สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกชนิดใหม่

นางสาวจตุพร คงศาลา
นางสาวยุวนาถ แก้วแหวน

วพ.
ก 317ก
2549

เลขหมู่.....72589
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....20 มิ.ย. 2550

b.11764250
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A development of new cereal-based probiotic drinks

Miss Jatuporn Kongsala

Miss Yuwanat Kaewwaen

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for

The Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การพัฒนาเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกชนิดใหม่

นักศึกษา นางสาวจตุพร คงศาลา

นางสาวขวนาถ แก้วแหวน

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

สาขาวิชา จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2549

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุรีย์ นานาสมบัติ

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

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

.....

(รศ.ดร.นวลพรรณ ณ ระนอง)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (SNF) ในนม

สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (ได้แก่น้ำตาลแลคโตส โปรตีนและเกลือแร่) ในนมที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต จะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกายภาพและกลิ่นรสของโยเกิร์ต โดยเฉพาะความหนืดของเนื้อโยเกิร์ด โดยปริมาณของแข็งในของผสมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตยิ่งสูง ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จะมีความหนืดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีได้จากนมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid หรือ TS) เท่ากับร้อยละ 15-16 ซึ่งจะทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 14-15 อย่างไรก็ตาม ถ้าปริมาณของแข็งทั้งหมดในของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตสูงกว่าร้อยละ 25 ขึ้นไป จะทำให้ความชื้นลดลงและมีผลให้กิจกรรมของเชื้อลดลงด้วย การเพิ่มปริมาณของแข็งอาจกระทำได้โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การให้ความร้อนเพื่อเพิ่มความเข้มข้น การเติมนมผง เคซีน เวย์ผง หรือบัตเตอร์มิลค์ เป็นต้น ซึ่งการคำนวณหาสัดส่วนของส่วนผสมที่ในการเตรียมโยเกิร์ตเพื่อให้มีปริมาณของแข็งในน้ำนมร้อยละ 16 นั้น สามารถคำนวณได้จากปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำนมโค ผงลูกเดือย และหางนมผง ที่ใช้เป็นวัตถุดิบโดยมีขั้นตอนดังนี้

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของวัตถุดิบแต่ละชนิด (AOAC, 2000)

1. อบมอยซ์เจอแคนทั้งฝาในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หรืออบจนได้น้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) และนำมาชั่งหาน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ 5 กรัม ใส่ลงในมอยซ์เจอแคน บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้
3. นำไปอบโดยเปิดฝาที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง หรืออบจนได้น้ำหนักคงที่ (สำหรับตัวอย่างที่เป็นของเหลว ให้นำไปทำให้แห้งโดยใช้ boiling water bath นานประมาณ 30 นาที แล้วนำไปอบต่อในตู้อบ)
4. ปิดฝา นำออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น นำมาชั่งหาน้ำหนัก และบันทึกค่าที่ได้

<u>การคำนวณ</u>

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

กำหนดให้ A คือ น้ำหนักมอยซ์เจอแคน + ตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

B คือ น้ำหนักมอยซ์เจอแคน (กรัม)

W คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 การปรับปริมาณของแข็งของวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ต

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักมอยซ์เจอแคน (กรัม)	น้ำหนักมอยซ์เจอแคน + ตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักมอยซ์เจอแคน + ตัวอย่างหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	ร้อยละของของแข็ง
น้ำนมโค	1	16.7465	21.7465	17.3406	0.5941	11.8820
	2	18.1691	23.1691	18.7593	0.5902	11.8040
	3	17.6499	22.6499	18.2445	0.5946	11.8920
	ค่าเฉลี่ย	17.5218	22.5185	18.1148	0.5930	11.8600
น้ำนมโค + 1.5 % ลูกเดือย	1	17.9270	22.9770	18.5654	0.6308	12.6415
	2	17.7305	22.8327	18.4916	0.7611	14.9170
	3	18.1725	23.3856	18.9017	0.7292	13.9878
	ค่าเฉลี่ย	17.9433	23.0651	18.6529	0.7096	13.8545
หางนม	1	17.0143	22.0143	21.7713	4.7570	95.1400
	2	18.3630	23.3630	23.1107	4.7477	94.9540
	3	17.7018	22.7018	22.4436	4.7418	94.8360
	ค่าเฉลี่ย	17.6930	22.6930	22.4419	4.7489	94.9780

<u>ตัวอย่างแสดงการคำนวณการปรับปริมาณของแข็งในนม</u>

กำหนดให้ X คือ ปริมาณน้ำนมโค + 1.5 % (W/W) ลูกเดือยที่ต้องใช้ (กรัม)

Y คือ ปริมาณหางนมที่ต้องใช้ (กรัม)

ปริมาณของแข็งทั้งหมด ; $(13.8545/100)X + (94.9780/100)Y = 16$ ----------(1)

ปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด ; $X + Y = 100$

$Y = 100 - X$ ---------(2)

จาก (1) และ (2) ; $0.1385X + 0.9497(100 - X) = 16$

$78.98 = 0.8182X$

$X = 97.3496$

และ $Y = 2.6503$

ดังนั้น ในการเตรียมกล้าเชื้อสำหรับการหมักเพื่อให้มีปริมาณของแข็งร้อยละ 16 นั้น ถ้าต้องการเตรียมกล้าเชื้อในปริมาณ 100 กรัม จะต้องใช้น้ำนมโค 97.3496 กรัม ผงลูกเดือย 1.4602 กรัม และหางนม 2.6503 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเตรียมเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

2.1 สูตรน้ำลูกเดือย

ส่วนผสม

ลูกเดือยต้มสุก	100	กรัม
น้ำต้มสุก	1,000	กรัม

วิธีทำ

นำลูกเดือยต้มสุกปั่นกับน้ำต้มสุกให้ละเอียดแล้วเทใส่หม้อ ยกขึ้นตั้งบนไฟอ่อน ให้ความร้อนจนเดือด กรองน้ำลูกเดือยด้วยกระชอนละเอียด

2.2 สูตรน้ำนมข้าวโพด

ส่วนผสม

เมล็ดข้าวโพดหวานสุก	150	กรัม
น้ำต้มสุก	300	กรัม

วิธีทำ

นำเมล็ดข้าวโพดหวานสุกปั่นกับน้ำต้มสุกให้ละเอียด กรองเอาแต่น้ำนมข้าวโพด แล้วเทใส่หม้อ ยกขึ้นตั้งบนไฟอ่อนให้ความร้อนจนเดือด

2.3 สูตรน้ำพริกหวานแดงผสมมะเขือเทศ และแครอท

ส่วนผสม

พริกหวานแดง	100	กรัม
มะเขือเทศ	150	กรัม
แครอท	50	กรัม

วิธีทำ

นำพริกหวานแดงมาสับหยาบ ๆ หั่นแครอทเป็นชิ้นใหญ่ ๆ นำส่วนผสมทั้งสองไปปั่นรวมกับมะเขือเทศให้ละเอียด กรองเอาแต่น้ำด้วยกระชอนละเอียด

2.4 สูตรน้ำผักสลัด

ส่วนผสม

เซเลอรี	30	กรัม
ผักกาดหอม	20	กรัม
แตงกวา	10	กรัม
สับปะรด	60	กรัม
หัวหอมใหญ่	6	กรัม
มะเขือเทศ	15	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำ

นำส่วนผสมทั้งหมดมาปั่นให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นจนละเอียดกรองเอาแต่น้ำด้วยกระชอนละเอียด

2.5 สูตรน้ำเก๋ากี้

ส่วนผสม

เก๋ากี้	32	กรัม
มะตูมแห้ง	14	กรัม
น้ำผึ้ง	2	กรัม
น้ำสะอาด	250	มิลลิลิตร

วิธีทำ

ล้างเก๋ากี้และมะตูมให้สะอาด ใส่ลงในน้ำเปล่าตั้งไฟให้เดือด หรี่ไฟแล้วเคี่ยวต่ออีก 10 นาทีกรองเอาแต่น้ำด้วยกระชอนละเอียด

2.6 สูตรน้ำกระชาย

ส่วนผสม

กระชาย	18	กรัม
กระเจี๊ยบแห้ง	7	กรัม
น้ำผึ้ง	2	กรัม
น้ำสะอาด	250	มิลลิลิตร

วิธีทำ

ล้างและขูดผิวกระชายออก หั่นเป็นท่อนสั้นๆ ล้างดอกกระเจี๊ยบแห้งให้สะอาดเทใส่หม้อ ใส่กระชายและน้ำเปล่า ตั้งไฟให้เดือด หรี่ไฟแล้วเคี่ยวต่ออีก 10 นาทีกรองเอาแต่น้ำด้วยกระชอนละเอียด

2.7 สูตรน้ำทับทิมผสมส้ม และแอปเปิล

ส่วนผสม

ทับทิม	100	กรัม
ส้ม	50	กรัม
แอปเปิล	50	กรัม

วิธีทำ

นำเมล็ดทับทิมมาคั่นน้ำด้วยเครื่องคั่นน้ำส้มแบบคานกด กดจนน้ำทับทิมออกจากเมล็ดจนหมด นำไปปั่นผสมกันน้ำส้มและแอปเปิลให้ละเอียดกรองเอาแต่น้ำด้วยกระชอนละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 สูตรน้ำแคนตาลูปผสมสับปะรด และฝรั่ง

ส่วนผสม

แคนตาลูป	80	กรัม
สับปะรด	30	กรัม
ฝรั่ง	30	กรัม

วิธีทำ

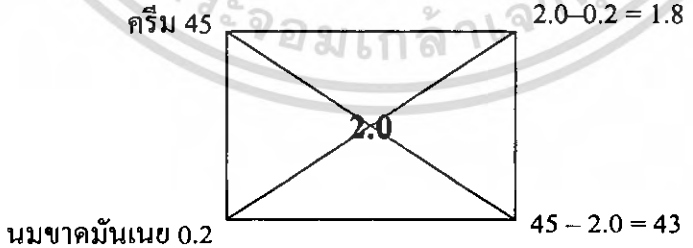
นำแคนตาลูป สับปะรดและฝรั่ง ปั่นผสมให้ละเอียดกรองเอาแต่น้ำด้วยกระชอนละเอียด

3. การปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid : TSS) และปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity)

การปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดทั้งหมด ใช้หลักการของเปียร์สันสแควร์ (Pearson's square) เช่นเดียวกับการปรับมาตรฐานไขมันนม (Standardization) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าต้องการปรับปริมาณไขมันในนมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตให้มีไขมันร้อยละ 2.0 ปริมาตร 1000 ลิตร จะต้องใช้ครีมที่มีไขมันร้อยละ 45 และนมขาดมันเนยที่มีไขมันร้อยละ 0.2 เท่าใด

- วาดรูปสี่เหลี่ยมที่มีเส้นทแยงมุม และเขียนปริมาณไขมันที่ต้องการหรือที่เป็นมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ไว้ตรงจุดตัดของเส้นทแยงมุม
- เขียนปริมาณไขมันของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่จะนำมาผสมไว้ตรงมุมซ้ายทั้งบนและล่างของรูปสี่เหลี่ยม (ครีม 45% นมขาดมันเนย 0.2%)
- สัดส่วนของครีมและนมขาดมันเนยที่ต้องใช้หาได้จากผลต่างตัวเลขที่อยู่บนเส้นทแยงมุม



ปริมาณครีมที่มีไขมันร้อยละ 45 ที่ต้องใช้ = 1.8 ส่วน

ปริมาณนมขาดมันเนยที่มีไขมันร้อยละ 0.2 ที่ต้องใช้ = 43 ส่วน

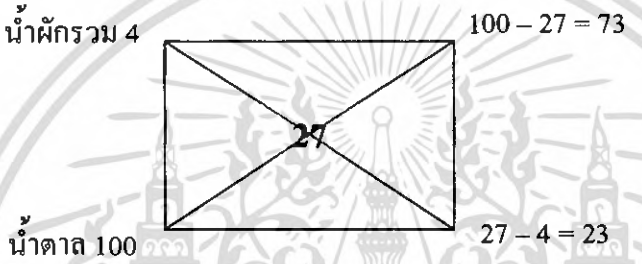
ดังนั้นปริมาณครีมที่ต้องเติมลงในน้ำนมเพื่อใช้เตรียมโยเกิร์ตให้มีไขมันร้อยละ 2.0 ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร เท่ากับ 1000 (1.8 / 43) = 41.86 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองครั้งนี้จะต้องทำการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid : TSS) และปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity : TA) ของน้ำผักรวม น้ำผลไม้รวมและน้ำสมุนไพรรวม ให้มีค่าเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษาเท่ากับ 27% และ 0.25% ตามลำดับ ซึ่งในการคำนวณนั้นก็ใช้ Pearson's square เช่นเดียวกัน ดังตัวอย่างที่ 2 และ 3

<u>ตัวอย่างที่ 2</u> ในการเตรียมน้ำผักรวมสูตร ปริมาณ 120 กรัม ซึ่งประกอบไปด้วย น้ำพริกหวานแดง 40 กรัม น้ำมะเขือเทศ 50 กรัม และน้ำแครอท 30 กรัม โดยเมื่อผสมส่วนผสมทั้ง 3 ชนิดมี %TSS เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 4 % ถ้าต้องการปรับ %TSS ของน้ำผักรวมให้ได้ 27% ต้องเติมน้ำตาลปริมาณเท่าไร เมื่อ 1 %TSS มีค่าเท่ากับน้ำตาล 1 กรัม และน้ำตาลมี %TSS เท่ากับ 100 %

<u>วิธีคำนวณ</u>



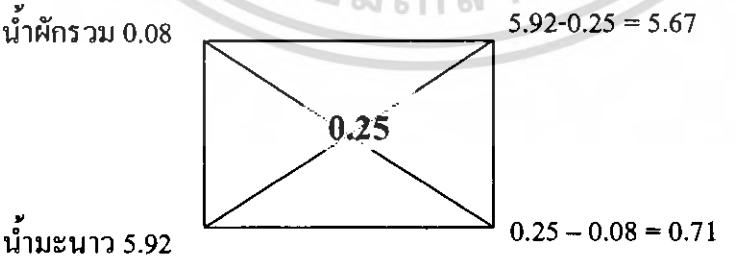
น้ำผักรวม 73 กรัม ต้องเติมน้ำตาล 23 กรัม

ถ้าน้ำผักรวม 120 กรัม ต้องเติมน้ำตาล 100(23 / 73) = 37.8 กรัม

ดังนั้น จะต้องเติมน้ำตาลในน้ำผักรวมนี้ 37.8 กรัม เพื่อปรับ %TSS ของน้ำผักรวมให้ได้ 27%

<u>ตัวอย่างที่ 3</u> จากตัวอย่างที่ 2 ถ้าต้องการปรับปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำผักรวมสูตรนี้ให้ได้เท่ากับ 0.25 % ต้องเติมน้ำมะนาวปริมาณเท่าไร เมื่อน้ำมะนาว 1 กรัม มี %TA เท่ากับ 5.92 % และน้ำผักมี %TA เริ่มต้นเท่ากับ 0.08 %

<u>วิธีคำนวณ</u>



น้ำผักรวม 5.76 กรัม ต้องเติมน้ำมะนาว 0.17 กรัม

ถ้าน้ำผักรวม 120 กรัม ต้องเติมน้ำมะนาว 120(0.17/5.67) = 3.59 กรัม

ดังนั้น จะต้องเติมน้ำมะนาวในน้ำผักรวมนี้ 3.59 กรัม เพื่อปรับ %TA ของน้ำผักรวมให้ได้ 0.25 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 การปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดทั้งหมด

สูตร	ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	%TSS เริ่มต้น	น้ำตาลที่เติม (กรัม)	%TA เริ่มต้น	น้ำมะนาวที่เติม
1	น้ำพริกหวานแดง	40	4	37.8	0.08	3.6
	น้ำมะเขือเทศ	50				
	น้ำแครอท	30				
2	น้ำผักกาดหอม	20.8	7	32.9	0.25	-
	น้ำเซเลอรี	20.8				
	น้ำสับปะรด	52				
	น้ำแตงกวา	10.4				
	น้ำหัวหอมใหญ่	5.2				
	น้ำมะเขือเทศ	10.4				
3	น้ำเก๋ากี้ผสม น้ำมะตูม	118	10	27.9	0.05	4.2
	น้ำผึ้ง	2				
4	น้ำกระชายผสม น้ำกระเจี๊ยบ	118	2.5	40.2	0.09	3.4
	น้ำผึ้ง	2				
5	น้ำทับทิม	60	13	23.0	0.24	0.2
	น้ำแอปเปิล	30				
	น้ำส้ม	30				
6	น้ำแคนตาลูป	72	7	32.9	0.13	2.5
	น้ำสับปะรด	24				
	น้ำฝรั่ง	24				
ส่วนผสมที่ใช้ปรับ	น้ำตาล	-	100	-	-	-
	น้ำมะนาว	-	-	-	5.92	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 2000)

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

- อบมอยซ์เจอแคนทั้งฝาในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หรือ อบจนได้น้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) และนำมาชั่งหาน้ำหนัก
- ชั่งตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ 5 กรัม ใส่ลงในมอยซ์เจอแคน บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้
- นำไปอบโดยเปิดฝาที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง หรืออบจนได้น้ำหนักคงที่ (สำหรับตัวอย่างที่เป็นของเหลว ให้นำไปทำให้แห้งโดยใช้ boiling water bath นานประมาณ 15 นาที แล้วนำไปอบต่อในตู้อบ)
- ปิดฝา นำออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น นำมาชั่งหาน้ำหนัก และบันทึกค่าที่ได้

การคำนวณ

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

กำหนดให้ A คือ น้ำหนักมอยซ์เจอแคน + ตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

B คือ น้ำหนักมอยซ์เจอแคน (กรัม)

W คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (3 ซ้ำ)

เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	ซ้ำ	น้ำหนักมอยซ์เจอแคน(กรัม)	น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)	น้ำหนักมอยซ์เจอแคน+ตัวอย่างหลังอบ (กรัม)	ร้อยละของของแข็ง
สูตร1 : มะเขือเทศ + พริกหวานแดง+ แครอท	1	16.6332	5.1161	17.4941	16.8248
	2	16.6675	5.1159	17.5279	16.8192
	3	16.6677	5.4887	17.5796	16.6141
	ค่าเฉลี่ย	16.6558	5.2402	17.5337	16.7539
สูตร2 : เซเลอรี + ผักกาดหอม + แดงกวา + สับปะรด + หอมใหญ่ + มะเขือเทศ	1	18.0022	5.0525	18.9204	18.1731
	2	17.6210	5.4466	18.5872	17.7395
	3	17.8211	5.2217	18.7540	17.8658
	ค่าเฉลี่ย	17.8147	5.2402	18.7538	17.9261

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (3 ซ้ำ)

เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	ซ้ำ	น้ำหนักมอยซ์เจอแคน(กรัม)	น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)	น้ำหนักมอยซ์เจอแคน+ตัวอย่างหลังอบ (กรัม)	ร้อยละของของแข็ง
สูตร3 : เก๋ากี้ + มะตูม+ น้ำผึ้ง	1	17.4215	4.9112	18.2375	16.6150
	2	17.7698	5.6977	18.6543	15.5238
	3	17.6887	5.4169	18.5945	16.7217
	ค่าเฉลี่ย	17.6266	5.3419	18.4954	16.2868
สูตร4 : กระเจี๊ยบ + กระชาย + น้ำผึ้ง	1	16.4624	5.2687	17.3579	16.9966
	2	17.6612	5.0357	18.4944	16.5458
	3	17.4847	5.2764	18.4036	17.4152
	ค่าเฉลี่ย	17.2027	5.1936	18.0853	16.9858
สูตร5 : ทับทิม + ส้ม + แอปเปิล	1	16.5653	5.1472	17.4770	17.7125
	2	16.5775	5.3558	17.5014	17.2504
	3	16.5922	5.3120	17.4847	16.8020
	ค่าเฉลี่ย	16.5783	5.2716	17.4877	17.2549
สูตร6 : แคนตาลูป + สับปะรด + ฝรั่ง	1	18.9285	5.1336	19.8293	17.5471
	2	18.9056	5.3519	19.8613	17.8572
	3	18.9083	5.4228	19.8740	17.8086
	ค่าเฉลี่ย	18.9141	5.3027	19.8548	17.7376

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

- อบครูซิเบิลในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หรืออบจนได้น้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) และนำมาชั่งหาน้ำหนัก
- ชั่งตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ 3-5 กรัม ใส่ลงในครูซิเบิล บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้
- นำไปเผาในตู้เผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง จนได้เถ้าสีเทาอ่อนหรือได้น้ำหนักคงที่ (สำหรับตัวอย่างที่เป็นของเหลว ให้นำไปทำให้แห้งโดยใช้ boiling water bath นานประมาณ 15 นาที แล้วนำไปเผาต่อในตู้เผา)
- นำออกจากตู้เผา ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น นำมาชั่งหาน้ำหนัก และบันทึกค่าที่ได้

<u>การคำนวณ</u>

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

กำหนดให้ A คือ น้ำหนักครูซิเบิล+ ตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

B คือ น้ำหนักครูซิเบิล (กรัม)

W คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (3 ซ้ำ)

เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	ซ้ำ	น้ำหนักครูซิเบิล (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักครูซิเบิล+ตัวอย่างหลังเผา (กรัม)	ร้อยละของเถ้า
สูตร1 : มะเขือเทศ + พริกหวานแดง+ แครอท	1	20.5949	5.0350	20.6239	0.5774
	2	15.5213	5.0174	15.5509	0.5899
	3	21.3433	5.0706	21.3682	0.4928
	ค่าเฉลี่ย	19.1531	5.0410	19.1809	0.5533
สูตร2 : เซเลอรี + ผักกาดหอม + แตงกวา + สับปะรด + หอมใหญ่ + มะเขือเทศ	1	18.2508	5.0425	18.2685	0.3515
	2	18.2800	5.1191	18.2979	0.3500
	3	16.2618	5.0619	16.2813	0.3872
	ค่าเฉลี่ย	17.5975	5.0745	17.6158	0.3619

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (3 ซ้ำ)

เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	ซ้ำ	น้ำหนักครูซิเบิล (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักครูซิเบิล+ตัวอย่างหลังเผา (กรัม)	ร้อยละของเถ้า
สูตร3 : เก๋ากี้ + มะตูม + น้ำผึ้ง	1	22.2590	5.0290	22.2891	0.5988
	2	21.1396	5.1105	21.1721	0.6365
	3	21.5912	5.0939	21.6157	0.4813
	ค่าเฉลี่ย	21.6812	5.0778	21.7102	0.5722
สูตร4 : กระเจี๊ยบ + กระชาย + น้ำผึ้ง	1	14.8196	5.0415	14.8690	0.9813
	2	21.3570	5.1633	21.4147	1.1175
	3	21.2096	5.0763	21.2599	0.9914
	ค่าเฉลี่ย	19.1287	5.0937	19.1811	1.0300
สูตร5 : ทับทิม + ส้ม + แอปเปิล	1	19.1800	5.0455	19.2926	2.2334
	2	18.2368	5.2164	21.3810	2.7643
	3	15.7562	5.0577	15.8881	2.6098
	ค่าเฉลี่ย	17.7243	5.1060	17.8537	2.5358
สูตร6 : แคนตาลูป + สับปะรด + ฝรั่ง	1	15.5165	5.2730	15.5527	0.6872
	2	18.2368	5.4117	18.2652	0.5323
	3	18.2234	5.0585	18.2535	0.5950
	ค่าเฉลี่ย	17.3255	5.2477	17.3572	0.6048

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

- ชั่งตัวอย่าง 1-2 กรัม ใส่ในหลอดย่อย (Kjeldahl digestion flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
- เติม catalyst mixture 2 กรัม (ส่วนผสมของคอปเปอร์ซัลเฟด และไดโพแทสเซียมซัลเฟด) และกรดซัลฟูริกเข้มข้นประมาณ 20 มิลลิลิตร เขย่าเล็กน้อย
- ตั้งหลอดย่อยบนหลุมเผาและสวมชุดดูดควันบนหลอดย่อย เปิดเครื่องย่อยที่อุณหภูมิประมาณ 520 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียวใส และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
- นำหลอดย่อยที่ได้มาเติมสารป้องกันการเดือดรุนแรง เช่น เศษกระเบื้อง ลูกแก้ว และนำหลอดย่อยใส่ในเครื่องกลั่น
- เติมกรดบอริกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ หยดสารละลายอินดิเคเดอร์เมทิลเรด (methyl red) หรืออินดิเคเตอร์ผสมระหว่างเมทิลเรดกับบรอมครีซอลกรีน (bromocresol green) 2-3 หยด จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู จากนั้นนำไปวางที่ตำแหน่งในเครื่องกลั่น
- เปิดเครื่องกลั่นตั้งค่าให้เติมน้ำกลั่น(deionized) ปริมาณ 50 มิลลิลิตร และเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ตั้งเวลาที่ใช้ในการกลั่นประมาณ 7 นาที
- เมื่อกลั่นเสร็จสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้าอมเขียว นำหลอดย่อยและขวดรูปชมพู่ออกจากเครื่องกลั่น ล้างผนังของ receiver และปลาย condenser ด้วยน้ำกลั่น
- ทำการไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติซึ่งได้สารละลายสีชมพู บันทึกปริมาตรที่ใช้
- กรณีของแบลงค์ (Blank)ใช้วิธีเดียวกันกับตัวอย่าง
- หาปริมาณสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ของตัวอย่างโดยนำไปลบจากปริมาณสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ไปของแบลงค์ ได้ค่าที่แท้จริงเพื่อนำไปคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาพอดีกับไนโตรเจน 0.0014 กรัม หรือคำนวณตามสูตร

$$\text{ร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด} = \frac{(A-B) \times N \times 1.4}{W}$$

$$\text{ร้อยละของโปรตีน} = \text{ร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด} \times \text{factor}$$

กำหนดให้ A คือ ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับแบลงค์ (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ในการไตเตรท

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

ค่า factor ที่เหมาะสมนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนของโปรตีนในตัวอย่างอาหารแต่ละชนิด ซึ่งปริมาณโปรตีนในนมมีประมาณ 15.67 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนกรัมของไนโตรเจนไปเป็นกรัมของโปรตีน ค่า factor ที่ได้จึงเป็น 6.38

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (3 ซ้ำ)

เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	ซ้ำ	น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)	ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรท (มิลลิลิตร)	ร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด	ร้อยละของโปรตีน
สูตร1 : มะเขือเทศ + พริกหวานแดง + แครอท	1	2.1513	3.65	0.2298	1.4662
	2	2.3395	3.79	0.2195	1.4002
	3	2.3307	4.32	0.2526	1.6114
	ค่าเฉลี่ย	2.2767	3.92	2.2339	1.4926
สูตร2 : เซเลอรี + ผักกาดหอม + แตงกวา + สับปะรด + หอมใหญ่ + มะเขือเทศ	1	2.2420	3.50	0.2197	1.4018
	2	2.3531	4.27	0.2483	1.5841
	3	2.6171	5.25	0.3079	1.9641
	ค่าเฉลี่ย	2.4041	4.34	0.2586	1.6500
สูตร3 : เก๋ากี้ + มะตูม + น้ำผึ้ง	1	2.1772	3.88	0.2448	1.5621
	2	2.3366	4.15	0.2414	1.5401
	3	2.2075	4.26	0.2487	1.5867
	ค่าเฉลี่ย	2.2404	4.10	0.2450	1.5630

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (3 ซ้ำ)

เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	ซ้ำ	น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)	ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรท (มิลลิลิตร)	ร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด	ร้อยละของโปรตีน
สูตร4 : กระเจี๊ยบ + กระชายดำ + น้ำผึ้ง	1	2.3062	3.59	0.2260	1.4421
	2	2.2557	4.08	0.2371	1.5124
	3	2.4853	4.20	0.2453	1.5647
	ค่าเฉลี่ย	2.3491	3.96	0.2361	1.5064
สูตร5 : ทับทิม + ส้ม + แอปเปิล	1	2.1698	3.98	0.2510	1.6012
	2	2.4152	4.05	0.2353	1.5014
	3	2.1754	4.19	0.2445	1.5601
	ค่าเฉลี่ย	2.2535	4.07	0.2436	1.5542
สูตร6 : แคนตาลูป + สับปะรด + ฝรั่ง	1	2.2510	3.84	0.2421	1.5446
	2	2.6719	4.06	0.2359	1.5048
	3	2.3565	3.96	0.2305	1.4706
	ค่าเฉลี่ย	2.4265	3.95	0.2362	1.5067
แบลงค์		2.0435	1.20	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน Rose-Gottleib Method (AOAC, 2000)

- ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในกรวยแยก (separating funnel) เติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1.25 มิลลิลิตร (ใช้ 2 มิลลิลิตร กรณีตัวอย่างที่นำมาทดสอบมีความเปรี้ยว) เขย่าให้เข้ากัน
- เติมเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 10 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน
- เติมไดเอทิลอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยาง เขย่าแรง ๆ นาน 1 นาที
- เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ปิดจุกเขย่าแรง ๆ นาน 1 นาที
- เปิดจุกตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น เทชั้นของอีเทอร์ลงในขวดรูปชมพู่ (อบที่ 100 องศาเซลเซียส และชั่งหาน้ำหนักมาก่อนแล้ว)
- ทำการสกัดไขมันซ้ำอีก 2 ครั้งโดยใช้ไดเอทิลอีเทอร์ 15 มิลลิลิตร และปิโตรเลียมอีเทอร์ 15 มิลลิลิตรในแต่ละครั้ง
- นำชั้นที่มีไขมันมารวมกัน ระเหยตัวทำละลายที่มีมากเกินพอออกด้วยเครื่องระเหย
- อบให้แห้งที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
- ชั่งน้ำหนักขวดรูปชมพู่พร้อมไขมันที่สกัดได้
- กรณีของแบลงค์ (Blank)ใช้วิธีเดียวกันกับตัวอย่างโดยใช้น้ำ 10 มิลลิลิตรแทนตัวอย่าง

<u>การคำนวณ</u>

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

กำหนดให้ A คือ น้ำหนักขวดรูปชมพู่และไขมันที่สกัดได้หลังอบ (กรัม)

B คือ น้ำหนักขวดรูปชมพู่ก่อนอบ (กรัม)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (3 ซ้ำ)

เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	ซ้ำ	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	น้ำหนัก flask ก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนัก flask +ไขมันหลังอบ (กรัม)	ร้อยละของไขมัน
สูตร1 : มะเขือเทศ + พริกหวานแดง+ แครอท	1	9.9434	128.2672	128.6009	2.7959
	2	10.0052	121.5830	121.8925	2.5366
	3	10.2327	126.1665	126.4391	2.1196
	ค่าเฉลี่ย	10.0604	125.3389	125.6441	2.4840
สูตร2 : เซเลอรี + ผักกาดหอม + แตงกวา + สับปะรด + หอมใหญ่+ มะเขือเทศ	1	10.1263	127.0741	127.4467	3.1292
	2	10.1204	124.3642	124.6932	2.6985
	3	10.2013	125.8860	126.2522	3.0430
	ค่าเฉลี่ย	10.1493	125.7711	126.1307	2.9569
สูตร3 : เก๋ากี้ + มะตูม + น้ำผึ้ง	1	9.6841	123.0549	123.4160	3.1535
	2	10.0243	121.1915	121.5302	2.8231
	3	10.0504	123.1500	123.4962	2.8904
	ค่าเฉลี่ย	9.9196	122.4654	122.8141	2.9556
สูตร4 : กระเจี๊ยบ + กระชาย + น้ำผึ้ง	1	10.0310	122.9857	123.2954	2.5316
	2	10.0351	122.2403	122.5226	2.2580
	3	10.2557	123.0320	123.3541	2.5971
	ค่าเฉลี่ย	10.1072	122.7520	123.0566	2.4622
สูตร5 : ทับทิม + ส้ม + แอปเปิล	1	10.1793	126.5923	126.9215	2.6861
	2	10.0257	123.9660	124.2496	2.2726
	3	10.2663	126.4971	126.7869	2.2802
	ค่าเฉลี่ย	10.1571	125.6851	125.9859	2.3446
สูตร6 : แคนตาลูป + สับปะรด + ฝรั่ง	1	10.0309	124.8814	125.2375	2.9942
	2	10.0408	125.8950	126.2483	2.9639
	3	10.0312	126.1248	126.4500	2.6860
	ค่าเฉลี่ย	10.0343	125.6337	125.9826	2.8813
แบลงค์		10.5569	121.1692	121.1751	0.0558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

- อบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักที่คงที่ และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น
- อบถ้วยแก้วที่อุณหภูมิ100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้
- ชั่งตัวอย่างหนักประมาณ 1 กรัม สูงประมาณ 1 มิลลิเมตร ใส่ในถ้วยแก้ว
- วางถ้วยแก้วลงในหลุมของเครื่องมือสกัดเส้นใย เติมสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 0.01 นอร์มัล ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้วลงในท่อแก้วคอนเดนเซอร์ประมาณ 200 มิลลิลิตร อาจเติมสารป้องกันการเกิดฟอง เช่น glass bead ประมาณ 2-3 เม็ด
- ต้มให้เดือดนานประมาณ 30 นาที
- กรองเอาสารละลายกรดออก (เปิดลิ้นไปที่ vacuum)
- ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้งๆ ละ 30 มิลลิลิตร (ในการล้างแต่ละครั้งให้เปิดลิ้นไปที่ Pressure เพื่อดันให้อากาศผ่านฐานของถ้วยแก้วทำให้ส่วนผสมในถ้วยแก้วคลุกเคล้ากันโดยตลอด)
- เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.23 นอร์มัล ที่ทำให้ร้อนลงไปประมาณ 200 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดนาน 30 นาที
- กรองเอาสารละลายด่างออก แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง
- ล้างด้วยน้ำกลั่นเย็น 1 ครั้ง และอะซีโตน 3 ครั้ง ครั้งๆ ละ 25 มิลลิลิตร
- ทำให้แห้งโดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 ชั่วโมงหรือจนกว่าจะได้น้ำหนักที่คงที่ ซึ่งน้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักของเส้นใยหยาบรวมกับน้ำหนักของเถ้า
- นำกากที่ได้ใส่ในครูซิเบิลแล้วนำไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก ซึ่งน้ำหนักที่ได้คือน้ำหนักเถ้า

<u>การคำนวณ</u>

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

กำหนดให้ A คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

B คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (3 ซ้ำ)

เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	ซ้ำ	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)	ร้อยละของเส้นใย
สูตร1 : มะเขือเทศ + พริกหวานแดง+ แครอท	1	1.0665	0.2620	0.0000	2.4378
	2	1.0128	0.0292	0.0000	2.8839
	3	1.1000	0.0427	0.0000	3.8272
	ค่าเฉลี่ย	1.0597	0.0323	0.0000	3.0496
สูตร2 : เซเลอรี + ผักกาดหอม + แตงกวา + สับปะรด + หอมใหญ่ + มะเขือเทศ	1	1.0804	0.0627	0.0012	5.6923
	2	1.0244	0.0568	0.0000	5.5461
	3	1.1985	0.0772	0.0048	6.0410
	ค่าเฉลี่ย	1.1011	0.0664	0.0030	5.7598
สูตร3 : เก๋ากี้ + มะตูม + น้ำผึ้ง	1	1.0644	0.0249	0.0000	2.3398
	2	1.0026	0.0215	0.0000	2.4390
	3	1.2672	0.0297	0.0000	2.3481
	ค่าเฉลี่ย	1.1114	0.0264	0.0000	2.3756
สูตร4 : กระเจี๊ยบ + กระชาย + น้ำผึ้ง	1	1.0645	0.1063	0.0889	1.6845
	2	1.0136	0.1071	0.0913	1.5672
	3	1.0530	0.0870	0.0665	1.9534
	ค่าเฉลี่ย	1.0337	0.1001	0.0822	1.7350
สูตร5 : ทับทิม + ส้ม + แอปเปิล	1	1.1914	0.0381	0.0105	2.3166
	2	1.0050	0.0659	0.0419	2.3938
	3	1.2387	0.0166	0.0000	2.9073
	ค่าเฉลี่ย	1.1450	0.0552	0.0262	2.5392
สูตร6 : แคนตาลูป + สับปะรด + ฝรั่ง	1	1.1225	0.0508	0.0024	4.3118
	2	1.0156	0.0458	0.0000	4.5103
	3	1.2513	0.0582	0.0064	4.1396
	ค่าเฉลี่ย	1.1298	0.0532	0.0044	4.3205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

- ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร นำมาเจือจางด้วยน้ำปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 20 มิลลิลิตร
- เติมสารละลายฟีนอฟทาลีน 3 หยด
- นำมาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH จนกระทั่งได้จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู นำปริมาณสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH มาคำนวณหาปริมาณกรดแลกติกที่ได้ดังนี้

การคำนาณ

$$\text{ปริมาณกรดแลกติก (\%)} = \frac{N \times V \times 90.08 \times 100}{1000 \times 20}$$

กำหนดให้ N คือ ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH

V คือ มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH

ตารางที่ 21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในโยเกิร์ต

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณกรดทั้งหมด[a]			
	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 0	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 1	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 2	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 3
0	0.26$_{A}$[b]	0.26$_{A}$	0.27$_{A}$	0.28$_{A}$
3	0.54$_{A}$	0.52$_{A}$	0.48$_{A}$	0.49$_{A}$
6	0.69$_{B}$	0.73$_{B}$	0.76$_{AB}$	0.77$_{A}$
12	0.98$_{B}$	1.01$_{AB}$	1.02$_{A}$	0.93$_{B}$
18	1.06$_{A}$	1.07$_{A}$	1.13$_{A}$	1.11$_{A}$
24	1.18$_{A}$	1.30$_{A}$	1.23$_{A}$	1.40$_{A}$
30	1.28$_{B}$	1.36$_{AB}$	1.42$_{AB}$	1.53$_{A}$

[a] ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดทั้งหมดในโยเกิร์ต

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในโยเกิร์ต (3 ซ้ำ)

เวลา (ชั่วโมง)	ซ้ำ	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)			
		โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 0	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 1	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 2	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 3
0	1	0.25	0.23	0.26	0.29
	2	0.25	0.29	0.28	0.27
	3	0.29	0.26	0.27	0.27
	เฉลี่ย	0.26	0.26	0.27	0.28
3	1	0.52	0.53	0.53	0.53
	2	0.71	0.53	0.56	0.56
	3	0.38	0.49	0.35	0.37
	เฉลี่ย	0.54	0.52	0.48	0.49
6	1	0.74	0.71	0.75	0.79
	2	0.61	0.71	0.76	0.77
	3	0.71	0.77	0.76	0.76
	เฉลี่ย	0.69	0.73	0.76	0.77
12	1	0.90	0.96	0.96	0.82
	2	1.01	0.98	1.04	1.03
	3	1.02	1.08	1.05	0.93
	เฉลี่ย	0.98	1.01	1.02	0.93
18	1	0.95	0.98	1.02	1.10
	2	1.09	1.10	1.26	1.16
	3	1.13	1.13	1.41	1.08
	เฉลี่ย	1.06	1.07	1.23	1.11
24	1	1.25	1.21	1.02	1.25
	2	1.32	1.35	1.26	1.52
	3	1.28	1.36	1.41	1.45
	เฉลี่ย	1.18	1.30	1.23	1.40
30	1	1.25	1.29	1.29	1.42
	2	1.32	1.34	1.35	1.56
	3	1.28	1.45	1.61	1.62
	เฉลี่ย	1.28	1.36	1.42	1.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในเครื่องดื่มธัญพืช

เวลา (วัน)	ปริมาณกรดทั้งหมด[a] (ร้อยละ)					
	สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
0	0.59B[b]	0.59B	0.61A	0.43C	0.58B	0.61A
1	0.66A	0.66A	0.61B	0.46C	0.60B	0.62AB
3	0.63B	0.70A	0.56C	0.71A	0.67B	0.64B
7	0.62CD	0.72A	0.58D	0.70AB	0.66BC	0.65BC
14	0.65B	0.71A	0.58C	0.72A	0.68 AB	0.66B
21	0.67AB	0.77A	0.59B	0.73A	0.70A	0.67AB
28	0.67BC	0.73AB	0.60D	0.74A	0.71ABC	0.67CD

[a] ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดทั้งหมดในเครื่องดื่มธัญพืช

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

หมายเหตุ : สูตร 1 (พริกหวานแดงผสมมะเขือเทศและแครอท, สูตร 2 (เซเลอรีผสมผักกาดหอม สับปะรด หอมใหญ่ แตงกวาและมะเขือเทศ, สูตร 3 (เก๋ากี้ผสมมะตูมและน้ำผึ้ง), สูตร 4 (กระชายผสมกระเจี๊ยบและน้ำผึ้ง), สูตร 5 (ทับทิมผสมแอปเปิลและส้ม) และสูตร 6 (แคนตาลูปผสมสับปะรดและฝรั่ง)

ตารางที่ 24 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในเครื่องดื่มธัญพืช (3 ซ้ำ)

เวลา (วัน)	ซ้ำ	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)					
		สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
0	1	0.62	0.69	0.71	0.59	0.79	0.79
	2	0.62	0.51	0.59	0.60	0.58	0.66
	3	0.56	0.48	0.52	0.62	0.37	0.69
	ค่าเฉลี่ย	0.59	0.59	0.61	0.60	0.58	0.62
1	1	0.60	0.63	0.50	0.66	0.69	0.73
	2	0.59	0.66	0.48	0.65	0.59	0.58
	3	0.58	0.67	0.49	0.64	0.52	0.54
	ค่าเฉลี่ย	0.59	0.65	0.49	0.65	0.61	0.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 24 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในเครื่องดื่มธัญพืช (3 ซ้ำ)

เวลา (วัน)	ซ้ำ	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)					
		สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
3	1	0.65	0.71	0.57	0.70	0.62	0.66
	2	0.63	0.69	0.56	0.72	0.66	0.64
	3	0.62	0.70	0.53	0.71	0.65	0.63
	ค่าเฉลี่ย	0.63	0.70	0.56	0.71	0.64	0.64
7	1	0.60	0.73	0.59	0.65	0.69	0.63
	2	0.64	0.71	0.57	0.72	0.65	0.63
	3	0.62	0.72	0.58	0.73	0.63	0.68
	ค่าเฉลี่ย	0.62	0.72	0.58	0.70	0.65	0.64
14	1	0.64	0.74	0.60	0.77	0.68	0.69
	2	0.65	0.70	0.56	0.71	0.70	0.66
	3	0.65	0.70	0.57	0.69	0.67	0.64
	ค่าเฉลี่ย	0.64	0.71	0.57	0.72	0.68	0.66
21	1	0.65	0.73	0.71	0.78	0.68	0.66
	2	0.66	0.70	0.54	0.72	0.72	0.67
	3	0.67	0.71	0.52	0.70	0.70	0.65
	ค่าเฉลี่ย	0.66	0.72	0.59	0.73	0.70	0.66
28	1	0.69	0.78	0.63	0.72	0.75	0.66
	2	0.68	0.68	0.61	0.75	0.70	0.65
	3	0.65	0.71	0.58	0.74	0.68	0.66
	ค่าเฉลี่ย	0.67	0.72	0.60	0.73	0.71	0.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวัดค่าพีเอช

- กดปุ่ม ON/OFF เลื่อนแถบยางที่ปิดรูด้ามโพรบ (probe) ออก
- ล้างโพรบด้วยน้ำกลั่น แล้วใช้กระดาษทิชชูซับน้ำออกโดยไม่ต้องเช็ดน้ำ
- ล้างโพรบและจุ่มลงในสารตัวอย่าง รอจนคำว่า READY กระพริบ แล้วอ่านค่าพีเอชที่วัดได้
- หลังจากใช้งาน ปิดรูที่ด้ามโพรบ ล้างโพรบด้วยน้ำกลั่น และเสียบไว้กับขาตั้งให้เรียบร้อย โดยให้โพรบจุ่มลงไปในขวดน้ำกลั่น
- กดปุ่ม ON/OFF ปิดเครื่อง

ตารางที่ 25 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในโยเกิร์ต

เวลา (ชั่วโมง)	พีเอชทั้งหมด[a]			
	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 0	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 1	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 2	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 3
0	6.19B[b]	6.24B	6.33A	6.41A
3	5.43A	4.31A	5.49A	5.45A
6	4.65A	4.64A	4.73A	4.79A
12	4.20B	4.24B	4.29AB	4.34A
18	4.06B	4.05B	4.07B	4.22A
24	3.98A	3.95A	3.97A	4.00A
30	3.89A	3.88A	3.88A	3.93A

[a] ค่าเฉลี่ยพีเอชในโยเกิร์ต

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 26 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในโยเกิร์ต (3 ซ้ำ)

เวลา (ชั่วโมง)	ซ้ำ	ค่าพีเอช			
		โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 0	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 1	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 2	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 3
0	1	6.15	6.21	6.30	6.40
	2	6.21	6.26	6.34	6.45
	3	6.21	6.26	6.35	6.40
	เฉลี่ย	6.19	6.24	6.33	6.41
3	1	5.23	5.23	5.25	5.26
	2	5.27	5.34	5.31	5.37
	3	5.79	5.37	5.92	6.00
	เฉลี่ย	5.43	5.31	5.49	5.45
6	1	4.60	4.52	4.60	4.70
	2	4.67	4.70	4.78	4.92
	3	4.70	4.71	4.82	4.77
	เฉลี่ย	4.65	4.64	4.73	4.79
12	1	4.24	4.23	4.27	4.40
	2	4.23	4.26	4.34	4.28
	3	4.14	4.22	4.25	4.35
	เฉลี่ย	4.20	4.24	4.29	4.34
18	1	4.11	4.14	4.13	4.17
	2	4.05	4.04	4.09	4.14
	3	4.02	3.99	4.00	4.35
	เฉลี่ย	4.06	4.05	4.07	4.22
24	1	4.04	4.05	4.12	4.15
	2	3.98	3.93	3.95	3.98
	3	3.93	3.88	3.85	3.89
	เฉลี่ย	3.98	3.95	3.97	4.00
30	1	3.91	3.93	3.94	4.02
	2	3.91	3.89	3.90	3.95
	3	3.87	3.82	3.79	3.83
	เฉลี่ย	3.89	3.88	3.88	3.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 27 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในเครื่องดื่มธัญพืชระหว่างการเก็บรักษา

เวลา	ค่าพีเอช[a]					
(วัน)	สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
0	4.29C[b]	4.24B	4.54A	4.18D	4.26BC	4.26BC
1	4.25B	4.18D	4.46A	4.13B	4.22C	4.25B
3	4.24B	4.16C	4.44A	4.11D	4.19C	4.25B
7	4.24B	4.13D	4.35A	4.10D	4.17C	4.23BC
14	4.23B	4.23B	4.12D	4.32A	4.08D	4.18C
21	4.20AB	4.10C	4.31A	4.05D	4.14C	4.20B
28	4.21B	4.09C	4.32A	4.03D	4.14BC	4.20B

[a] ค่าเฉลี่ยพีเอชในเครื่องดื่มธัญพืช

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

หมายเหตุ : สูตร 1 (พริกหวานแดงผสมมะเขือเทศและแครอท, สูตร 2 (เซเลอรีผสมผักกาดหอม สับปะรด หอมใหญ่ แตงกวาและมะเขือเทศ, สูตร 3 (เก๋ากี้ผสมมะตูมและน้ำผึ้ง), สูตร 4 (กระชายผสมกระเจี๊ยบและน้ำผึ้ง), สูตร 5 (ทับทิมผสมแอปเปิลและส้ม) และสูตร 6 (แคนตาลูปผสมสับปะรดและฝรั่ง)

ดารางที่ 28 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในเครื่องดื่มธัญพืช (3 ซ้ำ)

เวลา	ซ้ำ	ค่าพีเอช					
(วัน)		สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
0	1	4.23	4.19	4.38	4.09	4.19	4.23
	2	4.35	4.28	4.53	4.25	4.33	4.28
	3	4.29	4.24	4.71	4.19	4.26	4.26
	ค่าเฉลี่ย	4.28	4.25	4.53	4.18	4.26	4.26
1	1	4.25	4.18	4.45	4.15	4.20	4.24
	2	4.26	4.17	4.46	4.12	4.20	4.26
	3	4.24	4.17	4.47	4.13	4.22	4.26
	ค่าเฉลี่ย	4.25	4.17	4.46	4.13	4.21	4.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 28 (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในเครื่องดื่มธัญพืช (3 ซ้ำ)

เวลา (วัน)	ซ้ำ	ค่าพีเอช					
		สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
3	1	4.24	4.15	4.44	4.09	4.17	4.20
	2	4.25	4.18	4.45	4.09	4.18	4.20
	3	4.24	4.16	4.44	4.11	4.19	4.24
	ค่าเฉลี่ย	4.24	4.16	4.44	4.10	4.18	4.22
7	1	4.26	4.12	4.40	4.12	4.17	4.27
	2	4.23	4.09	4.32	4.08	4.17	4.17
	3	4.24	4.15	4.34	4.11	4.16	4.28
	ค่าเฉลี่ย	4.24	4.12	4.35	4.10	4.17	4.23
14	1	4.24	4.12	4.36	4.09	4.19	4.20
	2	4.24	4.11	4.37	4.08	4.20	4.22
	3	4.23	4.11	4.32	4.08	4.16	4.20
	ค่าเฉลี่ย	4.23	4.11	4.35	4.08	4.18	4.21
21	1	4.23	4.06	4.30	4.09	4.13	4.23
	2	4.18	4.06	4.31	4.03	4.13	4.22
	3	4.18	4.04	4.29	4.04	4.14	4.16
	ค่าเฉลี่ย	4.19	4.05	4.30	4.05	4.13	4.20
28	1	4.19	4.08	4.35	4.09	4.14	4.26
	2	4.22	4.09	4.35	4.00	4.12	4.22
	3	4.21	4.10	4.26	4.01	4.13	4.13
	ค่าเฉลี่ย	4.20	4.09	4.32	4.03	4.13	4.20

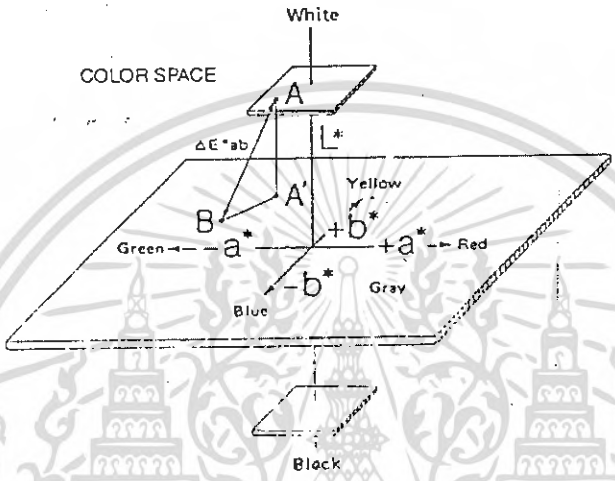
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวัดสี

เครื่องวัดสีของมินอลต้ารุ่น CR-300 แสดงความแตกต่างสี 5 ระบบ สำหรับการวัดสมบูรณ์โครมาติคซิตี้ (Charomaticity absolute) [CIE Yxy, L* a* b* และ L* C* H*] และความแตกต่างความหนาแน่น (Colouimetric) [▲(Dx Dy Dz) ความแตกต่างค่าสัมบูรณ์ ▲E*ab ก็จะถูกแสดงด้วย เมื่อความแตกต่างสีถูกวัดในรูป L* a* b* หรือ L*C* H* ของระบบสี



A = สีที่กำหนด

B = สีของตัวอย่าง

A' = ระดับความเบาที่เท่ากันของสีที่กำหนดให้

รูปที่ 18 ระบบทางสี L* a* b* และพิกัดสี ▲E*ab

ที่มา : คู่มือเครื่องวัดสีของมินอลต้ารุ่น CR-300

ระยะทางเท่ากันในแผนภาพ CIE x, y Charomaticity ไม่ได้แสดงความแตกต่างของสีที่เท่าเทียมกัน ดังเช่นที่เห็น อย่างไรก็ตาม ระบบสี CIE L* a* b* แสดงตวามรู้สึกต่อสีของคนได้ใกล้เคียงกว่า ดังที่แสดงในภาพ ระยะทางที่เท่ากันในระบบนี้ ใกล้เคียงกับความแตกต่างที่ได้รับ L* คือ องค์ประกอบไลท์เนส (Lightness factor) a*และ b* คือ พิกัดโครมาติคซิตี้

ข้อกำหนด L* a* b* ของสีที่ต้องการอยู่ในช่วงที่ไม่อนุญาติ ไม่สามารถวัดได้ L* > 107.26 , a* หรือ b* >199.99 , L* < 0.09

ในระบบสีระบบสี L* a* b* โดยการวัดค่า L* แสดงถึงความสว่างของสี a* (มีค่าบวก) แสดงว่าวัตถุมีสีแดง (มีค่าลบ) แสดงว่าวัตถุมีสีเขียว b* (มีค่าบวก) แสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง (มีค่าลบ) แสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 การวัดค่าสี L*a*b* โดยเครื่องวัดสีของมินอลต้า รุ่น CR-300

วิธีการตั้งค่า

1. เปิดสวิทซ์ POWER
2. กด INDEX SET แสดงเมนูของฟังก์ชัน ใช้ Y/N เพื่อเปลี่ยนการตั้งค่า
   - เลือก "Print" กด Y เป็นการพิมพ์อัตโนมัติหลังจากการวัดแต่ละครั้ง
   - เลือก "Color Space" กด N เมื่อใช้ Colour Space เดิม
3. กด Scroll key (↑ ↓)
   - เลือก "Data Protect" กด Y เป็นการไม่เก็บค่าที่วัดได้หลังจากมีการวัด 300 ครั้ง
   - เลือก "Multi Measyre" กด Y เป็นการวัด 3 ครั้ง แล้วนำค่ามาเฉลี่ย
   - เลือก "Auto select" กด Y เพื่อให้ตัวประมวลผลข้อมูลจะเลือกช่วงปรับแต่งให้ใกล้เคียวกับวัตถุที่จะวัดเพื่ออ้างอิง
   - เลือก "Light Source" CIE Illuminate C กดคีย์เคอร์เซอร์เลื่อน (←/→)
4. เมื่อตั้งค่าได้ตามต้องการแล้วกด ENTER

วิธีการ Calibrate เครื่องวัดสีของมินอลต้า รุ่น CR-300

1. เปิดสวิทซ์ POWER
2. กดปุ่ม Calibrate หน้าจอแสดงข้อมูล Yxz ที่ได้กำหนดไว้ครั้งล่าสุด ถ้าไม่มีการปรับก่อนหน้านี้ ก็จะไม่มีข้อมูลแสดง
3. ใช้ปุ่มเลื่อนเคอร์เซอร์ (←/→) และตัวเลขในการกำหนดค่าการปรับในฟังก์ชัน "ch00"
4. ถ้ายังไม่ได้กำหนดค่าช่วงสี Yxz ให้กดปุ่ม Color Space Select ซ้ำจนกระทั่งปรากฏช่วงสี Yxz
5. กำหนดข้อมูลการปรับ ตามที่ได้แสดงในฝาครอบด้านในแผ่น White calibration plate) โดยปรับตำแหน่งให้กับตรงกับค่าที่จะใส่ โดยเลื่อนไปที่ระบบสี L* a* b*
6. เมื่อค่า L* a* b* ตรงกับแหล่งกำเนิดแสงแล้ว นำหัววัดวางบนพื้นผิวสีขาวมาตราฐานแผ่น (White calibration plate)
7. กดปุ่ม measure บนเครื่องประมวลผลข้อมูล หลังจากที่มีไฟ READY บนหัววัดปรากฏขึ้น และทำการวัด 3 ครั้ง ติดกันเพื่อความถูกต้องของข้อมูล (ต้องแน่ใจว่าไม่ได้เคลื่อนหัววัดในขณะที่ทำการวัด)
8. จากนั้นประมาณ 5 วินาที อักษร "CAL" ก็จะถูกรบกวนด้วย "END" กับภาพขวามือ เป็นการเสร็จการ Calibrate เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ลักษณะของแบบทดสอบการให้คะแนนในการชิมเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

แบบรายงานการทดสอบการให้ความชอบ

ชื่อผู้ตัดสิน _____ วันที่_____

ผลิตภัณฑ์ _____

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาชิมตัวอย่างเหล่านี้ตามลำดับที่นำเสนอ และให้คะแนนแต่ละปัจจัยตามความชอบที่ท่านมีต่อผลิตภัณฑ์นั้น ตามที่ท่านเห็นสมควร

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

รหัส : _____	รหัส : _____	รหัส : _____
ลักษณะที่ปรากฏ ____คะแนน	ลักษณะที่ปรากฏ ____คะแนน	ลักษณะที่ปรากฏ ___คะแนน
สี ____คะแนน	สี ____คะแนน	สี ___คะแนน
ลักษณะเนื้อสัมผัส____คะแนน	ลักษณะเนื้อสัมผัส___คะแนน	ลักษณะเนื้อสัมผัส___คะแนน
กลิ่น ____คะแนน	กลิ่น ____คะแนน	กลิ่น ___คะแนน
ความเปรี้ยว ____คะแนน	ความเปรี้ยว ____คะแนน	ความเปรี้ยว ___คะแนน
ความหวาน ____คะแนน	ความหวาน ____คะแนน	ความหวาน ___คะแนน
ความชอบรวม ____คะแนน	ความชอบรวม ____คะแนน	ความชอบรวม ___คะแนน
วิจารณ์ _____	วิจารณ์ _____	วิจารณ์ _____
_____	_____	_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 29 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก (3 ซ้ำ)

ผู้ชิม	คะแนนของคุณภาพทางประสาทสัมผัส [a]						
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบรวม
	สูตร 1 คือพริกหวานแดงผสมมะเขือเทศและแครอท						
1	7	7	7.5	7.5	7	7	7
2	7.5	7.5	7	7	6.5	7	7
3	7.5	7.5	6	7.5	5	5	6.5
4	5.5	6.5	6.5	7	7	7	7
5	7	7	5.5	6.5	6.5	7.5	6.5
6	7	7	6.5	6	7.5	7.5	7
7	7	4.5	4	6	3.5	5	5
8	7	8	7	7	8	7.5	7.5
9	8.5	7	6	6.5	5	6	6.5
10	4.5	4.5	6.5	6.5	6	7	4.5
11	6	5	5	4.5	5	6.5	6
12	4.5	4.5	4.5	6	6	5.5	5.5
13	8	6.4	4	4	3.5	6	3.5
14	6.5	5.5	5	5	8.5	7.5	5.5
15	7.5	7	7	8	6	7.5	8
16	7	5	7	7	7.5	7.5	7
17	5	4	7.5	6.5	3.5	5	6.5
18	6	7	5	6	5.5	6	8
19	8	7	5	6	7.5	8	5.5
20	7.5	7	5.5	5..5	7	6.5	6.5
21	6.5	8	6.5	6.5	7.5	7	6.5
22	6	8	6	7.5	6.5	7	6
23	6.5	7.5	6	7	5.5	7	7.5
24	6.5	7	6	7	5.5	7.5	6.5
25	7.5	7.5	6	6	6.5	7	6.5

[a] ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองทั้ง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 29 (ต่อ) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก (3 ซ้ำ)

ผู้ชิม	คะแนนของคุณภาพทางประสาทสัมผัส [a]						
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบรวม
	สูตร 5 คือ ทับทิมผสมส้ม และแอปเปิล						
1	7	7	8	6.5	7	5.5	7.5
2	7.5	6.5	7.5	7.5	7.5	7.5	8
3	8	8	7	7	6	5	7
4	6.5	8.5	7.5	8.5	8	8	6.5
5	8.5	7.5	8.5	8.5	6.5	7.5	7.5
6	7.5	8.5	7.5	9	8.5	7.5	8
7	8.5	8	5	6	7.5	7.5	7.5
8	8.5	8.5	7	8	8.5	8.5	8.5
9	8.5	7.5	7.5	5.5	8	7.5	8
10	7.5	9	5.5	7.5	6.5	7.5	7
11	8	7.5	7.5	5	5	6	6
12	7	7	6.5	6.5	7	7	7.5
13	6	6.5	4.5	6	6	6	5.5
14	7	7	6.5	5	6.5	6.5	7
15	6	7.5	6.5	7.5	8.5	8	8
16	7	8	7	6	3.5	4	6.5
17	7.5	8	7.5	5	7.5	7	7.5
18	8	7.5	6.5	6	5.5	6	4.5
19	7.5	6.5	7	7.5	5.5	6	7
20	7	7	6	7.5	6	5.5	7
21	6	8	4	5.5	6	8	6
22	8	7.5	6.5	6.5	5.5	6.5	8
23	6	7.5	6.5	8.5	5.5	7	8
24	7	8	7	5.5	6.5	6.5	5
25	7	6	6	6.5	7.5	8.5	6

[a] ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองทั้ง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 29 (ต่อ) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก (3 ซ้ำ)

ผู้ชิม	คะแนนของคุณภาพทางประสาทสัมผัส [a]						
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบรวม
	สูตร 6 คือแคนตาลูปผสมฝรั่งและสับปะรด						
1	6.5	7	7.5	6.5	6.5	6	6.5
2	8.5	8.5	6.5	6	6.5	7.5	6.5
3	8.5	9	6	6.5	5.5	5.5	6.5
4	6	8	7	6	8	7.5	7
5	8.5	8.5	7.5	5.5	6	8	6.5
6	8	8.5	6	8	6.5	7	7
7	7	7	6	4	4	7	6
8	7.5	8	7	3.5	4.5	4.5	6.5
9	7.5	7	7.5	7.5	7.5	6	5
10	7.5	8	7.5	6.5	8.5	7.5	6
11	7.5	8.5	6.5	3	2.5	5.5	7.5
12	8	8	6.5	5.5	6.5	5.5	8
13	6.5	7	5	6.5	3	6.5	4
14	6.5	7.5	5	4.5	5	7	6.5
15	7.5	7	6	5	6.5	3.5	3
16	5.5	6.5	5.5	4	3	7	4.5
17	6.5	7	6.5	3.5	4	7	5
18	6	6.5	6.5	3.5	4.5	4.5	4
19	7	7	6.5	7	6.5	4	3.5
20	8	7	7	7	5.5	7	7
21	8	6.5	6.5	8	8	7.5	7.5
22	8	6.5	7.5	6.5	7.5	7.5	7.5
23	8.5	6.5	7.5	6.5	6.5	7.5	6
24	7	6.5	6	6.5	7	8.5	7
25	7.5	7.5	6.5	7.5	6.5	7.5	6

[a] ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองทั้ง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

สูตรอาหาร MRS (deMan Rogosa Sharpe Medium) มีดังนี้

Proteose peptone	10	กรัม
Beef extract	10	กรัม
Yeast extract	5	กรัม
Dextrose	20	กรัม
Polysorbate (tween80)	1	กรัม
Ammonium citrate	2	กรัม
Sodium acetate	5	กรัม
Magnesium sulfate	0.1	กรัม
Manganese sulfate	0.05	กรัม
Dipotassium phosphate	2	กรัม

กรณีอาหารแข็งจะใช้วุ้น ร้อยละ 2

2. การตรวจนับจำนวนแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด

ตารางที่ 30 ผลของโปรตีนถั่วเหลืองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในโยเกิร์ต

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด[a] (CFU ต่อกรัม)			
	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 0	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 1	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 2	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 3
0	$9.9 \times 10^{7}{}_{A}{}^{b}$	$1.1 \times 10^{8}{}_{A}$	$1.3 \times 10^{8}{}_{A}$	$1.0 \times 10^{8}{}_{A}$
3	$1.2 \times 10^{8}{}_{A}$	$8.6 \times 10^{8}{}_{A}$	$1.4 \times 10^{9}{}_{A}$	$1.2 \times 10^{9}{}_{A}$
6	$2.5 \times 10^{8}{}_{A}$	$1.5 \times 10^{9}{}_{A}$	$3.1 \times 10^{9}{}_{A}$	$1.6 \times 10^{9}{}_{A}$
12	$3.7 \times 10^{8}{}_{A}$	$2.3 \times 10^{9}{}_{A}$	$7.1 \times 10^{9}{}_{A}$	$1.8 \times 10^{9}{}_{A}$
18	$4.2 \times 10^{8}{}_{B}$	$2.3 \times 10^{9}{}_{AB}$	$1.4 \times 10^{10}{}_{A}$	$2.8 \times 10^{9}{}_{A}$
24	$4.8 \times 10^{8}{}_{B}$	$6.2 \times 10^{9}{}_{AB}$	$1.9 \times 10^{10}{}_{A}$	$1.9 \times 10^{9}{}_{B}$
30	$1.2 \times 10^{8}{}_{A}$	$1.8 \times 10^{9}{}_{A}$	$2.5 \times 10^{9}{}_{A}$	$3.7 \times 10^{8}{}_{A}$

[a] ค่าเฉลี่ยของปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมดในโยเกิร์ต

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมดในโยเกิร์ต (3 ซ้ำ)

เวลา (ชั่วโมง)	ซ้ำ	ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด (CFU ต่อกรัม)			
		โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 0	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 1	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 2	โปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 3
0	1	4.2×10^{7}	3.8×10^{7}	4.8×10^{7}	3.9×10^{7}
	2	2.7×10^{8}	1.4×10^{8}	2.9×10^{8}	1.2×10^{8}
	3	4.4×10^{7}	5.8×10^{7}	8.4×10^{7}	5.4×10^{7}
	เฉลี่ย	9.9×10^{7}	1.1×10^{8}	1.3×10^{8}	1.0×10^{8}
3	1	1.1×10^{8}	8.8×10^{7}	9.6×10^{7}	1.5×10^{8}
	2	2.0×10^{9}	2.4×10^{9}	4.0×10^{9}	3.2×10^{9}
	3	9.9×10^{7}	2.8×10^{8}	1.3×10^{8}	1.0×10^{8}
	เฉลี่ย	1.2×10^{8}	8.6×10^{8}	1.4×10^{9}	1.2×10^{9}
6	1	1.5×10^{8}	4.0×10^{8}	3.4×10^{8}	3.7×10^{8}
	2	1.3×10^{9}	3.8×10^{9}	8.0×10^{9}	4.2×10^{9}
	3	1.6×10^{8}	4.4×10^{8}	3.8×10^{8}	1.4×10^{8}
	เฉลี่ย	2.5×10^{8}	1.5×10^{9}	3.1×10^{9}	1.6×10^{9}
12	1	2.9×10^{8}	1.8×10^{8}	1.1×10^{8}	7.1×10^{8}
	2	3.9×10^{9}	5.6×10^{9}	1.1×10^{10}	4.4×10^{9}
	3	4.8×10^{8}	8.2×10^{8}	4.2×10^{8}	5.6×10^{8}
	เฉลี่ย	3.7×10^{8}	2.3×10^{9}	7.1×10^{9}	1.8×10^{9}
18	1	5.0×10^{8}	6.5×10^{8}	3.6×10^{9}	8.0×10^{8}
	2	6.8×10^{9}	5.9×10^{9}	1.2×10^{10}	7.4×10^{9}
	3	1.3×10^{9}	1.7×10^{9}	1.4×10^{9}	1.4×10^{9}
	เฉลี่ย	4.2×10^{8}	2.3×10^{9}	1.4×10^{10}	2.8×10^{9}
24	1	1.1×10^{9}	7.5×10^{9}	2.8×10^{9}	9.8×10^{8}
	2	5.1×10^{9}	1.5×10^{10}	1.4×10^{10}	4.2×10^{9}
	3	8.9×10^{8}	1.3×10^{9}	2.0×10^{9}	1.2×10^{9}
	เฉลี่ย	4.8×10^{8}	6.2×10^{9}	1.9×10^{10}	1.9×10^{9}
30	1	3.3×10^{8}	9.8×10^{8}	1.0×10^{9}	6.2×10^{8}
	2	4.2×10^{9}	4.4×10^{9}	7.5×10^{9}	3.6×10^{9}
	3	3.9×10^{8}	7.4×10^{8}	9.1×10^{8}	6.5×10^{8}
	เฉลี่ย	1.2×10^{8}	1.8×10^{9}	2.5×10^{9}	3.7×10^{8}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 32 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมดในเครื่องดื่มธัญพืช

ตารางที่ 32 ก ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด

เวลา (วัน)	ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด[a] (CFU ต่อมิลลิลิตร)					
	สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
0	3.1×10^{9} A[b]	2.8×10^{9} A	2.4×10^{9} A	2.7×10^{9} A	3.4×10^{9} A	3.6×10^{9} A
1	2.2×10^{9} A	1.4×10^{9} A	3.0×10^{8} A	1.5×10^{9} A	2.8×10^{9} A	3.1×10^{9} A
3	1.4×10^{9} AB	5.7×10^{8} AB	4.6×10^{6} B	6.8×10^{8} AB	2.0×10^{9} AB	$2..4 \times 10^{9}$ A
7	3.0×10^{8} AB	1.0×10^{8} A	6.3×10^{3} B	1.5×10^{8} AB	2.8×10^{8} AB	5.4×10^{8} A
14	8.8×10^{7} B	4.8×10^{7} AB	5.4×10^{2} B	8.0×10^{7} B	1.4×10^{8} AB	3.0×10^{8} A
21	5.3×10^{7} B	2.2×10^{7} B	3.4×10^{2} B	4.4×10^{7} B	6.2×10^{7} B	1.9×10^{8} A
28	3.8×10^{7} AB	1.0×10^{7} AB	2.3×10^{2} B	3.0×10^{7} AB	4.1×10^{7} AB	6.5×10^{7} A

ตารางที่ 32 ข จำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด

เวลา (วัน)	จำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด[a] (ร้อยละ)					
	สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
0	100.00000A[b]	100.00000A	100.00000A	100.00000A	100.00000A	100.00000A
1	69.08000AB	50.01911B	12.52645C	56.27361B	81.35881A	84.96582A
3	41.46666B	12.50983C	0.16792C	30.63038B	56.94276A	63.54258A
7	9.32333B	4.27160B	0.00026C	6.43771BC	7.99211 BC	15.75160 A
14	3.36000B	2.24131B	0.00003C	3.32551B	3.63867B	9.25001A
21	2.22000AB	1.53170A	0.00002C	2.24275AB	1.81539B	4.57628A
28	1.25333A	0.54079 B	0.00001C	1.11536A	1.18099A	1.86595A

[a] ค่าเฉลี่ยของปริมาณแบคทีเรียหรือค่าเฉลี่ยของจำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด

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

หมายเหตุ : สูตร 1 (พริกหวานแดงผสมมะเขือเทศและแครอท, สูตร 2 (เซเลอรีผสมผักกาดหอม สับปะรด หอมใหญ่ แดงกวาและมะเขือเทศ, สูตร 3 (เก๋ากี้ผสมมะตูมและน้ำผึ้ง), สูตร 4 (กระชายผสมกระเจี๊ยบและน้ำผึ้ง), สูตร 5 (ทับทิมผสมแอปเปิลและส้ม) และสูตร 6 (แคนตาลูปผสมสับปะรดและฝรั่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมดในเครื่องดื่มธัญพืช (3 ซ้ำ)

