตีนถั่วเหลืองเท่ากับ 4.5 ส่งผลให้โปรตีนถั่วเหลืองเกิดการตกตะกอนเป็นเคิร์ด อย่างไรก็ตามพบว่าโยเกิร์ตที่เสริมนมถั่วเหลืองมีลักษณะเนื้อสัมผัสเนียนและมีความคงตัวของเคิร์ดดีกว่าโยเกิร์ตที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดซึ่งเกิดการแยกชั้นตะกอนโปรตีนอย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจเนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดไม่สามารถละลายได้อย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้ลักษณะที่ปรากฏของโยเกิร์ตไม่สามารถยอมรับได้ (ภาพที่ 4.7)



ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง(pH) ในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 5% เปรียบเทียบระหว่างเชื้อโยเกิร์ต YC-380 , YF-L811 และ La5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

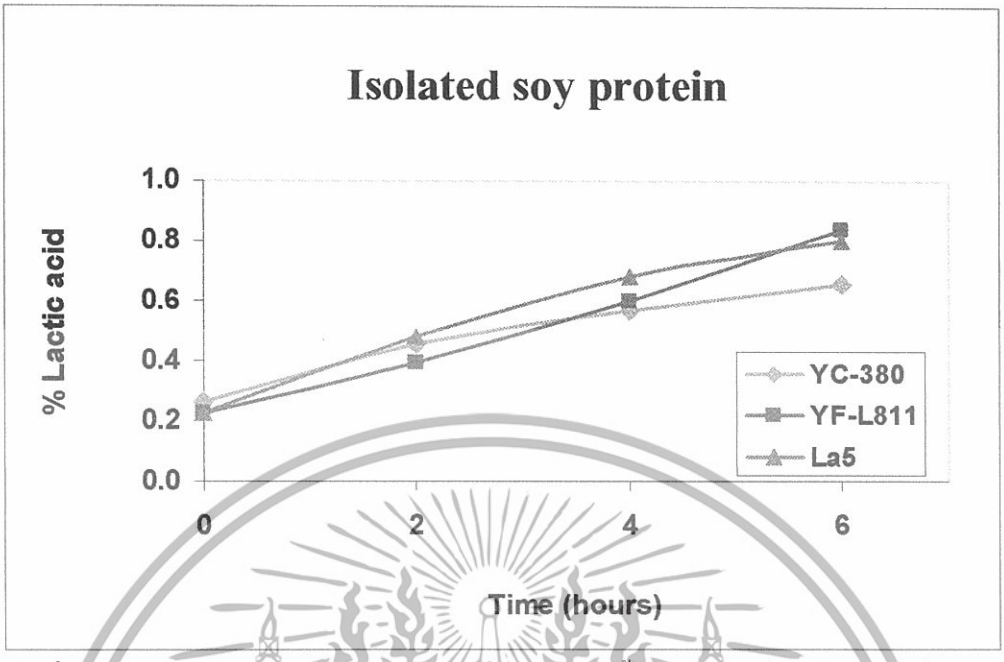


ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง(pH) ในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลืองในอัตราส่วน1:1เปรียบเทียบระหว่างเชื้อ โยเกิร์ต YC-380,YF-L811และ La5

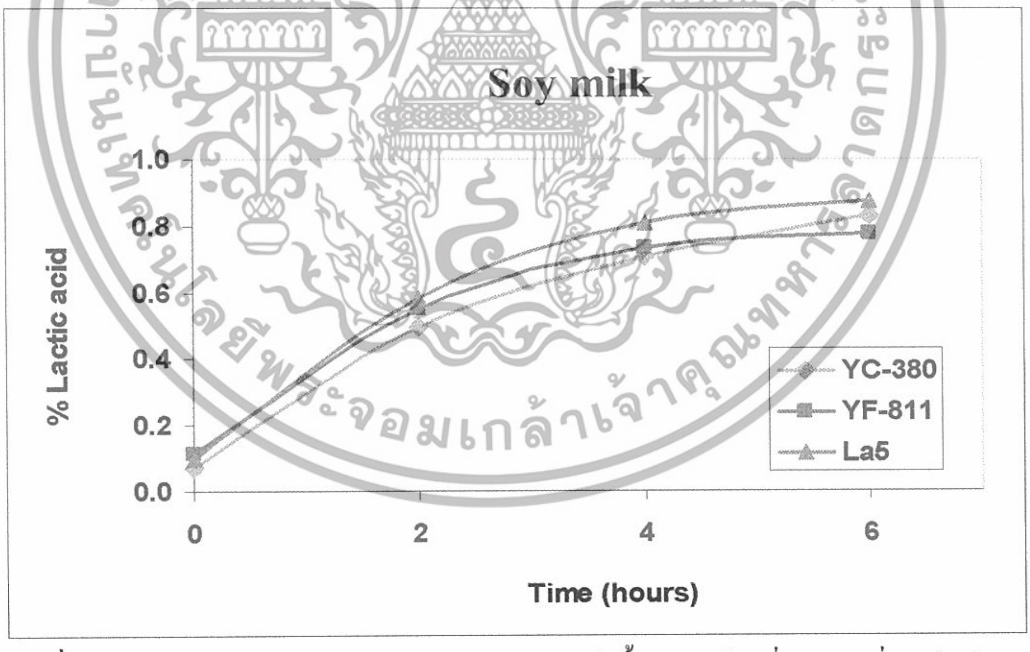
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกในระหว่างการหมักโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

ภาพที่ 4.3 และ 4.4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย พบว่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นประมาณ 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.8 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาการบ่ม 6 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่าพีเอช และมีแนวโน้มคล้ายกันทั้งกรณีของโยเกิร์ตที่หมักด้วยเชื้อ YC-380 และ YF-L811 ส่วนโยเกิร์ตที่หมักด้วยเชื้อ La5 มีแนวโน้มของปริมาณกรดแลคติกสูงที่สุด อย่างไรก็ตามอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแลคติกในระหว่างการหมักโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลือง มีแนวโน้มสูงกว่า กรณีที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 เปอร์เซ็นกรดแลคติกในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 5% เปรียบเทียบระหว่างเชื้อโยเกิร์ต YC-380 , YF-L811 และ La5

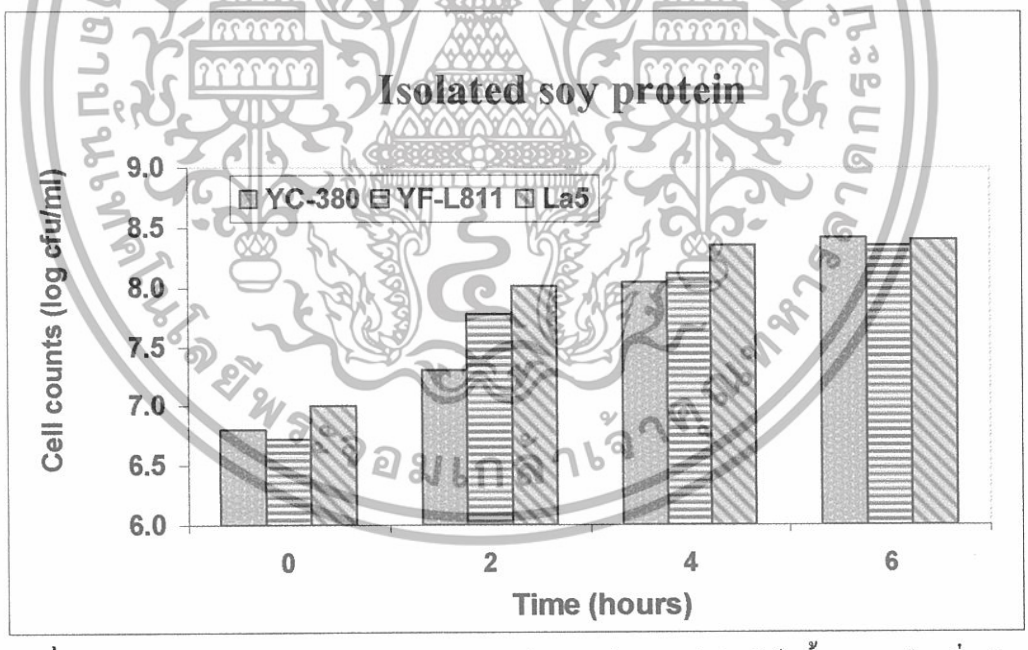


ภาพที่ 4.4 เปอร์เซ็นกรดแลคติกในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:1 เปรียบเทียบระหว่างเชื้อโยเกิร์ต YC-380 , YF-L811 และ La5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

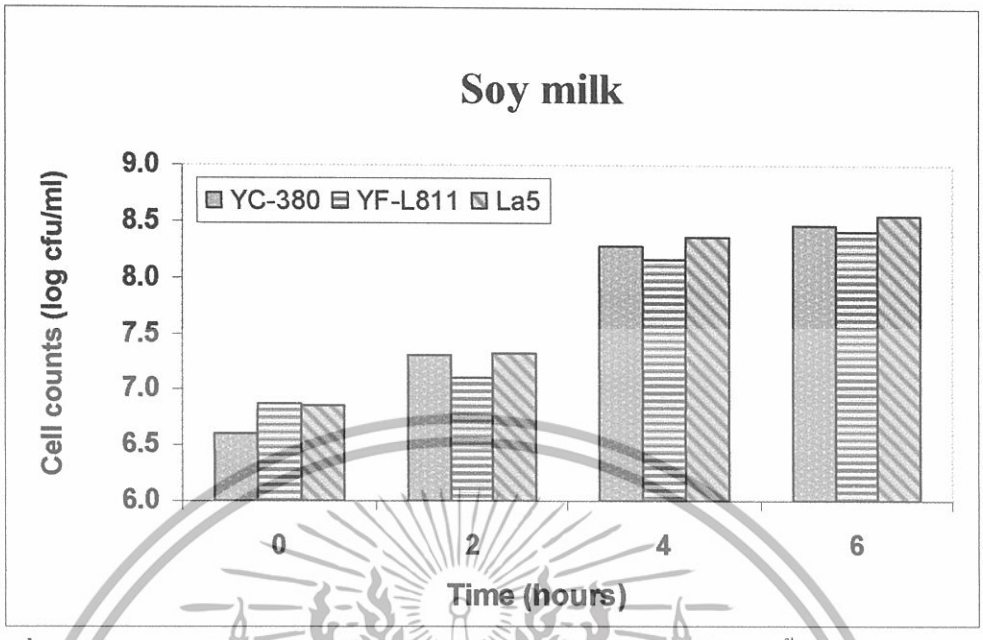
4.2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียแลคติกในระหว่างการหมักโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

