สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง	
โดย	นางสาวมลธิชา	มีทอง
	นางสาววิมล	ประภัสสรชัยกุล
	นายวันชัย	จิรพฤกษ์ภิญโญ
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุรีย์	นานาสมบัติ

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

_____ หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

(ผศ. เนาวรัตน์ ปานแย้ม)

คณะกรรมการตรวจ-สอบโครงงานพิเศษ

_____ ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.ดุษฎี ธนะบริพัฒน์)

_____ กรรมการ

(อ.สุรีย์ นานาสมบัติ)

_____ กรรมการ

(อ.อรไท สุขเจริญ)

ปพ.
ม2118
2535

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

612547582

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง
นักศึกษา	นางสาวมลธิชา มีทอง
	นางสาววิมล ประภัสสรชัยกุล
	นายวันชัย จิรพฤกษ์ภิญโญ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุรีย์ นานาสมบัติ
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์
ปีการศึกษา	2535

บทคัดย่อ

การผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองนั้น ได้มีการศึกษาชนิดของ starter เพื่อผลิตโยเกิร์ต โดยเปรียบเทียบระหว่างเชื้อ starter จากบริษัท โฟรโมสต์อาหารนม (กรุงเทพ) จำกัด และเชื้อ starter ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ผสมระหว่าง *Lactobacillus bulgaricus* TISTR 892 และ *Streptococcus thermophilus* TISTR 894 ในอัตราส่วน 1:1 ทำการคัดเลือกชนิดของ starter ที่เหมาะสม นำมาใช้ในการผลิตโยเกิร์ต เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตโดยเปรียบเทียบการใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดและแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน ในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองเพื่อได้โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีที่สุด จึงได้ปรับปรุงคุณภาพของโยเกิร์ตต่อไป โดยทดลองเติมสารคงตัวในระดับต่าง ๆ กัน โยเกิร์ตที่ผลิตได้ จะนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การเปรียบเทียบการใช้ starter ต่างกัน 2 ชนิด ผลปรากฏว่า โยเกิร์ตที่ผลิตโดยใช้ starter จากบริษัทโฟรโมสต์อาหารนม(กรุงเทพ) จำกัด มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นหอมของโยเกิร์ต เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนคะแนนความชอบทางด้านสี ลักษณะปรากฏ ความเปรี้ยว ความมัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ในการศึกษากรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง โดยเปรียบเทียบการใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดและแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง และใช้ starter จากบริษัท โฟรโมสต์อาหารนม (กรุงเทพ) จำกัด พบว่า โยเกิร์ตที่ใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดมีคะแนนความชอบในด้าน ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความชอบรวม สูงกว่าโยเกิร์ตที่ผลิตโดยใช้แป้งถั่วสกัดไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษา เพื่อหาระดับความเข้มข้นของสารคงตัว ในการผลิตโยเกิร์ต จากนมถั่วเหลือง โดยเปรียบเทียบความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารคงตัวในระดับต่าง ๆคือ ร้อยละ 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 ผลปรากฏว่า โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ผลิตโดยเติมสารคงตัวในความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีคะแนนความชอบของผู้บริโภคมากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบ เนื้อสัมผัส ความชอบรวมสูงกว่าโยเกิร์ตที่เติมสารคงตัวอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Production of Soymilk Yogurt
Name	MissMonthicha Meethong
	MissWimon Prapatsornchaiyakul
	Mr.Wanchai Jiragruekpinyo
Special Project Advisor	MissSuree Nanasombat
Department	Applied Biology
Academic year	1992

Abstract

Studying the production of soymilk yogurt, the type of starter culter inoculated was investigated by compering the starter culter from Co.,Ltd. and those consisting of two species of *Lactobacillus bulgaricus* TISTR 892 and *Streptococcus thermophilus* TISTR 894 (ratio 1:1). The most suitable starter culture was chosen and then used in the step of studying soymilk yogurt production method by compering the acceptability of products made with whole soybean and defatted soy flour. To obtain more acceptable product quality. The optimum levels of stabilizer added were examinated. Soymilk yogurt quality was evaluated by sensory evaluation.

From the study of soymilk yogurt production,was found that the most suitable starter culture was the starter culture from the Foremost Co.,Ltd. and product made with whole soybean gave the most acceptable product.

Assessment of optimum levels of stabilizer required by sensory evaluation , showed that the optimum levels of stabilizer (gum and gelatin) needed to produce most acceptable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

soymilk yogurt were 1.0%

Scoring of intensity Test was used to evaluated soymilk yogurt (made with whole soybean and inoculated with starter culter from Foremst Co.,Ltd.) using stabilizer at the level of 0.0% 0.5% 1.0% 1.5% . The result indicated that the sensory panel scores of product added 1.0 stabilizer for texture and overall acceptance was significantly higher than the others.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงงานพิเศษฉบับนี้ จัดทำขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) ซึ่งไม่อาจจะสำเร็จลุล่วงลงไปได้ หากไม่ได้รับการช่วยเหลือด้านปัจจัยวัตถุต่างๆตลอดจนคำแนะนำจากบุคคลและนิติบุคคลดังนี้

ขอกราบขอบพระคุณทาง บริษัทโฟรโมสต์อาหารนม จำกัด ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อภาชนะบรรจุโยเกิร์ต สารคงตัว (stabilizer) และหัวเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้ในการผลิตตลอดจนได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าเพื่อได้ให้คำแนะนำ

ขอกราบขอบพระคุณทางสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันที่ใช้ในการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณทางสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง ตลอดจนคำแนะนำ วิธีการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์สุรีย์ นานาสมบัติผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ผู้ช่วยปรึกษา คือ อาจารย์อรไท สุขเจริญ และอาจารย์พิมพ์เพ็ญ ถิรพร แห่งภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำการทำโครงงานพิเศษ ตลอดจนแนวทางการแก้ไขปัญหา

ขอกราบขอบพระคุณหัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ ตลอดจนคณะกรรมการสอบและเพื่อน ๆ ทุกท่านที่มีอุปการคุณที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ครบถ้วน ณ ที่นี้ ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของผู้จัดทำ ผู้ได้กรุณาเกื้อหนุนด้านเงินทุนวัตถุปัจจัยในการทำโครงงานพิเศษ ได้ให้กำลังใจในการแก้ไขปัญหาต่อผู้จัดทำตลอดมา

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ โครงงานนิเศษภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อ โครงงานนิเศษภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญรูป.....	ช
สารบัญตาราง.....	ซ
บทที่ 1	
-บทนำ.....	1
-วัตถุประสงค์ของโครงงานนิเศษ.....	3
-ขอบเขตการทดลอง.....	3
-ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2	
1 ส่วนประกอบทางโภชนาการของถั่วเหลือง.....	4
2 คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง.....	8
3 กรรมวิธีการทำน้ำนมถั่วเหลือง.....	13
4 โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง.....	18
5 ผลิตภัณฑ์นมหมัก.....	20
6 โยเกิร์ต.....	28
บทที่ 3 ขั้นตอนการทำงาน อุปกรณ์ และวิธีการ.....	40
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	44
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	52
ภาคผนวก	54
เอกสารอ้างอิง.....	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการต่าง ๆที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตชนิดต่างๆ	29
2	แนวทางการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลแล็กโทสของหัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ต่างๆ	34
3	แผนภูมิของปฏิกริยาที่เกี่ยวข้องในการสร้างสาร acetaldehyde	38
4	ภาพแสดงโยเกิร์ตจากนมโค และ โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.ส่วนประกอบโดยประมาณของถั่วเหลืองและส่วนของถั่วเหลือง..... 4

2.ส่วนประกอบของโปรตีนบอดี้ (Protein body) ในถั่วเหลือง..... 6

3.ปริมาณและชนิดของโปรตีนโดยการใช้ Ultracentrifuge แยก
โปรตีนถั่วเหลืองที่ละลายน้ำได้..... 7

4.ส่วนประกอบของกรดอมิโนและคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง
และผลิตภัณฑ์บางชนิด..... 10

5.การละลายตัวของโปรตีน และคุณค่าทางโภชนาการของแป้งถั่ว
ชนิดไม่มีไขมันและชนิดที่มีไขมันเต็ม..... 12

6.ส่วนประกอบของน้ำนมถั่วเหลืองที่ทำโดยวิธีใช้น้ำสกัดเปรียบเทียบ
กับน้ำนมวัว..... 15

7.ปริมาณของสารประกอบคาบอนิล (พีพีเอ็ม) ที่สร้างจากหัวเชื้อ
โยเกิร์ต..... 37

8.คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตซึ่งผลิตโดย starter
1 และ starter 2.....45

9.คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด
และโยเกิร์ตที่ใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน.....48

10.คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองเติม
สารคงตัวในปริมาณต่าง ๆ กัน.....50

11.คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

062

บทที่ 1

บทนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่รู้จักกันแพร่หลาย ประชาชนใช้ถั่วเหลืองประกอบอาหารชนิดต่างๆหลายชนิด ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม โดยอาจใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด หรือใช้น้ำนมถั่วเหลืองที่สกัดได้ การที่ถั่วเหลืองมีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงได้มีการนำเอาไปใช้เป็นอาหารหลัก และอาหารเสริมสำหรับผู้ป่วยด้วยโรคขาดสารอาหารโปรตีน

ซึ่งในกลุ่มสังคมของประเทศกำลังพัฒนามีความต้องการโปรตีนราคาถูกและแหล่งของพลังงานเป็นอย่างมาก เนื่องจากโปรตีนจากเนื้อสัตว์ นมและผลิตภัณฑ์นมมีราคาสูง ประชาชนในกลุ่มผู้มีรายได้สูง และปานกลางเท่านั้นที่จะมีโอกาสรับประทานโปรตีนดังกล่าว จึงเกิดปัญหาการขาดแคลนโปรตีนในหมู่ประชากร โดยเฉพาะผู้มีรายได้ต่ำดังนั้นจึงหาแหล่งโปรตีนและพลังงานทดแทน

ถั่วเหลือง มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงถึงร้อยละ 42 ไขมันร้อยละ 20 ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนที่ดีมาก อีกทั้งยังมีราคาถูก จึงเหมาะในการนำมาใช้ เป็นแหล่งโปรตีนทดแทน เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนโปรตีนทดแทน นอกจากนี้ในบางคนยังอาจมีปัญหาด้านขาดน้ำย่อยบางชนิดในการย่อยอาหารประเภทนม ซึ่งก่อให้เกิดอาการท้องร่วงได้ ปัญหานี้จะไม่เกิดกับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากนมถั่วเหลือง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์นมหมักที่ทำจากถั่วเหลือง เช่น โยเกิร์ต จะมีระดับคลอเลสเตอรอล และไขมันอิ่มตัว รวมทั้งปริมาณแลคโตสที่ต่ำ ซึ่งเหมาะกับผู้ป่วยที่ต้องการอาหารที่มี คลอเลสเตอรอลและไขมันในปริมาณต่ำ

อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคต่ำ เนื่องจากกลิ่นรสยังไม่เป็นที่ต้องการ (Nelson และคณะ,1990) แต่หากนำถั่วเหลืองมาผ่านขั้นตอนการหมัก ก็จะช่วยให้กลิ่นและเนื้อสัมผัสของถั่วเหลืองดีขึ้น จึงพยายามที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากน้ำนมถั่วเหลือง สำหรับในด้านการปรับปรุงกลิ่นนั้น อาจใช้สารบางตัวในการบดบังกลิ่นบางอย่าง เช่น ดังที่เคยมีผู้ทำการวิจัย โดยการใช้ น้ำตาลฟรุคโตสร้อยละ 25 นมระเหยน้ำ และนมผงปราศจากไขมัน ซึ่งสารเหล่านี้มีผลต่อความหนืดซึ่งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส (Huang และคณะ, 1990) นอกจากนี้สารประกอบพวก phenolic ที่มีอยู่ในนมถั่วเหลือง ก็มีผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์นมหมัก กล่าวคือทำให้ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัณฑ์ที่มีรสชมไล้ การใช้สารพวก activated carbon สามารถที่จะดูดซับสารประกอบเหล่านี้ไว้ได้ (Lee และคณะ 1990) การทดลองในครั้งนี้ ได้มีการผลิตโยเกิร์ตจากถั่วเหลือง ซึ่งในการผลิต โยเกิร์ตนี้กรรมวิธีในการเตรียมนมถั่วเหลือง และชนิดของ starter ที่ใช้อาจมีผลต่อกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต ดังนั้นจึงได้ทดลองเพื่อหากรรมวิธี ในการเตรียมนมถั่วเหลือง และชนิดของ starter ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองจากนั้นจะทำการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่น รสของโยเกิร์ตต่อไป โดยทดลองหาปริมาณของ stabilizer ที่เหมาะสม ทำการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง ที่มีการยอมรับรวมจากผู้บริโภคใกล้เคียงกับโยเกิร์ตที่ผลิตจากนมโค ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่ผลิตจากแหล่งโปรตีนและพลังงานที่มีราคาถูก และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง พบที่จะทดแทนแหล่งโปรตีนที่มีราคาสูงบางชนิด เช่น นมโค เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนสารอาหารโดยเฉพาะ โปรตีน ในประชากรผู้มีรายได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อคัดเลือกชนิดของ starter ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำนมถั่วเหลืองกรรมวิธีต่างๆ และโยเกิร์ตจากนมโค

3. เพื่อหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารคงตัว (stabilizer)สำหรับใช้ในการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

ขอบเขตของโครงงานวิจัย

เพื่อผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองให้มีรสชาติ และความยอมรับของผู้บริโภคใกล้เคียงกับโยเกิร์ตจากนมโค

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้แหล่งโปรตีนราคาถูก สามารถทดแทนการขาดแคลนโปรตีนในผู้มีรายได้ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง

1) ส่วนประกอบทางเคมี

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีน และไขมัน จากพืชที่มากที่สุดแหล่งหนึ่ง ปริมาณโดยประมาณของสารอาหารดังแสดงในตารางที่ 1 จากตารางพบว่าในเนื้อถั่วเหลืองโดยเฉพาะส่วนของใบเลี้ยง (ซึ่งเป็นร้อยละ 90 เปลือกร้อยละ 7 และยอดอ่อนร้อยละ 3) มีปริมาณโปรตีนและไขมันรวมกันอยู่ร้อยละ 60 ของน้ำหนักถั่วทั้งหมด และร้อยละ 30 เป็นพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งรวมทั้งน้ำตาลที่มีขนาดโมเลกุลต่าง ๆ คือสแตชิโอส(Starchyose) มีประมาณ ร้อยละ 3.8 น้ำตาลแรฟฟิโนส(Raffinose) มีประมาณร้อยละ 1.1 และน้ำตาลซูโครส(Sucrose)มีประมาณร้อยละ 5.0 ส่วนที่เหลือเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นๆนอกจากนั้นยังมีสารอาหารประเภทฟอสฟาไทด์(Phosphatide) สเตอรอล แอส(Sterol ash)ซึ่งจัดเป็นพวกแร่ธาตุ และไวตามิน เป็นต้น

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบโดยประมาณของถั่วเหลืองและส่วนของถั่วเหลือง(โดยน้ำหนักแห้ง)

ถั่วเหลืองและส่วนของถั่วเหลือง	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า
ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด	40	21	34	4.9
ใบเลี้ยง	43	23	29	5.0
เปลือกถั่ว	8.8	1	86	4.3
ยอดอ่อน	41	11	43	4.4

ในส่วนของไขมันซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันชนิดต่างๆ โดยแบ่งเป็นกรดไขมันมี ประมาณ 14 % และกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีประมาณร้อยละ 85 พบว่าถั่วเหลืองของไทยส่วนมากไม่มีความแตกต่างกันในด้านของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 สารอาหารโปรตีน

โดยทั่วไปแล้วเมื่อเราบริโภคถั่วเหลืองในทางอาหาร ก็มักจะคิดถึงสารอาหารโปรตีนที่เราจะได้จากถั่วเหลืองเป็นลำดับแรก ทั้งนี้เพราะโปรตีนเป็นสารอาหารหลักในถั่วเหลืองนั่นเอง และเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้นในการที่จะกล่าวถึงรูปแบบของผลิตภัณฑ์อื่นๆอันเกี่ยวข้องกับโปรตีน จึงควรที่จะกล่าวถึงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของโปรตีนในถั่วเหลืองพอสมควร ด้วยเหตุว่าโปรตีนหลายชนิดรวมทั้งโปรตีนจากถั่วเหลืองนั้นจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงโดยสภาวะการต่างๆ (Treatment) ทั้งทางกายภาพ เช่น แรงอัด ความร้อน และทางเคมี เช่นสภาวะความเป็นด่าง ปริมาณอนุมูลโลหะหรือสารเคมีอื่นๆเป็นต้น ยังผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่นทำให้การละลายตัวลดลง ขนาดของโมเลกุลของโปรตีนเปลี่ยนไป และมีความหนืด เป็นต้น

1.1.1 ชนิดของโปรตีน

โปรตีนถั่วเหลืองจะถูกสะสมอยู่ในเนื้อถั่วเหลือง โดยสะสมกันเป็นที่เรียกว่า โปรตีน บอดี้(Protein Body) หรือโปรตีนสะสม(Storage Proteins)ซึ่งมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 2-20 ไมครอน แต่ส่วนใหญ่มีขนาด 5-8 ไมครอน และมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงของ 200,000-600,000 ในสภาวะธรรมชาติ โมเลกุลของโปรตีนขนาดใหญ่เหล่านี้ยังสามารถจับตัวกันเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ได้อีก ด้วยการเชื่อมกันของไดซัลไฟนลิงค์เกจ โพลิเมอร์(Disulfide Linkage Polymer)และโปรตีนที่แยกมาได้เพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์นั้นจะเป็นชนิดของโปรตีนที่เปลี่ยนสภาพโดยการเกิดปฏิกิริยาที่ซับซ้อนรวมกันอยู่โดยที่อย่างน้อย 7 ชนิดของโปรตีนจะจับกันเป็นสับยูนิต(Subunit) ซึ่งอาจถูกทำให้โมเลกุลเปลี่ยนขนาดไปโดยสภาวะต่างๆ

จากการแยกเอาส่วนของโปรตีน บอดี้(Protein Body) โดยใช้ถั่วเหลืองสกัดไขมันออกแล้วที่ความละเอียด 350 mesh,แล้วนำมาละลายในน้ำเชื่อม และปรับ pHให้อยู่ที่ 5 ซึ่งเป็น pH ที่มีค่าการละลายต่ำสุดของโปรตีนส่วนใหญ่ และเพื่อป้องกันการกระจายตัวของโปรตีน บอดี้(Protein Body) จากนั้นเมื่อนำไปเหวี่ยงซึ่งก็จะได้เป็นตะกอน 2 bandคือ ไลจ์ แฟรคชั่น(Light Fraction) ตะกอนจะก่อตัวที่ความหนาแน่นต่ำกว่า 1.30 และเฮฟวี่ แฟรคชั่น(Heavy fraction) ความหนาแน่นที่ 1.32 ผลจากการนำเอา โปรตีน บอดี้(Protein Body) ไปวิเคราะห์หาส่วนประกอบพบว่ามีดังในตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของโปรตีน บอดี้(Protein Body)ในถั่วเหลือง(คำนวณจากน้ำหนักแห้ง)

(1) จาก Saio & Watanabe

(2) จาก Tombs

ส่วนประกอบ	Total[1] Preparation %	preparation[2]			Defatted Soybean %
		Light %	Heavy %	Total %	
Protein(N x 5.8)	65.0	97.5	78.5	82.5	50.0
Total Phosphorus	0.94	0.84	0.9	0.48	-
Ribonucleic acid	0.53	0.43	2.04	1.29	1.66
Phospholipid	-	-	-	1.0	2.25
Total Lipid	-	1.5	5.6	11.3	8.6
Phytic acid	-	2.6	2.3	1.35	2.24
Carbohydrate	8.5	-	-	3.0	-
Ash	7.7	-	-	-	-
Total	82.7	100.8	87.4	99.3	64.8

ในส่วนที่เรียกว่า โปรตีน แฟรคชั่น(Protein Fraction) ของถั่วเหลืองนั้นได้มีผู้แบ่ง fraction ต่างๆเป็นชนิดโปรตีน โดยแยกเป็นขนาดของโมเลกุล จำนวนเป็นร้อยละและกำหนดชื่อตามหน้าที่ของชนิดของโปรตีนนั้นๆดังในตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ปริมาณและชนิดของโปรตีนโดยการใช้ Ultracentrifuge แยกจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ละลายน้ำได้

Fraction	% ของทั้งหมด	ชนิดของโปรตีน	น้ำหนักโมเลกุล
2s	22	-Trypsin Inhibitor	8,000-21,500
		-Cytochrome C	12,000
7s	37	-Hemagglutinins	110,000
		-Lipoxygenases	102,000
		- β-Amylase	61,700
		- 7s-Globulin	180,000-210000
11s	31	- 11s-Globulin	350,000
15s	11		600,000

1.1.2 การละลายของโปรตีน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าโปรตีนในถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นประเภท กลอบูลิน (Globulin)ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นอันหนึ่งคือ จะไม่ละลายน้ำในสภาวะที่มี pH อยู่ในช่วงที่เรียกว่า Isoelectric Point ซึ่งเป็นจุดที่มี pH ประมาณ 4.2-4.6 ดังในภาพที่ 1 แต่จะยังละลายได้ในกรณีที่เติมเกลือของ โซเดียม หรือ แคลเซียม คลอไรด์(Sodium or Calcium Chloride)ลงไป

ถ้า pH สูงหรือต่ำกว่าจุดไอโซอิเลคทริค pH(Isoelectric pH)กลอบูลิน (Globulin)ก็จะยังคงสามารถละลายได้ในสภาวะที่ไม่มีเกลืออยู่ และจากการทดลองโดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้วนำมาละลายน้ำที่ pH 6.5 พบว่าประมาณร้อยละ 85 ของไนโตรเจน คอมโพเนนท์(Nitrogen component)(ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีน) จะละลายน้ำได้ และเมื่อใส่ด่างลงไปพบว่า ค่าการละลายจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณร้อยละ 5-10 แต่ถ้าใส่กรดลงไปค่าการละลายจะลดลงทันที และการละลายมีค่าต่ำสุดที่ pH 4.2-4.6 ซึ่งเป็นช่วงของไอโซอิเลคทริค รีเจียนต์(Isoelectric region)และโปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตีนที่ไม่ละลายที่จุดนี้ จึงนำไปใช้ในการเตรียมโปรตีนสกัดที่เรียกว่า โปรตีน ไอโซเลท (Protein Isolate) เมื่อเพิ่มปริมาณกรดลงไปอีกจนเลยจุด ไอโซอิเลคทริค pH (Isoelectric pH)พบว่าโปรตีนจะกลับละลายได้อีก

โปรตีนหรือ Globulin นี้สามารถจะเปลี่ยนคุณสมบัติในการละลายน้ำที่จุด ไอโซอิเลคทริค พ้อยท์(Isoelectric point)ได้โดยการใช้ เอนไซม์ เปปซิน(Enzyme pepsin)เอนไซม์นี้จะตัดขนาดของโมเลกุลเล็กลง ซึ่งในการทำเป็นโมดิฟายด์ กลอบูลิน (Modified globulin) ก็จะมีประโยชน์ในการนำไปใช้ในอาหารที่มีกรดร่วมอยู่ด้วย เป็นต้น

1.1.3 การเปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติของโปรตีน(Denature)

เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดหนึ่ง สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์การอาหารสนใจอยู่มากในคุณสมบัติด้านนี้คือ สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน(Denature protein)ก็คือ ผลจากการใช้ความร้อนและผลจากที่ pH เปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง ซึ่งจะขอนำเอา 2 สาเหตุนี้มากล่าวในรายละเอียดเท่านั้น