เวลา (วัน)	ซ้ำ	ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด (CFU ต่อมิลลิลิตร)					
		สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
0	1	5.0×10^{9}	5.0×10^{9}	4.2×10^{9}	4.1×10^{9}	5.8×10^{9}	6.1×10^{9}
	2	3.6×10^{9}	2.7×10^{9}	2.4×10^{9}	3.2×10^{9}	3.8×10^{9}	4.1×10^{9}
	3	7.0×10^{8}	6.2×10^{8}	6.3×10^{8}	6.8×10^{8}	7.2×10^{8}	7.0×10^{8}
	ค่าเฉลี่ย	3.1×10^{9}	2.8×10^{9}	2.4×10^{9}	2.7×10^{9}	3.4×10^{9}	3.6×10^{9}
1	1	3.6×10^{9}	2.7×10^{9}	5.5×10^{8}	3.2×10^{9}	4.6×10^{9}	5.2×10^{9}
	2	2.4×10^{9}	1.2×10^{9}	2.6×10^{8}	7.4×10^{8}	3.2×10^{9}	3.5×10^{9}
	3	4.8×10^{8}	3.2×10^{8}	8.6×10^{7}	4.6×10^{8}	5.8×10^{8}	5.9×10^{8}
	ค่าเฉลี่ย	2.2×10^{9}	1.4×10^{9}	3.0×10^{8}	1.5×10^{9}	2.8×10^{9}	3.1×10^{9}
3	1	2.7×10^{9}	5.3×10^{8}	8.6×10^{6}	1.3×10^{9}	3.4×10^{9}	4.1×10^{9}
	2	1.3×10^{9}	3.7×10^{8}	4.7×10^{6}	4.2×10^{8}	2.1×10^{9}	2.6×10^{9}
	3	2.4×10^{8}	8.2×10^{7}	6.5×10^{5}	3.2×10^{8}	4.1×10^{8}	4.2×10^{8}
	ค่าเฉลี่ย	1.4×10^{9}	5.7×10^{8}	4.6×10^{6}	6.8×10^{8}	2.0×10^{9}	2.4×10^{9}
7	1	5.8×10^{8}	1.5×10^{8}	1.4×10^{4}	2.1×10^{8}	4.6×10^{8}	4.6×10^{8}
	2	2.5×10^{8}	1.3×10^{8}	2.8×10^{3}	2.0×10^{8}	3.3×10^{8}	3.3×10^{8}
	3	6.6×10^{7}	3.1×10^{7}	2.1×10^{3}	5.4×10^{7}	5.3×10^{7}	5.3×10^{8}
	ค่าเฉลี่ย	3.0×10^{8}	1.0×10^{8}	6.3×10^{3}	1.5×10^{8}	2.8×10^{8}	5.4×10^{8}
14	1	1.5×10^{8}	8.1×10^{7}	7.2×10^{2}	1.5×10^{8}	2.1×10^{8}	4.6×10^{8}
	2	8.0×10^{7}	4.2×10^{7}	5.4×10^{2}	6.1×10^{7}	1.4×10^{8}	3.6×10^{8}
	3	3.4×10^{7}	2.2×10^{7}	3.6×10^{2}	3.0×10^{7}	2.6×10^{7}	8.0×10^{7}
	ค่าเฉลี่ย	8.8×10^{7}	4.8×10^{7}	5.4×10^{2}	8.0×10^{7}	1.4×10^{8}	3.0×10^{8}
21	1	7.6×10^{7}	6.5×10^{7}	4.8×10^{2}	6.4×10^{7}	1.2×10^{8}	2.4×10^{8}
	2	7.2×10^{7}	2.8×10^{7}	3.0×10^{2}	4.3×10^{7}	6.5×10^{7}	9.7×10^{7}
	3	2.2×10^{7}	1.4×10^{7}	2.4×10^{2}	2.6×10^{7}	1.2×10^{7}	5.2×10^{7}
	ค่าเฉลี่ย	5.7×10^{7}	3.6×10^{7}	3.4×10^{2}	4.4×10^{7}	6.6×10^{7}	1.3×10^{8}
28	1	5.7×10^{7}	1.6×10^{7}	3.4×10^{2}	4.2×10^{7}	7.3×10^{7}	1.2×10^{8}
	2	5.0×10^{7}	8.6×10^{6}	2.0×10^{2}	3.9×10^{7}	4.3×10^{7}	6.1×10^{7}
	3	8.6×10^{6}	6.1×10^{6}	1.4×10^{2}	7.5×10^{6}	8.3×10^{6}	1.5×10^{7}
	ค่าเฉลี่ย	3.8×10^{7}	1.0×10^{7}	2.3×10^{2}	3.0×10^{7}	4.1×10^{7}	6.5×10^{7}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค

กิตติกรรมประกาศ จ

สารบัญ ฉ

สารบัญตาราง ซ

สารบัญรูป ญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ 2

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ 2

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 โพรไบโอติก 4

2.2 พรีไบโอติก 11

2.3 ผลิตภัณฑ์ที่มีธัญพืชเป็นส่วนประกอบหลัก 14

2.4 ผลิตภัณฑ์นมหมัก 19

2.5 ผลของผลิตภัณฑ์นมหมักต่อจุลินทรีย์ภายในลำไส้ 25

2.6 การเตรียมหัวเชื้อแบคทีเรียแลคติก 35

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ 36

3.2 วิธีการทดลอง 37

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การศึกษาผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก 44
4.3 การวัดค่าสีและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 49

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 55
เอกสารอ้างอิง 57
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก การเตรียมวัตถุดิบ 68
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี 76
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ 96
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา 103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	การใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร	5
2.	สารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ของ *Lactobacillus* sp.	8
3.	องค์ประกอบอาหารใน 100 กรัมของส่วนที่รับประทานได้	18
4.	ขั้นตอนพื้นฐานในกระบวนการผลิตนมเปรี้ยว	19
5.	ขั้นตอนพื้นฐานของกระบวนการผลิตคีเฟอร์	27
6.	ขั้นตอนพื้นฐานในการผลิตนมอะซิโดฟิลัสหวาน	28
7.	การอยู่รอดของแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตภายในระบบทางเดินอาหาร	29
8.	ข้อดีและข้อเสียของอุตสาหกรรมการผลิตหัวเชื้อ	36
9.	ข้อดีและข้อเสียของแบคทีเรียเข้มข้นในรูปแช่แข็ง	36
10.	ส่วนประกอบของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	39
11.	องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	47
12.	ค่าการวัดสี (L* a* b*) ของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	51
13.	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	54
14.	ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งของวัตถุดิบ	70
15.	การปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดทั้งหมด	75
16.	ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด	77
17.	ผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า	79
18.	ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน	82
19.	ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน	85
20.	ผลการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย	87
21.	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในโยเกิร์ตระหว่างการหมัก	88
22.	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในโยเกิร์ตระหว่างการหมัก (3 ซ้ำ)	89
23.	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในเครื่องดื่มธัญพืชระหว่างการเก็บรักษา	90
24.	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในเครื่องดื่มธัญพืชระหว่างการเก็บรักษา (3 ซ้ำ)	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ (ต่อ)	หน้า
25. การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในโยเกิร์ตระหว่างการหมัก	92
26. การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในโยเกิร์ตระหว่างการหมัก (3 ซ้ำ)	93
27. การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในเครื่องดื่มธัญพืชระหว่างการเก็บรักษา	94
28. การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในเครื่องดื่มธัญพืชระหว่างการเก็บรักษา (3 ซ้ำ)	94
29. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอดิก (3 ซ้ำ)	100
30. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอดิกในโยเกิร์ตระหว่างการหมัก	104
31. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในโยเกิร์ตระหว่างการหมัก (3 ซ้ำ)	105
32. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอดิกในเครื่องดื่มธัญพืชระหว่างการเก็บรักษา	106
33. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอดิกในเครื่องดื่มธัญพืชระหว่างการเก็บรักษา(3 ซ้ำ)	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.	โครงสร้างทางเคมีของ Fructo-oligosaccharide	12
2.	โครงสร้างทางเคมีของ Inulin	14
3.	กระบวนการผลิตโยเกิร์ตพร้อมดื่ม	20
4.	การเปลี่ยนแปลงความหนืดในนมหมักที่มีการเติม HM pectin	21
5.	กระบวนการผลิตโยเกิร์ตพร้อมดื่ม	22
6.	กระบวนการผลิตเครื่องดื่มแลคติกที่ได้จากนม	24
7.	กระบวนการผลิตเครื่องดื่มแลคติกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์	25
8.	กระบวนการผลิตเครื่องดื่มแลคติกที่มีนมเป็นส่วนผสมหลัก	26
9.	การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในลำไส้ของหนู	30
10.	การอยู่รอดในหนูที่ได้รับอาหารแตกต่างกัน	30
11.	ผลของการรับประทาน *L. casei* 9020 และสารฟีนอล ต่อการขับถ่ายปัสสาวะของผู้ป่วย	31
12.	ผลของการรับประทาน *L. casei* 9020 ต่อการเจริญของBifidobacteria ในสิ่งขับถ่าย	32
13.	ผลของโยเกิร์ตที่มีเชื้อ Bifidobacteria ต่อระบบลำไส้ของผู้ป่วยโรคตับแข็ง	33
14.	ผลของ *B. breve* 4006 ต่อจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด *Bacteroidaceae* *Clostridium* spp. และ *Enterobacteriaceae*	34
15.	วิธีการเตรียมหัวเชื้อแบคทีเรียแลคติก	35
16.	ผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก ปริมาณกรดทั้งหมด และค่าพีเอช ในโยเกิร์ตระหว่างการหมัก	43
17.	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก ปริมาณกรดทั้งหมด และค่าพีเอช ในเครื่องดื่มธัญพืชระหว่างการเก็บรักษา	46
18.	ระบบทางสี L* a* b* และพิกัดสี ▲E*ab	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

โพรไบโอติก (probiotic) เป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิต สามารถก่อประโยชน์ต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ โดยการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในร่างกาย (Fuller, 1998) โพรไบโอติกที่รู้จักกันดี คือ *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Enterococcus faecali* และ *Streptococus thermophilus* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถแข่งขันกับจุลินทรีย์ก่อโรคในการยึดเกาะติดอยู่กับผนังของทางเดินอาหาร ทำให้การย่อยและการดูดซึมเป็นไปอย่างปกติ (Gilliland, 1985) สามารถสร้างสารต่อต้านเชื้อโรคทั้งที่เป็น primary metabolite เช่น กรดอินทรีย์ และ secondary metabolite เช่น hydrogen peroxide และ bacteriocin เป็นต้น (Tagg และคณะ, 1976) ช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกัน (Fuller, 1992) อีกทั้งยังลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่โดยไปลดเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง (Gilliland, 1989)

แบคทีเรียโพรไบโอติกที่เข้าสู่ร่างกายโดยการบริโภคนั้น เป็นสิ่งที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพเสริมเข้าไปนอกเหนือจากอาหารที่รับประทานปกติ ซึ่งควรมีปริมาณเซลล์โพรไบโอติกที่มีชีวิตอยู่อย่างน้อย 10^6-10^7 CFUต่อกรัม ของอาหารในขณะที่บริโภค จึงจะสามารถต้านทานต่อการป้องกันทางธรรมชาติของระบบทางเดินอาหาร (Guarner และ Schaafsma, 1998)

ในการปรับปรุงการอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติก สามารถทำได้หลายวิธี คือ 1) การปรับตัวต่อสภาวะเครียดของจุลินทรีย์ (adaptation) เช่น สภาวะที่เป็นกรดและความร้อนที่ไม่สูงมากนัก ซึ่งจะมีการกระตุ้นให้จุลินทรีย์ทนต่อปัจจัยที่เป็นอันตรายต่างๆมากขึ้นและสามารถฟื้นคืนเป็นเซลล์ที่แข็งแรง (Yousel และ Courtney, 2003) 2) การใช้เทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชัน (microencapsulation) เป็นกระบวนการที่เซลล์ถูกรักษาไว้ภายใต้วัสดุที่ห่อหุ้ม เพื่อลดการบาดเจ็บและการตายของเซลล์ (Champagne และ Cote, 1987) 3) การเติมสารอาหารบางชนิดลงไปเพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต เช่น สารพรีไบโอติก (prebiotic) ซึ่งจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์ที่หลั่งสารที่เป็นประโยชน์ภายในลำไส้ (Gibson และ Roberfroid, 1995) ตัวอย่างของสารพรีไบโอติก เช่น ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructo-oligosaccharide) และอินนูลิน (innulin) เป็นต้น ซึ่งสารพรีไบโอติกจากธรรมชาติส่วนใหญ่นั้น พบได้ในพืชผักผลไม้หลายชนิด เช่น หัวหอม กล้วย และธัญพืช ดังนั้นจึงเป็นเทคนิคที่น่าสนใจในการที่จะนำมาทดลองเพื่อเพิ่มอัตราการอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติกเมื่อนำไปเติมลงในผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกถือเป็นความท้าทายในอุตสาหกรรมอาหารในการที่จะนำวัตถุดิบจากธรรมชาติที่มีคุณภาพมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีการศึกษามากขึ้นถึงความเป็นไปได้ที่จะนำธัญพืชมาใช้ในการพัฒนาเป็นอาหารเสริมสุขภาพ ที่ให้สารอาหารหลายชนิด ได้แก่ เส้นใย โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามิน ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

ในปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่เริ่มหันมาเอาใจในการดูแลสุขภาพกันมากขึ้น จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะทำการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มธัญพืชให้เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียโพรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งควรมีอัตราการรอดชีวิตสูงในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงได้ทำการผลิตเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกร่วมกับโปรตีนจากถั่วเหลืองในปริมาณที่เหมาะสม และศึกษาการอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติกในเครื่องดื่มระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ รวมทั้งมีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้น ถือเป็นการเพิ่มทางเลือกแก่ผู้บริโภค และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้อุตสาหกรรมอาหารอื่น ๆ ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก ในน้ำนมผสมลูกเดือย

1.2.2 เพื่อทำการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ศึกษาผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก ในน้ำนมผสมลูกเดือย โดยนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มธัญพืช พัฒนาเป็นเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับเครื่องดื่ม

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

1.4.1 การศึกษาผลของโปรตีนถั่วเหลืองต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก (ABT-5) ในน้ำนมผสมลูกเดือย

ทำการเตรียมน้ำนมผสมผงลูกเดือย หางนม และโปรตีนจากถั่วเหลืองความเข้มข้นระดับต่างๆ กัน (ร้อยละ 0 , 1 , 2 และ 3) นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วถึงอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส เติมกล้าเชื้อที่เตรียมไว้ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ตรวจวัดค่าความเป็นกรด พีเอช และปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด โดยใช้เทคนิค Pour plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ที่เวลา 0, 3, 6, 12, 18, 24 และ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมงตามลำดับ ทำการคัดเลือกน้ำนมหมักชุดที่มีการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกสูงสุด เพื่อนำไปใช้ในการผลิตเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกต่อไป

1.4.2 การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

ทำการผลิตโยเกิร์ตที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองในระดับความเข้มข้นที่คัดเลือกได้ เพื่อเตรียมไว้ใช้ผลิตเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก จากนั้นเตรียมส่วนผสมของน้ำธัญพืชสูตรต่างๆ นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วถึงอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส นำไปผสมกับโยเกิร์ตที่เตรียมไว้ในอัตราส่วน 1 : 1 จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน ตรวจวัดปริมาณกรดทั้งหมด พีเอช สี และปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมดโดยใช้เทคนิค Pour plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ที่เวลา 0, 1, 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทุกสูตรและคัดเลือกเครื่องดื่มสูตรที่มีการเจริญของเชื้อสูงสุด 3 อันดับแรก เพื่อทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อไป

1.4.3 การวัดสี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.4.3.1 การวัดสี

ทำการวิเคราะห์สีของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทุกสูตร ด้วยเครื่องวัดสีของมินอลต้า รุ่น CR-300 วัดค่าสีระบบ CIE L* a* b*

1.4.3.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก ในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความหวาน ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน

1.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 13.0 โดยมีระดับความเชื่อมั่น 95 % และทดสอบค่าเฉลี่ยที่ต่างกันโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นการพัฒนาเครื่องดื่มเสริมสุขภาพที่มีการเติมแบคทีเรียโพรไบโอติก ร่วมกับธัญพืช เพื่อให้มีชีวิตอยู่รอดในระบบทางเดินอาหาร ถือเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอื่นๆได้ ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากการบริโภคผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 โพรไบโอติก (Probiotic)

คำว่า โพรไบโอติก ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกในรายงานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ของ Lilly และ Stillwell ในปี ค.ศ 1965 เพื่อกล่าวถึงสารที่จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งขับออกมา และช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นการทำงานที่ตรงข้ามกับการทำงานของยาปฏิชีวนะ (antibiotic)ที่จะทำลายจุลินทรีย์เกือบทุกชนิด

ในปี ค.ศ. 1974 Parker ได้ให้คำจำกัดความว่า โพรไบโอติก คือสิ่งมีชีวิตและสารเคมีที่ส่งผลต่อสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ Havenaar และ Josh (1992) ได้ขยายคำจำกัดความของโพรไบโอติกว่าประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ซึ่งอาจมีเพียงชนิดเดียวหรือเป็นส่วนผสมของจุลินทรีย์หลายชนิดที่สามารถปรับปรุงคุณสมบัติของจุลินทรีย์ดั้งเดิมที่อยู่ภายในลำไส้ของสัตว์นั้น โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจอยู่ในรูปของเซลล์แห้งจากขบวนการระเหิดแห้ง (freeze-dried cells) หรืออยู่ในรูปผลิตภัณฑ์หมัก และอาจไปมีผลต่อระบบอื่น เช่น ทางเดินหายใจส่วนต้น ระบบปัสสาวะ และระบบสืบพันธุ์ จนในที่สุด Fuller (1998) ได้จำกัดความหมายเฉพาะลงไปว่า โพรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่เติมลงไปในอาหารแล้วไปปรับปรุงสมดุลของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ภายในลำไส้ของเจ้าบ้าน ซึ่งตัวอย่างจุลินทรีย์โพรไบโอติก ได้แก่ *Lactobacillus acidophilus, L. casei, L. bulgaricus, L. brevis, L. fermentum, L. lactis, L. plantarum, , Enterococcus faecium, Streptococcus thermophilus, Bifidobacterium bifidum, B. infantis, B. breve, B. longum* และ *B. thermophilum* (Gibson และ Fuller, 1998)

2.1.1 ชนิดของแบคทีเรียโพรไบโอติก

2.1.1.1 ลักษณะของ Bifidobacteria

Bifidobacteria เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่ต้องการอากาศอย่างแท้จริง มีรูปร่างเป็นแท่งคล้ายตัว Y และไม่ผลิตก๊าซ ถูกค้นพบครั้งแรกโดย Tissier ในปี ค.ศ. 1900 ซึ่งแยกได้จากอุจจาระของเด็กทารก และตั้งชื่อว่า *Bacillus bifidus* และจัดเข้าสู่จีนัส *Bifidobacterium* ในปี ค.ศ. 1920 (Orla-Jensen, 1924) คุณสมบัติที่สำคัญคือ สามารถหมักน้ำตาลเฮกโซสได้เป็นกรดแลคติกโดยผ่านวิถีฟอสโฟคีโตเลท (phosphoketolase pathway) เมื่ออยู่ในสภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเซลล์ให้มีกิ่งก้านมากมาย พบได้ในลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และช่องคลอด อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญคือ 37-41 องศาเซลเซียส พีเอชที่เหมาะสมคือ 5.5-7.0 ผลิตกรดแอซิติก กรดแลคติก ทำให้เพิ่มความเป็นกรดในลำไส้ (Klaver และคณะ, 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 ลักษณะของ *Streptococcus thermophilus*

S. thermophilus มีรูปร่างกลมต่อกันเป็นสาย สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 49 องศาเซลเซียส แต่จะเจริญได้ไม่ดีที่อุณหภูมิต่ำ สามารถสร้างกรดทำให้โปรตีนในน้ำนมตกตะกอนได้ดี แต่มีปริมาณค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับแบคทีเรียแลคติกชนิดอื่น ในระหว่างการหมักน้ำนมนั้น *S. thermophilus* จะผลิตเอนไซม์แลคเตสและเอนไซม์เบต้า-กาแลคโตซิเดส มาย่อยแลคโตสให้เป็นกลูโคสกับกาแลคโตส และสามารถผลิตเอนไซม์ยูริเอสในการย่อยสลายยูเรียในน้ำนม ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย นอกจากนี้ยังสร้างแคปซูลและเมือกภายนอกเซลล์ ช่วยให้โยเกิร์ตมีลักษณะเนียนข้น และทำให้ผลไม้กระจายตัวได้ดีในโยเกิร์ต (Vedamuthu, 1991)

2.1.1.3 ลักษณะของ *Lactobacillus acidophilus*

L. acidophilus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ มีลักษณะเป็นแท่งสั้นๆ ปลายโค้ง อาศัยอยู่ภายในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ นอกจากนี้ยังพบได้ในช่องปาก และช่องคลอดของสตรี มีความจำเพาะต่ออาหาร และต้องการอากาศเพียงเล็กน้อยในการเจริญ (facultative anaerobe) อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเจริญคือ 45 องศาเซลเซียส พีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.4-4.5 ผลิตกรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์หลักจากกระบวนการหมัก (Gilliland และ Speck, 1977)

ตารางที่ 1 การใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร

ชนิดของจุลินทรีย์	การใช้ประโยชน์
Lactobacillus acidophilus	ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก
L. plantarum	ใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมัก
Lactobacillus GG	ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตและเครื่องดื่มหางนม
L. casei subsp. *Rhamnosus*	ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมักและอาหารสัตว์
L. delbrueckii subsp. *bulgaricus*	ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต
Streptococcus salivarius subsp. *thermophilus*	ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต
Bifidobacterium bifidus	ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก
Lactococcus lactis subsp. *Lactis*	ใช้ในการผลิตบัตเตอร์มิลค์และชีส
Enterococcus lactis subsp. *Lactis.*	ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

ที่มา : ดัดแปลงจาก Goldin และ Gorbach (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 คุณสมบัติของโพรไบโอติก

2.1.2.1 การทนต่อกรดในกระเพาะอาหาร

แบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถทนต่อกรดในกระเพาะอาหาร ซึ่ง Gilliland และ Speck (1977) ได้รายงานถึงการทนกรดในกระเพาะอาหารของ *Lactobacillus* ชนิดต่าง ๆ โดย *L. casei* ทนกรดได้ดีกว่าชนิดอื่น ๆ คืออยู่รอดอย่างสมบูรณ์ใน 3 ชั่วโมงที่อยู่ในสารละลายน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร สังเคราะห์ ซึ่งมีพีเอช 3 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ส่วน *L. acidophilus* และ *L. plantarum* สามารถทนกรดได้ดีเช่นกัน นอกจากนี้ Arihara และคณะ (1998) ได้รายงานว่า *L. acidophilus* และ *L. casei* สามารถทนกรดที่ระดับพีเอช 4.0 ได้นานถึง 21 วัน และ *L. gasseri* สามารถรอดชีวิตได้มากที่พีเอช 3, 2 และ 1.5 ตามลำดับ

2.1.2.2 การทนต่อน้ำดี

แบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถทนต่อน้ำดีได้ จากรายงานของ Shirota (1966) กล่าวว่า *Lactobacillus* ที่ทนต่อเกลือน้ำดีได้สูง ได้แก่ *L. bulgaricus, L. casei* และ *L. acidophilus* ซึ่งทนได้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2, 4, 10, 12 และ 15 ตามลำดับ Arihara และคณะ (1998) ได้ศึกษาการทนเกลือน้ำดีของเชื้อ *L. gasseri* บนอาหารแข็ง MRS ที่มีพีเอช 5, 6, 7 แล้วเติมเกลือน้ำดีชนิดผงเข้มข้น 0 -200 ppm พบว่า *L. gasseri* เจริญได้มากที่ความเข้มข้นของเกลือน้ำดี 125, 250 และ 500 ppm

2.1.2.3 การเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว ออกฤทธิ์ได้ดีในทางเดินอาหารทุกส่วน

แบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว โดยมีชีวิตอยู่ในลำไส้ได้นานประมาณ 24 ชั่วโมง และเจริญเดิบโตในช่วงอุณหภูมิกว้าง คือ 20-60 องศาเซลเซียส (นวลจันทร์ พารักษา, 2533) รวมทั้งสร้างสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น โฟเลต (folate) ช่วยสร้างเม็ดเลือดแดง และวิตามินบี 2 ที่ช่วยบำรุงเส้นผมและเล็บ อีกทั้งสามารถออกฤทธิ์ได้ดีในทางเดินอาหารทุกส่วน (Fuller, 1992) นอกจากนี้ Gilliland และ Speck (1977) ได้รายงานว่า *Lactobacillus* ที่เป็นประโยชน์ในทางเดินอาหาร ได้แก่ *L. acidophilus, L. casei* และ *B. bifidus*

2.1.2.4 การแข่งขันกับเชื้อโรคในการยึดเกาะผนังลำไส้

แบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถแข่งขันกับเชื้อโรคในการยึดเกาะผนังลำไส้ ซึ่งการเกาะเคลือบของโพรไบโอติกที่ผนังทางเดินอาหารจะทำให้การย่อยและการดูดซึมเป็นไปอย่างปกติ (Fuller, 1992) สอดคล้องกับการศึกษาความสามารถของแบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Bifidobacterium lactis* Bb-12, *L. pentosus* UK1A, *L. pentosus* SK2A, *Enterococcus faecium* M74 และ *E. faecium* SF273 ในการแข่งขันกับเชื้อโรคในการยึดเกาะผนังลำไส้ พบว่าเชื้อแบคทีเรียแลคติกทุกชนิดที่ทดสอบสามารถแย่งยึดเกาะผนังลำไส้กับเชื้อ *Clostridium perfringens* ได้ดี โดยสามารถลดอัตราการยึดเกาะกับผนังลำไส้ของเชื้อ *C. perfringens* จากร้อยละ 79.1 เป็นร้อยละ 53.7 (Rinkinen และคณะ, 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.5 การสร้างกรดแลคติก

แบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถเปลี่ยนน้ำตาลในอาหารให้เป็นกรดแลคติก ทำให้พีเอช ของอาหารลดลง มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ทำให้อาหารเน่าเสีย สอดคล้องกับการรายงานของ Torriani และคณะ (1997) ที่มีการทดสอบผลของกรดแลคติกต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในผักสลัด โดยพบว่าถ้าเติมกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1 ลงไปมีผลในการทำลายแบคทีเรียเกือบทุกกลุ่มที่ใช้ทดสอบ แต่ยับยั้งแบคทีเรียทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์ม (faecal coliform) ได้เพียงบางส่วนและเมื่อเติมกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ลงไป ไม่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ประจำถิ่น (normal flora)ในผัก

2.1.2.6 การสร้างสารต่อต้านเชื้อโรค

แบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถสร้างสารต่อต้านเชื้อโรค ทั้งที่เป็น primary metabolite เช่น กรดอินทรีย์ และ secondary metabolite เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และ แบคเทอริโอซิน (bacteriocin) เป็นต้น (Fuller, 1992)

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็นสารที่ได้จากกระบวนการเมแทบอลิซึม ในระหว่างการเจริญเติบโตของแบคทีเรียพวก *Lactobacillus* และสะสมเพิ่มขึ้นในอาหาร เนื่องจาก *Lactobacillus* ไม่มีเอนไซม์คะตะเลส (catalase) ที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลาย H_2O_2 ในน้ำนมดิบ ซึ่ง H_2O_2 สามารถทำปฏิกิริยากับไทโอไซยาเนต โดยมีเอนไซม์แลคโตเพอโรซิเดส (lactoperoxidase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ผลิตผลที่ยับยั้งจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร (Arihara และคณะ, 1998)

แบคเทอริโอซิน (bacteriocin) คือสารโปรตีนที่สามารถทำลายแบคทีเรียได้อย่างรวดเร็ว และผลิตจากแบคทีเรีย เช่น *Lactobacillus fermentum, L. heveticus, L. acidophilus, L. plantarum, Pediococcus acidilactici* โดยสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกหลายชนิดและจุลินทรีย์ก่อโรค ซึ่งแบคเทอริโอซินที่ผลิตจาก *Lactobacillus* เรียกว่า nisin มีการนำไปใช้ในการถนอมอาหารมากที่สุด *L. acidophilus* สามารถสร้าง acidophilin และ lactocidin ซึ่งเป็นแบคเทอริโอซินยับยั้ง *S. aureus* แบคทีเรียแกรมบวก enteropathogen และแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ (Wood และ Hodge, 1985)

ไดอะซิทิล (diacetyl) เป็นผลผลิตสุดท้ายที่ได้จากกระบวนการหมักของแบคทีเรียแลคติก เป็นสารให้กลิ่นเฉพาะในผลิตภัณฑ์นมหมัก และมีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่น โดยไดอะซิทิลที่มีความเข้มข้น 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ยับยั้งการเจริญของยีสต์และแบคทีเรีย ส่วนที่ความเข้มข้น 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย แกรมบวกที่ไม่ใช่แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ส่วนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะถูกยับยั้งที่ความเข้มข้นสูงกว่า 350 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Tagg และคณะ, 1976)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.7 การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค

แบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคโดย 1) การลดพีเอช โดยการผลิตกรดแลคติก เช่น *L. acidophillus* และ *L. casei* ผลิตกรดแลคติกเป็นตัวหลักในกระบวนการหมัก ส่วน bifidobacteria ผลิตกรดแอซิติกและกรดแลคติกในอัตราส่วน 3:1 นอกจากนี้ยังสามารถผลิตกรดซิตริก กรดฮิปปูริก ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไดอะซิทิล และสารอื่นๆที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้อีกด้วย 2) การลดระดับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน 3) การผลิตสารประ กอบที่มีความจำเพาะในการยับยั้ง เช่น แบคเทอริโอซิน และ 4) การผลิตสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Tagg และคณะ, 1976) ได้มีการรายงานอย่างมากมายที่บอกถึงสายพันธุ์ของ *Lactobacillus* ที่สามารถผลิตสารประกอบที่มีความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่น ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ของ *Lactobacillus* sp.

สายพันธุ์จุลินทรีย์	สารยับยั้งที่ผลิต
L. acidophilus	acidolin
	acidophilin
	lactacin B
L. bulgaricus	bulgaricin
L. helveticus	lactocin 27
	helvecitin J
L. plantarum	plantacin B
L. reuteri	reutein

ที่มา : Robert และคณะ (1992)

2.1.2.8 การสร้างเอนไซม์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

แบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถสร้างเอนไซม์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ pectinase, β-galactosidase, amylase, protease, lactase และ cellulase ซึ่งมีผลทำให้การย่อย และการใช้ประโยชน์ของสารอาหารต่างๆ ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น β-galactosidase ช่วยบรรเทาสภาวะที่ไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสในระบบทางเดินอาหารได้ (อุทัย คันโธ, 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.9 การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน

แบคทีเรียโพรไบโอติกจะมีผลกระทบต่อเยื่อเมือกและระบบภูมิคุ้มกันของเจ้าบ้าน ได้แก่ เซลล์อีพิทีเลียล (epithelial) ของลำไส้ เม็ดเลือดขาว B และ T lymphocytes และเซลล์ที่ทำหน้าที่รับรู้สัมผัสของระบบภูมิคุ้มกัน สารต่างๆ ที่มีคุณสมบัติกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ได้แก่ ลิโพโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide), เพปติโดไกลแคน (peptidoglycan) และกรดลิโพไทโคอิค (lipoteichoic acid) ซึ่งส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันในหลายระดับด้วยกันได้แก่ การสร้างไซโตไคน์ (cytokine) การเกิดแมคโครฟาจก์ฟาโกไซโทซีส (macrophage phagocytosis) และการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันอัตโนมัติ การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการพบว่า Bifidobactria จะเหนี่ยวนำการสร้าง IgA เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า *Bifidobacterium* 44 สายพันธุ์ (จากทั้งหมด 120 สายพันธุ์) อยู่ในสปีชีส์ *B. animalis* , *B. longum* และ *B. breve* พบว่า 3 สายพันธุ์ของ *B. breve* และ 1 สายพันธุ์ของ *B. longum* สามารถเหนี่ยวนำการสร้าง IgA ได้ในระดับหนึ่ง (Salminen และคณะ, 1998)

2.1.2.10 การลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่

แบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ โดยไปลดเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง เช่น β - glucuronidase, azoreductase, nitrate reductase และ β - glucosidase (Naidu และคณะ, 1999; Saarela และคณะ, 2000) ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้จะเปลี่ยนสารที่สามารถเกิดเป็นสารก่อมะเร็ง (procarcinogen) ไปเป็นสารที่พร้อมจะเกิดเป็นมะเร็ง (carcinogen) ที่บริเวณลำไส้ใหญ่ สารเคมีที่ก่อให้เกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่คือ 1,2-ไดเมทิลไฮดราซีน (1,2-dimethyl hydrazine, DMH) การกระตุ้น DMH ให้เกิดสารที่พร้อมจะเกิดเป็นมะเร็งจะเกิดที่ลำไส้ใหญ่ ตัวอย่างของสารประกอบที่ก่อให้เกิดมะเร็ง คือ fecapentaenes, nitrosamines, phenolic compounds, diacylglycerol และ secondary bile acids (Goldin และ Grobach, 1980)

2.1.2.11 การป้องกันการแพ้แลคโตส

แบคทีเรียโพรไบโอติกสามารถป้องกันการแพ้แลคโตสได้โดยผู้ใหญ่ทั่วไปหรือบางคนจะไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสในน้ำนม เพราะขาดเอนไซม์ที่จำเป็น ทำให้เกิดอาการท้อง ร่วง รุนแรง เมื่อดื่มนม เอนไซม์ที่จำเป็นในการย่อยน้ำตาลแลคโตสที่อยู่ในลำไส้คือ เอนไซม์เบตา-กาแลคโตซิเดส (β-galactosidase) หรือแลคเตส โดยในระหว่างการหมักผลิตภัณฑ์นมหมัก lactobacilli จะผลิตเอนไซม์แลคเตส มาย่อยแลคโตส ได้เป็นกลูโคสและกาแลคโตสมากกว่าร้อยละ 50 ในนมอะซิโดฟิลัสและโยเกิร์ต ซึ่งแลคโตสถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระหว่างกระบวนการหมัก แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์แลคเตสจากแบคทีเรียจะมีอยู่ในลำไส้ของคนที่ทานโยเกิร์ต (Kilara และ Shahani, 1976)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การปรับปรุงการอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติก

เนื่องจากแบคทีเรียโพรไบโอติกที่มีในผลิตภัณฑ์จะมีจำนวนลดลงเมื่อเก็บไว้ในระยะเวลาหนึ่ง เนื่องจากปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติก ในการที่จะทำให้แบคทีเรียโพรไบโอติกมีชีวิตรอดอยู่ได้มากขึ้นนั้น ทำได้หลายวิธีคือ การเติมสารอาหารบางชนิดลงไป การปรับตัวต่อสภาวะเครียดและการใช้เทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชัน

2.1.3.1 การเติมสารอาหารบางชนิด

ในการเติมสารอาหารบางชนิดลงไปเพื่อเพิ่มการเจริญให้แบคทีเรียโพรไบโอติก โดยอาหารที่เติมลงไปเรียกว่า พรีไบโอติก ซึ่งเป็นการเติมสารอาหารลงไปเพื่อให้จุลินทรีย์สุขภาพในลำไส้ใหญ่มีการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ ทำให้สุขภาพของผู้บริโภคดีขึ้น เป็นการป้องกันและรักษาโรคของระบบทางเดินอาหาร

2.1.3.2 การปรับตัวต่อสภาวะเครียดของจุลินทรีย์ (adaptation)

ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารนั้น สภาวะแวดล้อมต่างๆที่ไม่เหมาะสม เช่น ความร้อนจากแสง กรดที่เกิดจากการหมัก ความแห้งแล้ง กระบวนการผลิตอาหาร รวมทั้งเมแทบอลิซึมภายในเซลล์นั้น ถือเป็นปัจจัยที่ทำให้แบคทีเรียเกิดสภาวะเครียด ซึ่งจะไปกระตุ้นให้เซลล์เกิดการดอบสนองหรือการปรับตัวในการอยู่รอดได้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาวะเครียดที่ไม่รุนแรง เช่น การปรับตัวด้วยกรด โดยการเพิ่มปริมาณกรดทีละน้อย จะทำให้จุลินทรีย์ทนต่อปัจจัยอันตรายต่างๆได้มากขึ้นและสามารถฟื้นคืนเป็นเซลล์ที่แข็งแรง (Yousef และ Courtney, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Gahan และคณะ (1996) พบว่า การปรับตัวโดยใช้กรดสามารถเพิ่มอัตราการอยู่รอดของ *Listeria monocytogenes* ในอาหารที่มีความเป็นกรด อันได้แก่ โยเกิร์ต น้ำส้ม และน้ำสลัด