ภาพที่ 4.5 และ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียแลคติกในระหว่างการหมักโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย จากการทดลองพบว่าปริมาณแบคทีเรียแลคติกที่มีชีวิตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0-4 โดยปริมาณแบคทีเรียแลคติกเริ่มต้นในโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและหมักด้วยเชื้อ YC-380 YF-L811 และ La5 มีค่าเท่ากับ 6.80 6.72 และ 7.01 log CFU/ml ตามลำดับ ส่วนปริมาณแบคทีเรียแลคติกเริ่มต้นของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลืองและหมักด้วยเชื้อ YC-380 YF-L811 และ La5 มีค่าเท่ากับ 6.61 6.86 และ 6.85 log CFU/ml ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดระยะการบ่มที่ 6 ชั่วโมง พบว่าปริมาณแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตที่เสริมโปรตีนสกัดเท่ากับ 8.42 8.35และ 8.40 log CFU/ml ตามลำดับ และปริมาณแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตที่เสริมนมถั่วเหลือง เท่ากับ 8.47 8.42 และ 8.55 log CFU/ml ตามลำดับ แสดงว่าแบคทีเรียแลคติกที่ใช้ในการทดลองนี้ สามารถเจริญในวัตถุดิบที่เป็นน้ำนมลูกเดือยซึ่งมีการเสริมแหล่งโปรตีนถั่วเหลืองทั้ง 2 ชนิดได้ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ การเจริญของแบคทีเรียแลคติก การลดลงของค่าพีเอชและการสร้างกรดในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต เป็นผลมาจากน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยแป้งลูกเดือยเป็นหลัก



ภาพที่ 4.5 ปริมาณแบคทีเรียแลคติก (log CFU/ml)ในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



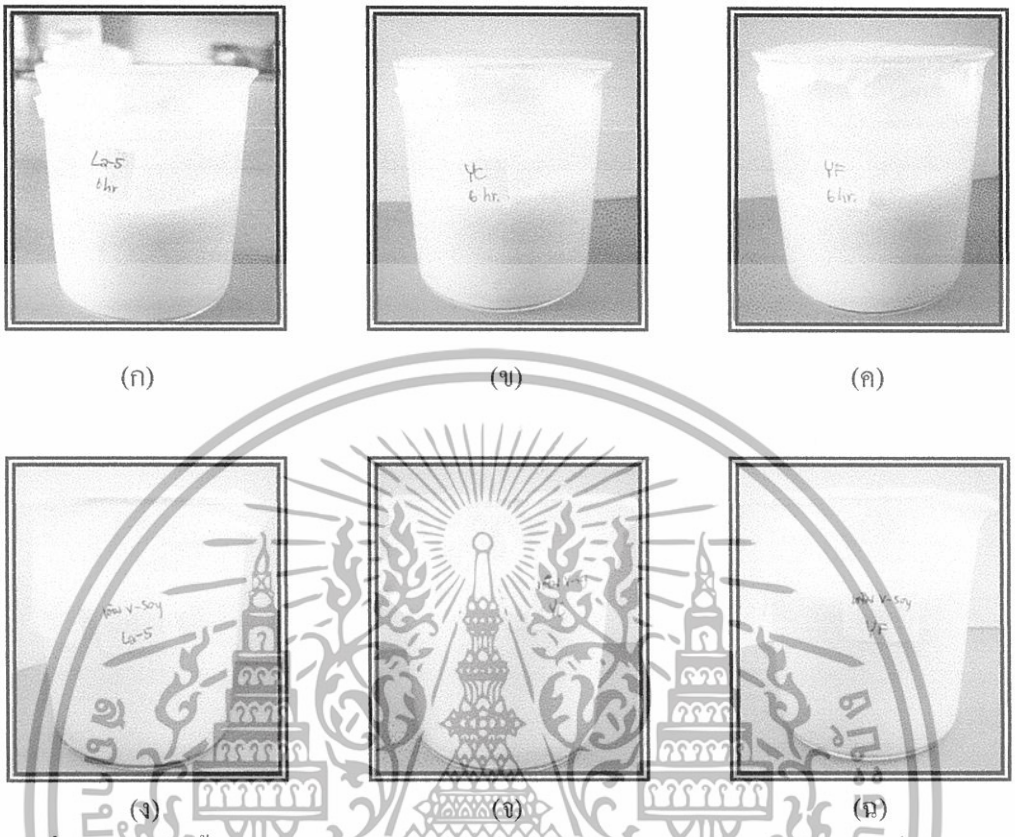
ภาพที่ 4.6 ปริมาณแบคทีเรียแลคติก (log CFU/ml) ในระหว่างการบ่มโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:1

4.2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสที่ดีทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

ภาพที่ 4.7 เปรียบเทียบลักษณะของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและนมถั่วเหลือง พบว่าโยเกิร์ตที่เสริมนมถั่วเหลือง มีลักษณะเนื้อสัมผัสและความคงตัวของเคิร์ดที่ดีกว่าโยเกิร์ตที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ซึ่งเกิดการแยกชั้นของตะกอนโปรตีนอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่สามารถยอมรับได้ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดไม่สามารถละลายได้อย่างสมบูรณ์ จึงเกิดการแยกชั้นของตะกอนโปรตีน ในขณะที่โปรตีนในนมถั่วเหลืองอยู่ในลักษณะที่เป็นคอลลอยด์เช่นเดียวกับกรณีของโปรตีนเคซีนในนมจึงสามารถเกิดเคิร์ดของโปรตีนเมื่อพีเอชลดลง ในแง่ของกลิ่นรส พบว่าโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ได้มีกลิ่นรสที่ดีของถั่วเหลืองผสมลูกเดือย

ดังนั้นในการพิจารณาเลือกแหล่งโปรตีนเสริมที่ใช้ในการหมักโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยจึงเลือกใช้แหล่งโปรตีนจากนมถั่วเหลืองซึ่งให้ลักษณะเนื้อสัมผัสและความคงตัวของโยเกิร์ตที่ดี นอกจากนี้ยังพบว่าโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ YF-L811 ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่เนียนดีกว่าเชื้อ YC-380 และ La5 อีกทั้งยังมีรสชาติที่กลมกล่อมกว่า ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อ YF-L811 เป็นเชื้อที่สามารถสร้างส่วนประกอบของเอกโซโพลีแซคคาไรด์ (Exopolysaccharide) ได้ดี ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความข้นหนืดของโยเกิร์ตไขมันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 โยเกิร์ตน้ำลูกเดือย (ก) - (ค) เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด; (ง)-(ฉ) เสริมนมถั่วเหลือง; (ก) และ (ง) หมักโดยเชื้อ La5; (ข) และ (จ) หมักโดยเชื้อ YC-380; (ค)และ (ฉ) หมักโดยเชื้อ YF-L811

4.3 ศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำนมลูกเดือยและนมถั่วเหลืองในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

จากการทดลองแปรอัตราส่วนระหว่างน้ำนมลูกเดือยต่อนมถั่วเหลืองเท่ากับ 50:50 60:40 70:30 และ 70:30:ISP 1% ทำการหมักโดยใช้เชื้อผสมระหว่าง YF-L811 และ La5 (ในอัตราส่วน 1:1) และเชื้อ YF-L811 เพียงอย่างเดียว พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของน้ำนมลูกเดือยมีผลทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีความหนืดและความคงตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าอัตราส่วนของน้ำลูกเดือยต่อนมถั่วเหลืองที่ระดับ 50:50 ของเชื้อ YF-L811 และเชื้อผสมระหว่าง YF-L811 กับ La5 ให้ผลระยะทางการไหลน้อยที่สุด เท่ากับ 4.5 และ 3.7 ตามลำดับ แสดงว่าโยเกิร์ตที่ได้ให้ความหนืดมากกว่าในอัตราส่วนอื่น ซึ่งสอดคล้องกับระดับคะแนนของลักษณะเนื้อสัมผัสและความคงตัวของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ได้ (ตารางที่ 4.3) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณโปรตีนนมถั่วเหลืองมีไม่เพียงพอที่ส่งผลให้เกิดเคิร์ดที่คงตัวแก่ผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามโยเกิร์ตที่ได้จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมักด้วยเชื้อผสม YF-L811 และ La5 ให้รสที่เปรี้ยวแหลมมากกว่าโยเกิร์ตที่หมักด้วยเชื้อ YF-L811 เพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 4.2 ความหนืดของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วนต่างๆ

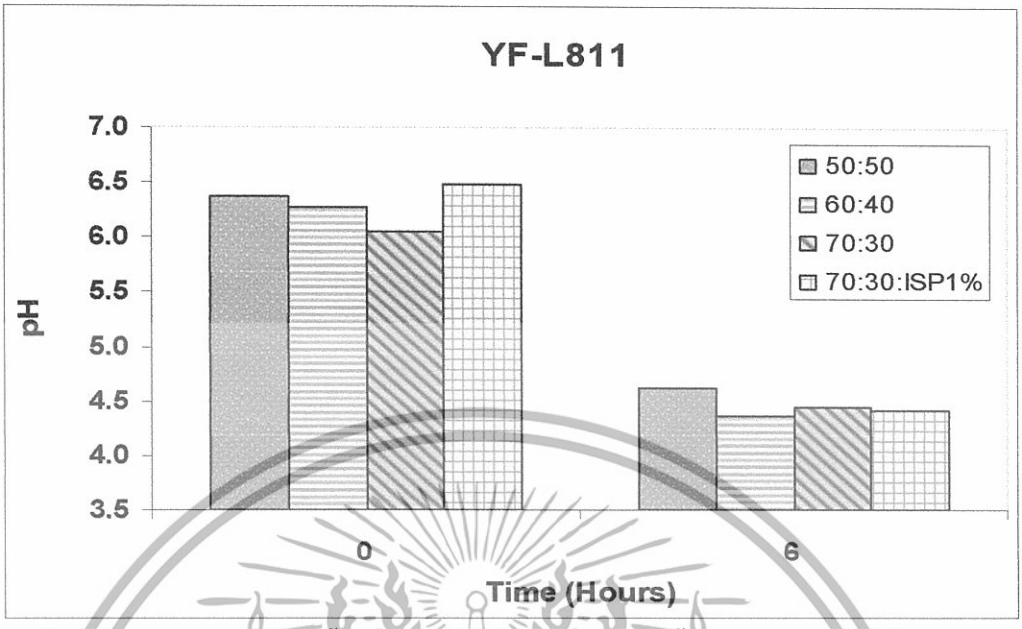
อัตราส่วน น้ำนมลูกเดือย: นมถั่วเหลือง	ระยะทางเฉลี่ย (cm)	
	YF-L811	YF-L811 + La5 (Mixed culture)
50:50	4.45 ± 0.07^{a}	3.65 ± 0.07^{a}
60:40	4.95 ± 0.07^{b}	5.65 ± 0.07^{b}
70:30	7.45 ± 0.07^{c}	7.95 ± 0.07^{c}
70:30:ISP 1%	6.95 ± 0.07^{d}	6.45 ± 0.07^{d}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