ก)การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อน (Heat Denaturation)

ในการนำถั่วเหลืองไปเป็นอาหารจำเป็นจะต้องนำไปผ่านขั้นตอนความร้อนต่างๆ ซึ่งมีผลทำให้สภาพของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไป และผลลัพธ์ที่เราเห็นเป็นลักษณะต่างๆ เช่น การไม่ละลายตัวของโปรตีนในน้ำ หรือในสารละลาย เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าโปรตีนจะมีการละลายน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว จากการที่ถูกความร้อนโดยลดจากร้อยละ 80เหลือเพียงร้อยละ 20-25 ในการให้ความร้อนเพียง 10 นาทีซึ่งในการวิเคราะห์หรือคำนวณหาค่าของโปรตีนที่เปลี่ยนแปลงสภาพไปนั้นมีอยู่หลายวิธีเช่นวิธีที่เรียกว่า Enzymatic hydrolysis method เป็นต้น

ข)การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากกรดด่าง

การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่างอย่างรุนแรง จะมีผลทำให้โปรตีนประเภท globulins ในถั่วเหลืองเปลี่ยนสภาพไป (denature) กล่าวคือ ถ้าค่าของ pH สูง จะทำให้เปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุล และปฏิกิริยาจะไม่กลับที่เดิมเมื่อปรับสภาพของ pHให้เป็นกลาง และถ้าค่าของ pH ต่ำลง จะทำให้เกิดการแตกตัวของ Quaternary Structure เป็น subunits และปฏิกิริยาไม่สามารถกลับไปที่เดิมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง

โปรตีนนับเป็นสารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการหลักอันหนึ่ง ที่พบในถั่วเหลืองเมื่อเปรียบเทียบกับธัญญพืชชนิดอื่น ๆ แล้ว ปริมาณโปรตีนที่ถั่วเหลืองให้ออกมานั้น ในระยะเวลาต่อการปลูก 1 ช่วงและพื้นที่ปลูก 2.5 ไร่ พบว่าถั่วเหลืองให้โปรตีนสูงมาก โดยที่สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนให้มนุษย์ ซึ่งมีกิจกรรมปานกลางได้เป็นระยะเวลายาวนานถึงประมาณ 2,220 วัน ขณะที่ข้าวสาลีให้โปรตีนเพียง 870 วัน ข้าวโพด 350 วันและเนื้อสัตว์โดยที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงวัวจะให้เนื้อออกมา คิดเป็นปริมาณโปรตีนที่บริโภคเป็นไปตามความต้องการของร่างกายได้ 70 วัน เป็นต้น

นอกจากในเรื่องของปริมาณโปรตีนที่มีอยู่สูงในถั่วเหลืองอันเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปแล้วนั้น ในด้านของคุณภาพของโปรตีนเองก็นับว่าเป็นส่วนสำคัญที่จะต้องมีการศึกษาในรายละเอียด เพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องครบถ้วนต่อการนำไปใช้ โดยเฉพาะในด้านการใช้นั้น ถ้าจะคำนึงถึงแต่ปริมาณโปรตีนที่สูงอย่างเดียว ก็จะเกิดปัญหาในการบริโภคขึ้นได้ ทั้งนี้เพราะเราไม่ได้บริโภคอาหารชนิดที่เตรียมมาอย่างนั้น ๆ แต่เพียงอย่างเดียว แต่คนจะบริโภคอาหารชนิดที่เป็นไปตามความยอมรับของคนในถิ่นแถบต่าง ๆ ของโลกที่แตกต่างกันไป ซึ่งความซับซ้อนในการที่เลือกการบริโภคอาหารของคนเรานั้น จึงจำเป็นจะต้องหาวิธีการ ที่แนบเนียนและแยบยลที่จะเอาแหล่งของสารอาหารโปรตีนจากถั่วเหลืองเข้าไปเป็นส่วนประกอบ ที่เป็นไปตามความชอบและการยอมรับเข้าสู่ระบบแห่งการบริโภคของคนในท้องถิ่นต่าง ๆ ของโลกต่อไป

ถั่วเหลืองมีส่วนประกอบของกรดอมิโนโดยแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ของถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์ที่เคยชินดังในตาราง 4 และพบว่าปริมาณของกรดอมิโนที่มีซัลเฟอร์(Sulfur)เป็นส่วนประกอบซึ่ง ได้แก่ เมธัยโอนีน (Methionine) และซิสตีน(cystine) มีค่าจำกัดโดยมีอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ ทำให้เป็นตัวจำกัดคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนจากถั่วเหลือง การบริโภคโปรตีนจากถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ข้าว โปรตีนจากงา จากมะพร้าว จากธัญญพืชอื่น ๆ ซึ่งก็จะให้กรดอมิโนที่ยังขาดอยู่ทำให้เสริมซึ่งกันและกัน เป็นผลให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่บริโภคสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ประโยชน์ในแง่ของการเป็นสารเติมในอาหารกันมากขึ้น เช่น ในลักษณะของแป้งถั่วเหลืองที่มีจำนวนของโปรตีนในระดับต่าง ๆ คือ แป้งถั่วเหลือง (Soy Flour) โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (Soy Protein Concentrate (SPC))โปรตีนถั่วเหลืองสกัด

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบของกรดอมิโน และคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์บางชนิด

Measurement	Soybean Fraction (Gm/16 Gm N)						
	Meal	Hulls	Milk	Residue	Curd	Whey protein	soak water
protein content dry basis(%)	61	9.6	–	52	102	101	(19)
Percentage of original protein	100	–	–	26	61	6	(0.5)
Amino acid composition							
Isoleucine	5.1	3.8	5.3	6.0	5.0	5.0	(2.5)
Leucine	7.7	5.9	8.1	8.9	7.9	7.7	(4.2)
Lysine	6.9	7.1	6.7	6.1	5.7	8.7	(2.9)
Methionine	1.6	0.8	1.3	1.6	1.3	1.9	(0.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Measurement	Soybean Fraction(Gm/16 Gm N)						
	Meal	Hulls	Milk	Residue	Curd	Whey Protein	Soak water
Cystine	1.6	1.7	1.4	0.7	1.0	1.8	(2.5)
Total S-AA	3.2	2.5	2.8	2.3	2.3	3.7	(3.0)
Phenyl-alanine	5.0	3.2	5.6	5.2	5.9	4.5	(3.2)
Tyrosine	3.9	4.7	4.4	3.3	4.6	4.7	(2.4)
Total-aromatic AA	8.9	7.9	10.0	8.5	10.5	9.2	(5.6)
Threonine	4.3	3.7	4.0	4.7	3.8	6.2	(3.3)
Tryptophan	1.3	-	1.4	-	1.0	1.3	(0.6)
Valine	5.4	4.6	5.6	6.4	5.2	6.2	(3.1)
Chemical-score	73.0	57.0	-	54.0	54.0	87.0	(71.0)
PER	0.85	2.15	-	1.67	1.53	1.95	>

ในด้านคุณสมบัติการละลายตัวและคุณค่าทางโภชนาการของแป้งถั่วเหลือง ที่มีไขมันอันเป็นผลจากการใช้ความร้อนเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโปรตีน ดังในตารางที่ 5 พบว่าค่าของการละลายของโปรตีน (PDI = Protein Dispersibility Index) มีค่าต่ำลงตามระดับของความร้อนที่ได้รับ ขณะที่คุณค่าทางโภชนาการของแป้งถั่วเหลืองทั้งสองชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความร้อนที่ได้รับจนถึงจุดพอเหมาะ โดยเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการด้านประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของโปรตีนในนมวัวเป็นร้อยเปอร์เซนต์ และ PER (Protein Effiency-Ratio) ของโปรตีนจากนมวัว เท่ากับ 2.5

ตารางที่ 5 การละลายตัวของโปรตีน และคุณค่าทางโภชนาการของแป้งถั่วเหลืองชนิดไม่มีไขมันและชนิดที่มีไขมันเต็ม

ความร้อนที่ใช้	DEFATTED		FULL-FAT	
	PDI	Relative	NSI	PER
Negligible	90-95	40-45	-	-
Light	70-78	50-60	-	-
Moderate	35-45	75-80	50	1.82
Toasting	8-20	85-90	21	2.15

หมายเหตุ - ค่า Relative Protein Efficiency ของนมผงขาดมันเนย = 100 %

- PER ของโปรตีนจากนม(casein) = 2.5
- NSI = Nitrogen Solubility Index

สารต่อต้านคุณค่าทางโภชนาการในถั่วเหลือง (Antinutritional factors)

แม้ว่าถั่วเหลืองจะเป็นแหล่งของสารอาหารโปรตีน ที่สูงสุดอันหนึ่งที่จะให้กับมวลมนุษย์ แต่ถั่วเหลืองก็มีสารที่จัดว่าเป็นตัวยับยั้งการย่อยสลาย และการดูดซึมเพื่อการนำไปใช้ในร่างกายอยู่ โดยที่ได้มีการทดลองจนเป็นที่ประจักษ์แน่ชัดแล้วว่า การนำเอาถั่วเหลืองดิบไปเลี้ยงหนูทดลองพบว่าหนูทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการนำเอาถั่วเหลือง ที่ผ่านความร้อน เนื่อทำให้สุกพอเหมาะแล้วนำไปเลี้ยงหนูทดลองอีกกลุ่มหนึ่ง พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตปกติ ซึ่งจากข้อสรุปของการทดลองกับสัตว์ทดลองนี้ก็พอสรุปได้ว่าความร้อนที่พอเหมาะ (ไม่ว่าจะเป็นความร้อนเปียกหรือความร้อนแห้ง) จะสามารถทำลายสารต่อต้านคุณค่าทางโภชนาการจากถั่วเหลืองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารดังกล่าวนั้นมีผู้เชื่อกันว่า ได้แก่ Trypsin Inhibitors, Hemagglutininsและสารพวกที่ไม่ใช่โปรตีนคือ Saponins เป็นต้น

ผลของการใช้ถั่วเหลืองเป็นอาหาร

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนแรกว่าถั่วเหลือง เป็นธัญญพืชที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะประกอบด้วยสารอาหารโปรตีนและไขมันที่สามารถก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านอาหารได้อย่างดี อย่างไรก็ตามในเรื่องของการบริโภคย่อมจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง ในการนำเอาถั่วเหลืองไปประกอบอาหาร เพื่อก่อให้เกิดความสมบูรณ์ของประโยชน์สูงสุด ทั้งนี้เพราะได้ทราบแล้วว่าถั่วเหลืองนอกจากประกอบด้วยสารอาหารที่ให้คุณค่า แล้วยังมีสารอาหารที่ก่อให้เกิดอุปสรรคในการบริโภคอีกด้วย ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน จึงขอแบ่งผลของการใช้ถั่วเหลืองออกเป็น 2 ประเด็นหลัก ๆ

1. ผลในแง่ดี สำหรับผลที่เกิดขึ้น จากการบริโภคถั่วเหลืองอย่างถูกต้องโดยผ่านกระบวนการเตรียมเป็นอาหารนานาชนิดที่เหมาะสมแล้วนั้น ก็จะนับว่าเป็นผลที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายและประโยชน์ต่อสังคม

2. ผลในแง่เสีย เป็นผลอันเนื่องมาจากหลายปัจจัย จากส่วนประกอบของถั่วเหลืองเอง และปัจจัยจากการยอมรับของร่างกายของผู้บริโภคแต่ละบุคคล เช่น อาการแพ้(Allergenic Factors) พบว่ามีจำนวนน้อยมาก เมื่อเทียบกับอัตราการเพิ่มขึ้นของผู้บริโภคอาหารจากถั่วเหลือง นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดลมในท้อง

3) กรรมวิธีการทำน้ำนมถั่วเหลือง

สำหรับกรรมวิธีการทำน้ำนมถั่วเหลือง ได้มีผู้ค้นคว้าวิจัยและทดลองกันมากมาย ทั้งนี้ก็เพื่อจุดประสงค์ของการที่จะให้ได้มาซึ่งน้ำนมถั่วเหลือง ที่มีคุณภาพทั้งทางรสชาติและทางกายภาพเป็นไปตามความยอมรับของผู้บริโภคในแต่ละท้องถิ่น กรรมวิธีการทำน้ำนมถั่วเหลืองมีอยู่หลายแบบและวิธีด้วยกัน โดยเริ่มตั้งแต่แบบง่าย ๆ ที่ทำกันในบ้าน ซึ่งเป็นวิธีของจีนโบราณจนถึงสมัยใหม่ ซึ่งมีกระบวนการที่ซับซ้อนในอุตสาหกรรม กรรมวิธีที่ทำอยู่อาจแบ่งออกเป็น 4 แบบ.