2.1.3.3 เทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชัน (microencapsulation techniques)

ไมโครเอนแคปซูเลชันเป็นกระบวนการเก็บรักษาเซลล์ไว้ภายในเยื่อหุ้มเพื่อลดการบาดเจ็บหรือการสูญหายของเซลล์ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแบคทีเรียโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์นมหมักหรือการผลิตสารชีวมวล (Audet และคณะ, 1992; Sheu และ Marshall, 1993) Prevost และคณะ (1985) ได้รายงานว่าการผลิตโยเกิร์ตแบบต่อเนื่องโดยใช้จุลินทรีย์ *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* และ *Steptococcus. Thermophilus* ที่ถูกตรึงเซลล์นั้น ซับซ้อนมากกว่าวิธีการปกติ แต่ได้ผลที่ดีกว่า โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะคงตัว เนื่องจากเวลาในการเพาะเลี้ยง ความเป็นกรด และการเติมนมเข้าไปอย่างต่อเนื่องรวมทั้งอัตราส่วนของเชื้อ bacilli ต่อ cocci ที่คงที่ และสามารถควบคุมพีเอชให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ Champagne และคณะ (1992) รายงานว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้จุลินทรีย์ที่ผ่านการตรึงเซลล์ในการผลิต bacterial density ซึ่งสามารถผลิตได้มากกว่าการใช้เซลล์อิสระถึง 6 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 พรีไบโอติก (Prebiotics)

พรีไบโอติก เป็นส่วนประกอบของอาหารที่ไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหารและมีผลต่อสุขภาพ โดยการไปกระตุ้นการเจริญเติบโตและ/หรือการออกฤทธิ์ของแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ พบได้ทั่วไปในพืชผักผลไม้หลายชนิด ได้แก่ กล้วย ธัญพืช กระเทียม ชิคอรี และหน่อไม้ฝรั่ง (Gibson และ Roberfroid, 1995) ประโยชน์ต่อสุขภาพของพรีไบโอติก ได้แก่

- ผลต่อระบบทางเดินอาหาร

พรีไบโอติก สามารถทนต่อการย่อยในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ และเป็นอาหารให้กับแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ ซึ่งเมื่อแบคทีเรียนำไปใช้ก็จะให้พลังงาน และสารสำคัญบางอย่าง เช่น inulin ชนิด fructans กรดแลคติก และกรดไขมันชนิดสายสั้น (short-chain fatty acids) ซึ่งเป็นผลิตผลจากกระบวนการหมัก ส่งผลในการกระตุ้นการเจริญของ bifidobacteria และยับยั้งการเจริญเติบโตของ *C. perfringens*, *Salmonella* spp. และ *E. coli* ในลำไส้ จึงช่วยป้องกันท้องเสียท้องเดิน โดยเฉพาะจากการติดเชื้อได้ (Cumming และคณะ, 2001)

- ผลต่อการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด

พรีไบโอติกจะรบกวนการดูดซึมของเกลือแร่ด้วยการไปจับกับแร่ธาตุไว้ในโครงสร้างที่ซับซ้อนทำให้ไม่สามารถถูกดูดซึมได้ที่ลำไส้เล็ก จากนั้นจะปลดปล่อยแร่ธาตุออกมาในลำไส้ใหญ่ เมื่อมีการหมักโดยแบคทีเรียในลำไส้ได้กรดไขมันชนิดสายสั้น ความเป็นกรดก็จะช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียม (Lin และคณะ, 1995)

- ผลต่อเมแทบอลิซึมของไขมัน

การที่จุลินทรีย์โพรไบโอติกเพิ่มจำนวนมากขึ้น สามารถช่วยย่อยสลายคอเลสเตอรอล และยับยั้งการดูดซึมผ่านผนังลำไส้ (Lin และคณะ, 1995) อีกกลไกหนึ่งคือมีการปรับเปลี่ยนระดับกลูโคสและอินซูลิน เนื่องจากการสังเคราะห์ไขมันมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึมของกลูโคสด้วย (Luo และคณะ, 1996)

สารที่จัดเป็นพรีไบโอติก ต้องมีลักษณะดังนี้ คือ 1) สารนั้นจะต้องไม่ถูกย่อยหรือถูกดูดซึมที่บริเวณกระเพาะอาหารหรือลำไส้เล็ก 2) ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ใหญ่ เช่น *Bifidobacterium* 3) กระบวนการหมักต้องเหนี่ยวนำให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของผู้บริโภค ประเภทของอาหารที่ใช้ในการหมัก เช่น resistant starch พอลิแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ช (non-starch polysaccharide) ได้แก่ เพคติน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ไซแลน น้ำตาล และโอลิโกแซคคาไรด์ จะไม่ถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก และจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์ภายในลำไส้ใหญ่ (Cummings และ Macfarlane, 1991) สารที่จัดเป็นพรีไบโอติกมีดังนี้

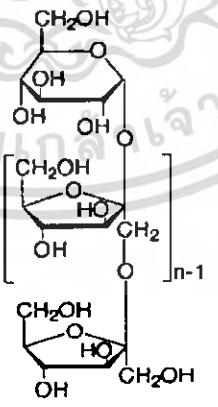
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 Oligosaccharide

Oligosaccharide เป็นโพลีแซคคาไรด์สายสั้นๆ ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2-10 โมเลกุล มีคุณสมบัติเฉพาะตัว 2 อย่างคือ ไม่สามารถถูกย่อยได้ด้วยน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร แต่จะถูกย่อยสลายได้โดยแบคทีเรียในลำไส้ เช่น bifidobacteria มีอยู่ทั่วไปในพืช ผัก ผลไม้ เช่น ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ จะพบได้ใน หัวหอม กระเทียม หน่อไม้ฝรั่ง และพืชอื่น ๆ ส่วน ซอยโอลิโกแซคคาไรด์ จะพบได้ในถั่วเหลือง การบริโภคโอลิโกแซคคาไรด์ เป็นอาหารเสริมจึงเหมาะสำหรับผู้สูงอายุ ผู้ที่มีความเครียด หรือผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบย่อยอาหาร เนื่องจากอายุและความเครียดมีผลต่อการลดจำนวนของ bifidobacteria (Hideo, 1994)

2.2.1.1 Fructo-oligosaccharide (FOS)

Fructo-oligosaccharide หรือ FOS เป็นโพลีแซคคาไรด์สายสั้นๆ ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวได้แก่ กลูโคส และฟรุกโตส ต่อกัน 2-10 โมเลกุล โดยที่โมเลกุลของน้ำตาลฟรุกโตสจะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ beta-(2,1)-glycosidic ทำให้ได้ FOS ชนิดต่างๆ ได้แก่ 1-ketose (GF2), nystose (GF3) และ fructofuranusylnystose (GF4) คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของ FOS คือ เป็นผงละเอียดสีขาว ไม่มีกลิ่น มีความหวานเป็นร้อยละ 30 ของน้ำตาลซูโครส ดูดความชื้นเล็กน้อย ให้พลังงานต่ำ(ประมาณ 1.5 กิโลแคลอรีต่อกรัม) เนื่องจากไม่สามารถย่อยได้โดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร มีความคงตัวสูงที่พีเอชมากกว่า 3 และทนต่ออุณหภูมิไม่เกิน 140 องศาเซลเซียส แหล่งอาหารที่มี FOSในปริมาณสูง ได้แก่ กล้วย หัวหอมใหญ่ กระเทียม หน่อไม้ฝรั่ง มะเขือเทศ ข้าวสาลี และชิคอรี (Crittenden และ Playne, 1996) ในระดับอุตสาหกรรมอาหารมีการผลิต FOS จากน้ำตาลซูโครสโดยอาศัยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของเอนไซม์อินนูลิเนส (inulinase)



n: 1-3

รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของ Fructo-oligosaccharide

ที่มา : Hideo (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อย FOS โดยจุลินทรีย์ภายในลำไส้นั้น เกิดขึ้น 2 ขั้นตอน โดยในขั้นแรกจะถูกย่อยโดยเอนไซม์เบตา-ออกซิเดสจากแบคทีเรีย ขั้นที่ 2 จะถูกหมักในสภาพที่ไม่มีอากาศเพื่อผลิตกรดไขมันสายสั้น (SCF) ได้แก่ แอซีเตต โพรพิโอเนต และบิวทิเรต ส่วนก๊าซ ได้แก่ ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทน จะมีบทบาทในการส่งเสริมการเจริญของ *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* และแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ใหญ่ (Bouhnik และคณะ, 1991)

2.2.1.2 Isomalto-oligosaccharides (IOS)

Isomalto-oligosaccharides ประกอบด้วยการรวมกันของพันธะ แอลฟา-ดี(1,6) ของโอลิโกเมอร์ของกลูโคส รวมถึง ไอโซมอลโตส พาโนส ไอโซมอลโตเตดระโอส และโอลิโกแซคคาไรด์อื่น ที่มีกิ่งก้านสาขามาก โดยมีหน้าที่ในการกระตุ้นการเจริญของ *Bifidobacterium* และ *Lactobacillus* ในลำไส้ใหญ่ มีประสิทธิภาพมากในการกระตุ้นแบคทีเรียแลคติกให้ผลิตบิวทิเรตมากขึ้น และเป็นที่ต้องการในกระบวนการสันดาปในลำไส้ (Hayakawa และคณะ, 1990)

2.2.1.3 Soy-oligosaccharides (SOS)

Soy-oligosaccharides หมายถึง โอลิโกแซคคาไรด์ที่พบในถั่วเหลืองและถั่วอื่นๆ สองอันดับแรกของ Soy-oligosaccharides คือ ไตรแซคคาไรด์ ราฟฟิโนส และ เตตระแซคคาไรด์สตาชิโอส ซึ่งราฟฟิโนสประกอบด้วย ดี-กาแลคโตส ดี-กลูโคส และดีฟรุกโตส อย่างละ 1 โมเลกุล และสตาชิโอส ประกอบด้วย 2 โมเลกุลของดี-กาแลคโตส และ 1 โมเลกุลของดี-กลูโคส และดีฟรุกโตส ซึ่งจะกระตุ้นการเจริญในลำไส้ใหญ่ ซึ่งได้มีการทดลองสำเร็จในคนแล้ว จึงถือว่า Soy-oligosaccharides มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (Gibson และคณะ, 2000)

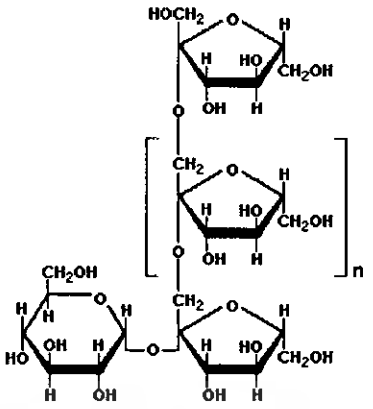
2.2.1.4 Transgalacto –oligosaccharides (TOS)

Transgalacto–oligosaccharides (TOS) ประกอบด้วย ดี-กลูโคส และ ดี-กาแลคโตส ซึ่ง TOS ผลิตจาก ดี-แลคโตส โดยปฏิกิริยาทรานกาแลคโตซิเลชันของเอนไซม์เบต้า-กาแลคโตซิเดส จาก *Aspergillus oryzae* สามารถกระตุ้นการเจริญของ bifidobacteria ในลำไส้ใหญ่ได้ ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของ ATP และกรดไขมันสายสั้น รวมทั้งมีการลดลงของความเข้มข้นแอซิเตต (Bouhnik และคณะ, 1991)

2.2.2 Innulins

พืชบางชนิดสะสมอาหารในรูปโพลิเมอร์ของฟรุกโตส (fructose polymer) ได้แก่ อินนูลิน (inulins) และลีแวน (levans) ซึ่งพบโดยทั่วไปในสกุล *Asteraceae* , *Campanulaceae* และ *Poaceae* ประกอบด้วยโซ่ของฟรุกโตสตั้งแต่ 23-25 หน่วย ต่อกันด้วยพันธะ ß (ß-linkages) ที่ตำแหน่ง C-1 ของโมเลกุลที่ 1 และ C-2 ของโมเลกุลที่อยู่ติดกัน [ß-(2-1)] และส่วนปลายของโมเลกุลเป็นซูโครส รู้จักกันในชื่อของ ฟรุกแตน ในทางการค้าสกัดได้จากรากของต้นชิคอรี และหน่อไม้ฝรั่ง และส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ (Roberfroid, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของ Inulin

ที่มา : www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrat/chemical structure

2.2.3 Lactulose

Lactulose เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่กึ่งสังเคราะห์ ประกอบด้วยน้ำตาล ดี-แลคโตส และดีฟรุกโตส ต่อกันโดยพันธะเบต้า-ไกลโคซิดิก ซึ่งแลคทูโลสจะถูกหมักได้โดยจุลินทรีย์ในลำไส้จำนวนจำกัด นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสมดุลของจุลินทรีย์ภายในลำไส้ที่มีประโยชน์ เช่น lactobacilli และ bifidobacteria (Tamura, 1983)

2.2.4 Lactosucrose

Lactosucrose เป็นไตรแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วย ดี-กาแลคโตส ดี-กลูโคส และดีฟรุกโตส แลคโตซูโครส ผลิตโดยอาศัยเอนไซม์เบต้า-ฟรุกโตฟิวราโนซิเดส ในการขนย้ายหมู่กาแลคโตซิลจากแลคโตสไปซูโครส แลคโตซูโครสไม่ถูกย่อยที่กระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก และถูกใช้โดย *Bifidobacterium* ในลำไส้ใหญ่ รู้จักกันอีกชื่อหนึ่งคือ 4G- β -D-galactosucrose (Playne และ Crittenden, 1996)

2.3 ธัญพืช

ธัญพืช (Cereal) คือเป็นพืชจำพวกหญ้าที่เพาะปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวเมล็ด มีการเพาะปลูกกันทั่วโลกมากกว่าผลผลิตทางเกษตรชนิดใดๆ ถือเป็นแหล่งอาหารที่ให้พลังงานแก่มนุษย์มากที่สุด ในประเทศกำลังพัฒนาบางประเทศ ธัญพืชจะเป็นอาหารหลักของประชากรทั้งประเทศ ขณะที่ในประเทศพัฒนาแล้ว การบริโภคธัญพืชจะน้อยลง (Charalampopoulos และคณะ, 2002)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกถือเป็นความท้าทายในอุตสาหกรรมอาหารในการที่จะนำวัตถุดิบจากธรรมชาติที่มีคุณภาพในการผลิตผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมาธัญพืชได้มีการศึกษามากขึ้นในความเป็นไปได้ที่จะนำธัญพืชมาใช้ในการพัฒนาเป็นอาหารเสริมสุขภาพ ซึ่งธัญพืชนี้มีการผลิตปริมาณมากกว่าร้อยละ 73 ของพื้นที่รวมการเก็บเกี่ยวทั่วโลก และได้มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาใช้มากกว่าร้อยละ 60 ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารทั่วโลก การใช้ประโยชน์ของธัญพืชหรือส่วนประกอบของธัญพืชในสูตรอาหารเสริมสุขภาพนั้น สามารถสรุปได้ดังนี้ (Charalampopoulos และคณะ, 2002)

- เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหมักสำหรับการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง lactobacilli และ bifidobacteria
- เป็นเส้นใยอาหารที่ให้ประโยชน์ทางด้านสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิต
- เป็นสารพรีไบโอติก เนื่องจากประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถย่อยได้โดยน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร
- เป็นวัตถุดิบสำหรับการทำเอนแคปซูเลชันของแบคทีเรียโพรไบโอติก เพื่อเป็นการเพิ่มความสามารถในการอยู่รอด

2.3.1 ธัญพืชที่เป็นสารอาหารสำหรับการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก

การหมักธัญพืชเป็นวิธีการที่ทำกันมานานในทวีปเอเชียและแอฟริกาในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด ยกตัวอย่างเช่น เครื่องดื่ม โจ๊ก ข้าวต้มข้าวโอ๊ต และข้าวต้มข้าวสาลี เมล็ดธัญพืชที่ใช้ส่วนมากเป็นข้าวโพด ข้าวฟ่าง และเมล็ดลูกเดือย โดยนำมาแช่ในน้ำสะอาดนาน 0.5 ถึง 2 วัน เมล็ดพืชจะนุ่มและง่ายต่อการบดหรือทำให้อยู่ในรูปของเหลวข้น ส่วนของเปลือกเศษรำข้าว และหน่อ(เมล็ด) ถูกแยกออกโดยใช้ตะแกรงหรือกระชอนระหว่างการทำให้ข้น หรือการทำให้เป็นก้อนแป้ง (dough) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1-3 วัน ส่วนผสมที่ได้จะถูกนำมาใช้ในกระบวนการหมักกรดแลคติก ในระหว่างกระบวนการหมักนั้น ค่าความเป็นกรดด่างก็จะมีค่าลดลง ขณะที่ปริมาณกรดเพิ่มมากขึ้น เช่น กรดแลคติก และกรดอินทรีย์ต่างๆ (Charalampopoulos และคณะ, 2002)

ในประเทศแถบตะวันตก ธัญพืชที่ใช้มักเป็นข้าวสาลี และข้าวไรย์ ซึ่งใช้ในการผลิตซาวโด (sourdoughs) โดยในกระบวนการผลิดแบบดั้งเดิมจะเตรียมโดยการเติมซาวโดที่มีคุณภาพดีและผ่านการหมักมาแล้วลงในโดที่จะใช้ผลิตขนมปัง ซึ่งเชื้อเริ่มต้นอาจใช้เชื้อที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น ใช้สายพันธุ์ผสมที่ทำการเพิ่มปริมาณอย่างต่อเนื่องและจำหน่ายปริมาณน้อยในร้านทำขนมอบ จำนวนเชื้อ lactobacilli ใน sourdoughs จะต้องมีมากกว่า 10^9 CFUต่อกรัม ขณะที่อัตราส่วนระหว่างแบคทีเรียแลคติกต่อยีสต์ โดยทั่วไปจะมีค่าเท่ากับ 100 : 1 (Salovaara, 1998)

การที่แบคทีเรียแลคติกเจริญได้ดีในธัญพืช แสดงให้เห็นว่าการใช้แบคทีเรียโพรไบโอติกสาย ในการหมักธัญพืชภายใต้สภาวะที่มีการควบคุมจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่มีความเป็นไปได้ ในการส่งเสริมสุขภาพจากหลักการใช้โพรไบโอติกร่วมกับสารพรีไบโอติก อย่างไรก็ตามในการออกแบบกระบวนการหมักอาหารที่ทันสมัยควรคำนึงถึงองค์ประกอบของธัญพืช กระบวนการผลิตเมล็ดธัญพืช ความสามารถในการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก ความคงตัวของแบคทีเรียในระหว่างการเก็บรักษา คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสรวมทั้งสารอาหารที่มีคุณค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆในผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Charalampopoulos และคณะ, 2002) ตัวอย่างธัญพืชที่น่าสนใจในการนำมาใช้เป็นสารอาหารของแบคทีเรียโพรไบโอติก ได้แก่ ลูกเดือย ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวโพด ถั่วเหลือง และงา เป็นต้น

2.3.1.1 ลูกเดือย

ลูกเดือย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Coix lacryma-jobi* Linn เป็นพืชตระกูลข้าว ชอบขึ้นในที่ชื้นหรือใกล้น้ำ ลักษณะเป็นเมล็ดกลม มีสองชนิด คือ ชนิดที่เปลือกผลแข็งกินไม่ได้ กับชนิดที่เปลือกผลอ่อนกินได้ โดยทั่วไป นิยมนำมาประกอบอาหาร และของว่าง รวมไปถึงทำเป็นอาหารเสริม หรือเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

ลูกเดือยนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงกว่าข้าวและข้าวโพด อีกทั้งมีแร่ธาตุอื่นๆ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและแคลเซียม เป็นต้น ซึ่งในลูกเดือยมีปริมาณน้ำ โปรตีน ไขมัน แป้ง เยื่อใย และขี้เถ้าร้อยละ 10.8, 13.6, 6.1, 58.5, 8.4 และ 2.6 ตามลำดับ จัดเป็นสมุนไพรช่วยระบายความร้อน แก้อาการปวดข้อ ปวดเข่า ไขข้ออักเสบ บำรุงร่างกาย ยับยั้งการเกิดมะเร็งในกระเพาะอาหาร มะเร็งมดลูก บำรุงเส้นผมและ ผิวหนัง

<u>ผลงานวิจัยทางเภสัชวิทยาของลูกเดือย</u>

โคอิกโซล (coixol) มีฤทธิ์คลายอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ และป้องกันการชัก ลดความดันโลหิตได้ชั่วขณะ ลดน้ำตาลในเลือด และลดไข้ นักวิจัยชาวญี่ปุ่น พบว่ารากเดือยมีสารโคอิกโซล และมีฤทธิ์แก้ปวดและขับปัสสาวะ

โคอิกซิโนไลด์ (coixenolide) จากการศึกษาวิจัยพบว่ามีฤทธิ์ต้านการเจริญเติบโตของเนื้องอก (antineoplastic) ช่วยยับยั้งการเกิดมะเร็ง อีกทั้งยังมีสรรพคุณในการรักษาโรคหูด โดยมีการทดลองในคนไข้ 23 ราย ให้กินลูกเดือย 60 กรัม ต้มรวมกับข้าวรับประทานวันละ ครั้ง ติดต่อกันจนกว่าจะหาย หลังจากกินลูกเดือยติดต่อกัน 7-76 วัน ได้ผลหายขาด 11 ราย อาการดีขึ้น 8 ราย ไม่ได้ผล 6 ราย ซึ่งอาจเป็นเพราะสารจากลูกเดือย ทำให้เลือดมาเลี้ยงที่ผิวหนังดีขึ้น (โอภาส, 2004)

2.3.1.2 ข้าวสาลี

ข้าวสาลี ปลูกมากในแถบประเทศตะวันออกกลาง เหนือเส้นศูนย์สูตร หรือในเขตอบอุ่น เมล็ดข้าวสาลีมีแป้งเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 70 และมีแร่ธาตุอื่น เป็นองค์ประกอบอีกร้อยละ 30 ต้นข้าวสาลีประกอบไปด้วยธาตุอาหารมากกว่า 100 ชนิด ซึ่งรวมทั้งแร่ธาตุหลัก ๆ ที่ร่างกายต้องการทุกตัว แร่ธาตุรองที่ร่างกายต้องการในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งมีวิตามินในกลุ่มบีคอมเพล็กครบถ้วน นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของ โปรวิตามินเอ วิตามินซี อี และเค (สายศิริ ศิลป์วุฒิ, 2546)

2.3.1.3 ข้าวโอ๊ต

ข้าวโอ๊ต คือข้าวทั้งเมล็ดที่ประกอบไปด้วยรำข้าวที่เคลือบผิวเมล็ดข้าว เป็นแหล่งสะสมสารอาหารเพื่อการเพาะพันธุ์ อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และจมูกข้าว ถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จากการศึกษาวิจัยของหลายสถาบันพบว่า การรับประทานข้าวโอ๊ตเพียงวันละ 1 ถ้วย (70 กรัม) ช่วยให้สุขภาพดีขึ้นได้ โดยลดอาการท้องผูก ทำให้ขับถ่ายได้ดีขึ้น ช่วยลดคลอเลสเตอรอล ลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคหัวใจ รวมทั้งลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน (สายศิริ ศิลป์วุฒิ, 2546)

2.3.1.4 ข้าวโพด

ข้าวโพดถือ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zeamays* L. อยู่ในตระกูล *Gramineae* มีถิ่นกำเนิดแถบบริเวณประเทศตะวันตก ปัจจุบันได้นิยมนำข้าวโพดมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่มเนื่องจากดื่มได้สะดวก รสชาติคล้ายนม เรียกว่าน้ำนมข้าวโพด มีรสหวานมัน หอม สารอาหารต่างๆที่มีอยู่ในข้าวโพด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรทร้อยละ 72 ไขมันร้อยละ 4 โปรตีนร้อยละ 4 รวมทั้งวิตามิน ซึ่งข้าวโพดมีวิตามินบี 1 และวิตามินบี 2 ในปริมาณ 0.08-0.18 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม มีไนอะซีนในปริมาณต่ำ 1.1-1.5 มิลลิกรัม และเกลือแร่ เช่น แคลเซียม และเหล็กในปริมาณน้อยมาก (จันทรา แป้นตุ้ม และคณะ, 2549)

2.3.1.5 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ และราคาถูกเมื่อเทียบกับโปรตีนจากสัตว์ และมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอย่างครบถ้วน การประกอบอาหารมังสวิรัติทั่วไป จึงนิยมใช้ถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบสำคัญทดแทนโปรตีนจากสัตว์ สารอาหารที่สำคัญในถั่วเหลืองได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินบี1 บี2 บี6 และบี12 วิตามินซี วิตามินดี วิตามินอี สารไนอาซิ่น และเส้นใยอาหาร

2.3.1.6 งา

งา เป็นเมล็ดพืชที่อุดมไปด้วยสารอาหาร มี 2 แบบ คือ งาดำ และงาขาว อุดมไปด้วยวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินบี 5 วิตามินบี 6 วิตามินบี 9 ช่วยบำรุงประสาทให้เป็นไปอย่างปกติ นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันไลโนลีอิก ซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและสามารถเก็บความชุ่มชื้นของผิวหนังได้ดี ในทางการแพทย์นั้นถือว่างาเป็นอาหารที่สามารถบำรุงกำลังและให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันโรคเหน็บชา อาการท้องผูก บำรุงกระดูก บำรุงรากผม รักษาอาการนอนไม่หลับ ช่วยควบคุมระดับคอเลสเตอรอล ป้องกันไม่ให้หลอดเลือดแข็งตัว ป้องกันโรคหัวใจ และโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดบางชนิด

2.3.2 ผลขององค์ประกอบของธัญพืชต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก

ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่เหมาะสมต่อการรับประทาน ควรมีปริมาณ 10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตรของผลิตภัณฑ์อาหารที่บริโภค (Gomes และ Malcata, 1999; Shortt, 1999) อัตราการเจริญและการสร้างของเซลล์ที่สูงมีผลทำให้ระยะเวลาในการหมักลดลง ส่งเสริมการรอดชีวิตของสายพันธุ์ที่จำเพาะโดยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการในวัตถุดิบ (Marklinder และ Lonner,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
72589

1992) ดังนั้นในการปรับตัวของแบคทีเรียโพรไบโอติกในสารอาหารจึงมีความสำคัญต่อการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีความเหมาะสม (Oberman และ Libudzisz, 1998)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบอาหารใน 100 กรัมของส่วนที่รับประทานได้

สารอาหาร	ข้าวมอลท์	ข้าวเจ้า	ข้าวโพด	ข้าวสาลี	ข้าวฟ่าง	ลูกเดือย	น้ำนม
น้ำ (%)	8	12	13.8	12	11	11.8	87.4
โปรตีน (กรัม)	13.1	7.5	8.9	13.3	11	9.9	3.5
ไขมัน (กรัม)	1.9	1.9	3.9	2.0	3.3	2.9	3.5
คาร์โบไฮเดรต (มก.)	77.4	77.4	72.2	71.0	73.0	72.9	4.9
เส้นใย (กรัม)	5.7	0.9	2.0	2.3	1.7	3.2	n.d.
เถ้า (กรัม)	2.4	1.2	1.2	1.7	1.7	2.5	0.7
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	40	32	22	41	2.8	30	118
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	330	221	268	372	287	311	93
เหล็ก (มิลลิกรัม)	4.0	1.6	2.1	3.3	4.4	68	น้อยมาก
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	400	214	284	370	350	430	144
ไทอะมิน (มิลลิกรัม)	0.49	0.34	0.37	0.55	0.38	0.73	0.03
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.31	0.05	0.12	0.12	0.15	0.38	0.17
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	900	1.7	2.2	4.3	3.9	2.3	0.1
แมกนีเซียม (มิลลิกรัม)	140	88	147	113	n.d.	162	13

ที่มา : ดัดแปลงจาก Severson (1998)

คาร์โบไฮเดรตหลักที่เป็นองค์ประกอบของเมล็ดธัญพืช คือ แป้ง (starch) เส้นใยอาหารทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ รวมทั้งน้ำตาลต่างๆ เช่น กลูโคส กลีเซลรอล สตาร์ชิโอส ไซโลส ฟรุกโตส มอลโตส ซูโครส และอะราบิโนส ซึ่งปริมาณองค์ประกอบเหล่านี้ จะขึ้นอยู่กับชนิดของธัญพืช (Becker และ Hanners, 1991) กระบวนการผลิต และปริมาณน้ำที่เติม ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบที่แตกต่างกันของธัญพืชแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับน้ำนม โดยองค์ประกอบของธัญพืชต่อการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติกนั้นมีจำกัด Marklinder และ Lonner (1992) ได้แนะนำการหมักซุปข้าวโอ๊ต ความเข้มข้นร้อยละ 18.5 ที่ประกอบด้วยแบคทีเรียแลคติกที่มีชีวิต เป็นแหล่งผลิตสารอาหารต่างๆที่ถูกเพิ่มเติมเข้าไป หลังจากการทดสอบหลายครั้งทั้งการหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเตทีฟ และแบบโฮโมเฟอร์เมนเตทีฟของแบคทีเรียโพรไบโอติกชนิด lactobacilli สรุปได้ว่า ข้าวโอ๊ต เป็นสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของแบคทีเรียแลคติก โดยไม่คำนึงถึงความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกัน ตามแต่ละชนิดและสายพันธุ์ของแบคทีเรีย ในบรรดาสายพันธุ์ของเชื้อที่ใช้ทดสอบ พบว่า *L. acidophilus* มีอัตราการหมักต่ำสุดโดยทำให้พีเอช ลดลงช้าที่สุด และมีปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด (Marishita และคณะ, 1981) จำนวนเซลล์มีชีวิตที่นับได้สูงสุดของ *L. plantarum* และ *L. reuteri* เท่ากับ $3.0x10^9$ และ $1.0x10^9$ CFUต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ การเติมแป้งจากข้าวมอลต์ เอนไซม์โปรติเอส และกรดอะมิโน ทำให้ค่าพีเอชมีการลดลงสูงขึ้น และมีจำนวนเซลล์ของ lactobacilli เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Marklinder และ Lonner, 1994)

2.4 ผลิตภัณฑ์นมหมัก

ผลิตภัณฑ์นมหมักได้ถูกค้นพบเป็นครั้งแรกโดยบังเอิญ ต่อมามีการพัฒนาขึ้นจำหน่ายกันมาก ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับโยเกิร์ตธรรมชาติพร้อมดื่ม กระบวนการผลิตนมหมักโดยพื้นฐานคือ เกิดกระบวนการหมักได้กรดและ/หรือแอลกอฮอล์ โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายอยู่ในรูปของเหลว ขณะที่โยเกิร์ตส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเจลนุ่ม ๆ ผลิตภัณฑ์นมหมักมีหลายชนิด ได้แก่ นมเปรี้ยว คีเฟอร์ เครื่องดื่มแลคติก และนมอะซิโดฟิลัส

2.4.1 นมเปรี้ยว

แบคทีเรียที่นิยมนำมาใช้ในกรรมวิธีการผลิตนมเปรี้ยวจะได้แก่ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นขั้นตอนพื้นฐานของการผลิตนมเปรี้ยว ซึ่งต่างกับกระบวนการผลิตคีเฟอร์และนมอะซิโดฟิลัส ที่ซับซ้อนน้อยกว่า (Nip, 2004)

ตารางที่ 4 ขั้นตอนพื้นฐานในกระบวนการผลิตนมเปรี้ยว

กรรมวิธีการผลิตนมเปรี้ยว
การปรับมาตรฐานของไขมันนม
- ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85- 95 °ซ ตามด้วยการโฮโมจีไนเซชัน
- ทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 19 - 25 °ซ และถ่ายน้ำนมไปยังถังหมัก
- เติมหัวเชื้อร้อยละ 1- 2
- ทำการหมักจนกระทั่งพีเอชลดลงเหลือ 4.65 – 4.55
- ทำการโฮโมจีไนเซชัน
- ทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 4 - 6 °ซ
- บรรจุขวด

ที่มา : Nip (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.1 โยเกิร์ตพร้อมดื่ม (Nakazawa และคณะ, 1992)

โยเกิร์ตพร้อมดื่มมีความหนืดน้อยกว่าโยเกิร์ตชนิดคน (stirred yoghurt) ทำได้โดยเติมสารให้ความคงตัวลงในเซทโยเกิร์ต (set yoghurt) ที่ไม่มีสารคงตัวและทำการโฮโมจีไนซ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโยเกิร์ตกับเครื่องดื่มแลคติกต่างกันในแง่ของปริมาณองค์ประกอบนม รวมทั้งจำนวนแบคทีเรียแลคติกและยีสต์

ตั้งแต่อดีตโยเกิร์ตพร้อมดื่มได้มีการพัฒนาขึ้น และจำหน่ายในตลาดของญี่ปุ่นโดยบรรจุในภาชนะบรรจุขนาดเล็กในช่วงระหว่างกลางปี ค.ศ. 1960-1969 แต่เป็นที่สนใจบริโภคกันมากขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาโดยบรรจุในขวดพลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตร และเมื่อเร็วๆนี้ มีการบรรจุโยเกิร์ตในกล่องกระดาษขนาด 1000 มิลลิลิตร เพื่อจำหน่าย

รูปที่ 3 กระบวนการผลิตโยเกิร์ตพร้อมดื่ม

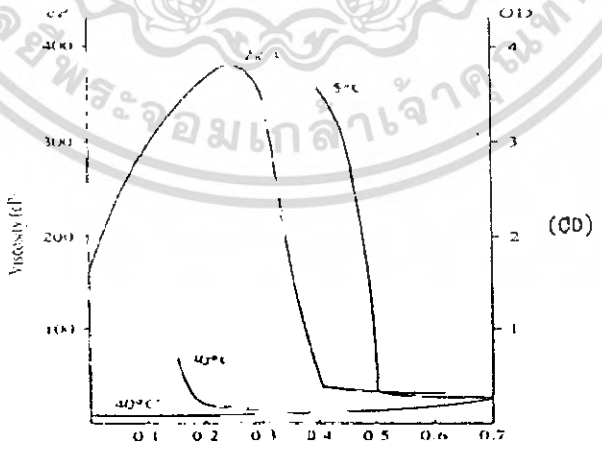
ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

จากรูปที่ 3 แสดงตัวอย่างของการผลิตโยเกิร์ตพร้อมดื่ม วัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่น้ำนมดิบและนมผง จะเตรียมตามองค์ประกอบที่ต้องการ จากนั้นนำส่วนผสมที่ซึ่งไม่ได้เติมสารให้ความคงตัวไปให้ความร้อนทำการ โฮโมจีไนซ์และพาสเจอร์ไรซ์แบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (HTST) ที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียสหรือให้ความร้อนด้วยระบบยูเอชที (UHT) ที่อุณหภูมิ 120-130 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นานหลายวินาที จากนั้นทำให้ส่วนผสมเย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่จะทำการหมักในถังหมัก เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกประมาณร้อยละ 1 - 2 และทำการหมักที่อุณหภูมิ 42-45 องศาเซลเซียส นาน 2 - 3 ชั่วโมง จนกระทั่งได้ความเป็นกรดที่ระดับที่ต้องการแล้วทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ทำการเติมสารให้ความคงตัวเพคติน (HM Pectin) ที่ละลายและพาสเจอร์ไรซ์ไว้ล่วงหน้าแล้วทำการหมักต่อจนเสร็จ จากนั้นนำส่วนผสมมาทำการโฮโมจีไนซ์ และบรรจุในภาชนะ เมื่อมีการเติมผลไม้หรือสารเจือปน เช่น สารให้สีและกลิ่นรสจะทำพร้อมกับการเติมสารคงตัว ปริมาณสารคงตัวที่เติม เช่น HM Pectin ที่เหมาะสมควรเติมลงไปประมาณร้อยละ 0.3