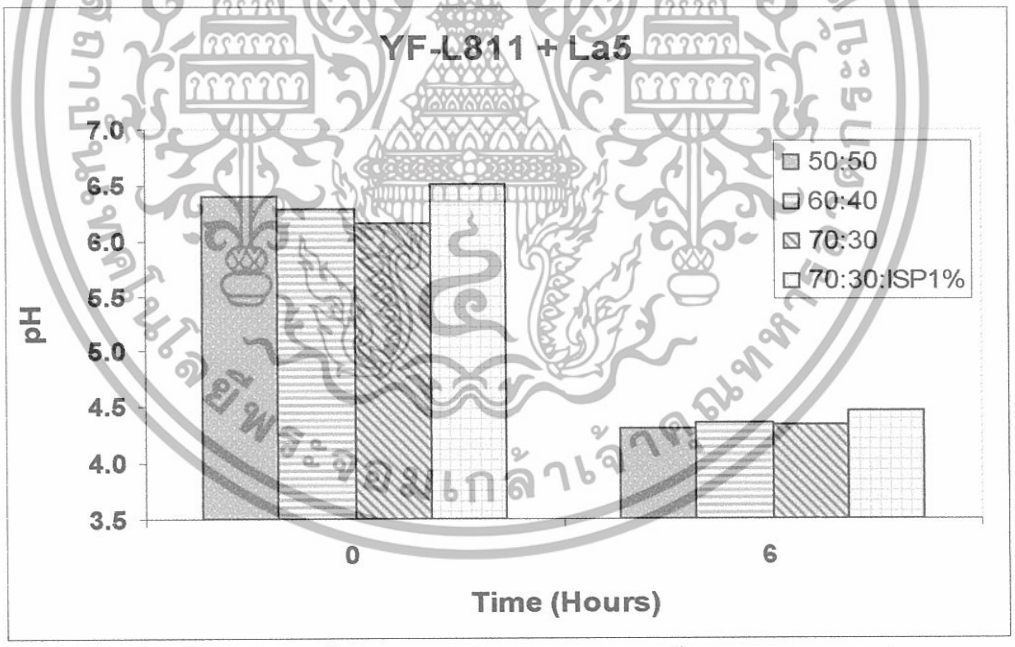
ตารางที่ 4.3 ระดับคะแนนของลักษณะเนื้อสัมผัสและความคงตัวของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยแต่ละที่เสริมนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน น้ำนมลูกเดือย: นมถั่วเหลือง	คะแนนเนื้อสัมผัสและความคงตัว	
	YF-L811	YF-L811 + La5 (Mixed culture)
50:50	+++	+++
60:40	++	++
70:30	+	+
70:30:ISP 1%	+	+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ค่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกันและหมักโดยเชื้อ YF-L811



ภาพที่ 4.9 ค่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกันและหมักโดยเชื้อ YF-L811 ร่วมกับ La5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

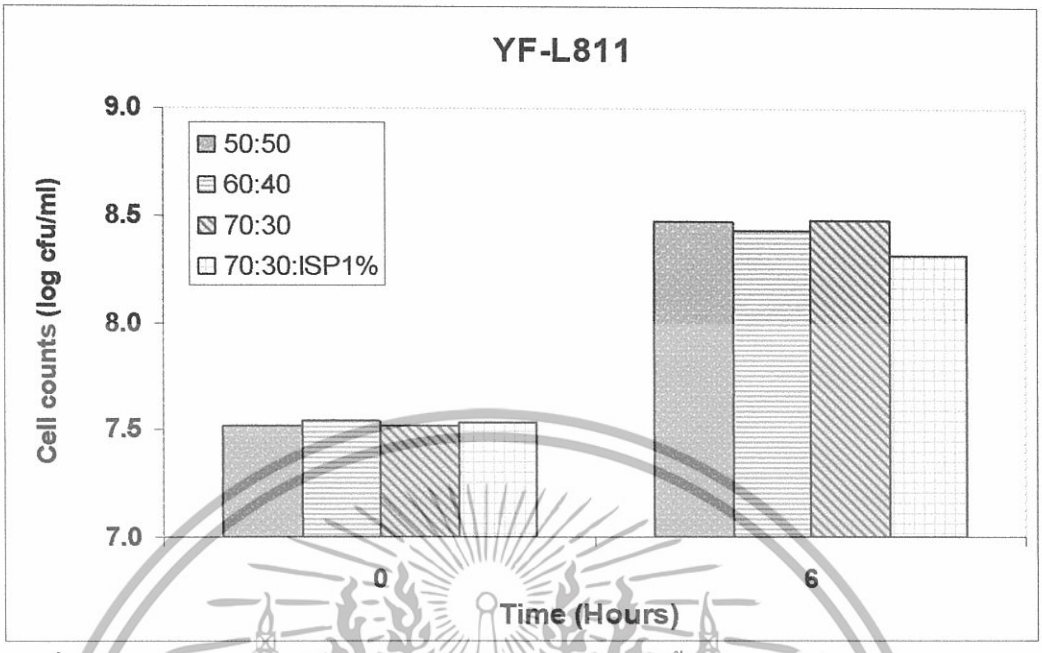
ภาพที่ 4.8 4.9 และตารางที่ 4.4 แสดงค่าพีเอชและเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ได้ พบว่าโยเกิร์ตที่ได้จากการหมักโดยเชื้อผสมระหว่าง YF-L811 และ La5 มีแนวโน้มของค่าพีเอชต่ำกว่าและปริมาณกรดสูงกว่ากรณีที่หมักโดยเชื้อ YF-L811 เพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะที่อัตราส่วนน้ำนมลูกเดือยต่อนมถั่วเหลือง 50:50 ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อ La5 มีอัตราการสร้างกรดสูงกว่า YF-L811 ดังแสดงในภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นกรดแลคติกของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกัน

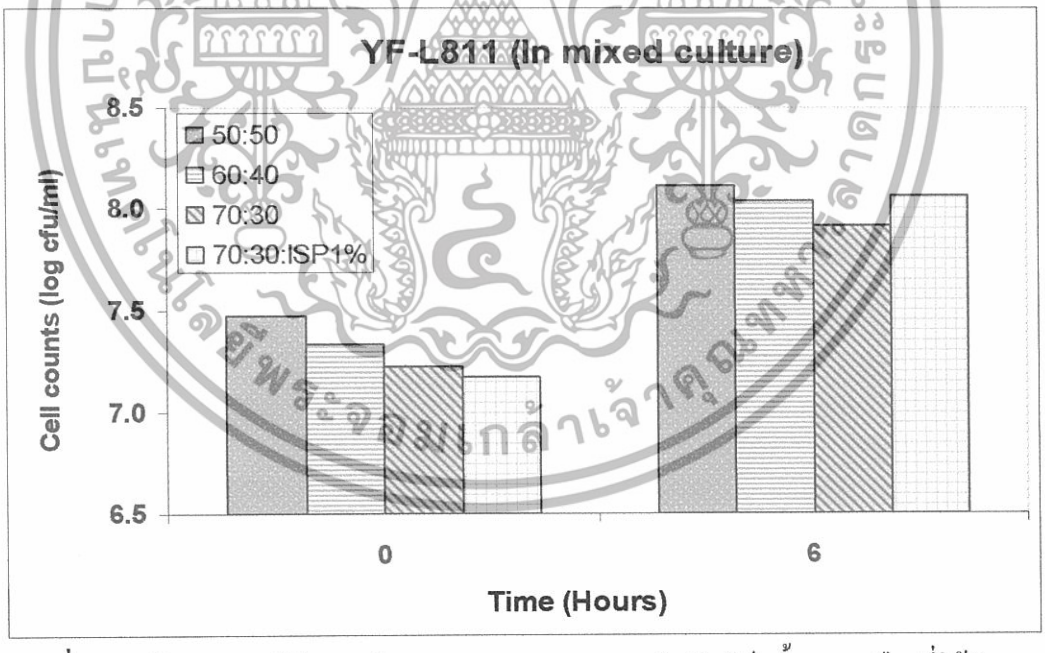
สายพันธุ์	อัตราส่วน น้ำนมลูกเดือย: นมถั่วเหลือง	เปอร์เซ็นกรดแลคติก	
		0 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
YF-L811	50:50	0.10	0.74
	60:40	0.14	0.86
	70:30	0.21	0.80
	70:30:ISP 1%	0.09	0.77
YF-L811 + La5 (Mixed culture)	50:50	0.11	0.88
	60:40	0.16	0.86
	70:30	0.19	0.88
	70:30:ISP 1%	0.10	0.79

จากภาพที่ 4.10 4.11และ 4.12 แสดงปริมาณแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย พบว่าในโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยทั้ง มีปริมาณแบคทีเรียแลคติกเพิ่มขึ้นถึง 8 log cfu/ml เมื่อสิ้นสุดการบ่มเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและการลดลงของค่าพีเอช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