1. การใช้น้ำสกัด (Water extract process)

2. วิธีการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ (Water emulsion process)

3. การใช้โปรตีนบริสุทธิ์ (Protein isolate process)

4. การใช้แป้งถั่วเหลืองในไขมันเต็ม (Full fat soy flour process)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้วิธีการใช้น้ำสกัดจากเมล็ดถั่วเหลือง และการใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน จึงขอกล่าวแต่เพียง 2 วิธีนี้

. <u>วิธีการใช้น้ำสกัด</u> (Water extract process)

การทำน้ำนมถั่วเหลืองแบบนี้ เป็นวิธีการที่ใช้กันมานานจนถือว่าเป็นวิธีเก่าแก่ที่สุดอันหนึ่ง โดยการใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดนำมาแช่น้ำให้นิ่มตัวและจะพองตัวขึ้นอีก 1.0-1.2 เท่าระยะเวลาการแช่เพื่อให้ถั่วนิ่มตัวจะใช้ได้ก็อาจใช้เวลาตั้งแต่ 1 ชม. ถึง 20 ชม.แล้วแต่อุณหภูมิของน้ำที่แช่ถั่วเหลือง คือ ถ้าใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงก็จะนิ่มตัวเร็วกว่าการใช้น้ำอุณหภูมิต่ำ จากนั้นถั่วจะถูกนำมาบดกับน้ำในสัดส่วนที่ต้องการ และกรองเอาส่วนที่ไม่ละลายน้ำออกไป น้ำที่กรองออกมาได้จะมีลักษณะคล้ายน้ำนม และมีกลิ่นเหม็นเขียวตามลักษณะของถั่วเหลืองอยู่ ปัจจุบันได้มีการค้นคว้าวิจัยหลายต่อหลายคนพยายามทดสอบทดลองคิดค้นที่จะทำลายกลิ่นถั่วเหลือง ที่จัดว่าเป็นในน้ำนมถั่วเหลืองให้หมดไป โดยใช้วิธีการต่าง ๆ นานา ซึ่งผลก็อุณหภูมิ เวลา และหรือสารเคมี เช่น แอลกอฮอล์ เป็นสารที่กำจัดกลิ่นถั่วเหลืองที่ไม่ต้องการถูกทำลายหรือสลายตัวไปได้ด้วย เช่น สารยับยั้งการย่อยสลายและการดูดซึมของโปรตีนคือ Trypsin inhibitors , Phytic acid สาร Saponins และ Hemagglutinins เป็นต้น

การเอาน้ำนมถั่วเหลืองนั้นมาต้มที่อุณหภูมิสูง 240 องศาฟาเรนไฮต์ ด้วยหม้อต้มความดัน โดยใช้เวลา 5 นาที ซึ่งนอกจากจะทำลายกลิ่นถั่วเหลืองอันเกิดจาก enzymes Lipoxygenase แล้วยังทำลาย Trypsin inhibitor และจุลินทรีย์ต่าง ๆ อันอาจปะปนมาในขณะผ่านขั้นตอนการทำด้วยน้ำนมที่ได้ก็จะนำมาผ่านเครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน(Homogenizer)

สำหรับขั้นตอนการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง วิธีการใช้น้ำสกัดนั้น ปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมตั้งแต่ในครัวเรือนและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ขั้นตอนการทำน้ำนมถั่วเหลืองโดยการใช้น้ำสกัดนั้นอาจกล่าวโดยสรุปเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1). ถั่วเหลืองนำมาผ่านการคัดเลือกเอาเมล็ดเสีย ลีบ เน่า และต่างๆ ทิ้งไป(โดยทั่วไปแล้วถั่วเหลืองเปลือกเหลืองและใบเลี้ยงสีเหลืองเท่านั้น จะเป็นสิ่งนำมาใช้ทำเป็นน้ำนมถั่วเหลือง) รวมทั้งการคัดเลือกเอาสิ่งที่ไม่ต้องการอื่น ๆ ออกไปด้วย เช่น ดิน หิน โลหะและฝุ่น เป็นต้น จากนั้นจึงนำมาโม่ผ่าซีก เพื่อแยกเอาเปลือกออกบางส่วน หรืออาจไม่ผ่าซีกก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของนมถั่วเหลืองที่ทำโดยวิธีการใช้น้ำสกัด เปรียบเทียบกับน้ำนมวัวมีดังในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบของน้ำนมถั่วเหลืองที่ทำ โดยวิธีการใช้น้ำสกัดเปรียบเทียบกับน้ำนมวัวมีดังในตารางที่ 6

ส่วนประกอบ	น้ำนมถั่วเหลือง (กรัม)	นมวัว (กรัม)
น้ำ	92.50	87.00
โปรตีน	3.40	3.50
ไขมัน	1.50	3.90
คาร์โบไฮเดรต	2.10	4.90
เถ้า	0.50	0.70
แคลเซียม	21.00(มิลลิกรัม)	118.00(มก.)
ฟอสฟอรัส	47.00 ,,	93.00 ,,
ไทอามีน(Thaiamine)	0.09 ,,	0.04 ,,
ไรโบฟลาวิน(Riboflavin)	0.04 ,,	0.17 ,,
ไนอาซิน(Niacin)	0.30 ,,	1.00 ,,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำน้ำนมถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด

↓

ทำความสะอาดและคัดเลือก

↓

แช่น้ำให้นิ่มตัว

↓

บดให้ละเอียด และเติมน้ำตามต้องการ

↓

ต้มให้สุก

↓

กรอง เอากากออก

↓

น้ำนมถั่วเหลือง เติมแต่งด้วยสารปรุงแต่งคือ

- น้ำตาลทราย
- เกลือ
- น้ำมันพืช
- Methionine

ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง โฮโมจิไนเซอร์

ที่ความดันรวม 3,000 psi

↓

บรรจุขวด หรือกระป๋อง

↓

ฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงที่ 120 องศาเซลเซียส

ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

(2). ล้างน้ำให้สะอาด เพื่อเอาฝุ่นละอองออกไป

(3). แช่น้ำให้นิ่มตัว อุณหภูมิในการแช่ถั่วขึ้นอยู่กับความต้องการในการกำจัดกลิ่นถั่วกล่าวคือการแช่ที่อุณหภูมิสูงกลิ่นถั่วจะลดลง และถ้าแช่ที่อุณหภูมิต่ำ กลิ่นถั่วจะมีหรือในช่วงนี้อาจใช้สารเคมี เช่น Sodium bicarbonate หรือ Sodium carbonate ในอัตราส่วนไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำแช่ ร่วมด้วย เพื่อกำจัดสีของถั่วให้มีความขาวขึ้นรวมทั้งมีผลในการลดความเข้มข้นของกลิ่นถั่ว ขณะเดียวกัน ก็จะช่วยกำจัดรสฝาดที่อาจมีในถั่วให้ลดลงออกไปจากถั่วด้วยการแช่ถั่วนี้จะใช้อัตราส่วนของถั่ว ต่อ น้ำไม่น้อยกว่า 1 ต่อ 3

(4). ล้างให้สะอาดและเป็นการกำจัดเอาเปลือกถั่วที่หลุดออกมาจากใบเลี้ยงทั้งนี้เพราะส่วนนี้ถือเป็นส่วนที่ไม่ต้องการ เพราะไม่ใช้สารอาหารที่มีคุณค่าต่อร่างกาย

(5). การบดให้ละเอียดซึ่งอาจทำได้โดยการใช้โม่หิน หรืออาจเป็นเครื่องบดโดยใช้แรงฉุดจากมอเตอร์ไฟฟ้า และมีประสิทธิภาพในการบดให้ละเอียด มีประสิทธิภาพสูงเป็นต้น การบดจะใช้น้ำบางส่วนร่วมด้วย เพื่อทำให้การบดเป็นไปได้อย่างสะดวกและต่อเนื่องและการบดนี้ก็จะบดให้ละเอียดที่สุดเท่าที่จะทำได้หรือเพื่อให้เป็นไปตามความสามารถของเครื่องกรองที่จะสามารถรับได้เป็นเกณฑ์ อัตราส่วนของน้ำต่อถั่วเหลือง หลังจากบดแล้ว อาจเป็นอัตราส่วนคือ 1 ต่อ 10

(6). การกรองเอาส่วนที่ไม่ละลายน้ำออก (กาก) การทำในปริมาณน้อยอาจใช้สิ่งที่ง่ายที่สุด. คือ ผ้าขาวบางกรอง ซึ่งก็สามารถทำได้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ขึ้นไปก็มีเครื่องกรองอยู่หลายแบบให้เลือกใช้ อาจเป็นชนิดที่ไม่ต่อเนื่อง(Batch)หรือชนิดต่อเนื่อง (Continuous)เช่นแบบเป็น Batch ได้แก่ Filter press แบบต่อเนื่อง ได้แก่ Decantor หรือ Separator เป็นต้น

(7). การต้มให้สุก น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดออกมาแล้วจะนำมาต้มให้สุกก่อน เพื่อทำลายและหยุดยั้งปฏิกิริยาทางเคมีที่จะมีขึ้นตามมาอีกมากมาย เช่น กลิ่น รส ที่จะเปลี่ยนแปลงไป

(8). การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization) นมถั่วเหลืองที่ได้จะยังไม่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน จำเป็นจะต้องผ่านการ โฮโมจิไนซ์ (Homogenized)แล้วจะมีความข้นใส (Viscosity) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยและมีรสชาติสม่ำเสมอกันโดยตลอด การทำโฮโมจิไนซ์นี้ จะใช้เครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (Homogenizer) ที่ความดันรวมประมาณ 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและอุณหภูมิไม่ควรจะต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส ส่วนประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในด้านการโภชนาการและการแพทย์แล้วน้ำนมถั่วเหลืองมีคุณภาพด้อยกว่าน้ำนมของวัว อันเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ทั้งนี้ก็เนื่องด้วยปัจจัยหลายด้าน เช่น

1. โปรตีน ชนิดของโปรตีนมีอัตราส่วนของกรดอมิโน ที่มีปริมาณไม่ครบถ้วนเป็นไปตามความต้องการของร่างกาย กล่าวคือปริมาณของ Sulfur containing aminoacids อันได้แก่ เมธัยโอนีน(Methionine) และ ซีสตีน (Cystine) อยู่ในปริมาณต่ำ ในการศึกษาทดลองวิจัยเพื่อเพิ่มคุณภาพของโปรตีนจากถั่วเหลือง ในการเติมระดับของเมธัยโอนีนให้สูงขึ้นตามข้อแนะนำของ FAO ก็พบว่าคุณภาพของโปรตีนทางชีวเคมีมีประสิทธิภาพมากขึ้น การเสริมด้วย L-Methionine จึงเป็นวิธีการอันหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กันโดยทั่วไป

2. ไขมัน เนื่องจากปริมาณไขมันในน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดโดยวิธีนี้มักจะมีปริมาณของไขมันต่ำกว่าน้ำนมวัว คือจะมีประมาณ ร้อยละ 1 ส่วนคุณภาพของไขมันก็นับว่ามีคุณภาพดีมาก คือมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (Linoleic acid) ฉะนั้นนมถั่วเหลืองจึงมีข้อเสียเปรียบในด้านปริมาณของไขมันที่มีอยู่ แต่ถ้าได้เพิ่มเติมไขมันที่มีคุณภาพสูงเข้าไป ก็จะทำให้น้ำนมถั่วเหลืองนั้นมีคุณภาพใกล้เคียงนมวัวมากขึ้น