จากเมื่อมีการใช้สารให้ความคงตัวในโยเกิร์ตพร้อมดื่ม สารให้ความคงตัวสามารถกระทำต่อแรงศักย์ไฟฟ้า มีผลทำให้ความหนืดลดลงถ้าอัตราการผสมสูงเกินไป จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นตัวอย่างของสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อเติมสาร HM pectin ลงในหางนมที่มีปริมาณของแข็งร้อยละ 7.5 ที่ปรับความเป็นกรดด้วย Glucono-δ-lactone ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ถ้าเติมสารเพคตินร้อยละ 0.27 จะให้ความหนืดสูงสุด และเมื่ออัตราการเติมเพคตินสูงเกินระดับหนึ่ง ความหนืดจะเริ่มลดลง ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นเมื่อเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) และโพรไพลีนไกลคอลอัลจิเนต (propylene glycal alginate) เช่นเดียวกัน โดยที่พีเอชต่ำกว่าค่าไอโซอิเลคตริก (Isoelectric point) เคซีนมีประจุเป็นบวกเมื่อสารให้ความคงตัวมีประจุเป็นลบที่ผิวหน้าของโปรตีนเคซีนจะเพิ่มขึ้นทำให้มีการเพิ่มขึ้นของแรงผลักระหว่างโมเลกุลทำให้ความหนืดลดลง ดังนั้นเพื่อที่จะให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวในระยะยาว ปริมาณสารคงตัวที่เติมลงไปควรเติมลงในปริมาณเหมาะสมที่จะให้มีแรงดึงดูดระหว่างเคซีนไมเซลล์ (casein micelles) มากกว่าแรงผลัก การโฮโมจีไนซ์จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวของเคซีนไมเซลล์ จึงต้องเติมสารให้ความคงตัวมากขึ้น



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความหนืดในนมหมักที่มีการเติม HM pectin

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วิธีการผลิตโยเกิร์ตในประเทศอื่นๆ นอกเหนือจากญี่ปุ่น</u>

จากหลายงานวิจัยของนักวิจัยต่างประเทศเกี่ยวกับการผลิตโยเกิร์ตพร้อมดื่ม จึงได้จำแนกวิธีการผลิตโยเกิร์ตได้ 2 วิธี (รูปที่ 5) กระบวนการผลิตของประเทศตะวันออกกลางจะทำการเจือจางเคิร์ดที่ได้จากการหมักโยเกิร์ตชนิดคนด้วยน้ำปริมาณที่เท่ากันแต่กระบวนการผลิตในประเทศแถบยุโรปและอเมริกาเหนือจะมีการเติมน้ำเชื่อมจากผลไม้ลงใน เคิร์ดของโยเกิร์ตชนิดคน หลังจากนั้นทำการโฮโมจีไนซ์เหมือนกับวิธีการทำในประเทศญี่ปุ่น

รูปที่ 5 กระบวนการผลิตโยเกิร์ตพร้อมดื่ม

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 เครื่องดื่มแลคติก (Nakazawa และคณะ, 1992)

เครื่องดื่มแลคติก หมายถึง เครื่องดื่มต่างๆนอกเหนือจากผลิตภัณฑ์นมที่ผ่านการหมักโดยตรงหรือมีนมที่หมักด้วยแบคทีเรียแลคติกหรือยีสต์เป็นส่วนผสมหลัก หรืออีกทางหนึ่งอาจได้จาก การผสมส่วนประกอบต่างๆกับนมหมัก ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกสามารถแบ่งได้หลายประเภท ได้แก่ 1) ประเภทที่มีปริมาณของแข็งในนมที่ไม่รวมไขมันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 3 และมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกหรือยีสต์ไม่น้อยกว่า 10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และ 2) ผลิตภัณฑ์ที่มีนมเป็นส่วนประกอบหลัก ที่มีปริมาณของแข็งในนมที่ไม่รวมไขมันน้อยกว่าร้อยละ 3 และมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกหรือยีสต์ไม่น้อยกว่า 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และอาจมีผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์โดยการให้ความร้อนหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการหมักด้วย

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแลคติกแบ่งได้เป็น 4 ประเภทตามกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันได้แก่ 1) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักนมด้วยแบคทีเรียแลคติกหรือยีสต์ แล้วทำให้เข้มข้นขึ้นจากนั้นนำมาผสมกับส่วนผสมอื่นๆที่เตรียมแยกไว้แล้ว โดยเติมลงไปโดยตรงในนมที่ผ่านการหมัก และ 2) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักของแบคทีเรียแลคติกหรือยีสต์กับส่วนผสมของหางนมหรือหางนมผง จากนั้นนมหมักที่ได้จะถูกเจือจางกับสารละลายน้ำตาล (จุลินทรีย์ในนมหมักยังคงมีชีวิตอยู่) และ 3) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักวัตถุดิบต่างๆกับน้ำนมด้วยแบคทีเรียแลคติกหรือยีสต์ จากนั้นนมหมักที่ได้จะผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ และการบรรจุ (นมหมักชนิดที่ผ่านการการพาสเจอร์ไรซ์) และ 4) ผลิตภัณฑ์ที่ถูกทำให้คงตัว มีลักษณะคล้ายกับนมหมักที่ผ่านการการพาสเจอร์ไรซ์ที่ได้มีการเติมน้ำตาล ซึ่งผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ต้องนำมาเจือจางก่อนดื่ม (นมหมักชนิดที่ผ่านการการพาสเจอร์ไรซ์และการทำให้เข้มข้นหรือเรียกว่า acid milk drink)

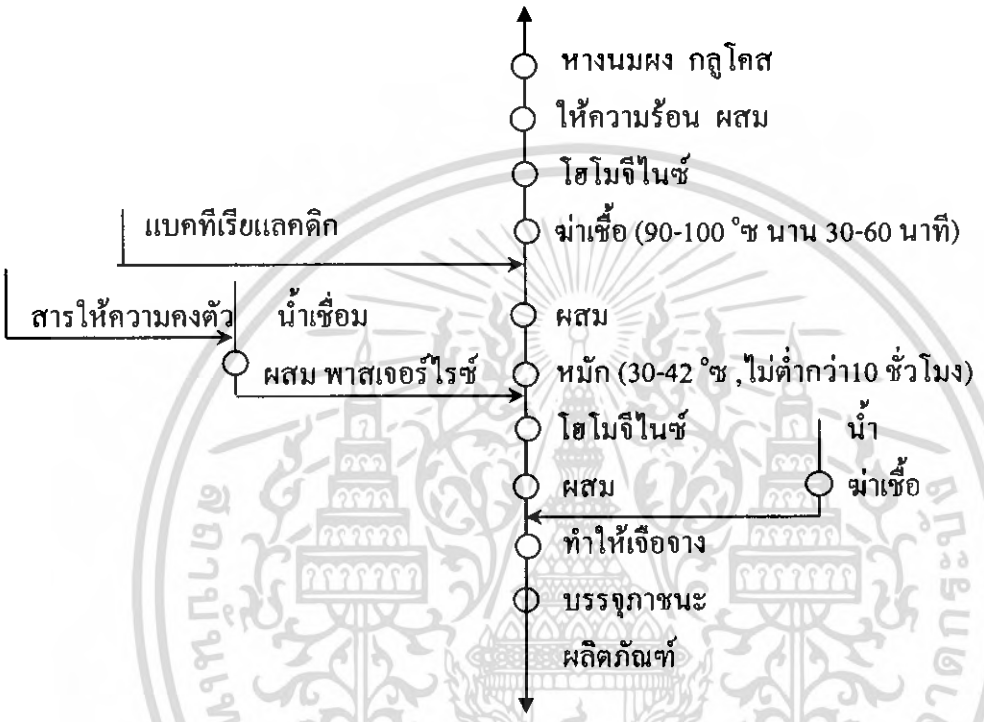
ผลิตภัณฑ์นมหมักนั้นมีอยู่หลากหลายชนิด รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการเติมเชื้อ *Bifidobacterium* spp. หรือ *L. acidophilus* ลงในน้ำนมวัว หรือนมที่มีไขมันต่ำ หรือผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการเติมแบคทีเรียแลคติก เช่น *L. casei* ในน้ำผลไม้

- <u>เครื่องดื่มแลคติกที่ได้จากนม</u> (Dairy Lactic Drinks)

เครื่องดื่มแลคติกที่มีขายทั่วไปในประเทศญี่ปุ่นนั้น ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเครื่องดื่มแลคติกที่ได้จากนม ขั้นตอนการผลิตแสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งมีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส นาน 30-60 นาที ในการผลิตแบบกะ เติมหางนม นำไปพาสเจอร์ไรซ์ ข้อดีของขั้นตอนนี้คือ ช่วยในการควบคุมปริมาณของการเกิดสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังส่งผลดีต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติก หลังจากทำให้เย็น ทำการลดอุณหภูมิให้เหลือในระดับที่จะทำการหมักคือ 30-45 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมเชื้อแบคทีเรียแลคติกลงไปร้อยละ 1- 3 ซึ่งสายพันธุ์ *L. casei* เป็นสายพันธุ์ที่นิยมใช้ และเวลาที่ใช้ในการหมักนั้นขึ้นอยู่กับอัตราการเจือจาง ในขั้นสุดท้ายเพื่อทำให้ค่าพีเอชหลังจากการเจือจางนั้นเพียงพอต่อการทำให้โปรตีนในนมคงตัว การผลิตตามวิธีการดั้งเดิมจะไม่มีการเติมสารให้ความคงตัว และการปรับพีเอชมีผลต่อคุณภาพและการตกตะกอนของผลิตภัณฑ์ หลังจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสร็จสิ้นการหมัก ตะกอนจะถูกดีให้แตกในขณะทำการผสมกับสารละลายน้ำตาลที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ เช่น น้ำตาลซูโครสในรูปของเหลวหรือน้ำผลไม้ที่มีการเติมสารให้ความคงตัว เช่น HM pectin จากนั้นส่วนผสมจะถูกนำไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenize) ลดอุณหภูมิด้วย Plate cooler และทำการเก็บรักษา นมที่นำไปเก็บนั้นจะถูกเจือจาง 1.5-3 เท่า ด้วยน้ำเย็นที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ เพื่อบรรจุลงภาชนะ



รูปที่ 6 กระบวนการผลิตเครื่องดื่มแลคติกที่ได้จากนม

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

- <u>เครื่องดื่มแลคติกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์</u> (Pasteurized Lactic Drinks)

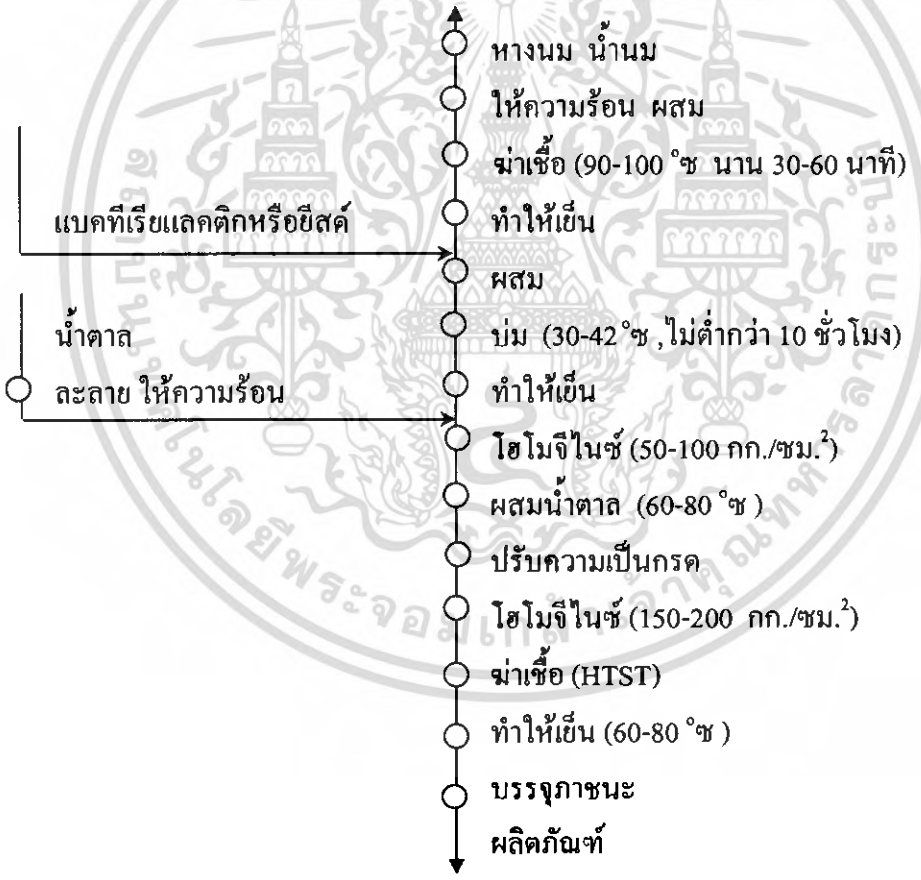
ในประเทศญี่ปุ่นเครื่องดื่มแลคติกที่ต้องเจือจางก่อนดื่ม เรียกว่า acid milk drink ขั้นตอนการผลิตแสดงในรูปที่ 7 ขั้นแรก หางนมหรือหางนมคืนรูป (reconstituted skim milk) ที่เติมหางนมผงเพิ่มเข้าไปถูกนำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 – 100 องศาเซลเซียส นานหลายนาที จากนั้นลดอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิการหมัก คือ 30 – 42 องศาเซลเซียส เติมแบคทีเรียแลคติกที่สร้างกรดได้สูง เช่น *L. bulgaricus* หรือ *L. helveticus* biovar. *jugurti* ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 – 2 แล้วนำไปหมักให้มีความเข้มข้นของกรดแลคติกร้อยละ 2 ในผลิตภัณฑ์บางชนิดได้มีการนำยีสต์ เช่น *K. marxianus* biovar. *Marxianus* มาใช้ในการหมัก หลังจากกระบวนการหมักสิ้นสุด ลดอุณหภูมิและทำการโฮโมจีไนซ์เล็กน้อย เพื่อทำให้เคิร์ดแตก นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 – 80 องศาเซลเซียส ผสมกับสารละลายน้ำตาลในปริมาณที่เท่ากัน หรือ ปริมาตร 1.5 เท่าของปริมาตรนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมัก ปรับความเป็นกรดโดยการเติมกรดอินทรีย์ และทำการโฮโมจีไนซ์สารผสมที่ได้ (100 – 150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) จากนั้นทำการพาสเจอร์ไรซ์แบบ HTST เติมลงในบรรจุภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูง 60 – 80 องศาเซลเซียส และปล่อยให้เย็น

คุณสมบัติการเก็บรักษาทางแบคทีเรียวิทยาของผลิตภัณฑ์นี้ได้รับการประกัน เนื่องจากทำการบรรจุที่อุณหภูมิสูง ประกอบกับใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลในระดับสูงและมีค่าพีเอชต่ำ ซึ่งตะกอนที่ไม่เสถียรในสภาพพีเอชต่ำ จะถูกทำให้คงตัวโดยการเพิ่มความหนืด และความถ่วงจำเพาะโดยการโฮโมจีไนซ์ การเติมน้ำตาลในความเข้มข้นเหมาะสม ความเป็นกรดร้อยละ 1 ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายนั้นให้รสชาติที่ดีที่สุด

เครื่องดื่มแลคติกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่ผลิตจากเวย์นั้นมีขายอยู่ตามท้องตลาดเป็นเวลานาน ในการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จำเป็นต้องมีกระบวนการ ที่กำจัดกลิ่นเฉพาะของเวย์ออกไป และจำเป็นต้องทำให้โปรตีนเวย์คงตัว ซึ่งจะไม่คงตัวเมื่อถูกทำให้เสียสภาพด้วยความร้อน



รูปที่ 7 กระบวนการผลิตเครื่องดื่มแลคติกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- <u>เครื่องดื่มแลคติกที่มีนมเป็นส่วนผสมหลัก</u> (Milk-Based Lactic Drinks)

การที่เครื่องดื่มแลคติกชนิดนี้ มีปริมาณของแข็งในนมที่ไม่รวมไขมันไม่มากกว่าร้อยละ 3 และมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกหรือยีสต์ ไม่น้อยกว่า 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จึงทำให้เกิดความหลากหลายของลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขั้นตอนการผลิตแสดงในรูปที่ 8 โดยมีส่วนประกอบหลักคือหางนม ที่ใช้ในการผลิตนมหมักที่ไม่มีการเติมสารให้ความคงตัวหรือน้ำตาล ทำให้ลิ่มนมแตก และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากลิ่มนมที่แตกออกที่อุณหภูมิสูง จะหดตัวและแข็งขึ้นเนื่องจากการตอบสนองการกระตุ้นทางกายภาพ ซึ่งทำให้เกิดการคงตัวได้ยาก จากนั้นนมที่ผ่านการหมักถูกนำไปผสมกับส่วนผสมหลักที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ และมีการเติมสารให้ความคงตัว เช่น HM pectin เติมส่วนผสมทั้งหมดลงในภาชนะบรรจุ ได้เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย ส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์ ที่ใช้ในปัจจุบันนั้น หมายรวมถึงน้ำผลไม้ชนิดต่าง ๆ และน้ำนมเช่น นมรสกาแฟ และ นมไขมันต่ำ

การใช้ส่วนผสมในรูปแบบต่าง ๆ กัน ถือเป็นการเพิ่มเทคนิคในการทำให้แบคทีเรียแลคติกรอดชีวิตและคงตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์ ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์มีการเติมส่วนผสมของน้ำผลไม้ โดยทั่วไปแล้วจะทำให้ค่าพีเอชลดต่ำลง ส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียลดลงในขณะจำหน่าย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการใช้สายพันธุ์ของเชื้อที่มีความทนต่อกรด และในกรณีของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เปรี้ยว ซึ่งจะมีการเติมเชื้อลงในน้ำนมที่เป็นส่วนผสมหลัก ทำให้มีค่าพีเอชค่อนข้างสูง ควรเลือกชนิดและสายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างกรดได้ในปริมาณต่ำ ซึ่งถ้าหากแบคทีเรียแลคติกเจริญและสร้างกรดได้มาก ในระหว่างการจำหน่ายจะทำให้ค่าพีเอชลดลง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการตกตะกอนโปรตีนได้

รูปที่ 8 กระบวนการผลิตเครื่องดื่มแลคติกที่มีนมเป็นส่วนผสมหลัก

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 คีเฟอร์

คีเฟอร์เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีลักษณะเฉพาะ โดยประกอบด้วยแอลกอฮอล์ในปริมาณน้อยและเชื้อที่อยู่ในเม็ดคีเฟอร์ (Kefer grains) พบมากในประเทศแถบยุโรปตะวันออก และถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งในผลิตภัณฑ์นมหมักนั้นมีเพียงคีเฟอร์และผลิตภัณฑ์อื่นที่คล้ายกันที่ประกอบด้วยแอลกอฮอล์ในปริมาณน้อย โดยในการผลิตภัณฑ์นมหมักหลายชนิดจะใช้เชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ ยีสต์ โพลีแซคคาไรด์และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ได้จากปฏิกิริยาเมแทบอลิซึมของแบคทีเรียรวมทั้งลิ่มของโปรตีนนม ซึ่งในกระบวนการผลิตคีเฟอร์นั้นมีการผลิต 2 ขั้นตอน คือ การผลิตคีเฟอร์ที่ใช้เป็นกล้าเชื้อ และการผลิตผลิตภัณฑ์คีเฟอร์พร้อมดื่ม (Nip, 2004)

ตารางที่ 5 ขั้นตอนพื้นฐานของกระบวนการผลิตคีเฟอร์

กรรมวิธีการผลิตคีเฟอร์
<u>การเตรียมหัวเชื้อคีเฟอร์</u>
- ปรับมาตรฐานของไขมันนมเพื่อเตรียมหัวเชื้อคีเฟอร์
- พาสเจอร์ไรซ์น้ำนมที่อุณหภูมิ 90 - 95 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 18 - 22 องศาเซลเซียส
- แผ่เม็ดคีเฟอร์ที่ก้นของภาชนะบรรจุ (หนา 5 -10 ซม.) และเติมนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ (20 – 30 เท่าของปริมาณเม็ด)
- หมักเป็นเวลา 18 -24 ชั่วโมง ผสมให้เข้ากัน 2 –3 ครั้ง เม็ดคีเฟอร์ลอยบนผิวหน้า
- กรองเม็ดคีเฟอร์ออกด้วยตะแกรงละเอียด ล้างเม็ดคีเฟอร์ด้วยน้ำและเก็บไว้ใช้ในการหมักครั้งต่อไป
- เก็บนมหมักไว้สำหรับการเติมเชื้อในครั้งต่อไป
<u>การเตรียมคีเฟอร์พร้อมดื่ม</u>
- ผสมนมหมักที่เตรียมไว้ข้างต้นกับน้ำนมสดที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ 8-10 เท่า
- บรรจุในขวด ปิดฝาและหมักเป็นเวลา 1-3 วัน ที่อุณหภูมิ 18-22 องศาเซลเซียส (อีกวิธีหนึ่งทำได้โดย การผสมนมหมักด้วยนมสดร้อยละ 1-5 และหมักที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส นาน 12-15 ชั่วโมง จนกระทั่งพีเอชมีค่า 4.4-4.5 ตามด้วยการบ่มในถังเก็บรักษาเป็นเวลา 1-3 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่เหมือนคีเฟอร์ที่ผลิตโดยวิธีการดั้งเดิมแต่ก็เป็นที่ยอมรับ)
- เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ที่มา : Nip (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 นมอะซิโดฟิลัส

นมอะซิโดฟิลัส เป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งมีลักษณะคล้ายโยเกิร์ต ประกอบด้วยเซลล์ที่มีชีวิตของ *Lactobacillus acidophilus* และ *Bifidobacterium bifidum* ที่ยังมีชีวิต และเป็นจุลินทรีย์ให้ประโยชน์ เนื่องจากช่วยรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ โดยทั่วไปนมอะซิโดฟิลัสดั้งเดิมมีกรดแลคติกปริมาณมาก ซึ่งเปรี้ยวเกินไปสำหรับผู้บริโภคด้วยเหตุนี้จึงมีการเติมน้ำตาลปริมาณเล็กน้อยลงในขั้นตอนสุดท้ายของผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีรสชาดิน่ารับประทาน ซึ่งในเวลาต่อมาผลิตภัณฑ์นี้ได้ถูกเรียกว่า นมอะซิโดฟิลัสหวาน (Nip, 2004)

ตารางที่ 6 ขั้นตอนพื้นฐานในการผลิตนมอะซิโดฟิลัสหวาน

กระบวนการผลิตนมอะซิโดฟิลัสหวาน
<u>กระบวนการที่ 1</u> - ปรับมาตรฐานของไขมันนม ทำการให้ความร้อนแก่น้ำนมที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที จากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และบ่มไว้ที่อุณหภูมิ ระดับนี้นาน 3-4 ชั่วโมง ให้ความร้อนอีกครั้งที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 10-15 นาที แล้วจึงทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส - เติมหัวเชื้อปริมาณร้อยละ 2-5 - บ่มเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือได้กรดแลคติกร้อยละ 1 - ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส - บรรจุและจำหน่าย
<u>กระบวนการที่ 2</u> - ปรับมาตรฐานของไขมันนม - โฮโมจีไนซ์น้ำนมที่ความดัน 14.5 mPa - ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที - เติมหัวเชื้อด้วยวิธี Direct Vat Inoculum (DVI) - บ่มเชื้อเป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง หรือมีปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.65 - สเตอริไลส์ (UHT) ที่อุณหภูมิ 140-145 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วินาที - ทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า - บรรจุและจำหน่าย

ที่มา : Nip (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ผลของผลิตภัณฑ์นมหมักต่อจุลินทรีย์ภายในลำไส้ (Nakazawa และคณะ, 1992)

จากคำถามที่ว่า จุลินทรีย์ภายในลำไส้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อมนุษย์ได้ดื่มผลิตภัณฑ์นมหมัก หรือเครื่องดื่มแลคติกนั้น เป็นที่น่าสนใจมาก อย่างไรก็ตามเนื่องจากวิธีการในการเลี้ยงเชื้อของแบคทีเรียภายในลำไส้ ได้กลายเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง ในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ซึ่งมีข้อมูลเพียงเล็กน้อยอย่างน่าประหลาดใจ

เมื่อได้ดื่มผลิตภัณฑ์นมหมักหรือเครื่องดื่มแลคติก ส่วนประกอบต่าง ๆ รวมถึงแบคทีเรียแลคติกจะมีผลต่อจุลินทรีย์ภายในลำไส้ในหลายลักษณะด้วยกัน ข้อแรก องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เป็นสารตั้งต้นสำหรับการเจริญของแบคทีเรียภายในลำไส้ ข้อสอง องค์ประกอบบางชนิดของผลิตภัณฑ์มีผลในการต่อต้าน แบคทีเรียก่อโรคอื่นภายในลำไส้ ข้อสาม องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์กระตุ้นการหลั่งเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการย่อยอาหาร และการเคลื่อนที่ในลักษณะลูกคลื่นของระบบทางเดินอาหารซึ่งมีผลต่อแบคทีเรียเฉพาะบางชนิด และข้อสี่ แบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์อาจกลายเป็นแบคทีเรียที่อาศัยในทางเดินอาหาร หรือเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ภายในลำไส้

2.5.1 ผลของโยเกิร์ตที่หมักด้วยแบคทีเรียแลคติกซึ่งไม่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหาร

L. bulgaricus และ *S. thermophilus* ที่ใช้หมักในโยเกิร์ตนั้นไม่สามารถอาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหาร แต่แบคทีเรียเหล่านี้จะมีชีวิตรอดภายในลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่ อยู่ประมาณ 3 ชั่วโมง หลังจากการรับประทานโยเกิร์ต หรือระหว่างการรับประทานโยเกิร์ตอย่างต่อเนื่อง แสดงดังตารางที่ 7 เมื่อลูกหมูได้รับโยเกิร์ต พบว่า Lactobacilli มีจำนวนเพิ่มขึ้นขณะที่แบคทีเรียโคลิฟอร์มมีจำนวนลดลง โดยจะมีผลตรงกันข้ามในกรณีของนมวัว

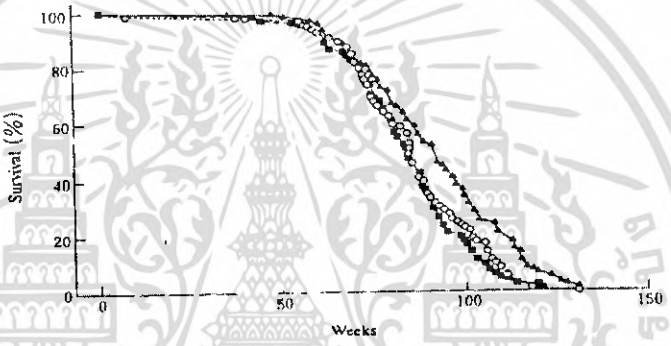
ตารางที่ 7 การอยู่รอดของแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตภายในระบบทางเดินอาหาร

	ค่าลอการิทึมของจำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตต่อกรัม			
	ลำไส้เล็ก		ลำไส้ใหญ่	
	Lactobacillus	*Streptococcus*	*Lactobacillus*	*Streptococcus*
การรับประทานโยเกิร์ตอย่างต่อเนื่อง	8.0	7.2	6.1	7.5
หลังจากรับประทานโยเกิร์ต 3 ชั่วโมง	5.6	5.0	6.9	8.1
หลังจากรับประทานโยเกิร์ต24ชั่วโมง	< 3	3.8	< 3	6.8

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

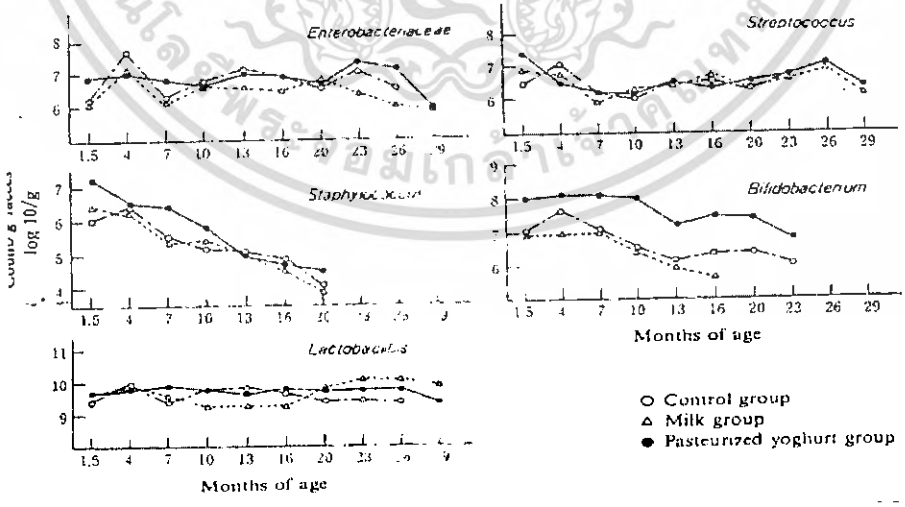
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีการทดลองให้หนูกินอาหารที่มีส่วนผสมของนมหมักโดยเชื้อ *L. heiveticus* และ *Candida utilis* และพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียภายในลำไส้ ผลแสดงดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10 ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของจำนวน *Bifidobacterium* 10 เท่าภายในระบบลำไส้ ในกลุ่มของหนูที่ได้รับนมหมักที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับนมวัว อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มของ *Enterobacteriaceae, Streptococcus, Staphylococcus* หรือ *Lactobacillus* หนูที่ได้รับนมหมักที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ มีอายุขัยเฉลี่ยมากกว่าหนูอีก 2 กลุ่ม ชี้ให้เห็นว่า Bifidobacteria สามารถเพิ่มจำนวนขึ้นโดยการหมักโยเกิร์ต และสามารถมีผลต่อการเพิ่มอายุขัยด้วย ดังนั้น การเพิ่มจำนวนของ bifidobacteria จะมีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มอายุขัยมากกว่าการเพิ่มจำนวนของ lactobacilli



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในลำไส้ของหนู

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)



รูปที่ 10 การอยู่รอดของหนูที่ได้รับอาหารแตกต่างกัน

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

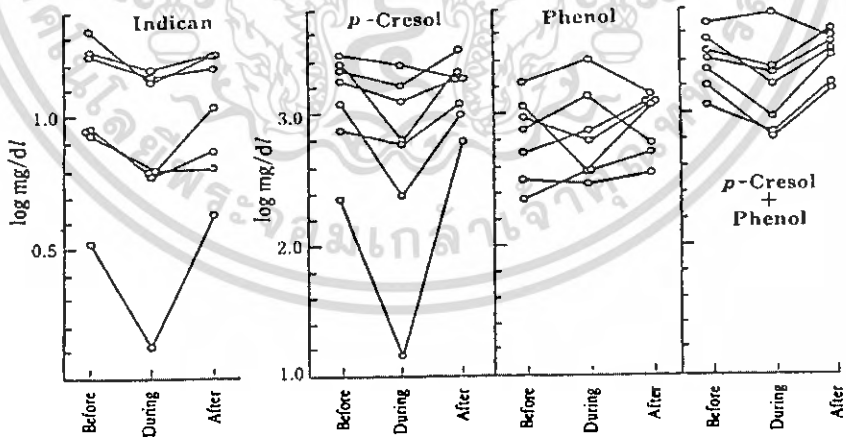
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีเชื้อ *L. casei*

ได้มีการทดลองให้ผู้ใหญ่สุขภาพดี 5 คน รับประทานเชื้อ *L. casei* 10^{10} เซลล์ต่อกรัมในนมวัวต่อเนื่องกันนาน 5 สัปดาห์ พิจารณาการเปลี่ยนแปลงจำนวนของ lactobacilli และ Bifidobacteria ภายในลำไส้ ระดับของการขับถ่ายกลูโคไซด์ (indicant) และฟีนอลในปัสสาวะพบแสดงดังรูปที่ 11 และรูปที่ 12

L. casei ถูกพบประมาณ 10^{7}- 10^{8} เซลล์ต่อกรัม ซึ่งเป็นสายพันธุ์ของ Lactobacilli ที่ตรวจพบระหว่างช่วงที่รับประทาน แต่จะไม่พบภายหลังจาก 1 สัปดาห์ หลังจากเสร็จสิ้นการรับประทาน พบว่า bifidobacteria มีจำนวนเพิ่มขึ้นระหว่างช่วงที่รับประทานและมีความคงตัว โดยผันแปรเล็กน้อยวันต่อวัน แต่หลังจากเสร็จสิ้นการรับประทานจะเกิดความแตกต่างกันในแต่ละตัวบุคคล ทั้งเพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละวันหรือเกิดการแปรผันวันต่อวัน ดังนั้นการดื่มนมที่มีเชื้อ *L. casei* ส่งผลให้เกิดการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ภายในลำไส้ได้

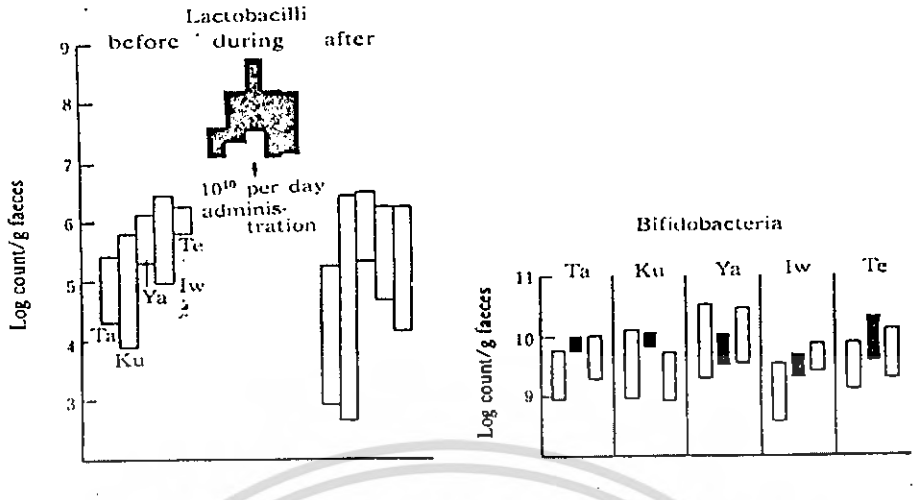
สารอินโดลและฟีนอล สร้างขึ้นในระบบลำไส้โดยเชื้อ *E. coli* และหลายสายพันธุ์ของ *Clostridium* และ *Bacteroides* spp. ซึ่งถูกดูดซึมโดยระบบการย่อยอาหารและถูกเมแทบอไลซ์ (การสันดาป) ภายในตับ และถูกขับออกมากับปัสสาวะ (สารอินโดลสามารถล้างพิษในตับโดยจับกับกรดซัลฟิวริกและถูกขับถ่ายออกมากับกลูโคไซด์ ที่เป็นส่วนประกอบของปัสสาวะ) สารกลูโคไซด์และฟีนอลที่รวมอยู่ในปัสสาวะนั้นจะลดลงระหว่างช่วงที่รับประทาน ชี้ให้เห็นว่าจำนวนเชื้อ *E. coli* และสายพันธุ์ของ *Clostridium* และ *Bacteroides* spp. ที่สามารถสร้างสารอินโดลและฟีนอลนั้นมีจำนวนลดลง



รูปที่ 11 ผลของการรับประทาน *L. casei* 9020 และสารฟีนอลต่อการขับถ่ายปัสสาวะของผู้ป่วย

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 ผลของการรับประทาน *L. casei* 9020 ต่อการเจริญของ Bifidobacteria ในสิ่งขับถ่าย

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

2.5.3 ผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีเชื้อ *L. acidophilus*