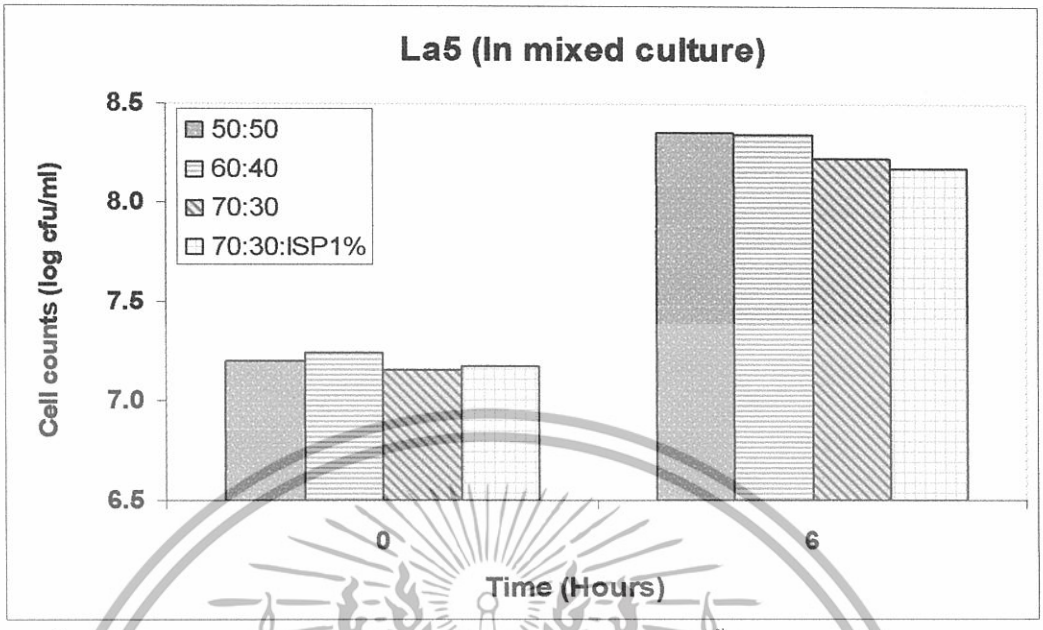


ภาพที่ 4.10 ปริมาณแบคทีเรียแลคติก (log CFU/ml) ในโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกันและหมักโดยเชื้อ YF-L811

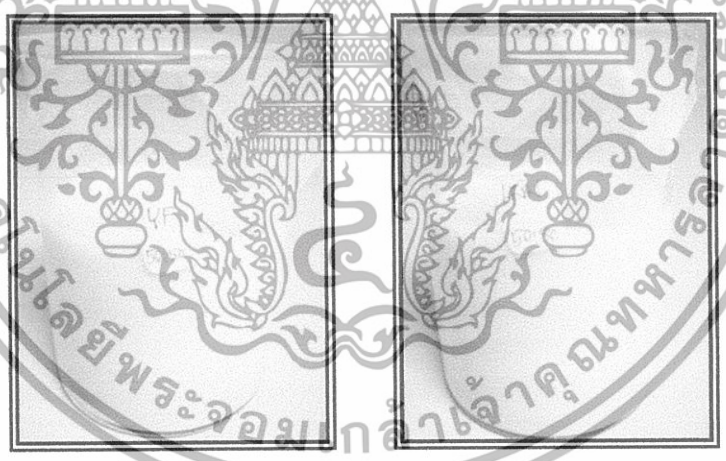


ภาพที่ 4.11 ปริมาณแบคทีเรียแลคติก YF-L811 (log CFU/ml)ในโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกันและหมักโดย YF-L811ร่วมกับ La5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 ปริมาณแบคทีเรียแลคติก La5 (log CFU/ml) ในโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกันและหมักโดย YF-L811ร่วมกับ La5



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.13 โยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย (ก) ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยต่อนมถั่วเหลือง เท่ากับ 50:50 หมักโดย YF-L811 (ข) ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยต่อนมถั่วเหลือง เท่ากับ 50 : 50 หมักโดย YF-L811ร่วมกับ La5 ในอัตราส่วน 1: 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ได้จากการใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยต่อนมถั่วเหลือง 50:50 พบว่ามีโปรตีน 0.97 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.27 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 4.89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำตาล 3.43 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 1.13 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย 100 มิลลิลิตร

องค์ประกอบทางเคมี	โยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย	โยเกิร์ตรสธรรมชาติตราดัชชี่
โปรตีน(%)	0.97	4.00
ไขมัน(%)	2.27	2.67
คอเลสเตอรอล(mg%)	0	13.33
เยื่อใย(%)	1.13	0
คาร์โบไฮเดรต(%)	4.89	10.67
น้ำตาล(%)	3.43	8.33

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างโยเกิร์ตน้ำลูกเดือยและโยเกิร์ตรสธรรมชาติที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด พบว่า โยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยมีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าโยเกิร์ตรสธรรมชาติที่ผลิตจากนมโค และมีปริมาณไขมันน้อยกว่า อีกทั้งยังเป็นไขมันจากพืชซึ่งไม่มีคอเลสเตอรอลจึงทำให้โยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยสามารถจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพและยังเหมาะสมสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่เป็นมังสวิรัติแบบเคร่งครัดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาการเตรียมน้ำนมลูกเดือยโดยการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล (Saccharification) โดยใช้จุลินทรีย์ และเอนไซม์ทางการค้า พบว่าการใช้เอนไซม์ให้อัตราการผลิตน้ำตาลสูงกว่าและกลิ่นที่ดีกว่าการย่อยโดยใช้เชื้อรา *A. oryzae*

2. แบคทีเรียแลคติก *L. bulgaricus* , *S. thermophilus* (YC-380 และ YF-L811) และ *L. acidophilus* (La5) สามารถเจริญและใช้น้ำตาลที่ได้จากการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยเพื่อผลิตกรดแลคติกทำให้ค่าพีเอชลดลงและมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น โยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนจากนมถั่วเหลืองมีเนื้อสัมผัสที่เนียน คงตัวและกลิ่นรสที่ดีกว่าโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อหมักด้วยเชื้อ YF-L811 พบว่าให้เนื้อสัมผัสและกลิ่นรสดีที่สุด

3. อัตราส่วนระหว่างน้ำนมลูกเดือยและนมถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย คือ 50:50 เนื่องจากโยเกิร์ตที่ได้มีความหนืดและความคงตัวดีกว่าที่อัตรา 60:40 และ 70:30 อย่างไรก็ตามโยเกิร์ตที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อผสม YF-L811 และ La5 ให้รสชาติที่เปรี้ยวแหลมมากกว่าโยเกิร์ตที่หมักด้วยเชื้อ YF-L811 เพียงอย่างเดียว

4. โยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยเสริมโปรตีนนมถั่วเหลืองที่ได้ มีปริมาณเยื่อใยที่สูงกว่าและมีปริมาณไขมันต่ำกว่าโยเกิร์ตรสธรรมชาติจากนมโคที่มีจำหน่ายทั่วไป อีกทั้งยังเป็นไขมันจากพืชที่ไม่มีคอเลสเตอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. การปรับปรุงรสชาติของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่หมักโดยเชื้อ YF-L811 ร่วมกับจุลินทรีย์โพรไบโอติก *L. acidophilus* (La5) ให้มีรสเปรี้ยวแหลมลดลงโดยการเติมผลไม้เชื่อม หรือธัญพืชอื่นๆ หรืออาจศึกษาการหมักโดยใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกสายพันธุ์ที่สร้างกรดได้น้อยกว่า La5 เช่น Bifidobacteria เป็นต้น

2. ในแง่ของเปอร์เซ็นต์โปรตีนในโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยค่อนข้างต่ำ อาจเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของแข็งในนมถั่วเหลือง เพื่อให้สามารถใช้สัดส่วนของน้ำนมลูกเดือยเท่าเดิม แต่ได้โปรตีนจากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โปรตีน (AOAC, 1995)

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดบอริก 2 %
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 หรือ 0.01 N
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32%
5. Catalyst (1:8 ของ $CuSO_4/K_2SO_4$)
6. สารละลายอินดิเคเตอร์

   เตรียม 0.1%Bromocresol green ใน alcohol 95%

   เตรียม 0.1%Methyl red ใน alcohol 95%

   นำ 0.1%Bromocresol green จำนวน 10 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.1%Methyl red จำนวน 1 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 0.1-0.5 กรัม (ขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนของตัวอย่างถ้าปริมาณโปรตีนน้อยให้ใช้ตัวอย่างมาก) เติม catalyst 7-10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15-25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 2-3 ลูก ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน (ปริมาณ catalyst และกรดซัลฟูริกที่ใช้ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องย่อยที่ใช้)
2. นำหลอดย่อยโปรตีนไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย จนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส ปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมด ทิ้งไว้ให้เย็น
3. นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32% กับน้ำกลั่นในปริมาณที่เครื่องกลั่นแต่ละเครื่องกำหนด ใช้กรดบอริกเข้มข้น 2% เป็นตัวจับแอมโมเนียตวงกรดบอริก 2% ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร หยด mixed indicator 2-3 หยดจะได้สารสีส้มแดงใส รอจนกลั่นเสร็จ
4. นำ Erlenmeyer flask หลังจากกลั่นเสร็จที่มีสารละลายกรดบอริกกับแอมโมเนียซึ่งมีสีฟ้าใส มาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 หรือ 0.01 N จนสารละลายเปลี่ยนไปเป็นใส ไม่มีสี บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้
5. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A - B) \times N\,HCl \times 14 \times 100}{Wt.sample \times 1000}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไขมัน (AOAC, 1995)

สารเคมี

- ปิโตเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส

วิธีการทดลอง

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้วประมาณ 5.00-10.00 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ในทิมเบิล (extraction thimble) ตวงปิโตเลียมอีเทอร์จำนวน 140-180 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์ไขมัน ต่อทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างและบีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง เมื่อครบเวลานำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง
3. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์หลังสกัด} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์ก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

3. สารเยื่อใย (crude fiber) (AOAC, 1995)

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 0.255 N : ปิเปตกรดซัลฟูริก 98.1% จำนวน 6.93 มิลลิลิตร หรือ ปิเปตกรดซัลฟูริก 96% จำนวน 7.09 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตร 1 ลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 N : เตรียมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
3. แอลกอฮอล์ 95%

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2.5 กรัม (น้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในบีกเกอร์สำหรับย่อย เติมกรดซัลฟูริก 0.255 N จำนวน 200 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่องย่อยต้มให้เดือดนาน 30 นาที กรองด้วยผ้ากรองล้างกากด้วยน้ำกลั่นร้อนหลาย ๆ ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำกากที่ล้างแล้วมาขูดใส่บีกเกอร์ย่อย เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 N ลงไป 200 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดนาน 30 นาที กรองด้วยผ้ากรองกาก ล้างกากด้วยน้ำกลั่นร้อนหลาย ๆ ครั้ง แล้วล้างด้วยแอลกอฮอล์ 95% 10 มิลลิลิตร
3. ขูดกากจากผ้ากรองใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง นำไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
4. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที แล้วนำออกมาใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
5. การคำนวรหาเปอร์เซ็นต์เยื่อใย

$$\text{เปอร์เซ็นต์สารเยื่อใย} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100$$