3. ไวตามินและแร่ธาตุ พบว่าน้ำนมถั่วเหลืองมีไวตามินและแร่ธาตุ โดยส่วนรวมน้อยกว่าในนมวัวมาก ทำให้มีผลต่อคุณภาพโดยทั่วไปของนมถั่วเหลืองเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมวัว

4) <u>โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง</u>

นมถั่วเหลืองเป็นเครื่องดื่มที่นิยมดื่มกันทางด้านตะวันออก และได้แพร่หลายในหมู่ประชากรในสหพันธรัฐและทั่วโลกนมถั่วเหลืองมีสมบัติทั่วไป คือ มีลักษณะของธัญญพืช ซึ่งจากรายงานการวิจัย สามารถที่จะพัฒนาโดยการหมักของกรดแลคติค เช่นเดียวกับในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทั่วๆไป

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง จะมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าโยเกิร์ตจากนมโคในหลาย ๆ ด้าน เช่น ลดระดับคลอเรสเตอรอล ประกอบด้วยไขมันที่อิ่มตัวและแลคโตสถึงแม้ว่าจะมีการวิจัยมาก่อน ในด้านการใช้จุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในโยเกิร์ตและความสามารถของจุลินทรีย์ในการหมักน้ำตาลโอลิโกแซคคาไรด์(Oligosaccharide) ในถั่วเหลือง และน้ำตาลตัวอื่น ๆ เพื่อที่จะสร้างความเป็นกรดในนมถั่วเหลือง แก้ข้อมูลที่เป็นปัญหาในการให้ผลจากโปรตีนเข้มข้นจากหางนม(Whey Protein Concentrated)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนมผงปราศจากไขมัน (Non-Fat dry milk) มักจะเกิดขึ้น ในด้านสมบัติขององค์ประกอบ และคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองซึ่งในกรณีหลังนี้ได้ใช้ส่วนประกอบอื่นนอกเหนือไปจากแลคโตส ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับหัวเชื้อที่ใช้ผลิตโยเกิร์ตและโปรตีน แลคโตสและองค์ประกอบอื่น ๆ จะเป็นตัวสร้างสี กลิ่น โครงสร้างเนื้อสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากถั่วเหลือง และประสบความสำเร็จในการพัฒนาโดยใช้โปรตีนเข้มข้นจากหางนม และนมผงปราศจากไขมันเป็นตัวป้องกันผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองซึ่งจะช่วยเหลือในการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์นมชนิดนี้

โปรตีนราคาถูกและแหล่งของแคลอรี่ เป็นที่ต้องการในด้านการพัฒนาอาหารในกลุ่มของสังคมและประเทศที่กำลังพัฒนา ถั่วเหลืองมี โปรตีนร้อยละ 42 และไขมันร้อยละ 20 เป็นแหล่งพลังงานที่ดีมากราคาถูก อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคต่ำ เนื่องจากกลิ่นรสไม่เป็นที่ต้องการเพราะการหมักมักจะพัฒนากลิ่นและเนื้อสัมผัสของถั่วเหลืองจึงมีความพยายามในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากน้ำนมถั่วเหลือง

เป็นเวลานานมาแล้วที่มีการใช้ แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค (Lactic acid bacteria)ในการเตรียมผลิตภัณฑ์นมหมัก การผลิตนมถั่วเหลืองหมักโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์ที่ผลิตกรดแลคติกได้มีผู้ทดลองมาตลอด ได้ทำการเตรียมผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายเนยแข็งจากถั่วเหลืองโดยใช้เชื้อ *Streptococcus thermophilus*ได้ทำการเตรียมเครื่องดื่มนมเปรี้ยวจากส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลือง นมวัว น้ำตาลซูโครส และกรดอมิโน โดยใช้เชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bugaricus* ได้ทำการเตรียมเครื่องดื่ม ที่มีรสหวานอมเปรี้ยวจากนมถั่วเหลืองหมัก โดยใช้ *Lactobacillus acidophilus* ได้ทำการเตรียมเครื่องดื่มผลิตภัณฑ์นมหมัก ซึ่งมีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับ และมีเนื้อสัมผัสที่คล้ายโยเกิร์ต แต่มีความเป็นกรดต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์นมหมัก

1. หัวเชื้อแลคติก

การให้ความร้อนแก่นม นอกจากจะทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียและโรคแล้ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องถ่ายเชื้อที่ต้องการใช้ในการหมักลงในนม จุลินทรีย์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะนี้จะต้องเตรียมให้มีปริมาณมากพอที่จะทำการหมักได้ดี จุลินทรีย์ที่เตรียมขึ้นนี้จะเรียกว่า "หัวเชื้อ" (starter culture)
หัวเชื้อนี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในนมหมักดังนี้

1) ผลิตกรดแลคติกซึ่งเป็นผลจากการหมักน้ำตาลแลคโตส กรดแลคติคจะให้กลิ่นที่มีลักษณะเฉพาะตัวและยังให้กลิ่นรสเปรี้ยว (acid flavor) ด้วยในระหว่างการหมักนม

2) ผลิตสารประกอบหอมระเหย (volatile compound) ได้แก่ di-acetyl และ acetaldehyde ซึ่งให้กลิ่นรสเฉพาะแต่ผลิตภัณฑ์นมหมัก

3) สารประกอบอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้น เช่น แอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในระหว่างการผลิตคีเฟอร์ (kefir) และคูมิส (koumiss)

4) ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เนื่องจากสภาพกรดในผลิตภัณฑ์นมเหล่านี้

อย่างไรก็ตาม การศึกษาและเข้าใจถึงลักษณะของหัวเชื้อแลคติคทั้งในด้านชนิดของหัวเชื้อและการเก็บรักษาหัวเชื้อ จะช่วยให้การหมักเป็นไปในลักษณะที่ต้องการมากยิ่งขึ้น ดังนี้

(1)ชนิดของหัวเชื้อ

ชนิดของหัวเชื้อที่เตรียมเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์นมหมัก ได้แก่

1) หัวเชื้อที่มีเพียงสายพันธุ์เดียว เช่น *Streptococcus' lactis*, *Streptococcus' cremoris* หรือ *Streptococcus'' lactis' subsp. diacetylactis*

2) หัวเชื้อที่เตรียมจากการใช้เชื้อผสมมากกว่าหนึ่งสายพันธุ์ ซึ่งมีข้อดีคือ ถ้าเกิด phage (เชื้อไวรัสที่เข้าทำลายเชื้อแบคทีเรียซึ่งทำให้ความสามารถในการหมัก หรือกิจกรรมของเชื้อสูญเสียไป)ชนิดหนึ่งเกิดขึ้น การหมักยังคงดำเนินต่อไปได้ หัวเชื้อที่เตรียมขึ้นนี้นิยมใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา และเนเธอร์แลนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพของหัวเชื้อ ขึ้นกับความสามารถในการผลิตกรด อัตราการเติบโต ความต้านทานต่อสารปฏิชีวนะและ phageและความสามารถในการสร้างกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสเฉพาะของผลิตภัณฑ์ เชื้อที่ใช้ในการผลิตกรด ได้แก่ *Streptococcus thermophilus*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus lactis* และ *Lactobacillus acidophilus*เชื้อที่สร้างกรดและกลิ่นได้แก่ : *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus helveticus* , *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus lactis subsp.diacetylactis* และเชื้อที่ใช้สำหรับการสร้างกลิ่นได้แก่ : *Propionibacterium shermanii*, *Leuconostoc cremoris* และ *Leuconostoc dextranicum*

(2) การเก็บรักษาหัวเชื้อ

การเก็บรักษาหัวเชื้อเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อรักษาคุณสมบัติของเชื้อโรคให้คงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงและมีปริมาณของเชื้อเพียงพอในการผลิตภัณฑ์นมหมัก การเตรียมเชื้อเพื่อใช้ในการหมัก โดยอาศัยการถ่ายเชื้อจากหลอดสู่หลอด (subculture) ติดต่อกันหลายครั้งอาจก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ซึ่งอาจเปลี่ยนพฤติกรรมการหมักและลักษณะทั่วไปของหัวเชื้อ ดังนั้นการเก็บหัวเชื้อให้อยู่ได้นานโดยไม่เปลี่ยนแปลง

คุณสมบัติดังกล่าวมีวิธีการเก็บเชื้อดังนี้

(1) หัวเชื้อที่เก็บในสภาพเหลว (liquid starter)

(2) หัวเชื้อที่เก็บในสภาพแห้ง (dried starter)โดยอาศัยวิธีการทำให้แห้งแบบต่างๆเช่นการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray-dried), การทำแห้งแบบระเหิด(freeze-dried orlyophilised), การทำแห้งแบบแช่แข็งเข้มข้น (concentrated freeze-dried)

(3) หัวเชื้อที่เก็บในอุณหภูมิต่ำมาก (frozen starter) เช่น เก็บที่อุณหภูมิที่ -40 องศาเซลเซียส หรือที่อุณหภูมิ -196 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะในโตรเจนเหลว

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันการเก็บรักษาและจำหน่ายหัวเชื้อแลคติคที่นิยมมาก คือ การเก็บในรูปของหัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็ง(frozen concentrates) ซึ่งเตรียมจากการให้เชื้อเติบโตในถังหมักภายใต้สภาวะที่เหมาะสม แล้วเหวี่ยง(centrifugation)ให้เชื้อเข้มข้น จากนั้นทำให้เชื้อแขวนลอย(suspended)ในสารละลายที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเสียหายของเชื้อระหว่างการแช่แข็งและละลายเมื่อใช้งาน และรีบแช่แข็งอย่างรวดเร็วใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจนเหลวที่ -196 องศาเซลเซียส หัวเชื้อเข้มข้นมีจำนวนจุลินทรีย์ 10เซลล์ต่อมิลลิลิตร หัวเชื้อที่เตรียมด้วยวิธีนี้ถ้าละลายที่ 30 องศาเซลเซียสแล้วถ่ายเชื้อในสารอาหารที่เตรียมขึ้นใหม่ทันที หัวเชื้อจะมีอัตราการรอดชีวิตสูงถึง 95% จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของหัวเชื้อ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของหัวเชื้อ จะช่วยให้การผลิตภัณฑ์นมหมักมีคุณภาพตามที่ต้องการ ปัจจัยดังกล่าวได้แก่

1) องค์ประกอบของนม

เนื่องจากนมดิบมีสารยับยั้งต่อการเจริญของหัวเชื้อแลคติค ได้แก่ แลคเตนิน แลคโตเปอร์ออกไซด์ แอคกลูเตนิน และไลโซไซม์ สารเหล่านี้มีอยู่ในนมทุกชนิด และแตกต่างกันขึ้นกับพันธุ์(breed) ของสัตว์ที่ให้นมและฤดูกาล (season) ที่รีดนม คุณสมบัติในการยับยั้งของสารเหล่านี้จะลดลงเมื่อได้รับความร้อน เช่น เมื่อนมผ่านการพาสเจอไรซ์ที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที สารยับยั้งธรรมชาติจะถูกทำลายอย่างสิ้นเชิง นอกจากนี้การเจริญของหัวเชื้อในนมที่ผ่านความร้อนจะดียิ่งขึ้น เนื่องจากเกิดการย่อยสลายเคซีนบางส่วนให้ sulfbydryl groups และเกิด formate จากน้ำตาลแล็คโทส เชื้อ lactic acid bacteria สามารถสร้างกรดได้เร็วขึ้น เมื่อใช้นมที่ถูกทำให้ร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือ 116 องศาเซลเซียส 15 นาที หรือ 121 องศาเซลเซียส 10 นาที สายพันธุ์ที่ให้กลิ่นรสของเชื้อ *Leuconostoc cremoris* จะเจริญได้ดีในนมที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที ในการใช้นมที่ผ่านกระบวนการยูเอชที ซึ่งเป็นวิธีการยืดอายุการเก็บของนมอย่างหนึ่งกำลังเป็นที่สนใจ ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นมหมัก(cultured dairy product) เนื่องจากการเจริญของหัวเชื้อแลคติคในนมยูเอชทีอยู่ในระดับที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญของหัวเชื้อในนมที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบอื่นๆ