ยังไม่มีการศึกษาวิจัยโดยตรงเกี่ยวกับผลของการเจริญของเชื้อต่อการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ภายในลำไส้ระหว่างการดื่มเครื่องดื่มที่มีเชื้อ *L. acidophilus* เหตุผลข้อแรกคือ *L. acidophilus* เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่แล้วภายในลำไส้ และมีฤทธิ์ในการรักษาโรค เหตุผลข้อสองคือ แบคทีเรียภายในลำไส้ส่วนใหญ่ที่ศึกษาวิจัยจะเป็น bifidobacteria เนื่องจากมีความสำคัญกว่า *L. acidophilus*

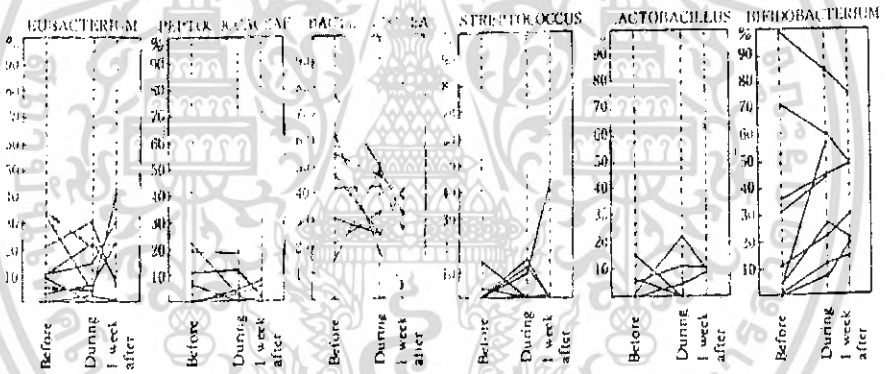
นมอะซิโดฟิลัสมีบทบาทในการฟื้นฟูจุลินทรีย์ภายในลำไส้ ที่ถูกทำลายโดยเคมีบำบัดเป็นเวลานาน สอดคล้องกับชาวตะวันตกที่ได้รับ *L. acidophilus* ร่วมกับอาหารที่บริโภค กิจกรรมของเอนไซม์ ß-glucuronidase และ nitrate reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ของจุลินทรีย์ในสิ่งขับถ่ายและเกี่ยวข้องกับการเกิดมะเร็งภายในลำไส้ใหญ่จะมีปริมาณลดลง และพบว่าเมื่อหยุดรับประทาน *L. acidophilus* กิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวก็จะเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า บางสายพันธุ์ของ *Bacteroides* แบคทีเรียโคลิฟอร์ม *Veillonilla* และ *Clostridium perfringens* ที่มีผลต่อการเกิดมะเร็งที่ลำไส้ใหญ่นั้นมีจำนวนลดลงในระหว่างการรับประทาน *L. acidophilus* การศึกษาวิจัยในอนาคตมีความต้องการที่จะศึกษาเพื่อว่าผลนี้มาจากสารปฏิชีวนะที่สร้างขึ้นโดย *L. acidophilus* หรือมาจากการเข้าอาศัยของตัวเซลล์แบคทีเรียเองภายในทางเดินอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 ผลของการดื่มเครื่องดื่มที่มีเชื้อ Bifidobacteria

ได้มีการทดลองให้ผู้ป่วยเป็นโรคตับแข็ง 10 คน รับประทานนมที่หมักด้วย *B. longum* , *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ปริมาณ 10 กรัม (bifidobacteria 1.3×10^{10} เซลล์ต่อวัน) เป็นประจำทุกวันนาน 3 สัปดาห์ และตรวจหาจำนวนแบคทีเรียในลำไส้ทั้งก่อนรับประทาน ระหว่างรับประทานและหลังการรับประทานนมหมักนาน 1 สัปดาห์ ผลการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของจุลินทรีย์ภายในลำไส้แสดงดังรูปที่ 13

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าในผู้ป่วย 8 คนจำนวน *Bifidobacterium* spp. มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นระหว่างช่วงที่รับประทานนมหมักเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงต้นที่รับประทาน และมีผลต่อเนื่องไปนาน 1 สัปดาห์หลังจากหยุดการรับประทานนมหมักนี้ ส่วนจำนวน *Bacteroides* นั้นมีแนวโน้มลดลงในผู้ป่วย 3 คนและมีผลต่อเนื่องไปนาน 1 สัปดาห์หลังจากหยุดการรับประทานนมหมักที่มีเชื้อ *Eubacterium, Peptococcaceae, Lactobacillus* และ *Streptococcus* spp. รวมถึงเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์อื่นนั้นมีจำนวนแตกต่างกันซึ่งไม่ได้แสดงข้อมูลแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง

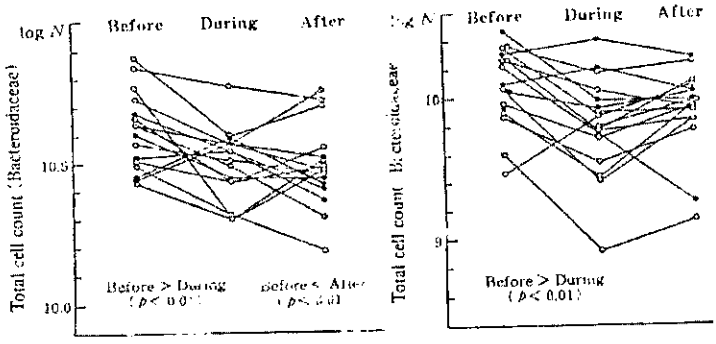


รูปที่ 13 ผลของโยเกิร์ตที่มีเชื้อ Bifidobacteria ต่อระบบลำไส้ของผู้ป่วยโรคตับแข็ง

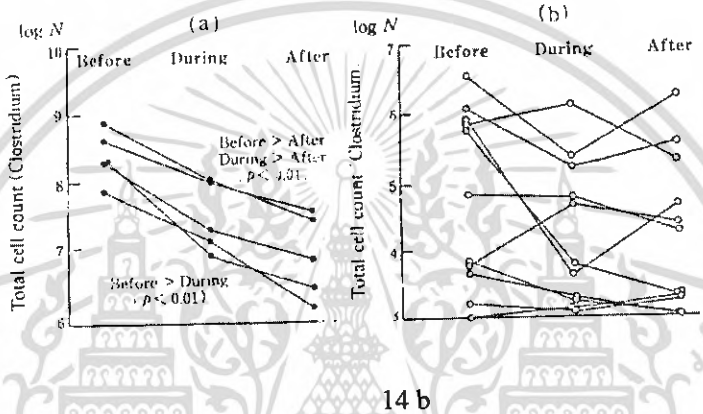
ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

ได้มีการทดลองให้ทารก 11 คน และผู้ใหญ่ 5 คนได้รับ *B. breve* ในปริมาณ 10^{10} เซลล์ต่อวัน ร่วมกับนมวัวอย่างต่อเนื่องกันนาน 5 สัปดาห์ และดูการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ภายในลำไส้ ผลแสดงดังรูปที่ 14 ซึ่งมีการลดลงของจำนวนแบคทีเรียโดยรวม *Enterobacteriaceae, Bacteroidaceae* และ *Clostridium* spp. โดยเชื้อ *B. breve* ที่ได้รับประทานเข้าไปจะเกิดการตรวจไม่พบภายใน 1 สัปดาห์ หลังจากหยุดรับประทานนมหมัก จากการศึกษาทำให้ทราบว่าจำนวนของ bifidobacteria ภายในลำไส้เล็กสามารถเพิ่มจำนวนขึ้นได้

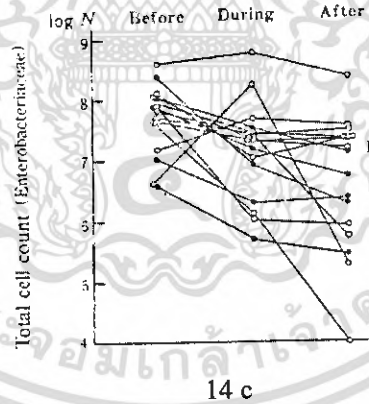
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



14 a



14 b



14 c

รูปที่ 14 a ผลของ ***B. breve*** **4006 ต่อจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและ Bacteroidaceae**

: ● หมายถึง ผู้ใหญ่ ; ○ หมายถึง เด็กทารก

รูปที่ 14 b ผลของ *B. breve* 4006 ต่อจำนวน *Clostridium* spp.

: (a) หมายถึง ผู้ใหญ่ , n=5 (TSI medium) ; (b) หมายถึง เด็กทารก , n=11 (CW medium)

รูปที่ 14 c ผลของ *B. breve* 4006 ต่อจำนวน *Enterobacteriaceae*

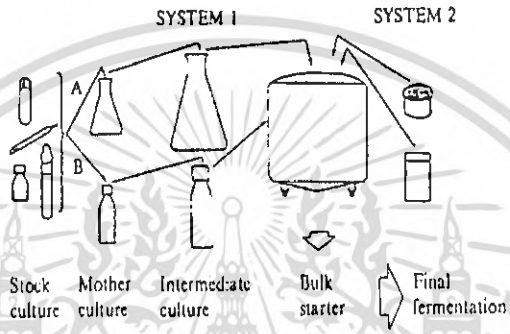
: ● หมายถึง ผู้ใหญ่ ; ○ หมายถึง เด็กทารก

ที่มา : Tanaka และคณะ (1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การเตรียมหัวเชื้อแบคทีเรียแลคติก Nakazawa และคณะ (1992)

การเตรียมหัวเชื้อแบคทีเรียแลคติกถือเป็นพื้นฐานที่ใช้ในการผลิตภัณฑ์นมหมักที่สำคัญ ซึ่งการเตรียมกล้าเชื้อมี 2 วิธี คือวิธีที่ 1 ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมนมส่วนใหญ่ในญี่ปุ่น โดยเตรียมกล้าเชื้อในถังใหญ่จากเชื้อแม่ (mother stater culture) ที่ได้จากการขยายปริมาณของเชื้อในหลอดทดลอง ซึ่งมีความเฉพาะของแต่ละโรงงานหรือแต่ละบริษัท และวิธีที่ 2 เป็นวิธีการที่ใช้กันกว้างขวางในยุโรปและอเมริกาเหนือ โดยมีความเข้มข้นของหัวเชื้อประมาณ 10^{10}–10^{11}เซลล์ต่อกรัมหรือมิลลิลิตร ใช้ในการเติมลงในถังเตรียมกล้าเชื้อขนาดใหญ่โดยตรง



รูปที่ 15 วิธีการเตรียมหัวเชื้อแบคทีเรียแลคติก

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

รูปที่ 15 แสดงให้เห็นวิธีการต่างๆ ในการเตรียมหัวเชื้อ โดยระบบที่1 นิยมใช้อย่างกว้างขวางในญี่ปุ่นและระบบที่ 2 นิยมใช้ในยุโรปและอเมริกา ซึ่งในระบบที่ 1 ใช้ปริมาณเชื้อ (stock culture) เพียงเล็กน้อยโดยกล้าเชื้ออยู่ในรูปแช่แข็ง แช่เย็น หรือ แช่แข็งแห้ง (freeze dry) ซึ่งจะทำการเพาะเลี้ยงในหางนมผงหรือเวย์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์หรือสเตอริไรซ์ปริมาตร 0.5-1 ลิตร หรือทำการผสมทั้งหางนมและเวย์เข้าด้วยกันเพื่อเตรียมเป็นเชื้อแม่ ในการหมักขั้นกลาง (intermediate fermentation) เป็นการขยายปริมาณกล้าเชื้อที่จะผลิตเป็น 10-100 เท่า โดยเป็นขั้นตอนที่ขยายต่อจากเชื้อแม่เพื่อผลิตกล้าเชื้อในถังใหญ่ (bulk stater) และเติมลงโดยตรงในถังหมัก ในการผลิตโยเกิร์ตทั่วไป มักใช้เชื้อเดี่ยวๆ เติมในขั้นการเตรียมกล้าเชื้อในถังใหญ่ วิธีนี้จะทำให้สามารถควบคุมจำนวนแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ได้ง่ายขึ้น

เมื่อมีการนำแบคทีเรียรูปร่างกลม *S. thermophilus* และรูปท่อน *L. bulgaricus* มาใช้ถ้าเกิดความไม่สมดุลของแบคทีเรีย 2 สปีชีส์นี้ จะก่อให้เกิดปัญหาการหมักช้าและเกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เช่น ปัญหาเกี่ยวกับรสชาติ ข้อดีและข้อเสียของการเตรียมเชื้อขั้นต้นในระดับโรงงานและบริษัทแสดงในตารางที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ข้อดีและข้อเสียของการผลิตหัวเชื้อจาก stock culture

ข้อดี	ข้อเสีย
- สามารถใช้แบคทีเรียแลคติกเฉพาะชนิดได้ - สามารถทำผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกับบริษัทอื่นได้ - มีความรับผิดชอบในการจัดเตรียมกล้าเชื้ออย่างชัดเจน	- ขั้นตอนในการถ่ายเชื้อมีความซับซ้อน - ต้องการใช้อุปกรณ์ในการเก็บรักษาเชื้อ - มีโอกาสในการปนเปื้อนสูง - จำเป็นต้องใช้แรงงานในการเตรียมหัวเชื้อ

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

การเตรียมกล้าเชื้อในถังใหญ่ตามวิธีที่ 2 สามารถเตรียมได้จากกล้าเชื้อสำเร็จรูปที่มีจำหน่าย เพื่อหลีกเลี่ยงข้อเสียที่อาจเกิดขึ้นจากการเตรียมโดยวิธีที่ 1 การเตรียมโดยใช้กล้าเชื้อสำเร็จรูปนี้เป็นวิธีที่ดีสำหรับผู้ที่เพิ่งเริ่มทำธุรกิจ ซึ่งยังไม่มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการหมักกล้าเชื้อและผู้ไม่มีประสบการณ์เกี่ยวกับเทคนิคการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย และเพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนจากฟาจก์ โดยเฉพาะเมื่อมีการนำหัวเชื้อสำหรับการทำเนยแข็ง ข้อดีและข้อเสียของการใช้กล้าเชื้อสำเร็จรูปแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อดีและข้อเสียของแบคทีเรียเข้มข้นในรูปแช่แข็ง

ข้อดี	ข้อเสีย
- ไม่ต้องจัดการเก็บรักษาแบคทีเรีย - สามารถใส่เชื้อลงในน้ำนมได้ง่าย - เกิดการปนเปื้อนยาก - แบคทีเรียมีอัตราการเจริญและกิจกรรมคงที่ - ลดการควบคุมกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพ เพราะผลิตภัณฑ์มีความคงตัวสม่ำเสมอ โดยเฉพาะการผลิตเนยแข็งไม่มีการปนเปื้อนของฟาจก์	- จำเป็นต้องมีอุปกรณ์การแช่เย็นในกรณีที่ใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียที่แช่แข็ง - มีความต้องการสูงในการซื้อกล้าเชื้อจากผู้ขาย - ในกรณีที่มีการสูญเสียในระหว่างการผลิตยังไม่ชัดเจนเกี่ยวกับผู้ที่จะรับผิดชอบความสูญเสียนี้

ที่มา : Nakazawa และคณะ (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ ได้แก่ เชื้อ ABT-5 ซึ่งประกอบไปด้วย *Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium* BB-12 และ *Streptococcus thermophilus* ได้มาจากบริษัท The East Asiatic (Thailand) Public company limited

3.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ High-methoxyl (HM) pectin โปรตีนจากถั่วเหลือง (Soy protein isolate ได้มาจากบริษัท วิ้กกี้ เอนเตอร์ไพรซ์ จำกัด) หางนมผง ลูกเดือยเหนียว น้ำนมโคพร้อมมันเนย น้ำตาล ข้าวโพดหวาน มะเขือเทศ แครอท พริกหวานแดง ผักกาดหอม สับปะรด หอมหัวใหญ่ แตงกวา เซเลอรี ทับทิม แอปเปิล ส้ม มะนาว แคนตาลูป ฝรั่ง เก๋ากี้ มะดูม น้ำผึ้ง กระชาย และกระเจี๊ยบ

3.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ ได้แก่ deMan Rogosa Sharpe Medium : MRS (Difco, Becton, Dickinson and Company Spowks, USA)

3.1.4 สารละลายที่ใช้ทำการเจือจาง ได้แก่ สารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1

3.1.5 สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) ไดโพแทสเซียมซัลเฟต กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) กรดบอริก (H_3BO_3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) เอทิลแอลกอฮอล์ ไดเอทิลอีเทอร์ ปิโตรเลียมอีเทอร์ โพรแทสเซียมไฮดรอกไซด์ บรอมครีซอลกรีน เมทิลเรด ฟีนอฟทาลีน

3.1.6 เครื่องมือ ได้แก่ หม้อนึ่งความดันไอน้ำ ตู้ปลอดเชื้อ ตู้บ่มเชื้อ ตู้เผา ตู้อบลมร้อน เครื่องตีป่น เครื่องมือวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) รีแฟรกโตมิเตอร์ (Refractometer) เครื่องชั่งชนิดละเอียด เครื่องวัดสี Minorta รุ่น CR-300 เครื่องปั่นน้ำผลไม้ เครื่องย่อย-กลั่นไนโตรเจน รุ่น Vapodest 30 ของบริษัท ไซแอนติฟิค โปรไมชั่นจำกัด เครื่องมือสกัดเส้นใย (VELP) ของบริษัท ซัชรีย์โฮลดิ้งจำกัด โถดูดความชื้น ภาชนะโลหะสำหรับวิเคราะห์หาความชื้น ภาชนะเซรามิกสำหรับวิเคราะห์หาเถ้า

3.1.7 เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์ที่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษาผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในน้ำนมหมักผสมผงลูกเดือย

3.2.1.1 การเตรียมกล้าเชื้อเริ่มต้นสำหรับการหมัก

ทำการเตรียมกล้าเชื้อสำหรับการหมัก โดยนำน้ำนม 60 มิลลิลิตร ไปให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติกที่อยู่ในรูปผงแห้ง (freeze-dried cultures) ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ในปริมาณ 0.4 กรัม (ร้อยละ 0.7) ลงในน้ำนม ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10-15 นาที จะได้กล้าเชื้อเริ่มต้นสำหรับการหมักในขั้นตอนต่อไป

3.2.1.2 ผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองต่อการอยู่รอดแบคทีเรียโพรไบโอติกของแบคทีเรียโพรไบโอติกในน้ำนมหมักผสมลูกเดือย

การทดลองในขั้นนี้จะทำการเปรียบเทียบการเติมโปรตีนจากถั่วเหลืองความเข้มข้นระดับต่างๆ กัน (ร้อยละ 0, 1, 2 และ 3) ที่เติมลงในน้ำนมผสมผงลูกเดือยเหนียว หางนมผง และผ่านการหมักด้วยแบคทีเรียโพรไบโอติก (ABT-5) ทำได้ดังนี้ ในการทดลองแต่ละชุดใช้น้ำนมโค ซึ่งเติมผงลูกเดือยเหนียวร้อยละ 1.5 และหางนมผงร้อยละ 2.7 เพื่อปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดให้ได้ร้อยละ 16 (วิธีการปรับตามภาคผนวก ก) และเติมโปรตีนจากถั่วเหลืองในปริมาณต่างๆกัน สำหรับน้ำนมชุดที่ 1) ไม่เติมโปรตีนจากถั่วเหลือง น้ำนมชุดที่ 2) เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 1 น้ำนมชุดที่ 3) เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 2 น้ำนมชุดที่ 4) เติมโปรตีนถั่วจากเหลืองร้อยละ 3 ผสมส่วนผสมทุกชนิดให้เข้ากันโดยการปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส เติมกล้าเชื้อที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.1.1 ปริมาณร้อยละ 2 และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 ชั่วโมง ตรวจวัดค่าความเป็นกรด พีเอช และปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด โดยใช้เทคนิค Pour plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ที่เวลา 0, 3, 6, 12, 18, 24 และ 30 ชั่วโมงตามลำดับ ทำการคัดเลือกน้ำนมหมักผสมลูกเดือยชุดที่มีการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกสูงสุด เพื่อนำไปใช้ในการผลิตเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกต่อไป

3.2.2 การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

3.2.2.1 การเตรียมโยเกิร์ตผสมลูกเดือยและโปรตีนจากถั่วเหลือง

ทำการเตรียมโยเกิร์ต โดยนำน้ำนมโคผสมลูกเดือยเหนียว หางนม และโปรตีนถั่วเหลืองในระดับความเข้มข้นที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.2.1.2 และเติมแบคทีเรียโพรไบโอดิก (ABT-5) ปริมาณร้อยละ 4 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อเตรียมไว้ใช้ผลิตเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 การเตรียมเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

ทำการเตรียมน้ำธัญพืชผสมทั้งหมด 6 สูตร ได้แก่ น้ำธัญพืชผสมน้ำผัก 2 สูตร น้ำธัญพืชผสมน้ำสมุนไพร 2 สูตร และน้ำธัญพืชผสมน้ำผลไม้ 2 สูตร โดยทุกสูตรมีน้ำธัญพืชผสมในปริมาณเท่ากัน ซึ่งประกอบด้วยน้ำลูกเดือยและน้ำนมข้าวโพด โดยจะนำน้ำธัญพืชผสมมาผสมกับน้ำผักรวม น้ำผลไม้รวม หรือน้ำสมุนไพรรวม (วิธีการเตรียมตามภาคผนวก ก) ทำการปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Soluble Solid : TSS) ให้ได้ร้อยละ 27 และปรับปริมาณกรดให้ได้ร้อยละ 0.25ในแต่ละสูตร (วิธีการปรับตามภาคผนวก ก) จากนั้นผสมน้ำธัญพืชกับน้ำผักรวม น้ำผลไม้รวม หรือน้ำสมุนไพรรวม แต่ละสูตรที่เตรียมไว้ในอัตราส่วน 1:1 เติม High-methoxyl (HM) pectin ปริมาณร้อยละ 0.3 แต่งสีด้วยสีผสมอาหาร แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาผสมโยเกิร์ตที่เตรียมไว้ตามข้อ 3.2.2.1 ด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ที่ปราศจากเชื้อ ในอัตราส่วน 1:1 โดยเมื่อเสร็จสิ้นการผลิตเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกแล้ว เครื่องดื่มทุกสูตรมีส่วนประกอบดังตารางที่ 10 จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วันตรวจวัดค่าความเป็นกรด พีเอช สี และปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมดโดยใช้เทคนิค Pour plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ที่เวลา 0, 1, 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและคัดเลือกเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตรที่มีการเจริญของเชื้อสูงสุด 3 อันดับแรก เพื่อนำประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อไป

3.2.2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก ทั้ง 6 ชุดทันทีหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน (Kjeldahl method) ปริมาณไขมัน (Soxhlet methode) ปริมาณเส้นใยอาหาร โดยใช้วิธีการของ AOAC (2000) ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ซ้ำ (วิธีการวิเคราะห์ตามภาคผนวก ข)

3.2.3 การวัดสีและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

3.2.3.1 การวัดค่าสี

ทำการวิเคราะห์สีของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทั้ง 6 สูตร ด้วยเครื่องวัดสีของมินอลต้า รุ่น CR-300 วัดค่าสีระบบ CIE L* a* b* โดยใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์สีปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในถ้วยแก้ววัดสีเบอร์ 3 นำไปวางบนหลอดฉายแสง กดปุ่ม measure บนเครื่องประมวลผลข้อมูล เครื่องวัดสีจะทำการวัด 3 ครั้ง ข้อมูลที่วัดได้จะแสดงบนกระดาษเทอร์มอลที่พิมพ์ออกมา ทำการวัดทั้งหมด 3 ซ้ำ (วิธีการวัดค่าสีตามภาคผนวก ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ส่วนประกอบของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

สูตร	ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)	สูตร	ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
1	โยเกิร์ตโพรไบโอติก (ที่มีผงลูกเดือย 1.5% และโปรตีนจากถั่วเหลือง 2%)	50.0	4	โยเกิร์ตโพรไบโอติก (ที่มีผงลูกเดือย 1.5% และโปรตีนจากถั่วเหลือง 2%)	50.0
	น้ำลูกเดือย	17.5		น้ำลูกเดือย	17.5
	น้ำนมข้าวโพด	7.5		น้ำนมข้าวโพด	7.5
	น้ำพริกหวานแดง	7.5		น้ำกระชายผสมน้ำกระเจี๊ยบ	24.8
	น้ำมะเขือเทศ	8.3		น้ำผึ้ง	0.2
	น้ำแครอท	10.5			
2	โยเกิร์ตโพรไบโอติก (ที่มีผงลูกเดือย 1.5% และโปรตีนจากถั่วเหลือง 2%)	50.0	5	โยเกิร์ตโพรไบโอติก (ที่มีผงลูกเดือย 1.5% และโปรตีนจากถั่วเหลือง 2%)	50.0
	น้ำลูกเดือย	17.5		น้ำลูกเดือย	17.5
	น้ำนมข้าวโพด	7.5		น้ำนมข้าวโพด	7.5
	น้ำผักกาดหอม	4.3		น้ำทับทิม	12.6
	น้ำเชเลอรี	4.3		น้ำแอปเปิล	6.2
	น้ำสับปะรด	10.9		น้ำส้ม	6.2
	น้ำแตงกวา	2.2			
	น้ำหัวหอมใหญ่	1.1			
	น้ำมะเขือเทศ	2.2			
3	โยเกิร์ตโพรไบโอติก (ที่มีผงลูกเดือย 1.5% และโปรตีนจากถั่วเหลือง 2%)	50.0	6	โยเกิร์ตโพรไบโอติก (ที่มีผงลูกเดือย 1.5% และโปรตีนจากถั่วเหลือง 2%)	50.0
	น้ำลูกเดือย	17.5		น้ำลูกเดือย	17.5
	น้ำนมข้าวโพด	7.5		น้ำนมข้าวโพด	7.5
	น้ำเก๋ากี้ผสมน้ำมะตูม	24.8		น้ำแคนตาลูป	15.0
	น้ำผึ้ง	0.2		น้ำสับปะรด	5.0
				น้ำฝรั่ง	5.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการคัดเลือกเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกชุดที่มีการเจริญของเชื้อสูงสุด 3 อันดับแรก และทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก ทั้ง 3 ชุดทันที หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต โดยทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้าน สี กลิ่น รส ความหวาน ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 25 คน ทำการประเมินด้วยวิธี 9 Point hedonic scale โดยที่คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 2 หมายถึงไม่ชอบมาก คะแนน 3 หมายถึงไม่ชอบปานกลาง คะแนน4 หมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 หมายถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ คะแนน 6 หมายถึงชอบเล็กน้อย คะแนน 7 หมายถึงชอบปานกลาง คะแนน 8 หมายถึงชอบมาก และคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด (แบบฟอร์มการประเมินตามภาคผนวก ค)

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 13.0 โดยมีระดับความเชื่อมั่น 95 % และทดสอบค่าเฉลี่ยที่ต่างกันโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การศึกษาผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก (ABT-5) ในน้ำนมหมักผสมผงลูกเดือย

จากการศึกษาผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในน้ำนมหมักผสมผงลูกเดือย ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมดคิดในรูปของกรดแลคติก และค่าพีเอชของน้ำนมหมักที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่เวลา 0, 3, 6, 12 , 24 และ 30 ชั่วโมง ผลการทดลองดังรูปที่ 16

4.1.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด

จากการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียโพรไบโอติก (รูปที่16 ก) พบว่าตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 น้ำนมหมักทุกชุด มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยน้ำนมหมักชุดที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองทั้ง 3 ชุด มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกใกล้เคียงกันและสูงกว่าชุดที่ไม่เติมโปรตีนจากถั่วเหลือง (ชุดควบคุม) จนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 3 พบว่าน้ำนมหมักชุดที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 2 และ 3 มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกเพิ่มขึ้น 1 log cycle จากปริมาณเชื้อเริ่มต้น โดยน้ำนมหมักชุดที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 2 และ3 มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก $1.4x10^9$ และ $1.2x10^9$ CFUต่อกรัม ในขณะที่น้ำนมหมักชุดควบคุมและชุดที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 1 นั้น มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก เพิ่มขึ้น 1 log cycle ในชั่วโมงที่ 6 โดยน้ำนมหมักชุดควบคุม และชุดที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 1 มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก $2.5x10^8$ และ $1.5x10^9$ CFUต่อกรัม หลังจากชั่วโมงที่ 6 น้ำนมหมักทุกชุดมีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 24 ปรากฏว่าน้ำนมหมักชุดที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 2 มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกเพิ่มขึ้นสูงสุดคือ 2 log cycle ($1.9x10^{10}$CFUต่อกรัม) จากปริมาณเชื้อเริ่มต้น ($1.3 x 10^8$CFUต่อกรัม) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับน้ำนมหมักทั้ง 3 ชุด รองลงมาคือ ชุดที่เติมโปรตีนถั่วจากเหลืองร้อยละ 1 ($6.2 x10^9$ CFUต่อกรัม) ร้อยละ 3 ($1.9x10^9$CFUต่อกรัม) และชุดควบคุม ($4.8x10^8$CFUต่อกรัม) หลังจากชั่วโมงที่ 24 พบว่าน้ำนมหมักทุกชุดมีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกลดลงเล็กน้อย จนกระทั่งชั่วโมงที่ 30 ของการหมัก ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกของน้ำนมหมักชุดที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 2 มีค่าสูงสุด ($2.5x10^9$ CFUต่อกรัม) ตามด้วยชุดที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 1 ($1.8x10^9$CFUต่อกรัม) ร้อยละ 3 ($3.7x10^8$ CFUต่อกรัม) และชุดควบคุม ($1.2x10^8$ CFUต่อกรัม) ตามลำดับ

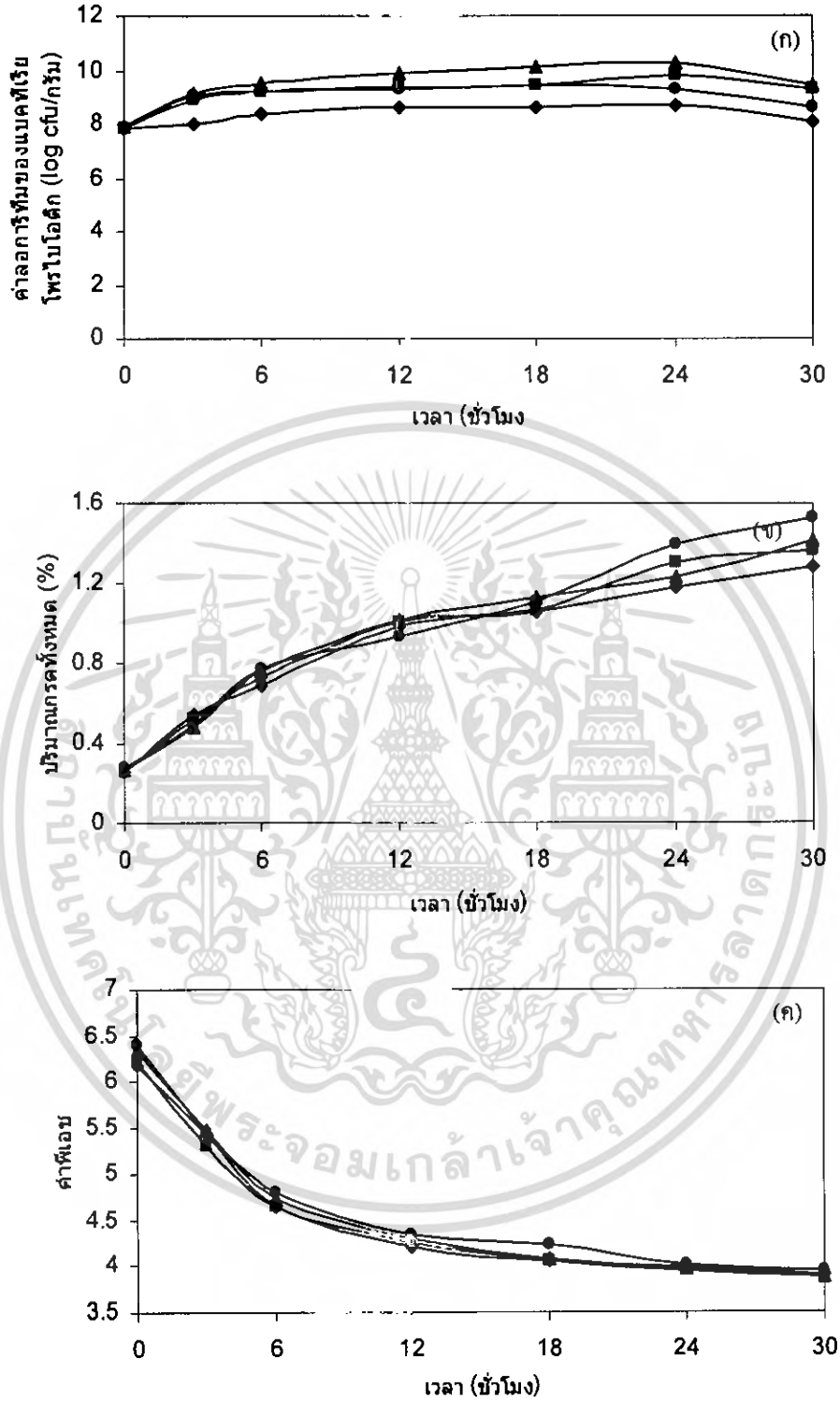
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอช

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด และค่าพีเอช (รูปที่ 16 ข และรูปที่ 16 ค) พบว่าตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 12 น้ำนมหมักทุกชุดมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าพีเอชลดลงอย่างรวดเร็วและใกล้เคียงกัน โดยน้ำนมหมักชุดที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 3 มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.76 และมีค่าพีเอช 4.34 น้ำนมหมักชุดที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 2 มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.75 และค่าพีเอช 4.29 น้ำนมหมักชุดที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1 มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.75 และค่าพีเอช 4.24 และน้ำนมหมักชุดควบคุมมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.72 และค่าพีเอช 4.20 หลังจากชั่วโมงที่ 12 พบว่าน้ำนมหมักทุกชุดมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นขณะที่ค่าพีเอชลดลงเล็กน้อยจนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 30 ของการหมักปรากฏว่า ปริมาณกรดของน้ำนมหมักชุดทุกเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงของการหมัก โดยน้ำนมหมักชุดที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 3 มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นมากสุดถึงร้อยละ 1.25 และค่าพีเอช 3.93 รองลงมาคือ น้ำนมหมักชุดที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 2 (ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.15 และค่าพีเอช 3.88) ชุดที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 1 (ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.10 และค่าพีเอช 3.88) และชุดควบคุม (ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.02 และค่าพีเอช 3.89) ตามลำดับ

ในการศึกษาผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกผสม (ABT-5) ในระหว่างการหมักน้ำนมผสมลูกเดือยความเข้มข้นร้อยละ 1.5 การที่พบว่าโปรตีนจากถั่วเหลือง ช่วยส่งเสริมการเจริญของเชื้อผสม (ABT-5) นั้น อาจเนื่องมาจากโปรตีนจากถั่วเหลือง มีองค์ประกอบที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อ โดยปกติในเมล็ดถั่วเหลืองประกอบด้วย crudes protein ประมาณร้อยละ 40-45 (Siam และ Ishak, 1990) และโปรตีนส่วนใหญ่ในถั่วเหลืองเป็นโกลบูลินที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 8,000 และ 60,000 ดาร์ตัน (Chang และคณะ, 1989) ดังนั้นการที่ถั่วเหลืองอุดมไปด้วยโปรตีนจึงได้มีผู้ผลิต soy protein isolate ขึ้นเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร ซึ่ง soy protein isolate ที่ผลิตจำหน่ายโดยทั่วไป ได้จากโปรตีนที่ตกตะกอนแยกออกมา หลังจากการทำการสกัดถั่วเหลืองที่เอาไขมันออกแล้วด้วยน้ำและทำให้เป็นกรด Somato และคณะ(2006) ได้รายงานว่า soy protein isolate ประกอบด้วย β-conglycinin (7S) และ glycinin (11S) รวมทั้งกลุ่มของ lipophillic protein ซึ่งจับอยู่กับเลซิทิน (phospholipid) โดยโปรตีนทั้ง 3 ชนิดหลักนี้ มีปริมาณร้อยละ 23, 46 และ 31 ตามลำดับ อาจเป็นไปได้ว่าโปรตีนจากถั่วเหลืองมีสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ใช้ในการทดลองนี้ ซึ่งได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Gaddi (1970) ที่ได้รายงานว่า *Lactobacillus* บางชนิดสามารถเจริญในสภาพที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองและเคซีนได้ดี โดยเฉพาะ *L. casei, L. fermenti* และ *L. brevi* ที่มีปริมาณเซลล์ในน้ำนมถั่วเหลืองมากกว่าในน้ำนมวัวถึง 10 เท่า นอกจากผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองแล้ว การเติมผงลูกเดือยความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ลงในน้ำนมที่ใช้ในการหมัก อาจช่วยส่งเสริมการเจริญของเชื้อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 ผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด (รูป ก) ปริมาณกรดทั้งหมด (รูป ข) และค่าพีเอช (รูป ค)