W = น้ำหนักตัวอย่าง

W_1 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและกากหลังอบแห้ง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและเถ้าหลังจากเผา (กรัม)

4. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS (Chaplin and Kennedy ,1986)

<u>สารเคมี</u>

การเตรียม dinitrosalicylic reagent (DNS reagent) : ละลาย 3,5- dinitrosalicylic acid 1 กรัม ใน 2 N NaOH 20 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร คนให้ละลาย จากนั้นเติม potassium sodium tartrate 30 กรัม คนให้ละลายปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

<u>วิธีการ</u>

1. เจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ <5 ไมโครโมลปิเปต ตัวอย่างเจือจาง 1 มิลลิลิตร ผสมกับ DNS reagent 1 มิลลิลิตร ปิดหลอดทดลองด้วยลูกแก้ว
2. นำไปต้มให้เดือด 5 นาที แล้วนำมาแช่ลงในน้ำเย็นทันที
3. นำมาผสมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm
4. การคำนวณน้ำตาล

   จากสมการกราฟมาตรฐานกลูโคส ; $y = ax$

   y = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

   x = ปริมาณน้ำตาล

   นำค่า x ที่คำนวณได้ มาคูณกับระดับการเจือจาง
5. คำนวณอัตราการหมัก อัตราการหมัก = ความเข้มข้นของน้ำตาล/เวลาการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดโดยวิธีฟีนอล-ซัลฟูริก (Wrolstad, 2001)

<u>การสร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve)</u>

เตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐานใส่หลอดทดลองโดยให้มีปริมาณกลูโคสในแต่ละหลอดเป็น 10 20 30 40 50 60 70 และ 80 ไมโครกรัม โดยปิเปตสารละลายกลูโคสปริมาตร 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 และ 0.8 มิลลิลิตรจากสารละลายกลูโคสมาตรฐานความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองแต่ละหลอด แล้วเติมน้ำกลั่นในแต่ละหลอดให้มีปริมาตรรวมเป็น 2 มิลลิลิตร แล้วนำมาเติมฟีนอล (4%) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริก (96%) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร นำส่วนผสมทั้งหมดไปเขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน

<u>การวิเคราะห์ตัวอย่าง</u>

นำน้ำลูกเดือยมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นอัตราส่วน 1:100 1:1000 ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางแล้วปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง เติมฟีนอล (4%) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติมกรดซัลซัลฟูริก (96%) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร นำส่วนผสมทั้งหมดไปเขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer นำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดจากกราฟมาตรฐาน

6. การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดทั้งหมด (Total Titration Acidity) (AOAC, 2000)

<u>สารเคมี</u>

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N เตรียมโดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ใส่ขวดพลาสติกเก็บไว้ นำมาไทเทรตในสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (potassium hydrogen phathalate) เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอน

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีขั้นตอนดังนี้ ชั่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (อบแห้งที่ 120°C นาน 2 ชั่วโมง และทิ้งไว้ใน desiccator) นำมาชั่งด้วยตาชั่งละเอียด 0.3-0.5 กรัม หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1% ลงในสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่บรรจุอยู่ในบิวเรต จนกระทั่งสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลตเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน และสีชมพูยังไม่เปลี่ยนภายใน 1 นาที แล้วคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Normality NaOH} = \frac{\text{น้ำหนัก (g) ของ KHP x 1000}}{\text{ปริมาตรของ NaOH (ml) x 204.299}}$$

การคำนวณปริมาณกรดแลคติก

คำนวณตามสูตร

$$\text{ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)} = \frac{N \times V_1 \times 90.08 \times 100}{1000 \times V_2}$$

โดย N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล)

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (มิลลิลิตร)

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ใส่ตัวอย่างจำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจำนวน 75 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนประมาณ 3 หยดเขย่าให้เข้ากัน นำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน จนกระทั่งถึงจุดยุติได้เป็นสารละลายสีชมพูอ่อน

7. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (วรรณา ตั้งเจริญชัย, 2549)

อุปกรณ์การทดลอง

1. ถ้วยระเหย เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6-8 เซนติเมตร
2. ปิเปตขนาด 5 ml
3. Water bath (100°C)
4. Drying oven (102 ± 2°C)
5. Desiccator ซึ่งมี silica gel ซึ่งมีสีบ่งบอกถึงความชื้น

วิธีการ

1. อบถ้วยระเหยหาความชื้นที่อุณหภูมิ 102 ± 2°C นาน 1 ชั่วโมง
2. ทำให้เย็นใน desiccator นาน 30 นาที
3. ชั่งน้ำหนักของถ้วยระเหย ได้น้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยมสี่ตำแหน่ง
4. ปิเปตตัวอย่างที่ผสมเข้ากันดี 3 มิลลิตร และชั่งน้ำหนัก
5. นำถ้วยระเหยวางบน water bath นาน 3 นาที
6. เช็ดก้นถ้วยให้แห้ง นำไปอบในตู้อบร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เมื่ออบนาน 2 ชั่วโมง และทำให้ถ้วยระเหยเย็นใน desiccator
8. ชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยมสี่ตำแหน่ง
9. นำถ้วยระเหยกลับไปอบร้อนต่อนานอีก 1 ชั่วโมง
10. ทำให้ถ้วยระเหยเย็นใน desiccator
11. ชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยมสี่ตำแหน่ง
12. คำนวนเปอร์เซนต์ของแข็งทั้งหมด ดังนี้

$$\% \text{ ของแข็งทั้งหมด} = \frac{\text{น้ำหนักของกากแห้ง} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช.

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์โยกิร์ตทั้งหมด

อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS medium ประกอบด้วย

MRS broth	52	กรัม
Agar	15	กรัม

ละลายส่วนประกอบทั้งหมดให้เข้ากัน และนำไปต้มจนได้สารละลายใส ระวังอย่าให้วุ้นจับตัวกันเป็นก้อน ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บใส่ภาชนะแล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดันไอ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

0.1% Peptone

เตรียมโดยละลาย peptone 1.0 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร แบ่งใส่หลอดทดลองหลอดละ 9 มิลลิลิตร นำนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

วิธีวิเคราะห์

เตรียมความเจือจางของตัวอย่างและ control ความเข้มข้น 10^{-1} โดยปิเปตตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มี 0.1% peptone ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและนำมาเตรียมจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงบนจานเลี้ยงเชื้อก่อนเทอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar ที่เตรียมไว้ลงไป จากนั้นทำการ pour plate แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 35 ±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และทำการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น

การคำนวณ

$$\text{จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีที่นับได้} \times \text{dilution factor}}{1.00 \text{ ml}}$$

2. การวิเคราะห์จำนวนเชื้อ *Lactobacillus acidophilus*

อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS-IM agar ที่ประกอบด้วยสารละลาย maltose

การเตรียม MRS-IM agar

Trytone	10	กรัม
Yeast extract	5	กรัม
Tween 80	1	กรัม
di-Potassium hydrogen phosphate	2.6	กรัม
Sodium acetate,$3H_2O$	5	กรัม
di-Ammonium hydrogen citrate	2	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Manganese(II)-sulphate , H_2O	0.05	กรัม
Magnesium sulphate,$7H_2O$	0.2	กรัม
Agar	13	กรัม

ละลายส่วนประกอบทั้งหมดให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มจนได้สารละลายใส ระวังอย่างให้วุ้นจับตัวกันเป็นก้อน ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บใส่ภาชนะแล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดันไอ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

การเตรียม 20%(w/v) maltose solution

Maltose	20	กรัม
น้ำกรอง	100	มิลลิลิตร

นำสารละลาย maltose ที่เตรียมได้มากรองฆ่าเชื้อ(0.45 ไมครอน) แล้วเก็บในภาชนะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส

การเตรียมอาหาร MRS-IM Agar ที่ประกอบด้วยสารละลาย maltose

นำอาหาร MRS-IM 1000 มิลลิลิตร ที่เตรียมไว้มาทำให้ละลาย แล้วรอให้อุณหภูมิประมาณ 47 องศาเซลเซียส จึงเติม 20% maltose ลงไป ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

เตรียมความเจือจางของตัวอย่างและ control ความเข้มข้น 10^{-1} โดยปิเปตตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มี 0.1% peptone ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและนำมาเตรียมจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ลงไป จากนั้นทำการ pour plate แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 35 ±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และทำการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น

การคำนวณ

$$\text{จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีที่นับได้} \times \text{dilution factor}}{1.00\ \text{ml}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ข้อมูลการทดลอง

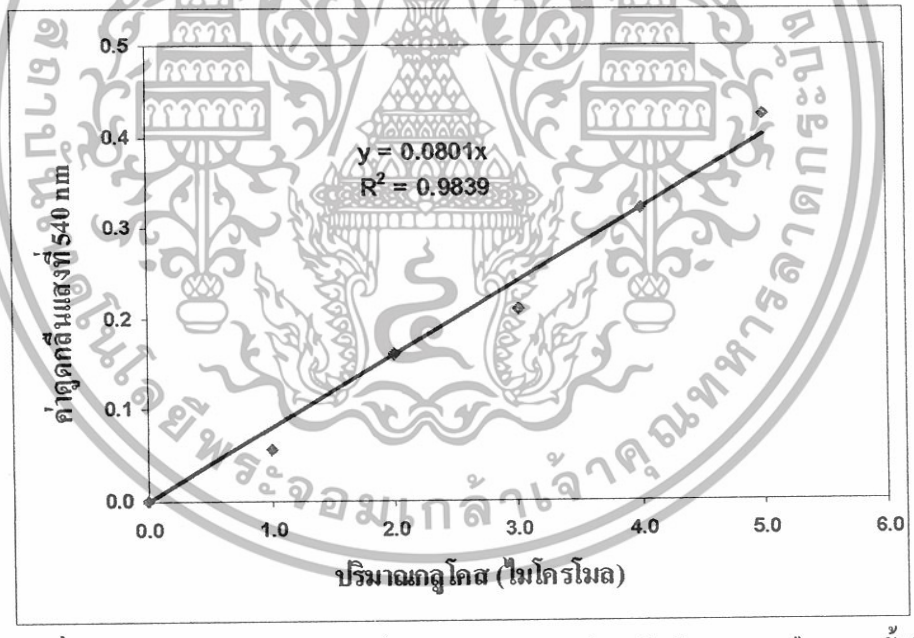
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ศึกษาการเตรียมน้ำนมลูกเดือยโดยใช้จุลินทรีย์ และเอนไซม์ทางการค้า