นมที่ได้จากสัตว์ที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ เรียกว่า mastitis milk ทำให้เชื้อเจริญได้ไม่ดี เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของนม กล่าวคือความเข้มข้นของน้ำตาลแลคโตสและโปรตีนที่ไม่ย่อยสลาย(unhydrolyzed)ลดลง ปริมาณคลอรีนสูงขึ้นและ pH สูงกว่านมทั่วไป นอกจากนี้ปริมาณเม็ดเลือดขาว (leucocyte) ที่มีอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในนมดังกล่าวยังยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย แต่การให้ความร้อนแก่นมจะทำให้เชื้อแลคติคเจริญได้ดีเหมือนเดิม

ส่วนน้ำนมเหลือง (colostrum)และน้ำนมที่ได้จากแม่วัวในช่วงปลายของระยะให้นม ก็ควรหลีกเลี่ยงการให้เนื่องจากจะไปทำให้หัวเชื้อสร้างกรดได้ลดลง

นอกจากนี้ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (solids-not-fat) ที่ฤดูกาลของการรีดนมแตกต่างกัน มีผลทำให้การเจริญและสมดุลของสายพันธุ์ในหัวเชื้อที่ใช้แตกต่างกันด้วย โดยทั่วไปแล้ว นมที่มีปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในระดับสูง จะส่งผลต่อการเจริญของเชื้อแลคติคที่ดีกว่าในนมที่มีปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในระดับต่ำ

(2) จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน

โดยทั่วไปจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน มีผลต่อการเจริญของเชื้อแลคติคก่อนการย่อยสลายขององค์ประกอบนม การเติมเชื้อจุลินทรีย์พวกที่สามารถเจริญในที่อุณหภูมิต่ำ(psychrotrophic organisms)ในนมก่อนจะช่วยเสริมการสร้างกรดของ *Streptococcus thermophilus, Lactobacillus bulgaricus, Streptococcus lactis* และ *Streptococcus cremoris* อย่างไรก็ตามการแยกเอาเชื้อจุลินทรีย์ที่เติมลงไปในช่วงต้นออกไปก่อนเป็นสิ่งจำเป็นต้องกระทำเพื่อให้การสร้างกลิ่นรสของเชื้อแลคติคเป็นไปด้วยดี

(3) สารปฏิชีวนะและสารเคมี

สารปฏิชีวนะต่างๆ ที่ให้แก่สัตว์ในระหว่างการติดเชื้อ อาจตกค้างอยู่ในนมได้ สารเหล่านี้จะยับยั้งการสร้างกรดได้ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของเชื้อแบคทีเรียรวมทั้งชนิดและปริมาณของสารปฏิชีวนะที่มีอยู่ เช่น ถ้าในนมที่มีเพนนิซิลลิน(penicillin),ออริโอมัยซิน (aureomycin),เทอร์รามัยซิน (terramycin) หรือสเตรปโตมัยซิน (streptomycin) ที่ระดับความเข้มข้น 0.005-0.05 หน่วย (International Units) ต่อมิลลิลิตร จะสามารถยับยั้งประสิทธิภาพการหมักของหัวเชื้อทั้งหมดหรือบางส่วนได้ ดังนั้นจึงควรใช้หัวเชื้อที่สามารถต้านทานสารปฏิชีวนะรวมทั้งอาจเติมสารต่างๆ เช่น สารสกัดจากตับอ่อน หรือเอนไซม์เหมือนเพนนิซิลลิเนส รวมลงไปด้วย อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติมักจะตรวจสอบและหลีกเลี่ยงการใช้นมที่มีสารปฏิชีวนะตกค้างอยู่ วิธีการทดสอบสารปฏิชีวนะที่รวดเร็วจะอาศัยหลักการที่ว่า ถ้ามีสารปฏิชีวนะตกค้างอยู่เพียงเล็กน้อยมาก จะสามารถยับยั้งการผลิตกรดแลคติคของเชื้อ *Bacillus stearothermophilus var.calidolactis* ในเวลา 2.5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสารเคมีที่ตกค้าง เช่น quaternary ammonium compound และคลอรีน ที่ใช้ในการสุขาภิบาล โรงงานจะทำให้การสร้างกรดของหัวเชื้อลดลง สารเหล่านี้แม้มีความเข้มข้น 1-5 พีพีเอ็ม ก็มีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องระมัดระวังเมื่อใช้สารเหล่านี้ในโรงงาน นอกจากนี้กรดไขมัน(C-10 ถึง C-16) ก็มีความสามารถในการยับยั้งหัวเชื้อเช่นเดียวกัน

4) การเปลี่ยนพฤติกรรมการหมัก

หลังจากการใช้หัวเชื้ออย่างต่อเนื่อง หัวเชื้ออาจเปลี่ยนกิจกรรมการหมักและให้ปริมาณกรดแลคติคลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมจากสิ่งแวดล้อม

เมื่อใช้จุลินทรีย์แช่แข็งหรือ lyophillized ในการเตรียมหัวเชื้อ อาจทำให้ความสามารถในการผลิตกรดลดลงอย่างมาก การใช้สารเคมีต่างๆเช่น กลีเซอรีน เอไซด์ (azide) และน้ำตาลซูโครสสามารถทำให้ความสามารถในการผลิตกรดกลับคืนมา อย่างไรก็ตาม การผลิตกรดจะถูกกระตุ้นให้เพิ่มขึ้นโดยเติมสารสกัดจากตับอ่อนในระดับความเข้มข้น 0.25% ก็ได้

5) กิจกรรมของ phage

การเข้าทำลายของไวรัสพวก bacteriophages หรือ phages เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เชื้อแลคติคผลิตกรดได้ช้าลง ทั้งนี้เพราะเมื่อ phageซึ่งแพร่เข้าไปอยู่ในเซลล์แบคทีเรียแล้วเพิ่มจำนวนขึ้นจนถึงระดับสูงสุด phage เหล่านั้นจะทำการย่อยสลาย เซลล์แบคทีเรียทำให้เซลล์แบคทีเรียแตกโดย phage จะใช้เวลาทั้งสิ้น 30.40 นาที ซึ่งมีผลทำให้การสร้างสารต่างๆ ของเชื้อแบคทีเรียหยุดลงจนกว่าจะมีแบคทีเรียที่ต้านทาน phage ได้ การหมักจึงจะดำเนินต่อไปได้

phage เป็นไวรัสสายพันธุ์เฉพาะประกอบด้วยหัว(ความกว้าง 70 นาโนเมตร) และหาง(200 นาโนเมตร x 30 นาโนเมตร) phage เข้าทำลายเชื้อ streptococci และเชื้อ lactobacilli โดยยึดหางติดกับผนังเซลล์ของแบคทีเรีย แล้วส่ง DNA จากส่วนหัวของ phage เข้าไปยังเซลล์จากนั้นจึงสังเคราะห์ phage ใหม่ขึ้นภายในเซลล์แบคทีเรีย และเมื่อ phage เพิ่มจำนวนได้สูงสุดแล้วจะทำการย่อยสลายเซลล์แบคทีเรียออกมา ตามปกติจะปล่อย phage ใหม่ออกมาถึง 200 อนุภาค ซึ่งจะเข้าทำลายและย่อยเซลล์แบคทีเรียอื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถควบคุม phage ในโรงงานนมหมักได้โดยใช้คลอรีน 200-300 พี

พีเอ็ม ทำความสะอาดเครื่องมือการแปรรูป รวมทั้งทำการรมห้อง เตรียมเชื้อด้วยคลอรีน 500-1000 พีพีเอ็ม นอกจากนี้การให้ความร้อนนม (75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรือ 80 องศาเซลเซียส 20 วินาที) ก็เพียงพอต่อการทำลาย phages ต่างๆ ที่ทำลาย lactic acid bacteria ได้

การเตรียมหัวเชื้อ

ในสหรัฐอเมริกานิยมใช้หัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็ง (frozen culture concentrate)อย่างแพร่หลาย เพราะสะดวกในการใช้ในโรงงานหมักนม อย่างไรก็ตามการอบรม พนักงานและให้ความรู้ในด้านหัวเชื้อแลคติคก็ยังมีความจำเป็น โดยเฉพาะประเทศที่ยังไม่ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านหัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็งอย่างเต็มที่ หรือในบางโรงงานที่ยังต้องซื้อหัวเชื้อชนิดดังกล่าวจากผู้จำหน่ายก็จำเป็นต้องพัฒนาผู้เชี่ยวชาญด้านจุลินทรีย์ในการเพิ่มจำนวนหัวเชื้อการเก็บรักษา และการควบคุมหัวเชื้อแลคติค เพื่อให้การหมักเป็นไปตามที่ต้องการ อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของ phage มักเตรียมจาก น้ำหางนม (whey) ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้คือ นมผงขาดมันเนย น้ำหางนม ทั้งนี้เพื่อปรับให้ปริมาณของแข็งในนมอยู่ 9-10% และสารอื่นๆ ที่ผสมต้องปราศจาก สารที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อ ซึ่งได้แก่ คลอรีน ไอโอดีน และสารประกอบ quaternary ammonium รวมทั้งสารปฏิชีวนะและ phage ดังที่ได้กล่าวถึงมาแล้ว อาหารเลี้ยงเชื้ออาจหาซื้อได้จากบริษัทที่จำหน่ายเชื้อ ซึ่งประกอบด้วยน้ำหางนมที่กำจัดแร่ธาตุลดลก นมผงขาดไขมัน ฟอสเฟต ซิเตรท และ growth factors ที่มีอยู่ในสารสกัดจากเซลล์ยีสต์ (yeast extracts)โดยฟอสเฟตทำหน้าที่ยึดจับกับประจุแคลเซียม (Ca^{++})เพื่อยับยั้งการเจริญของ phage ที่ต้องการ Ca^{++} ในการเจริญของ phage ได้ ส่วนซิเตรตเป็นสารที่ใช้สำหรับผลิตสาร diacetyl และเมื่อร่วมกับฟอสเฟตจะให้สภาพการเป็นบัฟเฟอร์ซึ่งช่วยรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ไม่ให้เปลี่ยนแปลงได้ง่าย

หัวเชื้อที่มีจำหน่ายในปัจจุบันอาจอยู่ในรูปของ lyophilized หรือหัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็ง ซึ่งอาจบรรจุภายในไนโตรเจนเหลวหรือน้ำแข็งแห้งก็ได้อย่างไรก็ตาม สำหรับหัวเชื้อเข้มข้นที่บรรจุอยู่ในรูปกระป๋องซึ่งต้องการเก็บในช่วงเวลาสั้นๆเช่น 4-6สัปดาห์ อาจเก็บหัวเชื้อในห้องแช่แข็งพิเศษที่ -40 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดกว่า ถ้าอัตราการใช้ของเชื้อในโรงงานสูงและมีการหมุนเวียนกระป๋องหัวเชื้อได้เหมาะสมหัวเชื้อเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้นแท่งแข็งอาจใช้สำหรับเตรียมหัวเชื้อในปริมาณสูงก่อนที่จะเติมลงในถังหมัก ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อหลายขั้นตอนลงในของผสมผลิตภัณฑ์

อย่างไรก็ตาม ในการใช้หัวเชื้อในการหมักควรต้องเข้าใจลักษณะการเจริญเติบโตของเชื้อก่อนเพื่อให้การควบคุมการสร้างกรดและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เป็นไปด้วยดีโดยอาศัยการปรับปรุงอัตราการถ่ายเชื้อ (inoculation rate) อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการหมัก รวมทั้งต้องรักษาสมดุลของสายพันธุ์ของเชื้อที่ใช้เพื่อให้ความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันยังคงมีอยู่