สัญลักษณ์ : —◆— โปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 0 , —■— โปรตีนถั่วจากเหลืองร้อยละ 1 , —▲— โปรตีนถั่วจากเหลืองร้อยละ 2 , —●— โปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาของฐานิดาและคณะ (2548) พบว่า ลูกเดือยมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.77 ปริมาณไขมันร้อยละ 6.82 ปริมาณเถ้าร้อยละ 2.42 ปริมาณความชื้นร้อยละ 12.66 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละ 59.35 และปริมาณเส้นใยร้อยละ 7.81 และการที่น้ำนมหมักทุกชุดมีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกเพิ่มขึ้นและค่าพีเอชลดลงระหว่างการหมักนั้น อาจเนื่องจากปฏิกิริยาการหมักของแบคทีเรียโพรไบโอติกให้กรดหลายชนิด ซึ่ง *Bifidobacterium* spp. จะเกิดการหมักแบบเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ โดยเปลี่ยนกลูโคส 1 โมลจะได้กรดแลคติก 1 โมลและกรดแอซิติก 1 โมล ส่วน *Lactobacillus acidophilus* และ *Streptococcus thermophilus* จะเกิดการหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (Nakazawa และคณะ, 1992) ดังนั้นกรดที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำนมหมักเพิ่มขึ้นและมีค่าพีเอชลดลง นอกจากนี้การที่ปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองช่วยส่งเสริมให้มีการเพิ่มจำนวนของเชื้อ จึงทำให้เกิดการสร้างกรดได้มากขึ้นในระหว่างการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hsieh และคณะ (1999) ที่ได้รายงานว่า soy peptide มีผลต่อการสร้างกรดแลคติกของ *Lactobacillus amylovorus* ซึ่งน้ำหนักโมลกุลของ soy peptide ที่มีผลมากที่สุดคือประมาณ 700 ดาร์ตัน และอัตราการสร้างกรดแลคติกนั้น ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ soy peptide นอกจากนี้ Wang และคณะ (2000) ได้รายงานว่า น้ำนมถั่วเหลืองช่วยส่งเสริมการเจริญของ *Bifidobacterium* และ *L. acidophilus* หรือ *S. thermophilus* โดยพบว่า น้ำนมถั่วเหลืองหมักมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.09–0.25 และที่ค่าพีเอช 4.19–6.13 หลังการหมักนาน 48 ชั่วโมง

4.2 การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

จากการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมดคิดในรูปของกรดแลคติก และค่าพีเอชของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่เวลา 0, 1, 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน ผลการทดลองดังรูปที่ 17

4.2.1 การอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติก

จากการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้งหมด (รูปที่ 17 ก) พบว่าตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 1 เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกเกือบทุกสูตรมีปริมาณแบคทีเรียโพรโอติกที่รอดชีวิตลดลงเล็กน้อย จนถึงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิตของสูตรที่ 1 สูตรที่ 4 สูตรที่ 5 และสูตรที่ 6 มีการลดลงเล็กน้อย ซึ่งแตกต่างกับเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ที่มีการลดลงอย่างรวดเร็ว 1 log cycle และ 3 log cycle จากปริมาณเชื้อเริ่มต้น ตามลำดับ จนกระทั่งถึงวันที่ 7 พบว่า เครื่องดื่มเกือบทุกสูตร ยกเว้นสูตรที่ 3 มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิตลดลงอย่างใกล้เคียงกัน โดยเครื่องดื่มสูตรที่ 6 มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิตมากที่สุด คือร้อยละ 15.75 (5.4×10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร) รองลงมาคือสูตรที่ 1 (ร้อยละ 9.32 หรือ 1.1×10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร) สูตรที่ 5 (ร้อยละ 7.99 หรือ 2.8×10^8 CFU ต่อ

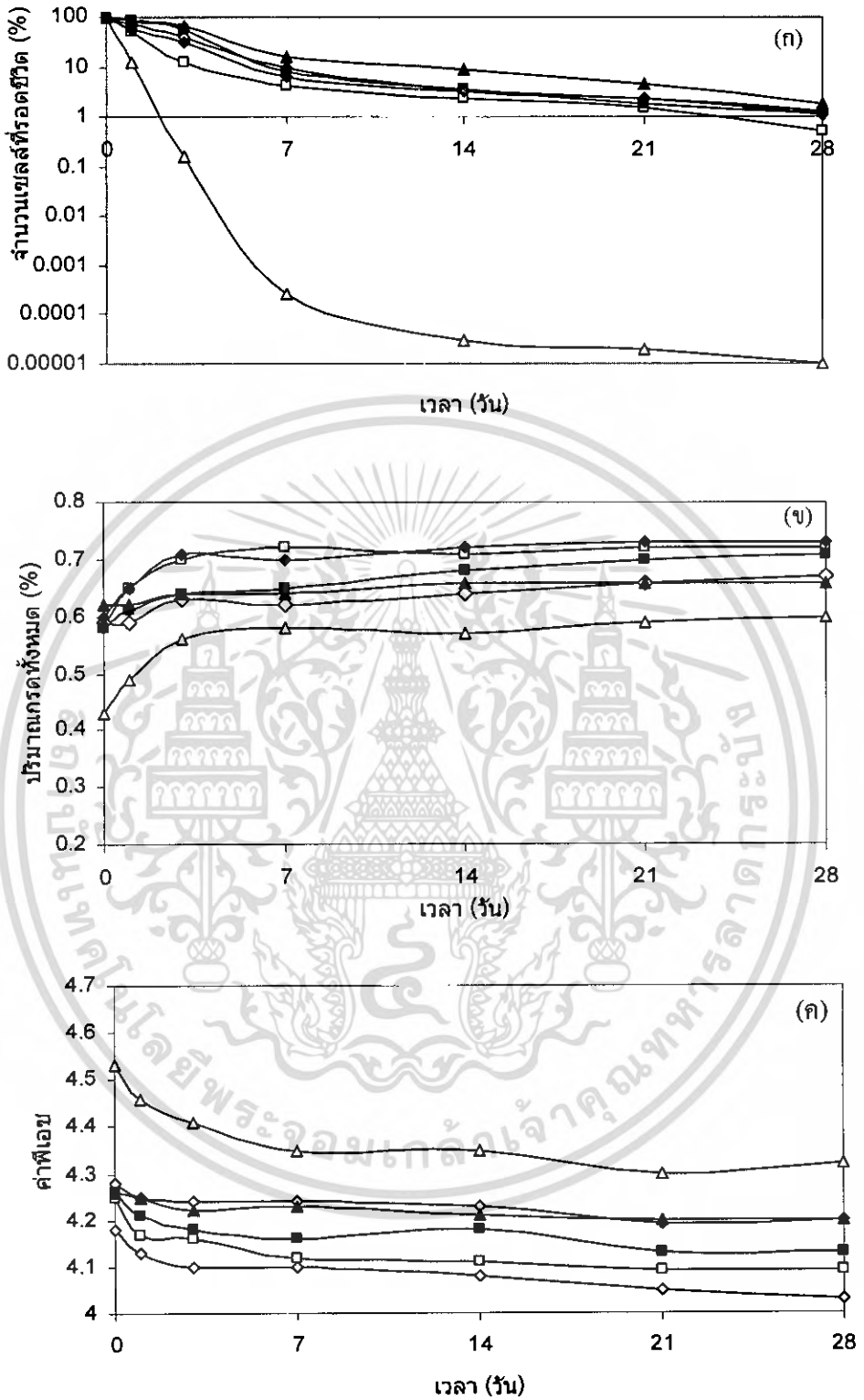
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิลิตร) สูตรที่ 4 (ร้อยละ 6.43 หรือ 1.5×10^{8} CFU ต่อมิลลิลิตร) และสูตรที่ 3 ที่มีปริมาณแบคทีเรียที่รอดชีวิตน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 0.0002 (6.3×10^{3} CFU ต่อมิลลิลิตร) และเมื่อเก็บรักษาต่อไปในสัปดาห์ที่ 2 สัปดาห์ที่ 3 และสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิตของเครื่องดื่มทุกสูตรมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก และเมื่อทำการเก็บรักษานาน 28 วัน เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 4 สูตรที่ 5 และสูตรที่ 6 นั้น มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิตลดลงประมาณ 2 log cycle จากปริมาณเชื้อเริ่มต้น และเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตรที่ 6 มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิตสูงกว่าสูตรอื่น (ร้อยละ 1.86 หรือ 6.5×10^{7} CFU ต่อมิลลิลิตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) โดยสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิตอยู่ในช่วง $1.0\times10^{7} – 4.1\times10^{7}$ CFU ต่อมิลลิลิตร และเครื่องดื่มสูตรที่ 3 มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิตเพียงร้อยละ 0.00001 (2.3×10^{2} CFU ต่อมิลลิลิตร) โตยลดลงถึง 7 log cycle จากปริมาณเชื้อเริ่มต้น

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด และค่าพีเอช

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดและค่าพีเอช (รูปที่ 17 ข และรูปที่ 17 ค) พบว่าในวันที่ 0 ปริมาณกรดและค่าพีเอชเริ่มต้นของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกเกือบทุกสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน (ปริมาณกรดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.58-0.62 และค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.18-4.29) ยกเว้นสูตรที่ 3 ที่มีปริมาณกรดเริ่มต้นต่ำสุด คือร้อยละ 0.43 และค่าพีเอชสูงสุด 4.54 เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปรากฏว่าเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทุกสูตรมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นขณะที่ค่าพีเอชลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งถึงวันที่ 3 พบว่าเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตรที่ 3 มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นมากที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับเครื่องดื่มทั้ง 5 สูตร หลังจากนั้นเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทุกสูตรมีปริมาณกรดและค่าพีเอชเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มากนัก และเมื่อทำการเก็บรักษานาน 28 วัน ปรากฏว่าเครื่องดื่มสูตรที่ 3 มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือร้อยละ 0.17 และค่าพีเอช 4.32 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสูตรที่ 2 (ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.14 และค่าพีเอช 4.09) สูตรที่ 4 (ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.13 และค่าพีเอช 4.03) สูตรที่ 5 (ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.13 และค่าพีเอช 4.14) สูตรที่ 1 (ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.08 และค่าพีเอช 4.21) และสูตรที่ 6 (ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.05 และมีค่าพีเอช 4.20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติก (รูป ก) ปริมาณกรดทั้งหมด (รูป ข) และค่าพีเอช (รูป ค)
สัญลักษณ์ : —◇— สูตร 1 , —□— สูตร 2 , —△— สูตร 3, —◆— สูตร 4 , —■— สูตร 5 และ —▲— สูตร 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทั้ง 6 สูตร ปรากฏผลแสดงในตารางที่ 11 พบว่า เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทุกสูตรมีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกันโดย มีปริมาณของแข็งร้อยละ 16.28-17.92 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.52 -0.71 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.49-1.65 และปริมาณไขมันร้อยละ 2.41-2.95 ยกเว้นปริมาณเส้นใยที่มีความแตกต่างกันในแต่ละสูตร โดยเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตรที่ 2 นั้น มีปริมาณเส้นใยมากที่สุด คือร้อยละ 5.75 รองลงมาคือสูตรที่ 6 (ร้อยละ 4.32) สูตรที่ 1 (ร้อยละ 3.04) สูตรที่ 5 (ร้อยละ 2.53) สูตรที่ 3 (ร้อยละ 2.37) และสูตรที่ 4 ที่มีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุด คือร้อยละ 1.73

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณสารอาหารในเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก (ร้อยละ)[a] ± SD					
	สูตร1	สูตร2	สูตร3	สูตร4	สูตร5	สูตร6
ของแข็ง	16.75±0.09	17.92±0.18	16.28±0.54	16.98±0.35	17.25±0.37	17.73±0.13
เถ้า	0.57± 0.04	0.71 ± 0.11	0.55± 0.06	0.52 ± 0.16	0.57 ± 0.12	0.60 ± 0.08
โปรตีน	1.49 ± 0.11	1.65 ± 0.29	1.56 ± 0.02	1.50 ± 0.06	1.55 ± 0.05	1.50 ± 0.04
ไขมัน	2.48 ± 0.27	2.95 ± 0.18	2.95 ± 0.14	2.46 ± 0.14	2.41 ± 0.19	2.88 ± 0.13
เส้นใย	3.04 ± 0.16	5.75 ± 0.20	2.37± 0.04	1.73 ± 0.15	2.53 ± 0.57	4.32 ± 0.15

[a] ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองทั้ง 3 ซ้ำ

หมายเหตุ : สูตร 1 (พริกหวานแดง มะเขือเทศและแครอท, สูตร 2 (เซเลอรี ผักกาดหอม สับปะรด หอมใหญ่ แตงกวาและมะเขือเทศ, สูตร 3 (เก๋ากี้ มะตูมและน้ำผึ้ง), สูตร 4 (กระชาย กระเจี๊ยบและน้ำผึ้ง), สูตร 5 (ทับทิม แอปเปิลและส้ม) และสูตร 6 (แคนตาลูป สับปะรดและฝรั่ง)

จากการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิต ปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอช ของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทั้ง 6 สูตร ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน การที่เครื่องดื่มเกือบทุกสูตร (สูตรที่ 1, 2, 4, 5 และ6) มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่มีชีวิตลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเป็นเพราะว่าแบคทีเรียโพรไบโอติกบางเซลล์ยังคงทำการหมักได้ จึงทำให้เกิดการสร้างกรดขึ้น แม้ว่าปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นไม่มากก็ตาม นอกจากนี้ยังอาจเกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่นด้วยที่อาจมีผลทำให้เซลล์ที่มีชีวิตลดจำนวนลง Shah (2000) ได้กล่าวว่ามีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติก ได้แก่ความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ กรดที่สร้างขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (post-acidification) ปริมาณออกซิเจนที่ซึมผ่านภาชนะบรรจุ สารยับยั้งที่สร้างขึ้นโดยแบคทีเรียโพรไบโอติก หรือแบคทีเรียอื่น ๆ ที่ใช้เป็นกล้าเชื้อและการลดลงของสารอาหารในผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจำนวนแบคทีเรียโพรไบโอติกในเครื่องดื่มจะลดจำนวนลง แต่ก็ยังคงมีจำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตเหลืออยู่ในปริมาณมากพอ ($1.0x10^7$-$6.5x10^7$ CFU ต่อมิลลิลิตร) ที่จะให้ประโยชน์ต่อสุขภาพ เนื่องจากมีผู้แนะนำว่าจำนวนแบคทีเรียโพรไบโอติกที่มีชีวิตต่ำสุด เมื่อรับประทานผลิตภัณฑ์ควรอยู่ในช่วง 10^5-10^6 CFU ต่อมิลลิลิตร (Kurmann และ Rasic, 1991) ซึ่งแบคทีเรียโพรไบโอติกนี้ควรมีชีวิตรอดในระบบทางเดินอาหาร มีรายงานว่าแบคทีเรียโพรไบโอติกที่มีชีวิดมีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายประการ ได้แก่ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น แบคทีเรียก่อโรคในกลุ่มเอนเทอริก (entero-pathogens) ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ช่วยในการต้านมะเร็ง ช่วยปรับปรุงการย่อยแลคโตสและช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (Saarela และคณะ, 2000; Simmering และ Blant, 2001; Shah, 2001)

จากการเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิดในเครื่องดื่มทุกสูตรหลังสิ้นสุดการเก็บรักษา การที่พบว่าเครื่องดื่มสูตรที่ 6 (แคนตาลูป ฝรั่ง และสับปะรด) มีจำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิดสูงสุด ตามด้วยเครื่องดื่มสูตรที่ 1 (พริกหวาน มะเขือเทศ และแครอท) และสูตรที่ 5 (ทับทิม ส้ม และแอปเปิ้ล) อาจเป็นเพราะในเครื่องดื่มทั้ง 3 สูตรนี้มีสารอาหารที่มีคุณค่าสูงที่เป็นองค์ประกอบ เช่น น้ำนม โปรตีนจากถั่วเหลือง และลูกเดือย ที่อาจมีส่วนช่วยในการส่งเสริมการอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติก มีรายงานว่าโปรตีนนม และโปรตีนจากถั่วเหลือง ช่วยส่งเสริมการเจริญและการอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติก (Drake และคณะ, 2000; Mccomas และ Gilliland, 2003) และจากการศึกษาของ ฐานิดา และคณะ (2548) พบว่าลูกเดือยมีส่วนช่วยในการส่งเสริมการเจริญ และการอยู่รอดของ *B. lactis* (Bb-12) ในโยเกิร์ตระหว่างการหมักและการเก็บรักษา นอกจากสารอาหารจากน้ำนม ลูกเดือย โปรตีนจากถั่วเหลืองแล้วยังประกอบด้วยสารอาหารจากข้าวโพด ผัก และผลไม้ ซึ่ง Severson (1998) ได้รายงานว่า ข้าวโพดประกอบด้วยสารอาหารหลายชนิด ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและเส้นใยร้อยละ 8.9, 72.2, 2.0 ตามลำดับ โดยในข้าวโพดอาจประกอบด้วยสตาร์ชที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก ตัวอย่างเช่น amylose maize starch (Hi-maize) เป็นสตาร์ชที่ประกอบด้วยกลูโคสโมโนเมอร์ มีผู้รายงานว่า maize starch นี้ มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (Brown และคณะ, 1998) ส่วนของสตาร์ชชนิดนี้ คือสตาร์ชที่เรียกว่า resistance starch ซึ่งได้มีผู้แนะนำให้ใช้เป็นสารพรีไบโอติกเพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น *Bifidobacterium* (Brown และคณะ, 1996) จากการรายงานของกรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข (2545) ได้รายงานว่า พริกหวานแดง มะเขือเทศ แครอท ฝรั่ง และส้ม มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 3.2, 1.1, 1.6, 0.6 และ 0.6 ตามลำดับ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 13.8, 4.7, 7.9, 9.8, และ 9.0 ตามลำดับ และปริมาณเส้นใยร้อยละ 6.9, 1.1, 1.0, 2.9, และ 1.3 ตามลำดับ อาจเป็นไปได้ที่สารอาหารเหล่านี้ มีส่วนช่วยในการส่งเสริมการอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตรที่ 3 (เก๋ากี้ มะตูม และน้ำผึ้ง) การที่พบว่าแบคทีเรียโพรไบโอติกมีปริมาณการรอดชีวิตลดลงอย่างรวดเร็วตามระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเป็นเพราะในส่วนผสมของเครื่องดื่ม เช่นมะตูม มีองค์ประกอบบางอย่างที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติก กัลย์กมล และคณะ (2547) ได้พบว่าสารสกัดจากมะตูมสามารถยับยั้งแบคทีเรียแลคติกบางชนิดได้ โดยพบว่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดจากมะตูม (สกัดด้วยเอทธานอล) ในการยับยั้ง *Lactobacillus fermentum*, *L. plantarum*, *Leuconostoc mesenteroides* เป็น 83.3, 83.3 และ 10.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และ Lampronti และคณะ (2003) ได้รายงานว่า สารสำคัญจากการสกัดมะตูมคือ Butyl-p-totyl sulfide, 6-methyl-4-chromanone และ Butylated hydroxyanisole อย่างไรก็ตามจำนวนแบคทีเรียโพรไบโอติกในเครื่องดื่มธัญพืชเกือบทุกสูตร ยกเว้นสูตรที่ 3 นั้น มีจำนวนตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หลังครบกำหนดการเก็บรักษา คือต้องมีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์นมหมักอย่างน้อย 10^6-10^7 CFUต่อมิลลิลิตร (Gome และ Malcata, 1999; Shortt, 1999)

4.3 การวัดค่าสีและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.3.1 การวัดค่าสี

ในการวัดค่าสีของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกด้วยระบบสี L* a* b* ซึ่งค่า L* แสดงถึงความสว่างของสี ส่วนค่า a* ถ้าหากวัดได้ค่าบวกแสดงว่าวัตถุมีสีแดง และถ้าหากวัดได้ค่าลบแสดงว่าวัตถุมีสีเขียว สำหรับค่า b* ถ้ามีค่าเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง และถ้าเป็นค่าลบแสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน จากข้อมูลการวัดสี

ค่า L* ความสว่างในเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 6, 3 และ 2 มีความสว่างมากกว่าสูตรเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 1, 5 และ4 ที่ทุกช่วงเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 13) โดยเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 6 มีค่าความสว่างสูงสุด (103.79) ที่เวลาการเก็บรักษาเริ่มต้น รองลงมาได้แก่สูตร 3 (102.49) , 2 (102.19), 1 (96.93), 5 (96.08) และ 4 (90.27) ตามลำดับและเมื่อเก็บรักษาจนครบ 28 วันพบว่าเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทุกชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)ในแต่ละสูตร สาเหตุที่เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 6 มีค่า L* สูงสุด เนื่องจากสูตร 6 มีส่วนผสมของน้ำแคนตาลูป น้ำสับปะรดและน้ำฝรั่งซึ่งมีสารที่ให้ความสว่างของสีเครื่องดื่ม เช่น แคนตาลูป มีสารแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งเป็นเม็ดสีให้สีส้มถึง 350 µg/100g ของเนื้อแคนตาลูป อีกทั้งน้ำสับปะรดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณน้ำสูงทำให้มีค่าความสว่างถึง 88.05 (Abadioและคณะ, 2003)

ส่วนค่า a* ที่มีค่าเป็นบวกแสดงถึงสีแดงนั้น เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 4, 5 และ 6 มีค่า a* เป็นบวกสูงกว่าสูตร 1, 2 และ 3 โดยเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 4 มีค่าเป็นบวกสูงสุด (+16.22) ที่เวลาการเก็บรักษาเริ่มต้น และเมื่อเก็บรักษาจนครบ 28 วัน พบว่ามีค่า a* ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเม็ดสีแอนโทไซยานิน (anthocyanin)ในน้ำกระเจี๊ยบนั้นเกิดการเสื่อมสลายจากปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชัน (Kobkul, 2005) จึงทำให้ค่า a* มีค่าบวกลดลง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 13) แต่ในทางกลับกันนั้นพบว่าที่เวลาครบ 28 วัน เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 1 มีค่า a* เป็นบวกสูงสุด (+22.95) สาเหตุที่เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 1 มีค่า a* เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีส่วนผสมของพริกหวานแดง มะเขือเทศและแครอท ซึ่งพริกหวานแดงเป็นพริกที่มีเม็ดสีแอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นองค์ประกอบ (รศ.นิพนธ์ , 2003) รวมทั้งมะเขือเทศและแครอทเป็นผักที่มีสารเบต้าแคโรทีนสูงสุดเมื่อเทียบกับผักชนิดอื่นๆ ถึง 373μg /100 g และ 6994 μg /100 g ตามลำดับ (กรมอนามัย, 2005) จึงทำให้ค่า a* สีแดงมีค่าเป็นบวกสูงสุด แม้จะผ่านการเก็บรักษาครบ 28 วัน ในด้านค่า a* ที่มีค่าเป็นลบสูงแสดงว่ามีสีเขียวมากที่สุด ได้แก่ สูตร 2(-23.88) และสูตร 3(-15.13) ที่เวลาการเก็บรักษาเริ่มต้นนั้น พบว่า เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 2 มีสีเขียว เนื่องจากมีส่วนผสมของน้ำผักรวมหลายชนิด ได้แก่ ผักกาดหอม เซเลอรี แตงกวา จากงานวิจัยของ Charles และคณะ (2006) พบว่า ผักกาดหอมมีเม็ดสีคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) และแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ในปริมาณสูงจึงทำให้ค่า a* มีค่าเป็นลบสูงกว่าสูตรอื่นๆ และเมื่อเก็บรักษาจนครบ 28 วัน ค่า a* มีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าเป็นบวก ซึ่งมีความแตกต่างของสีเขียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ค่า b* ในเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกนั้นพบว่า สูตร 3 และสูตร 1 มีค่า b* เป็นบวกสูงกว่าสูตร 2, 4, 5 และ 6 ที่ทุกช่วงเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 13) โดยเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอดิกสูตร 3 มีค่า b* เป็นบวกสูงสุด (+3.43) ที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษาและมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาจนครบ 28 วัน พบว่ามีความแตกต่างของสีเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เพราะว่าสูตร 3 มีส่วนผสมของน้ำสมุนไพรระหว่างน้ำเก๋ากี้และน้ำมะตูม ซึ่งน้ำเก๋ากี้มีสารแคโรทีนอยด์ (carotenoid) และซีแซนทิน (xeaxanthin) (Leung และคณะ, 2005) เป็นองค์ประกอบ สารเหล่านี้เป็นเม็ดสีให้สีเหลือง และมะตูมยังมีสารเบต้าแคโรทีน (β-carotene) สูงถึง 1054 μg /100 g (กรมอนามัย, 2005) จึงทำให้เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอดิกสูตร 3 มีค่า b* เป็นบวกสูงสุด ส่วนค่า b* ที่มีค่าเป็นลบสูงสุดคือ สูตร 2 (-14.70) ที่เวลาการเก็บรักษาเริ่มต้น ซึ่งค่า b* ที่มีค่าเป็นลบจะแสดงถึงสีน้ำเงิน ซึ่งเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 2 นั้น ไม่มีสีน้ำเงินปรากฏให้เห็น อาจเป็นเพราะค่า a* สีเขียวที่วัดได้มีค่าสูงกว่าค่า b* สีน้ำเงินที่วัดได้ จึงทำให้เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอดิกสูตร 2 มีสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ค่าการวัดสี (L*a*b*) ของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกระหว่างการเก็บรักษา

ชนิดของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	ระยะเวลาในการเก็บรักษา	ค่าที่วัดได้[a]					
		L*		a*		b*	
		ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
สูตร 1 พริกหวานแดง/มะเขือเทศ/แครอท	0	96.93A[b]	0.01	0.23D	0.33	1.78E	0.13
	1	96.74AB	0.36	0.27C	0.30	2.11D	0.23
	3	96.41B	0.72	9.95C	0.28	22.76B	0.18
	7	66.51C	0.03	10.13C	0.34	22.67B	0.15
	14	64.56E	0.17	11.06B	0.63	22.30C	0.05
	21	63.64F	0.24	11.50B	0.13	22.43C	0.06
	28	65.88D	0.35	22.95A	0.53	23.44A	0.03
สูตร 2 ผักกาดหอม/หอมใหญ่/เซเลอรี/สับปะรด/แตงกวา/มะเขือเทศ	0	102.19A	0.38	-23.88F	0.40	-14.70D	1.05
	1	101.38B	0.46	-13.90E	0.68	-16.13E	0.22
	3	100.14C	0.63	-7.77C	0.95	16.60C	1.06
	7	69.61D	0.10	-6.05B	0.73	17.46B	0.13
	14	68.46E	0.07	-8.71D	0.16	19.72A	0.19
	21	67.45F	0.07	-8.32CD	0.35	20.00A	0.11
	28	69.45D	0.03	16.88A	0.50	17.48B	0.05
สูตร 3 เก๋ากี้/มะตูม/น้ำผึ้ง	0	102.49A	1.33	-15.13C	1.31	3.43F	0.13
	1	101.92A	0.84	-15.31C	1.42	13.67E	0.10
	3	94.11B	2.00	-1.25B	0.37	22.24D	0.07
	7	71.12C	0.47	-1.06B	0.32	23.28C	0.72
	14	67.46D	0.28	-0.89B	0.02	24.60B	0.24
	21	66.55D	0.20	-0.87B	0.03	25.42A	0.24
	28	71.57C	0.59	22.05A	0.17	22.25D	0.14
สูตร 4 กระเจี๊ยบ/กระชาย/น้ำผึ้ง	0	90.30A	0.81	16.22A	0.67	10.72A	0.77
	1	90.27A	0.77	15.99A	0.17	9.94A	0.12
	3	88.52B	1.75	15.82B	0.22	4.56B	0.14
	7	64.55C	1.58	10.22B	0.50	4.58B	0.20
	14	59.62E	0.37	9.73C	0.49	1.01C	0.04
	21	58.86E	0.22	9.61C	0.19	0.93C	0.02
	28	62.59D	0.10	4.65D	0.32	4.87B	0.12

[a] คะแนนเฉลี่ยเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก 3 ซ้ำ

[b] ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน (ของแต่ละสูตร) แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ค่าการวัดสี (L*a*b*) ของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกระหว่างการเก็บรักษา (ต่อ)

ชนิดของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	ระยะเวลาในการเก็บรักษา	ค่าที่วัดได้[a]					
		L*		a*		b*	
		ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
สูตร 5 ทับทิม /ส้ม / แอปเปิล	0	96.08A[b]	2.76	9.83A	0.75	-25.31E	0.29
	1	95.00BA	2.05	9.08AB	2.76	9.47A	0.15
	3	93.91B	2.33	8.88C	0.69	7.98B	0.04
	7	64.59C	0.94	7.95A	0.12	7.86BC	0.14
	14	64.31C	1.02	7.66C	0.24	7.74C	0.17
	21	64.14C	0.27	7.44BC	0.07	6.24D	0.03
	28	65.67C	0.10	7.37BC	0.17	6.14D	0.02
สูตร 6 แคนตาลูป/ ฝรั่ง / สับปะรด	0	103.79A	1.26	-7.56E	0.25	-7.12F	0.33
	1	104.63A	1.26	-7.37E	0.37	-7.48E	0.31
	3	95.33 B	1.44	1.76D	0.44	15.81D	0.10
	7	72.04D	1.14	4.62C	0.17	20.11C	0.48
	14	71.20D	0.08	5.05B	0.27	20.53B	0.16
	21	67.67E	0.16	5.25B	0.12	20.99A	0.02
	28	73.24C	0.11	15.84A	0.26	15.95D	0.15

[a] คะแนนเฉลี่ยเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก 3 ซ้ำ

[b] ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน (ของแต่ละสูตร) แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.3.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทั้ง 3 สูตร ประกอบด้วย สูตร 1 คือพริกหวานแดงผสมมะเขือเทศและแครอท สูตร 5 คือ ทับทิมผสมส้มและแอปเปิล สูตร 6 คือแคนตาลูปผสมฝรั่งและสับปะรดเปรียบเทียบกัน (ตารางที่ 16)พบว่า ผู้ทดสอบชิมชอบเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 6 ไม่แตกต่างกับเครื่องดื่มธัญพืชสูตร 1 แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเครื่องดื่มธัญพืชสูตร 5 ซึ่งคะแนนความชอบรวมของสูตร 6 มีค่าสูงสุดประมาณ $7.00^{b}\pm1.03$ และคะแนนความชอบรวมของสูตร 5 มีค่าน้อยสุดประมาณ $6.02^{a}\pm1.34$

ด้านคุณลักษณะที่ปรากฏของสูตร 6 ไม่แตกต่างกับสูตร 5 แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเครื่องดื่มธัญพืชสูตร 1 ซึ่งคะแนนลักษณะที่ปรากฏของสูตร 5 มีค่ามากสุดประมาณ $7.34^{b}\pm 0.86$ และคะแนนลักษณะที่ปรากฏน้อยสุดของสูตร 1 มีค่าประมาณ $6.70^{a}\pm1.04$

ด้านสีของสูตร 6 ไม่แตกต่างกับสูตร 5 แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเครื่องดื่มธัญพืชสูตร 1 ซึ่งคะแนนสีของสูตร 6 มีค่ามากสุดประมาณ $7.54^{b}\pm0.73$ และคะแนนสีน้อยสุดของสูตร 1 มีค่าประมาณ $6.51^{a}\pm1.23$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของสูตร 6 ไม่แตกต่างกับสูตร 5 แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเครื่องดื่มธัญพืชสูตร 1 ซึ่งคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสของสูตร 6 มีค่ามากสุดประมาณ $6.66^{b}\pm0.05$ และคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสน้อยสุดของสูตร 1 มีค่าประมาณ $5.90^{a}\pm1.00$

ด้านกลิ่นของสูตร 6 ไม่แตกต่างกับสูตร 1 แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเครื่องดื่มธัญพืชสูตร 5 ซึ่งคะแนนด้านกลิ่นของสูตร 6 มีค่ามากสุดประมาณ $6.74^{a}\pm1.20$ และคะแนนด้านกลิ่นน้อยสุดของสูตร 5 มีค่าประมาณ $5.78^{b}\pm1.50$

ด้านความเปรี้ยวของสูตร 1 5 และ 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ด้านความหวานของสูตร 6 ไม่แตกต่างกับสูตร 5 แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเครื่องดื่มธัญพืชสูตร 1 ซึ่งคะแนนความหวานของสูตร 6 มีค่ามากสุดประมาณ $6.82^{a}\pm1.12$ และคะแนนความหวานน้อยสุดของสูตร 5 มีค่าประมาณ $6.50^{a}\pm1.31$

สำหรับเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกชนิดใหม่นี้ ควรทำการปรับปรุงในด้านลักษณะปรากฏซึ่งมีฟองอากาศขนาดเล็กกระจายอันเนื่องจากการปั่นผสมของเครื่องปั่นน้ำผลไม้ ทำให้ดูไม่น่ารับประทาน ส่วนในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสนั้นต้องมีการปรับปรุงวัตถุดิบที่นำมาใช้ ได้แก่ ผงลูกเดือย หางนมผง ควรมีเนื้อสัมผัสที่ละเอียดมากกว่านี้ซึ่งจะทำให้เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกชนิดใหม่นี้มีเนื้อสัมผัสที่ดียิ่งขึ้น

เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นโดยเฉพาะสูตร 1 (พริกหวานแดงผสมแครอทและมะเขือเทศ) สูตร 5 (ทับทิมผสมแอปเปิลและส้ม) และสูตร 6 (แคนตาลูปผสมสับปะรดและฝรั่ง) ซึ่งเป็นเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกที่มีการนำเอาวัตถุดิบจากธรรมชาติที่มีคุณภาพมาผลิตเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ นอกจากประกอบด้วยจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อร่างกายซึ่งมีปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตสูงถึง 10^{7}CFUต่อมิลลิลิตร เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาแล้วยังประกอบด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าสูงจากธัญพืช เช่น ลูกเดือยและข้าวโพด รวมทั้งผัก ผลไม้และสมุนไพรซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการต่อร่างกาย

สำหรับเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 1 เป็นเครื่องดื่มที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากผักทั้ง 3 ชนิดนี้มีสีแดง ที่เกิดจากเม็ดสีของสารเบต้าแคโรทีน (β-carotene) ในกลุ่มสีแคโรทีนอยด์ (carotenoid) มีคุณสมบัติต้านออกซิเดชัน โดยกำจัดอนุมูลอิสระก่อนที่จะไปทำลายเซลล์ต่างๆ (Blokhina และคณะ, 2003) อีกทั้งในพริกหวานแดงยังมีสารแคปซานทิน (capsanthin) ช่วยเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ (นิพนธ์, 2003) และสารไลโคพีน (lycopene)ในมะเขือเทศที่จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งและโรคหัวใจ (ปรียาธร, 2005)