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS (Chaplin and Kennedy ,1986)

ตารางผนวกที่ ค1 ปริมาณกลูโคสมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง ครั้งที่ 1

หลอดที่	ปริมาณกลูโคสมาตรฐาน (ไมโครโมล)	ค่าดูดกลืนแสงที่ 540 nm			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
Blank	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1.0	0.067	0.047	0.052	0.055
2	2.0	0.157	0.178	0.144	0.160
3	3.0	0.181	0.221	0.229	0.210
4	4.0	0.300	0.321	0.340	0.320
5	5.0	0.422	0.423	0.426	0.424



ภาพผนวกที่ ค1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสกับค่าการดูดกลืนแสงครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค2 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของวิธีการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยที่ต่างกัน

วิธีการย่อยแป้ง	เวลา (ชั่วโมง)	dilution	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/ml)				% ปริมาณน้ำตาล
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
จุลินทรีย์	16	1:10	11.20	9.88	10.03	10.37	1.04 ± 0.06
เอนไซม์	2	1:100	132.23	129.60	131.86	131.23	13.12 ± 0.14

วิธีคำนวณ

จากกราฟมาตรฐานครั้งที่ 1 $y = 0.0801x$

y ค่าดูดกลืนแสงที่ 540 nm

x ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (ไมโครโมล)

แทนค่า

วิธีการย่อยแป้งด้วยจุลินทรีย์

ครั้งที่ 1 $0.498 = 0.0801x$

$x = 6.271$ ไมโครโมล

แปลงหน่วยให้เป็นหน่วยมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

$$x = \frac{6.271 \times 10 \times 180.2}{1000}$$

$= 11.203$ mg/ml

หมายเหตุ วิธีกาย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ใช้กราฟกลูโคสมาตรฐานครั้งที่ 2 คือ $y = 0.0958x$

ตารางผนวกที่ ค3 อัตราการหมักของวิธีการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลด้วยวิธีต่างกัน

วิธีการย่อยแป้ง	เวลา (ชั่วโมง)	อัตราการหมักสูงสุด (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรต่อชั่วโมง)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
จุลินทรีย์	16	0.70	0.62	0.63	0.65 ± 0.04
เอนไซม์	2	66.12	64.80	65.93	65.62 ± 0.71

วิธีคำนวณ

$$\text{อัตราการหมัก} = \frac{\text{ความเข้มข้นของน้ำตาล}}{\text{เวลาการหมัก}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า

วิธีการย่อยแป้งด้วยจุลินทรีย์

ครั้งที่ 1 อัตราการหมัก = 11.20/16

= 0.70 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรต่อชั่วโมง

1.2 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของแข็ง

ตารางผนวกที่ ค4 เปอร์เซ็นต์ของแข็งของวิธีการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยที่ต่างกัน

วิธีการย่อยแป้ง	ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง(กรัม)	น้ำหนักถ้วยกระเบื้องอบแห้ง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ของแข็ง	**เปอร์เซ็นต์ของแข็งเฉลี่ย**
จุลินทรีย์	1	3.1367	62.9190	63.2251	9.76	**9.83 ± 0.10**
	2	2.9130	65.0719	65.3605	9.91	
เอนไซม์	1	2.9682	62.0128	62.3079	9.94	**9.86 ± 0.12**
	2	2.7663	65.0736	65.3441	9.78	

หมายเหตุ จุลินทรีย์ หมายถึง เชื้อรา *Aspergillus oryzae*

เอนไซม์ หมายถึง เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส

วิธีการคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้องอบแห้} - \text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง}) \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

แทนค่า ครั้งที่ 1 (การย่อยแป้งด้วยจุลินทรีย์)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด} = \frac{(63.2251 - 62.9190) \times 100}{3.1367}$$

= 9.76 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ศึกษาแหล่งโปรตีนถั่วเหลืองและสายพันธุ์แบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

2.1 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

ตารางผนวกที่ ค5 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของเชื้อ YC-380 ของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

ชั่วโมงที่	pH	ปริมาณ NaOH (ml)				% กรดแลคติก
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
0	6.14	1.5	1.5	1.5	1.50	0.260
2	5.30	2.5	2.7	2.7	2.63	0.457
4	4.81	3.2	3.3	3.3	3.27	0.568
6	4.77	3.7	3.8	3.8	3.77	0.655

ตารางผนวกที่ ค6 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของเชื้อ YF-L811ของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

ชั่วโมงที่	pH	ปริมาณ NaOH (ml)				% กรดแลคติก
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
0	6.10	1.3	1.3	1.3	1.30	0.226
2	5.33	2.3	2.2	2.3	2.27	0.394
4	4.79	3.4	3.5	3.5	3.47	0.603
6	4.31	4.9	4.7	4.9	4.83	0.839

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค7 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของเชื้อ La5 ของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

ชั่วโมงที่	pH	ปริมาณ NaOH (ml)				% กรดแลคติก
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
0	6.06	1.3	1.2	1.2	1.23	0.222
2	5.23	2.7	2.7	2.6	2.67	0.480
4	4.70	3.8	3.7	3.8	3.77	0.679
6	4.45	4.4	4.4	4.5	4.43	0.799

2.2 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลือง

ตารางผนวกที่ ค8 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของเชื้อ YC-380 ของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลือง

ชั่วโมงที่	pH	ปริมาณ NaOH (ml)				% กรดแลคติก
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
0	6.42	0.4	0.4	0.4	0.40	0.07
2	5.00	2.8	2.7	2.8	2.77	0.50
4	4.68	3.9	3.9	4.0	3.93	0.71
6	4.40	4.6	4.7	4.6	4.63	0.83

ตารางผนวกที่ ค9 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของเชื้อ YF-L811 ของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลือง

ชั่วโมงที่	pH	ปริมาณ NaOH (ml)				% กรดแลคติก
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
0	6.30	0.7	0.6	0.6	0.63	0.11
2	4.86	3.0	3.1	3.1	3.07	0.55
4	4.63	4.0	4.1	4.1	4.07	0.73
6	4.57	4.3	4.4	4.3	4.33	0.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค10 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของเชื้อ La5 ของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่เสริมนมถั่วเหลือง

ชั่วโมงที่	pH	ปริมาณ NaOH (ml)				% กรดแลคติก
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
0	6.40	0.6	0.5	0.5	0.53	0.10
2	4.82	3.2	3.3	3.2	3.23	0.58
4	4.44	4.5	4.5	4.5	4.50	0.81
6	4.35	4.9	4.9	4.8	4.87	0.88

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)} = \frac{N \times V_1 \times 90.08 \times 100}{1000 \times V_2}$$

โดย N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล)

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (มิลลิลิตร)

แทนค่า

ครั้งที่ 1 (ชั่วโมงที่ 0,ตารางผนวกที่ ค5)

$$\text{ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)} = \frac{0.1 \times 1.5 \times 90.08 \times 100}{1000 \times 5}$$

$$= 0.260$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำนมลูกเดือยและนมถั่วเหลืองในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

3.1 เปอร์เซ็นกรดแลคติกและค่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกัน

ตารางผนวกที่ ค11 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกันที่ชั่วโมงที่ 0

สายพันธุ์	อัตราส่วน	pH	ปริมาณ NaOH (ml)				% กรดแลคติกเฉลี่ย
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
YF-L811	50:50	6.38	0.6	0.5	0.6	0.57	0.11
	60:40	6.28	0.7	0.8	0.8	0.77	0.14
	70:30	6.05	1.1	1.2	1.2	1.17	0.22
	70:30:ISP 1%	6.49	0.5	0.5	0.5	0.50	0.09
YF-L811 + La5 (Mixed culture)	50:50	6.4	0.7	0.6	0.6	0.63	0.11
	60:40	6.29	0.9	0.8	0.9	0.87	0.16
	70:30	6.15	1.1	1.0	1.0	1.03	0.18
	70:30:ISP 1%	6.52	0.5	0.6	0.5	0.53	0.09

<u>วิธีการคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)} = \frac{N \times V_1 \times 90.08 \times 100}{1000 \times V_2}$$

โดย N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล)

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (มิลลิลิตร)

แทนค่า

ครั้งที่ 1 (อัตราส่วน 50:50 , YF-L811 ตารางผนวกที่ ค11)

$$\text{ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)} = \frac{0.1 \times 0.57 \times 90.08 \times 100}{1000 \times 5}$$

$$= 0.11$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค12 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและค่าพีเอชของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกัน ที่ชั่วโมงที่ 6

สายพันธุ์	อัตราส่วน	pH	ปริมาณ NaOH (ml)				% กรดแลคติกเฉลี่ย
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
YF-L811	50:50	4.62	4.1	4.1	4.2	4.13	0.76
	60:40	4.37	4.8	4.8	4.7	4.77	0.85
	70:30	4.44	4.5	4.4	4.4	4.43	0.79
	70:30:ISP 1%	4.42	4.3	4.3	4.3	4.30	0.77
YF-L811 + La5 (Mixed culture)	50:50	4.31	4.9	4.9	4.9	4.90	0.88
	60:40	4.36	4.8	4.7	4.8	4.77	0.86
	70:30	4.34	4.8	4.9	4.9	4.87	0.88
	70:30:ISP 1%	4.48	4.4	4.3	4.4	4.37	0.79

3.2 ความหนืดของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกัน

ตารางผนวกที่ ค13 ความหนืดของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยแต่ละอัตราส่วนที่หมักด้วยเชื้อ YF-L811 เพียงอย่างเดียวและเชื้อผสมระหว่าง YF-L811 และ La5 (ในอัตราส่วน 1:1)

อัตราส่วน	ระยะทาง (cm)					
	YF-L811			YF-L811 + La5 (Mixed culture)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
50:50:00	4.4	4.5	4.45 ± 0.07	3.7	3.6	3.65 ± 0.07
60:40:00	4.9	5.0	4.95 ± 0.07	5.7	5.6	5.65 ± 0.07
70:30:00	7.4	7.5	7.45 ± 0.07	8.0	7.9	7.95 ± 0.07
70:30:ISP 1%	6.9	7.0	6.95 ± 0.07	6.5	6.4	6.45 ± 0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียแลคติกของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยที่ใช้อัตราส่วนของน้ำนมลูกเดือยกับนมถั่วเหลืองต่างกัน

ตารางผนวกที่ ค14 จำนวนเซลล์ของแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