ความบกพร่องของหัวเชื้อ

การเจริญเติบโตของเชื้อแลคติคอย่างต่อเนื่อง ในระหว่างการหมักนั้นหัวเชื้อยังคงมีกิจกรรมสูงและรักษาคุณสมบัติเฉพาะได้ในช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น ต่อมาเชื้อแลคติคอาจสูญเสียกิจกรรมที่ต้องการอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ขึ้นกับความเข้ากันได้(compatibility)ของสายพันธุ์และสภาวะแวดล้อมทางกายภาพเป็นสำคัญ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการหมักจากสภาพปกติเราจะเรียกว่า ความบกพร่องของหัวเชื้อ (starter defects) ซึ่งอาจแบ่งออกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การสร้างกรดไม่เพียงพอ(insufficient acid development) เนื่องมาจากปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อดังกล่าวมาแล้ว

2.การสร้างกลิ่นรสที่น้อยเกินไปหรือผิดปกติ (insufficient or abnormal flavor development)กรดแลคติคที่ถูกสร้างขึ้นจะลด pH จนถึงระดับที่ diacetyl และสารประกอบอื่นๆจะถูกสร้างขึ้นในปริมาณที่มากพอในผลิตภัณฑ์ นมหมักซึ่งจะช่วยให้มีกลิ่นรสที่ดี ดังนั้นปัจจัยใดๆที่มีผลทำให้การสร้างกรดลดลงจะส่งผลกระทบทำให้การสร้างกลิ่นรสลดลงด้วย

กลิ่นรสที่ไม่ดี(flavor defects)ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างการหมัก ได้แก่ maltiness,metallic flavor,methyl sulfide flavor,green flavor และ fishy flavor

3.การสร้างเมือกและก๊าซ(ropiness and gassiness)นมที่มีลักษณะเป็นเมือกเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเชื้อ lactic streptococci หรือเนื่องจากมีเชื้อบางสายพันธุ์ที่สามารถสร้างเมือก เช่น *Leuconostoc ''mesinteroides'* ปนเปื้อนลงไป นอกจากนี้เชื้อปนเปื้อนที่เจริญในอุณหภูมิต่ำเช่น *'Alcaligenes viscolactis,Aerobacter aerogenes,*และ *Pseudomonas* ล้วนทำให้เกิดลักษณะที่เป็นความบกพร่องชนิดนี้

การสร้างก๊าซของเชื้อจะทำให้เกิดการสะสมก๊าซระหว่างการหมัก หัวเชื้อ ที่มีความสามารถในการสร้างก๊าซได้แก่*'Streptococcus lactis' sub sp.diacetylactis'* อาจปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาปริมาณมาก นอกจากนี้เชื้อปนเปื้อนในกลุ่มของ Escherichia-Enterobactor จะให้ผลต่อการเกิดก๊าซมากที่สุด

4.ความขม (bitterness)ข้อเสียนี้เนื่องมาจากกิจกรรมการย่อยสลายโปรตีนของหัวเชื้อบางสายพันธุ์ ซึ่งพบได้ในเชื้อที่ใช้ทำเนยเชดดาร์(cheddar cheese cultures)และอาจเป็นผลจากการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียที่ย่อยโปรตีนเช่น *Streptococcus liquefaciens* และเชื้อที่สร้างสปอร์ซึ่งโดยทั่วไปการให้ความร้อนนมตามปกติไม่สามารถทำลายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โยเกิร์ต (yogurt)

ชนิดของโยเกิร์ต

การแบ่งชนิดของโยเกิร์ตอาศัยหลักการต่อไปนี้

1. มาตรฐานกฎหมาย

มาตรฐานกฎหมายของโยเกิร์ต ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ เช่น เปอร์เซ็นต์ไขมัน ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (solid-not-fat หรือ SNF) หรือปริมาณของแข็งทั้งหมด ตามมาตรฐานของ FAO/WHO กำหนดให้ แบ่งชนิดของโยเกิร์ตตามปริมาณไขมันดังนี้ "full"(สูงกว่า 3.0%)"medium" (ประมาณ 3.0-0.5%) และ "low"(ต่ำกว่า 0.5%)

2. กรรมวิธีการผลิต

การผลิตโยเกิร์ตในอุตสาหกรรมมี 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ set yogurt และ stirred yogurt ขึ้นกับระบบการผลิตและโครงสร้างทางกายภาพของมวลที่ตกตะกอน (coagulum)โดยที่ set yogurt เป็นผลิตภัณฑ์ที่การหมักเกิดขึ้นในภาชนะบรรจุ (สำหรับการจำหน่ายปลีก)ลักษณะของ coagulum ที่ได้เป็นมวลเนื้อเดียวกันที่ต่อเนื่องและมีลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลว ส่วน stirred yogurt เป็นผลิตภัณฑ์ที่จะได้หลังจากการหมักเกิดขึ้นในถังหมักเรียบร้อยแล้ว ลักษณะของ coagulum ที่ได้จะแตกหรือแยกจากกันก่อนที่จะนำไปผ่านการให้ความเย็นหรือบรรจุ ตัวอย่างหนึ่งของโยเกิร์ตประเภท stirred yogurt นี้ได้แก่ นมเปรี้ยวหรือ fluid yogurt ซึ่งมีปริมาณของแข็งเพียง 11% หรือน้อยกว่า เป็นต้น สำหรับในภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนของกรรมวิธีการผลิต set และ stirred yogurt ประเภทที่มีไขมันต่ำ

3. กลิ่นรส

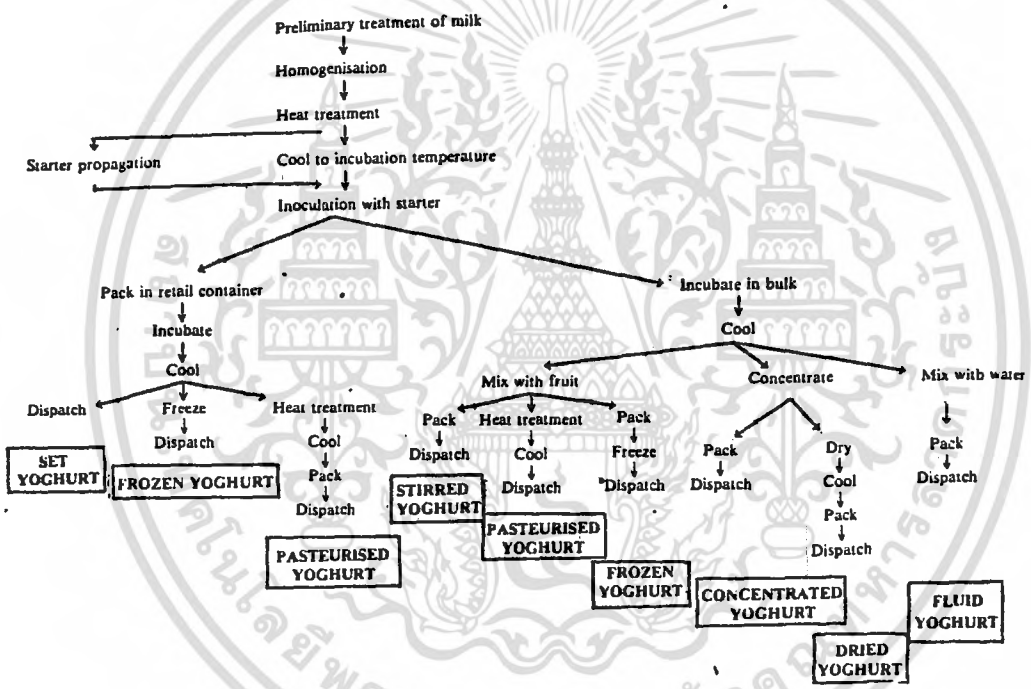
การเติมกลิ่นรสเข้าไปในโยเกิร์ตทำให้เกิดลักษณะผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันดังนี้คือ natural หรือ plain yogurt ซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิมมีรสชาติเปรี้ยวแหลม fruit yogurt ได้จากการเติมผลไม้และสารให้ความหวานใน natural yogurt และ flavour yogurt ได้จากการเติมกลิ่นรสและสีแทนส่วนของผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กระบวนการหลังการหมัก

ภายหลังการหมักเสร็จสิ้นแล้ว โยเกิร์ตที่ได้อาจนำไปผ่านกระบวนการต่าง ๆ

เช่น การให้ความร้อน การแช่แข็ง การทำให้เข้มข้น การทำแห้งหรือวิธีอื่น ๆ ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่าสารให้กลิ่นรส สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว และสีสามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์ใดก็ได้ และในกรณีของ fluid yogurt จะผลิตจากนมขาดไขมันที่มีปริมาณของแข็งตามที่ต้องการ



ภาพที่ 1 กระบวนการต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ

ที่มา : Robinson และ Tamine (1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ในโยเกิร์ต

หัวเชื้อเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตโยเกิร์ต ลักษณะที่ต้องการของหัวเชื้อโยเกิร์ตคือ ปลอดจากการปนเปื้อน เจริญได้ดีในส่วนผสมของนมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตให้กลิ่นรสที่ต้องการ โครงสร้างลักษณะเนื้อดี และต้านทานต่อphages และ สารปฏิชีวนะ ในการสร้างกลิ่นรส (flavor) และลักษณะของเนื้อสัมผัส (texture) ต้องใช้หัวเชื้อผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus thermophilus*

เมื่อใช้หัวเชื้อที่แช่แข็งในการผลิตโยเกิร์ต จำเป็นต้องบ่มหัวเชื้อเป็นเวลา 5 ชั่วโมงที่ 45 องศาเซลเซียส หรือ 11 ชั่วโมงที่ 32 องศาเซลเซียสหรือ 14-16 ชั่วโมงที่ 29-30 องศาเซลเซียสเสียก่อน

โดยทั่วไปหัวเชื้อที่ใช้ ประกอบด้วยเชื้อสายพันธุ์ผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ในสัดส่วนที่เท่ากัน แบคทีเรียเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพากันเมื่อใช้ร่วมกันที่เรียกว่า symbiosis โดยปกติจะให้เชื้อทั้งสองเจริญร่วมกันภายใต้สภาวะที่ควบคุมเพื่อให้ได้เชื้อจุลินทรีย์ ที่มีสมดุลที่ถูกต้อง

ลักษณะการพึ่งพาอาศัยกันของจุลินทรีย์เหล่านี้ในหัวเชื้อโยเกิร์ต คือเริ่มแรกเชื้อ Streptococci มีอุณหภูมิการหมักที่เหมาะสมที่ 40 องศาเซลเซียส ทำให้เชื้อเจริญขึ้นอย่างเด่นชัด ระหว่างการหมักช่วงแรกนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างขึ้นมา เชื้อ Streptococci เป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิด diacetyl และ สารประกอบที่คล้ายกันซึ่งมีผลต่อกลิ่นรสของครีมเนย(creamy/buttery)ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

เชื้อ Streptococci นี้จะช่วยกำจัดออกซิเจนออกจากนมซึ่งถ้าหากเหลืออยู่อาจก่อให้เกิดไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ การเจริญจะดำเนินต่อไปจนกระทั่งความเป็นกรดถึง pH 5.5 จะมีสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อ Lactobacilli ต่อไป

เชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* มีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญที่ 45 องศาเซลเซียสและยังให้ปริมาณกรดแลคติคที่มากพอที่จะสร้าง acetaldehyde ซึ่งให้กลิ่นรสเฉพาะของโยเกิร์ตได้ ในกรณีของโยเกิร์ตที่มีกลิ่นรสดีมาก จะมีปริมาณ acetaldehydeอยู่ 23-41 พีพีเอ็ม คิดเป็นสัดส่วนของสารประกอบที่ให้กลิ่น(volatile favour compound)ถึง 90% นอกจากนี้แล้ว เชื้อ Lactobacilli จะปล่อยกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อมิโนบางตัวที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ Streptococci อีกด้วย