ส่วนเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 5 ซึ่งเป็นเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง จากงานวิจัยของ Yunfeng และคณะ (2005) พบว่า ทับทิมเป็นผลไม้ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุดในบรรดาผลไม้ทุกชนิดซึ่งประกอบด้วยสารไลโคพีน(lycopene), แซนโทฟิลล์ (xanthophyll) และแอนโทไซยานิน (anthocyanin) อีกทั้งแอบเปิลยังมีสารควอเซอทิน(Quercetin) ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิตามิน C ,เบต้าแคโรทีน (β-carotene) ซึ่งเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระตลอดจนไฟเบอร์ทั้งชนิดละลายในน้ำและไม่ละลายในน้ำ (Blokhina และคณะ, 2003) และเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 6 เป็นเครื่องดื่มอีกชนิดหนึ่งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด โดยเฉพาะแคนตาลูปเป็นผลไม้ที่ประกอบด้วยสารโคเอนไซม์คิวเท็น (co-enzyme Q10) , วิตามิน A , B และ C รวมทั้งสารแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชั่น โดยการดักจับอนุมูลอิสระ ทำให้ไม่ทำปฏิกิริยากับเซลล์ภายในร่างกาย (Blokhina และคณะ, 2003)

ตารางที่ 13 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

เครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก	คะแนนเฉลี่ยของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก[a] ± SD						
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบรวม
สูตร 1	6.70±1.04A[b]	6.51±1.23A	5.90±1.00A	6.43±0.94AB	6.14±1.37A	6.72±0.87B	6.38±1.04AB
สูตร 5	7.34±0.86B	7.34±0.86B	7.40±0.79B	5.78±1.50B	5.84±1.65A	6.50±1.31A	6.02±1.34A
สูตร 6	7.32±0.81B	7.54±0.73B	7.54±0.73B	6.74±1.20A	6.64±1.23A	6.82±1.12A	7.00±1.03B

[a] คะแนนเฉลี่ยเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก 3 ซ้ำ

[b] ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

หมายเหตุ : สูตร 1 (พริกหวานแดง มะเขือเทศและแครอท, สูตร 5 (ทับทิม แอปเปิลและส้ม) และสูตร 6 (แคนตาลูป สับปะรดและฝรั่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของโปรตีนจากถั่วเหลือง(soy protein isolate) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 ต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก (ABT-5) ในน้ำนมผสมผงลูกเดือยร้อยละ 1.5 การเติมโปรตีนจากถั่วเหลืองมีผลทำให้แบคทีเรียโพรไบโอติกเจริญได้ดีในน้ำนมหมักและความเข้มข้นของโปรตีนจากถั่วเหลืองที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกคือร้อยละ 2 จึงได้ใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองความเข้มข้นร้อยละ 2 ในการเติมลงในน้ำนมผสมผงลูกเดือยเพื่อผลิตโยเกิร์ตโพรไบโอติกสำหรับเป็นส่วนผสมในเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก ในเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทั้ง 6 สูตร ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แบคทีเรียโพรไบโอติกมีปริมาณเซลล์ที่รอดชีวิตแตกต่างกันโดยเฉพาะสูตรผักรวม (สูตร 1 และ 2) สูตรสมุนไพรรวม (สูตร 3 และ 4) และสูตรผลไม้รวม (สูตร 5 และ 6) มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิตลดลงเพียงเล็กน้อย โดยมีจำนวนอยู่ในช่วง 10^7 CFU ต่อมิลลิลิตร หลังการเก็บรักษาระยะเวลา 28 วัน ซึ่งอยู่ในช่วงที่อาจให้ผลดีต่อสุขภาพสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดและค่าพีเอชที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าสูตรผักรวมมีปริมาณเส้นใยร้อยละ 3.04-5.75 และสูตรผลไม้รวมมีปริมาณเส้นใยร้อยละ 2.53-4.32 ซึ่งสูงกว่าสูตรสมุนไพรรวมที่มีปริมาณเส้นใยร้อยละ 1.73-2.37 สำหรับสูตรสมุนไพรรวม (สูตร 3) ที่มีส่วนผสมของเก๋ากี้ มะตูมและน้ำผึ้งนั้นมีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่รอดชีวิตลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน ($2.3x10^2$ CFU ต่อมิลลิลิตร) และเมื่อทำการวัดสีของเครื่องดื่มโพรไบโอติกทั้ง 6 สูตรด้วยระบบสี L*a*b* พบว่าค่าสีเปลี่ยนแปลงไป เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยค่าความสว่าง (L*) ของเครื่องดื่มโพรไบโอติกมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามลำดับ และเมื่อทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกสูตร 1 (พริกหวานแดง แครอทและมะเขือเทศ) สูตร 5 (ทับทิม แอปเปิลและส้ม) และสูตร 6 (แคนตาลูป สับปะรดและฝรั่ง) พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบรวมและคะแนนของคุณลักษณะอื่นๆ ของเครื่องดื่มสูตร 6 มากที่สุด

อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้เป็นเพียงการศึกษาในขั้นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลในการปรับปรุงการผลิตเครื่องดื่มโพรไบโอติก ทั้งในด้านปริมาณจุลินทรีย์ที่จะช่วยส่งเสริมสุขภาพ ปริมาณสารอาหารที่ผู้บริโภคได้รับ ถือเป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มโพรไบโอติก เพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกของผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพให้แก่ผู้บริโภค ในขั้นตอนต่อไปหากจะทำการวิจัยเพื่อพัฒนาการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ควรทดสอบผลของการเติมสารอาหารชนิดอื่นที่อาจช่วยส่งเสริมการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติกในระหว่างการเก็บรักษา รวมทั้งการปรับปรุงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านรสชาติ กลิ่น สี และลักษณะเนื้อสัมผัสของเครื่องดื่มโพรไบโอติก นอกจากนี้ควรทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอื่นๆ ของเครื่องดื่มที่ผลิตขึ้น เช่น วิตามินและเกลือแร่ เพื่อเป็นการเพิ่มความมั่นใจของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กัลย์กมล แก้วกัน, พรธนา ศรีบุญยา และสุปริญญา เกตุพันธ์. 2547. คุณสมบัติการยับยั้งของจุลินทรีย์และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คณะกรรมการสวัสดิการกรมอนามัย. กระทรวงสาธารณสุข. 2545. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. สำนักพิมพ์ สามเจริญพาณิชย์. กรุงเทพฯ

จันทรา แป้นตุ้ม และคณะ., อาหารจากข้าวโพด. [Online]. Available:http://web.ku.ac.th/agri/cornn. 2006.

ฐานิดา จิตรสุภาพ,เยาวภา แซ่เตียว และสิทธิ์ศักดิ์ ชื่นพิทยาทร. 2548. ผลของลูกเดือย (*Coix lacryma-jobi*) ต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในโยเกิร์ต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ธารารัตน์ ศุภศิริ . 2542 . PROBIOTIC : แบคทีเรียเพื่อสุขภาพ. วารสารวิทยาศาสตร์ 53 (6): 357- 360

นิพนธ์ ไชยมงคล., พริกหวาน/ พริกยักษ์. [Online]. Available : http://www.agric-prod.mju. ac.th./ vegetable/ file_link/ pepper. pdf

นวลจันทร์ พารักษา. 2533. ผลของการใช้เอ็นไซม์แอลฟ่า-กาแลคโตซิเคมีต่อสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกรหย่านม . สุกรสาน์น 17 หน้า 33-36

ปรียาธร พิทักษ์วรรัตน์. 2549. น้ำผักผลไม้ สูตรคาร์โบไฮเดรตต่ำเพื่อสุขภาพดี น้ำหนักลด. สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ

สายศิริ ศิลป์วุฒิ., มหัศจรรย์พืชตระกูลหญ้า . [Online]. Available: http://www.greenlife. co.th/resources_th_04.htm. 2003.

อุทัย คันโธ. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก เอกสารเผยแพร่ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม พิมพ์ครั้งที่ 1 หน้า 244 – 257

โอภาส บุญเส็ง , ลูกเดือย: ธัญพืชเพื่อสุขภาพ. [Online]. Available: http:// www.khonnaruk. com/ html/ verandah/ herb/h_241.html. 2004.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abadio, F.; Domingues, A. M.; Borges, S. V. and Oliveira, V. M. 2003. Physical properties of poudered pineapple (*Ananas comosus*) juice-effect of malt dextrin concentration and atomization speed. **Journal of Food Engineering.** 64: 285-287.

Akalan, S. and Ötles, S. 2002. Beslenmede probiotiklerin önemi. **Dünya Gada.** 7 (9): 70-74 .

AOAC Official Methods of Analysis. 2000. **Dairy Products.** 33: 1-48.

Arihara, K.; Fujisawa, T.; Adachi, S.; Toba, T. and Mitsuoka, T. 1988. *Lactobacillus kefiranofaciens* spp. isolated from kefir grains. **International Journal of Systematic Bacteriology**. 38: 12-14.

Audet, P.; Lacroix, C. and Paquin, C. 1992. Continuous fermentation of a supplemented whey permeate medium with immobilized *Steptococcus salivarius* ssp. *Thermophilus*. **International Dairy Journal** . 2(1): 1–15.

Bente, L. and Halvorson, L. 2002. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. **Journal of Nutritional Biochemistry.** 132: 461-471

Becker, R. and Hanners, G. D. 1991. Carbohydrate composition of cereal grains. **Handbook of Cereal Science and Technology**. Marcel Dekker, New York. 469–496.

Biavati, B.; Sozzi, T.; Mattarelli, P. and Trovatelli, L. D. 1992. Survival of bifidobacteria from human habitat in acidified milk. **Microbiological Research.** 15: 197-200.

Blokhina, O.; Virojainen, E. and Fagerstedt, K. V. 2003. Antioxidants oxidative damage and oxegen deprivation stress. **Australian Journal of Botany**. 91: 179-194

Brown, I. L.; McNaught, K. J.; Ganly, R. N.; Conway, P. L.; Evans, A. J.; Topping, D. L.and Wang, X. 1996. Probiotic compositions. **International Patent WO 96/08261/A1.** Burns Philip and Co. Ltd. Issued: University of New South Wales.

Brown, I. L.; Wang, X.; Topping, D. .; Playne, M. J. and Conway, P. L. 1998. Hight amylase maize starch as a versatile prebiotic for use with prebiotic bacteria. **Food Australia.** 50: 603-610.

Bouhnik, Y.; Flourie, B.; Pochart, P.; Marteau, P.; Abensour, L. and Morin, M. 1991. Oligosaccharide de systhese. Aspects nutritionnels (fructo-olgosaccharides transgalactoside-oligasaccharides). **Nutritio Et Dieta**. 6: 418-422.

Champagne, C. P. and Cote, C. B. 1987. Cream fermentation by immobilized lactic acid bacteria. **Biotechnology Letters.** 9: 329-332.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Champagne, C. P.; Gaudy, C.; Poncelet, D. and Neyfeld, R. J. 1992 Lactococcus lactis release from calcium alginate beads. **Applied and Environmental Microbiology.** 58(5): 1429-1434.

Champagne, C. P.; Girard , F. and Rodrigue, N. 1993.Production of concentrated suspensions of thermophilic lactic acid bacteria in calcium-alginate beads. **International Dairy Journal** . 3 : 257–275.

Chang, K. C.; Skauge, L. H. and Satterlee, L. D. 1989. Analysis of amino acids in soy isolates and navy bean using precolumn derivation with phenylisothiocyanate and reversed-phase high performance liquid chromatography. **Journal of Food Science.** 54: 756–759.

Charalampopoulos, D.; Wang, R.; Pandiella, S. S. and Webb, C. 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods. **International Journal of Food Microbiology**. 79: 131-141.

Charles, R. D. and Steven, J. B. 2006. Effect of supplemental ultraviolet radiation on the carotenoid and chlorophyll composition of green house-grown leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**. 19: 637-644.

Chou, C. C. and Hou, J. W. 2000. Growth of bifidobacteria in soymilk and their survival in the fermented soymilk drink during storage. **International Journal of Food Microbiology.** 56: 113-121.

Crittenden, R. G. and Playne, M. J. 1996. Production, properties and applications of food grade oligosaccharides. **Trends in Food Science and Technology.** 7: 353-361.

Conway, P. L.; Gorbach, S. L. and Goldin, B. R. 1987. Survival of lactic acid bacteria in the human stomach and adhesion to intestinal cells. **Journal of Dairy Science.** 70 : 1–12.

Cumming, J. H. and Macfarlane, G. T. 1991. The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon. **Journal of Applied Bacteriology**. 70: 443-459.

Cumming, J. H.; Macfarlane, G. T.; Englyst, H. N. 2001. Prebiotic digestion and fermentation. **American Journal of Clinical Nutrition.** 73: 415-420.

Dave, R. I. and Shah, N. P. 1998. Ingradiente supplementation effect on viability of probiotic bacteria in yoghurt made from commercial starter culture. **International Dairy Journal.** 81: 2804-2816.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Donkor, O. N.; Nilmini, S. L.; Stolic, P.; Vasiljevic, T. and Shah, N.P. 2006. Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage. **International Dairy Journal.** 17 : 657–665

Drake, M. A.; Chen, X. Q.; Tomarapu, S. and Leenanon, B. 2000. Soy protein fortification affect sensory, chemical and microbiological properties of diary yoghurt. **Journal of food Science.** 65(7): 1244-1247.

Fuller, R. 1998. Probiotics in man and animals. **Journal of Applied Bacteriology.** 66: 365–378.

Fuller, R. 1992. **Probiotics: the scientific basis**, Chapman and Hall, London

Gaddi, A. L. 1970. Growth and activity of lactic acid bacteria in soymilk. **Ph.D. Thesis of University of Wisconsin**

Gahan, G. R.; Driscol, B. and Hill, C. 1996. Acid adaptation of Listeria monocytogenes ean enhance survival in acid foods and during milk fermentation. **Applied and Environmental Microbiology.** 62: 3128-3132.

Gibson, G. R.; Roberfroid, M. B. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotic. **Journal of Nutritional Biochemistry.** 125: 1401-1412.

Gibson, G. R. and Fuller, R. 1998 . The role of probiotics and prebiotics in the functional food concept. Functional foods: The consumer, the products and the cvidence. **Cambridge: Royal Society of Chemistry.** 3-4 .

Gibson, G. R. and Berry, O. P. and Rastall, R. A. 2000 **Prebiotic: New Developments in Functional Foods.** Oxford: Chandos Publishing Limited.

Gilliland, S. and Speck, M. 1977. Deconjugation of bile acids by intestinal lactobacilli . **Applied and Environmental Microbiology.** 33(1): 15-8.

Gilliland, S.E. 1985. **Lactic Acid Bacteria as Starter Cultures for Foods.** Boca Raton: FL, CRC Press.

Gilliland, S.E. 1989. Acidophilus milk products: A review of potential benefits to consumers. **Journal of Dairy Science.** 72 (10): 2483-2494.

Gilliland, S. E. and Speck, M. L. 1997 . Instability of *L. acidophilus* in yoghurt. **Journal of Dairy Science.** 60: 1394-1398.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Godin, B. R. and Gorbach, S. L. 1980. Effect of Lactobacillus acidophilus dietary supplementation on 1,2-dimethlhydrazine dihydrochloride-induce intestinal cancer in rats. **Journal of National Cancer nstitute.** 64: 263-265.

Godin, B. R. and Gorbach, S. L. 1992. Probiotic for Human. In: Probiotics: The Scientific Basis, pp.355-371. Fuller, R.,ed. London: Chapman and Hall, 2-6 Boundary Row.

Gomes, A. M. P. and Malcata , X. F. 1999. *Bifidobacterium* ssp. and *Lactobacillus acidophilus*: biological, biochemical, technological and therapeutical properties relevant for use as probiotics. **Trends in Food Science and Technology.** 10: 139–157.

Gorbach, S, L. 2002. Probiotic and gasterointestinal health. **American Journal of Gastrointestinal.** 95: S2-S4

Guarner, F. and Schaafsma, G. J. 1998. Probiotics. **International Journal of Food Nutrition Science.** 12(53): 21-24.

Havenaar, R.; Josh, J. H. 1992. Probiotics: **The Lactic Acid Bacteria in Health and Disease.** Glasgow, U.K. 155-170.

Hayakawa, K.; Mizutani, J.; Wada, K.; Nasai, T.; Yoshihara, I. and Mitsuoka, T. 1990. Effects of soybeab oligosaccharides oh human faecal fliora. **Microbial Ecology in Health and Disease.** 3: 293-303.

Hideo, T. 1994. Health Effects of Oligosaccharides. **Food Technology.** 48(10): 61-65.

Hsieh, C. M.; Yang, F-C. and Iannotti, E. L. 1999. The effect of soy protein hydrolyzate on fermentation by *Lactobacillus amylovorus*. **Process Biochemistry.** 34: 173-179.

Hood, S. K. and Zottola, E. A. 1988. Effect of low pH on the ability of *L. acidophilus* to survive and adhear to the human intestinal cell. **Journal of food Science.** 53: 1514.

Hull, R. R.; Roberts, A. V. and Mayes, J. J. 1984. Suevival of *L. acidiphilus* in yoghurt. **Australian Journal of Dairy Technology.** 39: 164-166.

Ishibashi, N. and Shimamuru, S. 1993. Bifidobacteria: Research and development in japan. **Food Technology. 47: 126-134.**

Ito, M.; Kimura, M.; Deguchi, Y.; Miyamori-Watabe, A.; Yajima, T. and Kan, T. 1993. Effect of transgalactosylated disaccharides on human intestinal flora and their metabolism. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology.** 39: 279-288.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kilara, A. and Shanani, K. M. 1976. Lavtose activity of cultured and acidified dairy products. **Journal of** Dairy Science. 61: 2031-2035.

Kailasapathy, K. and Rybka, S. 1997. *L. acidiphilus* and *Bifidobacteriam* spp. Their therapeutic potential and survival in yoghurt . **Australian Journal.** 52 : 28-35.

Karppinen, S.; Liukkonen, K. A.; Aura, M.; Forssel, P. and Poutanen, K. 2000. In vitro fermentation of polysaccharides of rye, wheat and oat brains and inulin by human faecial bacteria. **Journal of Science Food Agricultural.** 80: 1469–1476.

Klaver, F. A. M. ; Kingma, F. and Weerkamp, A. H. 1993. Growth and survival of bifidobacteria in milk. **Netherland Milk Dairy Journal.** 47: 151-164.

Kurman, J. A. and Rasic, J. L. 1991. The health potential of product containing *Bifidobacteria.* **Journal of food Science**. 117-158.

Kopkul, B. and Sasithorn, K. 2005. Quantitation of anthocyanin polymerization and evaluation of heavy metal compound in thai wines. ***31ST*** **Congress on Science and Technology of Thailand at Suranaree University of Technology.**

Lankaputhra, W. E. V. and Shah, N. P. 1994. Investigation of factors affecting viability of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. in yoghurt. ***24th*** **International Dairy Congress**, Melbourne, Austrelia.

Lee T. C. 1976. Degradation of rabinose and stachyose in soybean milk by agalactosidase from *Mortierella vinacea.* entrapment of agalactosidase within polyacrylamide gel. **Journal of Dairy Science.** 83: 133-135.

Lilly, D.M.; Stillwell, R.H. 1965. Probiotics: growth promoting factors produces by microorganisms. **Science.** 147: 747-748.

Lin, Y.; Vonk, R. J.; Sloof, M. J. 1995. Differences in proprionate induced inhibition of cholesterol and triacylglycerol synthesis between human and rat hepatocytes in primary culture. **The British Journal of Nutrition.** 74: 197-207.

Luo, J.; Rizkalla, S. W.; Alamowitch, C. 1996. Chronic consumption of short-chain fructooligosaccharides by health subjects decreased basal hepatic glucose production but had no effect on insulin-stimulated glucose metabolism. **American Journal of Clinical Nutrition.** 63: 939-45.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Marklinder, I. and Lönner, C. 1992. Fermentation properties of intestinal strains of Lactobacillus, of a sour dough and of a yoghurt starter culture in an oat-based nutritive solution. **Food Microbiology**. 9: 197–205.

Marklinder, I. and Lönner , C. 1994. Fermented oatmeal soup-influence of additives on the properties of a nutrient solution for enteral feeding. **Food Microbiology**. 11: 505–513.

Mccomas, K. A. and Gilliland, S. E. 2003. Growth of probiotic and traditional yoghurt culture in milk supplemented with whey protein hydrolysate. **Journal of food Science**. 68(6): 2090-2095.

Mital, B. K. and Steinkraus, K. H. 1975. Utilization of oligosaccharides by lactic acid bacteria during fermentation of soy milk. **Journal Dairy Science.** 40 :114-118.

Morishita, T.; Deguchi, Y.; Yajima, M.; Sakurai ,T. and Yura, T. 1981. Multiple nutritional requirements of lactobacilli: genetic lesions affecting amino acid biosynthetic pathways **Journal of Applied Bacteriology.** 148: 64–67.

Nakazawa, Y. and Hosono, A. 1992. Functions of Fermented Milk : Challenges for the health. **Science: Elsevier Applied Science.** 518

Oberman, H. and Libudzisz, Z. 1998. Fermented milks. **Microbiology of Fermented Foods vol. 1**, Blackie Academic and Professional, London, UK. 308–349.

Ouwehand, A. C. and Salminen, S. J. 1998. The health effects of cultured milk products with viable and nonviable bacteria. **International Dairy Journal.** 8: 749–758.

Parker, R.B. 1974. Probiotics. The other half of the antibiotics story. **Animal Nutrition and Health.** 29: 4-8.

Prevost, H.; Divies, C. and Rousseau, E. 1985. Continuous yoghurt production with *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* entrapped in Ca-alginate. **Biotechnology Letters.** 7(4): 247–252.

Rabiu, B. A.; Jay, A. J.; Gibson, G. R. and Rastall, R. A. 2001. Synthesis and fermentation properties of novel galacto-oligosaccharides by β-galactosidase from *Bifidobacterium* species. **Applied and Environmental Microbiology.** 67: 2526–2530

Rinkinen, M.; Jalava, K.; Westermarck, E.; Salminen, S. and Ouwehand, A. C. 2003. Interaction between probiotic lactic acid bacteria and canine enteric pathogens: a risk factor for intestinal Enterococcus faecium colonization ?. **Veterinary Microbiology.** 92: 111-119.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Robert, H.; Ten, B. B. and Jos, H. J. 1992. Selection of strains for probiotic use. **In: Probiotics: The Scientific Basis,** pp. 209-221. Fuller, R.,ed. London: Chapman and Hall, 2-6 Boundary Row.

Roberfroid, M. B. 1997. Health benefits of non-digestible oligosaccharides. **Advances in Experimental Medicie Biology.** 427: 211-219.

Saarela, M.; Mogensen, G.; Fonded, R.; Matto, J. and Sandholm, T. 2000. Probiotc bacteria: safety, functional and technological properties. **Journal of Biotechnology.** 84: 197-215.

Salminen, S.; Wright, A. and Ouwehand, A. C. 2004. Lactic Acid Bacteria: **Microbiological and functional aspects**, 3rd ed., New York: Marcel Dekker, Inc..

Salminen, S.; Deighton, M. A.; Benno, Y. and Gorbach, S. L. 1998. Lactic acid bacteria in health and disease. **Lactic acid bacteria: microbiology and functional aspects (2nd ed.),** Marcel Dekker Inc, New York . 211–253.

Salovaara, H. 1998. Lactic acid bacteria in cereal-based products. **Lactic Acid Bacteria: Microbiology and Functional Aspects**, Marcel Dekker, New York. 115–137.

Scalabrini, P.; Rossi, M.; Spettoli, P. and Matteuzzi, D.1998. Characterization of Bifidobacterium strains for use in soymilk fermentation. **International Journal of Food Microbiology.** 39: 213-219

Severson, D. K. L. 1998. Lactic acid fermentations. **Nutritional Requirements of Commercially Important Microorganisms**, Esteekay Associates, Milwaukee, USA . 258–297.

Shah , N. P. 2000. Probiotic bacteria: Selective enumeration and survival in dairy foods. **Journal of Dairy Science.** 83: 894–910.

Shah, N. P. 2001. Some beneficial effects of probiotic bacteria. **Bioscience and Microflora,** 19(2): 99–106.

Shah, N.P.; Lankapythra, E. 1997. Improving viavility of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. in yoghurt. **Journal of Dairy Science.** 7: 349-356.

Shihata, A. and Shah, N. P. 2000. Proteolytic profiles of yoghurt and probiotic bacteria. **International Dairy Journal.** 10: 401–408.

Shin, N. P. 2001. Functional food from probiotic and prebiotics. **Food technology.** 55(11): 46-54.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shirota, M.; Aso, K. and Iwabuchi , A. 1966. Study on microflora of human intestine the alteration of the constitution of intestinal flora by oral administration of *L. acidophilus Shirota* to healthy infants. **Japanese Journal of Microbiology.** 21: 274–283.

Shortt, C. 1999. The probiotic century: historical and current perspectives. **Trends in Food Science and Technology.** 10: 411–417.

Sheu, T. Y. and Marshall, R. T. 1993. Microencapsulation of lactobacilli in calcium alginate gels. **Journal of Food Science.** 54 (3): 557–561.

Siam, N. K. and Ishak, S. 1990. Effect of pH on yield, chemical composition and billing resistance of soyprotein lipidfilm. **Cereal Foods World.** 35: 748-752.

Simmering, R. and Blante, M. 2001. Probiotic and prebiotic the tasty guardian . **Apply Microbial Biotechnology.** 55: 19-28.

Somato, M.; Meabuchi, M.; miyazaki, H.; Kohno, M.; Hirotsuka, M. and Kito, M. 2007. Abundant protein associated with lecithin in soy protein isolate. **Food chemistry.** 317-322.

Stratil, P.; Klejdus, B. and Kuban, V. 2007. Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. **Journal of Food Engineering.** 81: 485–491

Tagg, J. R.; Skjold, S.; Wannamaker, L. W. 1976. Transduction of bacteriocin determinants in group A streptococci. **Journal of Experimental Medicine.** 143(6):1540–1544.

Tagg, J. R.; Dajani, A. S. and Wannamaker, L. W. 1976. Bacterocins of gram-negative bacteria. **Bacteriogical Review.** 40(3): 722-746.

Vedamuthu, E.R. 1991. The yoghurt story past, present, and future. **Dairy, Food and Environmental Sanitation** . 11(4) : 202-203.

Vouldonkis, I.; Dominique, L.; Caroline, K.; Philippe, C. and Bernard, D. 2004. Antioxidant and anti-inflammatory properties of a *Cucumis melo* LC. extract rieh in superoxide dismutase activity. **Journal of ethno-pharmacology.** 94: 67-75.

Wang, Y. C.; Yu, R. C. and Chou, C. C. 2000. Viability of lactic acid bacteria and bifidobacteria in fermented soymilk after drying subsequent rehydration and storage. **International Journal of Food Microbiology.** 93: 209–217.

Wood, B. J. B. and Hodge, M. M. 1985. Yeast Lactic Acid Bacteria Interaction, in "Microbiology of Fermented Foods". **Elsevier Applied Science Publishers**, UK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yousef, A. E. and Courtney, P. D. 2003. Basics of stress adaptation and implication in new-gerneration foods. In: Microbial Stress Adaptation and Food Safety, pp. 2- 25. Florida: Boca Raton, CRC Press.

Yunfeng, L.; Changiang, G.; Jijun, Y. and Shaung, C. 2006. Evalution of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. **Food chemistry.** 96(2): 254-260.

Zapparoli, G. and Torriani, S. 1997. Rapid identification and detection of *Lactobacillus sanfrancisco* in sourdough by species-specific PCR with 16S rRNA-targeted primers. **Applied Microbiology**. 20: 640-644.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การพัฒนาเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกชนิดใหม่

นักศึกษา นางสาวจตุพร คงศาลา

นางสาวยุวนาถ แก้วแหวน

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

สาขาวิชา จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2549

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุรีย์ นานาสมบัติ

บทคัดย่อ

ในการพัฒนาเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก ขั้นแรกได้ศึกษาผลของโปรตีนจากถั่วเหลือง (soy protein isolate) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 ต่อการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกผสม (ABT-5 ซึ่งได้แก่ *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* และ *Streptococcus thermophilus*) ในน้ำนมผสมผงลูกเดือยร้อยละ 1.5 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่าการเติมโปรตีนจากถั่วเหลืองมีผลทำให้แบคทีเรียโพรไบโอติกเจริญได้ดี เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในน้ำนมหมักทุกทรีตเมนต์เพิ่มจำนวนขึ้นและเมื่อหมักจนครบ 24 ชั่วโมงพบว่า ปริมาณแบคทีเรียเพิ่มจำนวนขึ้นสูงสุด โดยน้ำนมหมักที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 2 มีปริมาณแบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมดสูงสุด โดยเพิ่มจำนวนขึ้นประมาณ 2 log cycle จากจำนวนเริ่มต้น จึงได้คัดเลือกความเข้มข้นของโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 2 เพื่อนำไปใช้ผลิตโยเกิร์ตโพรไบโอติกสำหรับใช้เป็นส่วนผสมหลักของเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก จากนั้นจึงได้พัฒนาสูตรเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกจำนวน 6 สูตร โดยทุกสูตรประกอบด้วยโยเกิร์ตโพรไบโอติก (ที่เติมผงลูกเดือยร้อยละ 1.5 และโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 2) ร้อยละ 50 น้ำลูกเดือยร้อยละ 17.5 น้ำนมข้าวโพดร้อยละ 7.5 และส่วนผสมอื่นอีกร้อยละ 25 (เป็นส่วนผสมของน้ำผักรวม ในสูตรที่ 1 และ 2 น้ำสมุนไพรรวมในสูตรที่ 3 และ 4 และน้ำผลไม้รวมในสูตรที่ 5 และ 6)

ในการศึกษาการอยู่รอดของแบคทีเรียโพรไบโอติกผสม (ABT-5) ในเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทั้ง 6 สูตร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน เครื่องดื่มธัญพืชเกือบทุกสูตรมีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกที่มีชีวิตลดลงประมาณ 2 log cycle จากปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10^9 CFU ต่อมิลลิลิตร ขณะที่เครื่องดื่มสูตรที่ 3 (เก๋ากี้ มะตูม และน้ำผึ้ง) มีปริมาณแบคทีเรียลดลงอย่างรวดเร็ว (7 log cycle) เครื่องดื่มสูตรที่มีปริมาณการรอดชีวิตสูงสุดคือสูตรที่ 6 (แคนตาลูป ฝรั่งและสับปะรด) ซึ่งมีจำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมด 6.5×10^7 CFU ต่อมิลลิลิตร ณ วันที่ 28 ของการเก็บรักษา ตามด้วยเครื่องดื่มสูตรที่ 5 (ทับทิม ส้มและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอปเปิล) สูตรที่ 1 (พริกหวาน มะเขือเทศ และแครอท) สูตรที่ 4 (กระชาย กระเจี๊ยบและน้ำผึ้ง) และสูตรที่ 2 (ผักรวม) เครื่องดื่มทั้ง 4 สูตรนี้มีปริมาณแบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่ในช่วง $1.0x10^7$-$4.1x10^7$ CFU ต่อมิลลิลิตร และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปรากฏว่าเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกทุกสูตรมีองค์ประกอบใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 16.28-17.92 เถ้าร้อยละ 0.52-0.71 ไขมันร้อยละ 2.41-2.95 และโปรตีนร้อยละ 1.49-1.65 โดยเครื่องดื่มสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำผักรวมและน้ำผลไม้รวม (สูตรที่ 1, 2, 5 และ 6) มีปริมาณเส้นใยสูงกว่าสูตรอื่น ดังนั้นจึงได้ทำการคัดเลือกเครื่องดื่มสูตรที่ 1, 5 และ 6 ซึ่งมีปริมาณเซลล์โพรไบโอติกที่รอดชีวิตสูง เพื่อทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งพบว่าเครื่องดื่มสูตรที่ 6 ได้รับคะแนนของทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงกว่าเครื่องดื่มอีก 2 สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title A development of new cereal-based probiotic drinks

Name Miss Jatuporn Kongsala

Miss Yuwanat Kaewwaen

Department Applied Biology

Programe Industrial Microbiology

Academic Year 2006

Special Project Advisor Assist. Prof. Dr. Suree Nanasombat

ABSTRACT

To develop cereal-based probiotic drink, effect of soy protein isolate (0, 1, 2 and 3%) on growth of mixed-probiotic bacteria (ABT-5; *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* and *Streptococcus thermophilus*) in milk added with 1.5% dried *Coix lacrymal-jobi* L. at 37°C was studied. Addition of soy protein isolate affected good growth of probiotic bacteria. The number of probiotic bacteria in all treatments increased as the fermentation time increased and reached the maximum cell number after 24-hour fermentation. The fermented milk with 2% soy protein isolate had the highest viable counts of probiotic bacteria by increasing 2 log cycle of viable cells, compared to the original number. Therefore, the concentration of soy protein isolate at 2% was selected for production of probiotic yoghurt to use as main ingredient in cereal-based probiotic drinks. Then, 6 recipes of probiotic drink were developed. Each recipe of probiotic drinks contained 50% probiotic yoghurt (with 1.5% dried *C. lacrymal-jobi* L. and 2% soy protein isolate) 17.5% *C. lacrymal-jobi* L. juice, 7.5% corn milk and 25% of other ingredients (mixed vegetable juice in recipe 1 and 2, mixed herb juice in recipe 3 and 4 and mixed fruit juice in recipe 5 and 6)

Survival of mixed probiotic bacteria (ABT-5) in 6 recipes of cereal-based probiotic drinks during storage at 4°C was studied. After 28 days of storage, the number of probiotic bacteria in almost all recipes showed approximately 2 log cycle reduction, compared to the original number (10^9 CFU/ml), whereas the viable counts of probiotic bacteria in recipes 3 probiotic drink (with chinese wolfberry , bael fruit and honey) were rapidly decreased by 7 log cycle. At 28-day storage, the highest survival of probiotic bacteria was found in recipes 6 of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

probiotic drink (with cantaloupe, guava and pineapple), with the total viable counts of $6.5x10^7$CFU/ml, followed by those of recipe 5 (with pomegranate, orange and apple), recipe 1 (with bell pepper, tomato and carrot), recipe 4 (with wild ginger, red sorrel and honey) and recipe 2 (with mixed vegetable juice). These four recipes of probiotic drink contained viable bacterial cells in the range of $1.0x10^7$- $4.7x10^7$CFU/ml after 28 day storage. The results of chemical composition analysis of all cereal-based probiotic drink recipes showed similar composition with 16.28-17.92% total solid, 0.52-0.71% ash, 2.41-2.95% fat and 1.49-1.65% protein. Probiotic drinks with mixed vegetable and fruit juices (recipe 1, 2, 5 and 6) had high amount of dietary fiber than other recipes. Therefore, recipes 1, 5 and 6 of probiotic drink that had high survival of probiotic bacteria were selected for sensory evalution. All sensory attributes of probiotic drink (recipe 6) received higher scores than other two recipes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาโครงงานพิเศษ ในหัวข้อเรื่องการพัฒนาเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติกชนิดใหม่ โครงงานพิเศษนี้ไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีหากไม่ได้รับการช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้

ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุรีย์ นานาสมบัติ ที่ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ข้อเสนอแนะ การตอบข้อซักถามของผู้จัดทำและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการทำการทดลอง จนกระทั่งโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณ ผศ.อารี ฤทธิบูรณ์ และ ผศ.ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ ที่ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเบิกเครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องอาหารในการเตรียมเครื่องดื่มธัญพืชโพรไบโอติก

ขอขอบพระคุณพี่ๆ ปริญญาโทและเพื่อนๆ ทุกคน ที่ค่อยให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆ ทำให้การทำโครงงานพิเศษเป็นไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดาของผู้จัดทำที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนกำลังทรัพย์ในการทำโครงงานพิเศษนี้

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานที่จัดทำขึ้นฉบับนี้คงจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจในงานที่เกี่ยวข้องทางด้านนี้หรือผู้ที่ต้องการศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับโครงงานพิเศษนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำขออภัย ณ ที่นี้ด้วย

จตุพร คงศาลา

ยุวนาถ แก้วแหวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้