สายพันธุ์	อัตราส่วน	จำนวนเซลล์ (log CFU/ml)	
		0 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
YF-L811	50:50	7.37	8.47
	60:40	7.36	8.43
	70:30	7.22	8.48
	70:30:ISP 1%	7.40	8.32
YF-L811 in Mixed	50:50	7.38	8.12
	60:40	7.33	8.04
	70:30	7.22	7.91
	70:30:ISP 1%	7.17	8.06
La5 in Mixed	50:50	7.20	8.35
	60:40	7.16	8.34
	70:30	7.24	8.22
	70:30:ISP 1%	7.17	8.18

4. วิเคราะห์องค์ประกอบของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

4.1 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ตารางผนวกที่ ค15 เปอร์เซ็นต์โปรตีนของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

สายพันธุ์	ปริมาตร HCl ที่ใช้ (ml)		% ปริมาณโปรตีน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
YF-L811	5.5	5.6	0.4725	0.4813	0.477 ± 0.004
YF-L811 + La5 (Mixed culture)	5.8	5.7	0.4988	0.4900	0.494 ± 0.004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณ

$$\text{คำนวณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A - B) \times N\ HCl \times 14 \times 100}{Wt.sample \times 1000}$$

คำนวณเปอร์เซ็นต์โปรตีน = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน × 6.25

หมายเหตุ ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตกับ Blank เท่ากับ 0.1 ml

แทนค่า ครั้งที่ 1 เชื้อ YF-L811

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(5.5 - 0.1) \times 0.1 \times 14 \times 100}{10 \times 1000}$$

$$= 0.0756$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = 0.0756 \times 6.25$$

$$= 0.4725$$

4.2 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ตารางผนวกที่ ค16 เปอร์เซ็นต์ไขมันของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	น้ำหนักบีกเกอร์ก่อนสกัด (กรัม)	น้ำหนักบีกเกอร์หลังสกัด (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ไขมัน
1	5.0226	140.6866	140.8009	2.28
2	5.0123	142.1204	142.2329	2.24
เฉลี่ย				2.26 ± 0.02

วิธีคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์หลังสกัด} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์ก่อนสกัด} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

แทนค่า ครั้งที่ 1

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{140.8009 - 140.6866 \times 100}{5.0226}$$

$$= 2.276\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย

ตารางผนวกที่ ค17 เปอร์เซ็นต์เยื่อใยของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังอบแห้ง (กรัม)	น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังเผา (กรัม)	เปอร์เซ็นต์เยื่อใย
1	2.5158	32.4335	32.4049	1.14
2	2.5010	34.9721	33.8521	1.12
เฉลี่ย				1.13 ± 0.01

วิธีการคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เยื่อใย} = \frac{\text{น้ำหนักถ้วยหลังอบแห้ง} - \text{น้ำหนักถ้วยหลังเผา} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

แทนค่า ครั้งที่ 1

$$\text{เปอร์เซ็นต์เยื่อใย} = \frac{32.4335 - 32.4049 \times 100}{2.5158}$$

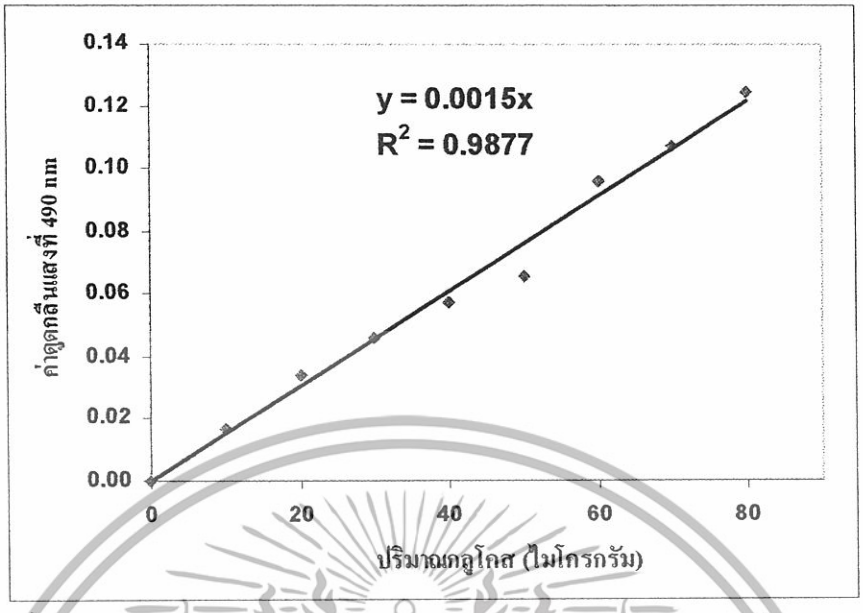
$$= 1.14\ \%$$

4.4 วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดวิธีฟีนอล-ซัลฟูริก

ตารางผนวกที่ ค18 ปริมาณกลูโคสมาตรฐานและค่าดูดกลืนแสงที่ 490 nm

หลอดที่	ปริมาณกลูโคสมาตรฐาน (ไมโครกรัม)	ค่าดูดกลืนแสงที่ 490 nm			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
Blank	0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	10	0.016	0.017	0.017	0.017
2	20	0.033	0.035	0.034	0.034
3	30	0.046	0.045	0.046	0.046
4	40	0.058	0.059	0.055	0.057
5	50	0.067	0.065	0.064	0.065
6	60	0.097	0.095	0.096	0.096
7	70	0.103	0.110	0.108	0.107
8	80	0.127	0.123	0.124	0.125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ ค2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสกับค่าการดูดกลืนแสง

ตารางผนวกที่ ค19 เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

สายพันธุ์	dilution	ค่าดูดกลืนแสงที่ 490 nm				ปริมาณคาร์โบไฮเดรต เฉลี่ย (%W/V)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
YF-L811	1:1000	0.154	0.168	0.159	0.160	5.34 ± 0.24
YF-L811 + La5 (Mixed culture)	1:1000	0.150	0.143	0.147	0.147	4.89 ± 0.12

วิธีคำนวณ

จากกราฟมาตรฐานครั้งที่ 1 $y = 0.0015x$

y ค่าดูดกลืนแสงที่ 490 nm

x ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (ไมโครกรัม)

แทนค่า

ครั้งที่ 1 (YF-L811)

$0.154 = 0.0015x$

$x = 102.67$ ไมโครกรัม

แปลงหน่วยให้เป็นหน่วยกรัมต่อตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร

$$x = \frac{102.67 \times 1000}{1000000} = 0.1027 \text{ กรัม}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโยเกิร์ตน้ำลูกเดือย 2 มิลลิลิตร มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 0.1027 กรัม

โยเกิร์ตน้ำลูกเดือย 100 มิลลิลิตร มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด $\frac{0.1027 \times 100}{2} = 5.135$ กรัม

4.5 วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลด้วยวิธี DNS

ตารางผนวกที่ ค20 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือย

สายพันธุ์	dilution	ค่าดูดกลืนแสงที่ 490 nm				ปริมาณกลูโคส เฉลี่ย (mg/ml)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
YF-L811	1:100	0.209	0.234	0.212	0.218	41.07 ± 2.57
YF-L811 + La5 (Mixed culture)	1:100	0.183	0.185	0.179	0.182	34.30 ± 0.58

หมายเหตุ ใช้กราฟกลูโคสมาตรฐานครั้งที่ 2 คือ $y = 0.0958x$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง1 การวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณน้ำตาลกลูโคสของวิธีการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยที่ต่างกัน (จากข้อมูลตารางผนวกที่ ค2 ภาคผนวก ค.)

ANOVA

น้ำตาล

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	219.143	1	219.143	17122.58	.000
Within Groups	.051	4	.013		
Total	219.195	5			

ตารางผนวกที่ ง2 การวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการย่อยแป้งของวิธีการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยที่ต่างกัน (จากข้อมูลตารางผนวกที่ ค3 ภาคผนวก ค.)

ANOVA

RATIO

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6331.002	1	6331.002	24772.41	.000
Within Groups	1.022	4	.256		
Total	6332.024	5			

ตารางผนวกที่ ง3 การวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ของแข็งของวิธีการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยที่ต่างกัน (จากข้อมูลตารางผนวกที่ ค4 ภาคผนวก ค.)

ANOVA

SOLID

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	1	.001	.060	.830
Within Groups	.024	2	.012		
Total	.025	3			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง4 การวิเคราะห์ทางสถิติของความหนืดของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยแต่ละอัตราส่วนที่หมักด้วยเชื้อ YF-L811 เพียงอย่างเดียว (จากข้อมูลตารางผนวกที่ ค13 ภาคผนวก ค.)

VISCO

	VARY	N	Subset for alpha = .05			
			1	2	3	4
Duncan[a]	50:50	2	4.4500			
	60:40	2		4.9500		
	70:30:ISP1%	2			6.9500	
	70:30	2				7.4500
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางผนวกที่ ง5 การวิเคราะห์ทางสถิติของความหนืดของโยเกิร์ตน้ำนมลูกเดือยแต่ละอัตราส่วนที่หมักด้วยเชื้อผสมระหว่าง YF-L811 และ La5 (ในอัตราส่วน 1:1) (จากข้อมูลตารางผนวกที่ ค13 ภาคผนวก ค.)

VISCO

	VARY	N	Subset for alpha = .05			
			1	2	3	4
Duncan[a]	50:50	2	3.6500			
	60:40	2		5.6500		
	70:30:ISP1%	2			6.4500	
	70:30	2				7.9500
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

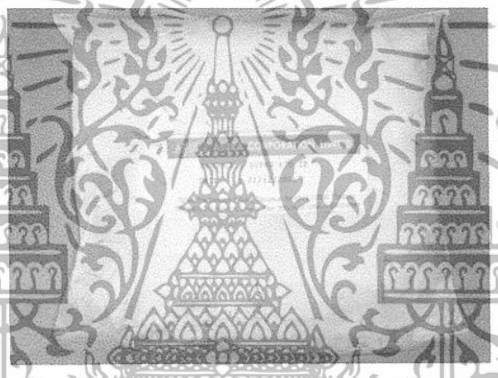
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

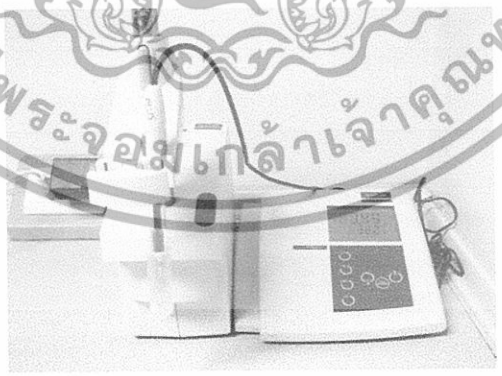
ภาพน้ำแป้งลูกเดือย และอุปกรณ์การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ จ1 อุปกรณ์เตรียมน้ำแป้งลูกเดือย



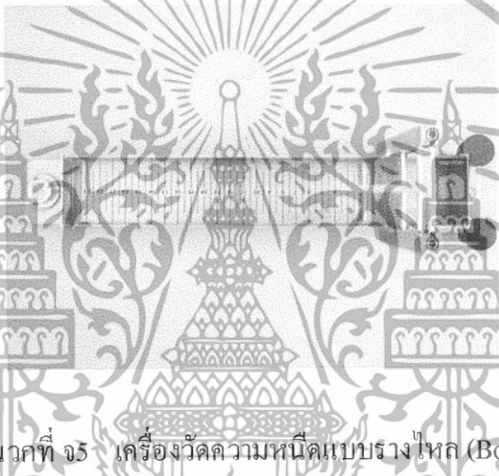
ภาพผนวกที่ จ2 โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Soy protein isolate)



ภาพผนวกที่ จ3 เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ จ4 เครื่องบ่มโยเกิร์ต

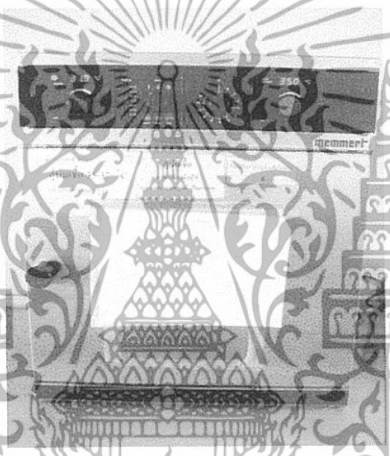


ภาพผนวกที่ จ5 เครื่องวัดความหนืดแบบรางไหล (Botswick)

ภาพผนวกที่ จ6 หม้อฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ (Autoclave)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ จ7 เครื่องเขย่า (Vortex)

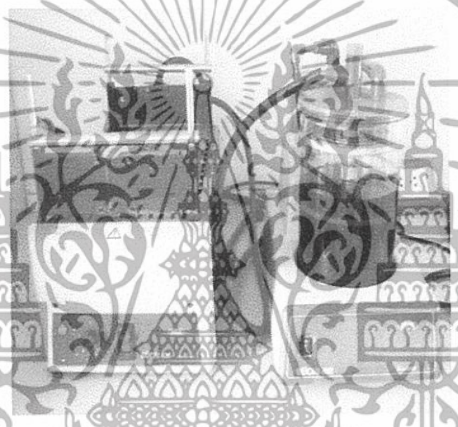


ภาพผนวกที่ จ8 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)

ภาพผนวกที่ จ9 เครื่องสกัดไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ จ10 เตาเผา

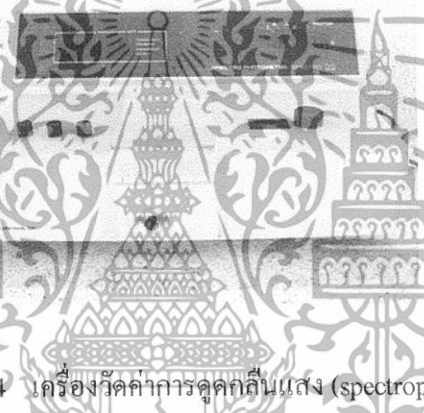


ภาพผนวกที่ จ11 เครื่องย่อยโปรตีน

ภาพผนวกที่ จ12 เครื่องกลั่นโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ จ13 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (water bath)



ภาพผนวกที่ จ14 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจิราภรณ์ ยอดเถื่อน เกิดวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2528 จังหวัดแพร่ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนารีรัตน์ จังหวัดแพร่ พ.ศ. 2546 ปัจจุบันศึกษาอยู่ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (สาขาเทคโนโลยีการหมัก)

นางสาวปองฉัตร สัตย์ซื่อ เกิดวันที่ 4 สิงหาคม 2527 จังหวัดสุรินทร์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสิรินธร จังหวัดสุรินทร์ พ.ศ. 2546 ปัจจุบันศึกษาอยู่ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (สาขาเทคโนโลยีการหมัก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

นัทกาญจน์ กองศรีมา. 2541. " การพัฒนาเครื่องดื่มธัญพืช". รายงานปฏิบัติการสหกิจศึกษา. สาขาเทคโนโลยีการอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2538. จุลชีววิทยา เล่ม2. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน.

วนิดา เชียรสระน้อย และ ศิวทัต โฆษะ. 2548. " การย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *Aspergillus oryzae* ในสภาวะอาหารเหลว". ปัญหาพิเศษ โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2549. "เอกสารประกอบการสอนปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพนมและผลิตภัณฑ์นม" โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วีรศักดิ์ ธนาประชุม. 2527. ลูกเดือย. สมาคมพ่อค้าข้าวโพดและพืชพันธุ์ไทย9 (21):58-68

อภิพรรณ พุกภักกดี. 2546."ถั่วเหลืองพืชทางของไทย". กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 17-20.

AOAC. Official Method of Analysis. 1995. 16th ed. The Association of Analysis Chemists. Arlington. Virginia.

AOAC. Official Method of Analysis. 2000. 16th ed. The Association of Analysis Chemists. Arlington. Virginia.

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

Axelsson, Lot. 1993. Lactic acid Bacteria : Classification and physiology. In Lactic Acid Bacteria (Salminen, S. and Von Wright, A., eds.) p. 1-64. Marcel Dekker. New York

Bruinenberg, P. 1996. Bioconversion of starch by enzymes. In Advanced Post-Academic Course on Tapioca Starch Technology(I). January 22-26 & February 19-23, 1996. Asain Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

Chaplin, M.F. and Kennedy, J.F. 1986. Carbohydrate Analysis a Practical Approach.ORL Press Limited. Washington. England.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fogarty, W. M. and Benson, C.P. 1983. "Purification and properties of thermophilic amyloglucosidase from *Aspergillus niger*." European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology. 18:271-278.

Gilland, S.E. 1989 Acidophilus Milk Product : A Review of protential Benefits to Consumer. Journal of Dairy Science. 72 : 2483-2494

Hoover, D.G. and Steenson, L.R. 1993. Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria. Academic Press, Inc., San Diego, CA.

Kandler, O. and Weiss, N. 1986. The Genus Lactobacillus. "Bergey's Manual of Systematic Bacteriology". ed. J.G. Holt Vol.2. Williams and Wilkins Co., Baltimore. MD.

Klein, G., Pack, A., Bonaparte, C. and Reuter, G. 1999. Taxonomy and physiology of probiotic lactic acid bacteria. International Journal of Microbiology.47: 103-112

Lee, G.M., Chum, C.S., Shin, M.H., Hong, T.H. and Kwon, T.W. 1996. Optimum condition of Retort Processing for Shikhae, Non-Alcoholic Rice Beverage. [CD-ROM]. Abst. FSTA. 12-H0136.

Lineback, D. R. and Baumann, W.E. 1970. "Properties of a glucoamylase from *Aspergillus phoenicis*." Carbohydrate Research. 14 : 341-353.

Maarel, van der J.E.C.M., Veen, van der B., Uitdehaag, C.M.J., Leemhuis, H. and Dijkhuizen, L. 2002. "Properties and applications of starch-converting enzymes of the α-amylase family." Journal of Biotechnology.94 : 137-155.

Martensson, O., Oste, R. and Holst, O. 2002. "The effect of yoghurt culture on the survival of probiotic bateria in oat-based, non-dairy products." Food Research International. 35 : 775-784.

Martensson, O., Oste, R. and Holst, O. 2000. "Lactic Acid Bacteria in an Oat-based Non-dairy Milk Substitute: Fermentation Characteristics and Exopolysaccharide Formation." Iwt/vol. 33. No.8.

Mitchell, C.R., Mitchell, P.R. and Nissenbaum, R. Nutritional Rice Milk Product. U.S. patent no. 4894242. January 1990.

Montes, R.G., Bayless, T.M., Saavedra, J.M. and Perman, J.A. 1995. Effect of milk inoculated with *Lactobacillus acidophilus* or a yoghurt culture in lactose Maldigesting children. J. Dairy Sci.78 : 1657-1664.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Morita, H. and Fujio, Y. 1997. "High specific activity of raw-starch digesting-glucoamylase producing *Rhizopus* sp.A-11 in liquid culture." Starch/starke.49 : 293-296.

Nam, S.H., Seo, J.H., Kim, M.L. and Kim, M.J. Rice Based Beverage Product and Process for Making the Same. United States patent no. 6265001. July 2001.

Takubo, Y. Method for Production Half-Hulled Rice Milk. United States patent no.560985. March 1997.

Wongkhalang, C. and Boonyaratanakornkit, M. 2000."Development of a Yogurt type Product from Saccharified rice." J. Nat. Sci. 34. 1:107-110

Wood, B.J.B. and Holzapfel, W.H. 1997. The lactic bacteria : The Genera of lactic acid acteria. Blackie Academic & Professional, New York. pp. 7-15.

Wrolstad, R.E. 2001. Current Protocols In food Analytical Chemistry. Vol I. John Wiley & Son , Inc. New York.

"เดือย" [online]. Available: http://www.doa.go.th/pl_data/02_LOCAL/oard3/duay/body.html (1/11/06)

"ลูกเดือย" [online]. Available: http://www.viewphayao.com/plife/plifethailand/site/_thai/index.html (1/11/06)

"ลูกเดือยธัญญาพืชทางอาหารเพื่อสุขภาพ" [online]. Available: http://www.thaihealth.or.th/news.php?ie=797 (1/11/06)

"Beneficial bacteria" [online]. Available:http://www.apotheka.sk/default.asp?prg=article&id=272 (1/11/06)

"Job's Tears" [online]. Available:http://www.hormel.com/kitchen/glossary.asp?id=37942 (1/11/06)

"Malolactic fermentation bacteria" [online]. Available: http://www.brsquared.org/wine/Articles/MLF/MLF.htm(15/11/06)

"Soy protein"[online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Soy_protein(12/3/07)

"Yogurt" [online]. Available: http://www.dss.go.th/dssweb/starticles/files/bsp_5_2549_yogurt.pdf (15/11/06)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้