หลังการหมักเสร็จสิ้นแล้ว โยเกิร์ตที่ได้จะมีลักษณะเนื้อที่แน่นข้น ที่เรียกว่า thickened yogurt ซึ่งจะถูกทำให้เย็นลงเป็น 4.5 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ตลอดระยะเวลาการจำหน่าย ณ อุณหภูมินี้แบคทีเรียยังคงมีชีวิตอยู่ แต่ กิจกรรมค่อนข้างจำกัด ทำให้การแบ่งตัวและสร้างกรดจะช้าลงมาก

ดังกล่าวมาแล้วว่าจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตโยเกิร์ตคือ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* แต่ในบางประเทศ เช่น นิวซีแลนด์หรือสวิตเซอร์แลนด์อาจยอมให้เชื้อแลคติคชนิดอื่นร่วมอยู่ด้วย อย่างไรก็ตาม จะต้องมีจุลินทรีย์ที่สำคัญสองชนิดนี้เสมอ ซึ่งลักษณะนี้ทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะที่เด่น ลักษณะการพึ่งพาอาศัยของหัวเชื้อทั้งสองนี้ อาจจะพิจารณาจากการสร้างกรดแลคติค จะเพิ่มขึ้นในระหว่างการผลิตโยเกิร์ตเมื่อใช้สายพันธุ์ผสมของเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus thermophilus* เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อดังกล่าวเพียงสายพันธุ์เดียวเท่านั้น นอกจากนี้ จำนวนเซลล์ที่เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งหน่วยเวลาของหัวเชื้อสายพันธุ์ผสม จะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับหัวเชื้อที่มีสายพันธุ์เดียว ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ผสมมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันนั่นเอง ในความเป็นจริงแล้วในหัวเชื้อผสมนี้จำนวนเชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะมีการเพิ่มจำนวนมากกว่า *Lactobacillus bulgaricus* เนื่องมาจากเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* จะย่อยโปรตีนแล้วให้กรดอมิโนพวก valine,glycine และ histidine ออกมาในนม ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อ *Streptococcus thermophilus* อีกต่อหนึ่ง

ในการสร้างสารให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตโดยหัวเชื้อสายพันธุ์ผสม พบว่าเชื้อ *Streptococcusthermophilus*จะสร้างกรดฟอร์มิคออกมาซึ่งเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* จะนำกรดฟอร์มิคนี้ไปใช้ในการสร้างสารที่ให้กลิ่นรสรวมทั้งacetaldehyde ออกมาด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* นี้เป็นตัวการสำคัญในการสร้างสารที่ให้กลิ่นรสในโยเกิร์ต แต่อย่างไรก็ตาม เชื้อ *Streptococcus thermophilus* ก็สามารถสร้างสารให้กลิ่นรสพวก acetaldehydeได้ด้วย แต่ปริมาณของ acetaldehyde ที่ได้จากเชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของสารดังกล่าวที่ได้จากเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อการเปลี่ยนแปลงของสารเกิดขึ้นที่อุณหภูมิการหมักปกติประมาณ 40 องศาเซลเซียส

ในระหว่างการหมัก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของเชื้อสายพันธุ์ผสมจะเท่ากับ 40-42 องศาเซลเซียสเนื่องจากอุณหภูมินี้หัวเชื้อโยเกิร์ตที่ผสมกัน สามารถมีกิจกรรมร่วมกันได้สูงสุด เนื่องจากหัวเชื้อทั้งสองชนิดมีคุณหภูมิการหมักที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกันคือ ที่อุณหภูมิการหมักเป็น 45 องศาเซลเซียส จะเหมาะสมสำหรับการสร้างกรดของเชื้อสายพันธุ์ *Lactobacillus bulgaricus* และที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียสจะเหมาะสมสำหรับ การสร้างกรดของเชื้อสายพันธุ์ *Streptococcus thermophilus* ในนมขาดมันเนยที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 10% และใช้หัวเชื้อ 2% จะเห็นว่าอัตราการสร้างกรดของหัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการหมักสูงขึ้น และสูงสุดที่อุณหภูมิ 40 และ 45 องศาเซลเซียสตามลำดับ โดยที่เชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะมีการสร้างกรดที่มากกว่า อย่างไรก็ตามเพื่อให้สัดส่วนของหัวเชื้อทั้งสองเป็น 1:1 ควรจะเลือกให้อุณหภูมิการหมักเป็น 42 องศาเซลเซียส แม้ว่าการสร้างกรดของหัวเชื้อผสมทั้งสองจะสูงสุดที่อุณหภูมิการหมัก ที่ 45 องศาเซลเซียสก็ตาม

ดังนั้นสามารถสรุปลักษณะของหัวเชื้อโยเกิร์ตได้ดังนี้

1. เชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะมีกิจกรรมสูงในการปล่อยกรดแลคติคในช่วงแรกของการหมัก ดังนั้นถ้าสามารถคัดเลือกเชื้อสายพันธุ์นี้ให้สามารถสร้างกรดได้อย่างรวดเร็วจะทำให้สามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก

2. สารอื่นๆที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของเชื้อนอกจากกรดแลคติคแล้วยังมีสารที่มีความสำคัญต่อการสร้างกลิ่นรส(aroma and flavor)ของโยเกิร์ตซึ่ง สารประกอบเหล่านี้ได้จากหัวเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ จึงจำเป็นต้องให้เชื้อทั้งสองชนิดนี้เจริญในสัดส่วนที่สมดุลกัน

ดังนั้น สิ่งที่สำคัญของหัวเชื้อโยเกิร์ตนอกจากจะให้แบคทีเรียที่มีชีวิตจำนวนมากแล้วหัวเชื้อยังจำเป็นต้องมีจำนวนเซลล์ที่สมดุลกันอีกด้วย อัตราการถ่ายเชื้อโดยทั่วไปจะให้ประมาณ 2% (v/v) ซึ่งสามารถทำให้การหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ภายใน 4 ชั่วโมง เพื่อให้นมมีจำนวนเชื้อแลคติค 30.40×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร การเลี้ยงเชื้อทั้งสองชนิดแยกกันจะเจริญได้ดีที่สุด แล้วจึงผสมกันเป็นหัวเชื้อก่อน การใช้แต่ในทางปฏิบัติจะนิยมใช้หัวเชื้อผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lactobacillus bulgaricus เท่ากัน

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าอัตราส่วนระหว่างจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดเริ่มต้นจะเท่ากับ 1:1 แต่อัตราส่วนนี้จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่อเชื้อ *Streptococcus thermophilus* เริ่มเข้าสู่การเจริญในระยะ logarithmic phase และจะมีเพียงกรดแลคติคที่สะสมอยู่ในนมเท่านั้น หลังจากนี้เชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* จะเจริญเป็นเชื้อที่เด่นขึ้นมา เมื่อสิ้นสุดการหมักจะมีระดับกรดแลคติค ประมาณ 0.90-0.95% และจำนวนเซลล์ในหัวเชื้อจะกลับมาสมดุลอีกครั้งหนึ่ง ปริมาณเซลล์ทั้งหมด (total colony count) ของเชื้อแลคติคอาจเกิน 2000×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร ซึ่งมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส(organoleptic quality)ของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ในตารางที่ 4 แสดงผลที่ได้ จากกิจกรรมของหัวเชื้อซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จำเป็นต้องระมัดระวังในการเลือกใช้สายพันธุ์ เชื้อแบคทีเรียและกิจกรรมที่เกิดขึ้นของหัวเชื้อในการเตรียมหัวเชื้อระดับใหญ่(bulk starter) นอกจากนี้ในหัวเชื้อที่จะถ่ายลงสู่ถังหมักยังจำเป็นต้องระมัดระวังในเรื่องของสารปฏิชีวนะที่ตกค้าง รวมทั้งสายพันธุ์ของเชื้อที่เข้ากันไม่ได้หรือไม่สมดุลกัน

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของการหมัก

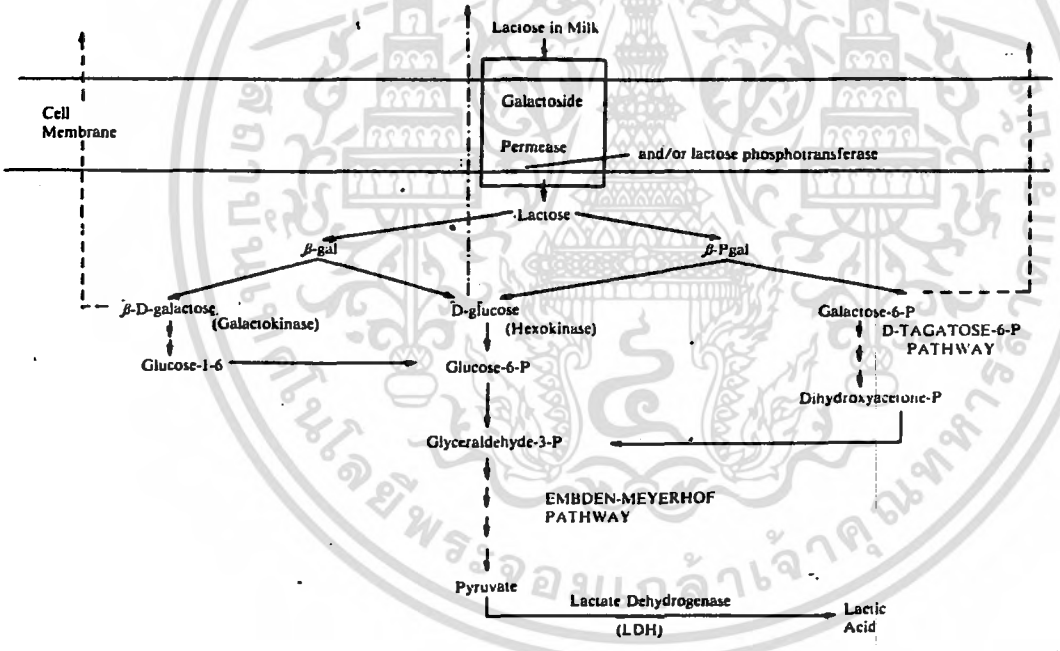
แนวทางการเปลี่ยนแปลง (metabolic pathway) ที่เกิดขึ้นในจุลินทรีย์ประกอบด้วยปฏิกิริยา หลายชนิด ซึ่งควบคุมโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆกัน การย่อยสลายสารอาหารที่มีอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และสารอื่นๆ ให้มีโมเลกุลที่เล็กลงก็จัดว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อจึงมีส่วนสำคัญต่อการเจริญและแข่งตัวของหัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* รวมทั้งกลิ่นรสและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ดังนั้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นโดยหัวเชื้อทั้งสองนี้ ย่อมนำไปสู่การผลิตโยเกิร์ตที่มีคุณภาพสูง ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตที่เกิดขึ้นเท่านั้น

แนวทางการเปลี่ยนแปลง (mitabolic pathways)

เชื้อแลคติคจะได้รับพลังงานจากการหมักคาร์โบไฮเดรตซึ่งได้แก่น้ำตาลแลคโตสที่มีอยู่ในนม ซึ่งการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสจะเกิดขึ้นภายในเซลล์ของหัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* โดยการนำน้ำตาลแลค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โตสผ่านผนังเซลล์ของหัวเชื้อทั้งสอง ซึ่งในกรณีนี้สันนิษฐานว่าจะอาศัยเอนไซม์กาแลคโตไซด์ เปอร์มีเอส (galactoside permease) จากนั้นเอนไซม์บีตาดี-กาแลคโตซิเดส (beta-D-galactosidase:β-gal) จะย่อยน้ำตาลแลคโตสภายในเซลล์นี้ให้เป็นน้ำตาลดี-กลูโคส (D-glucose) และ บีตา-ดี-กาแลคโตส (β-D-galactose) น้ำตาลดี-กลูโคสที่ได้จะเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติคภายในเซลล์ของหัวเชื้อทั้งสอง นอกจากนี้ เอนไซม์อีกชนิดหนึ่งคือ บีตา-ดี-ฟอสโฟกาแลคโตซิเดส (beta-D-phosphogalactosidase:β-Pgal) ก็จะย่อยน้ำตาลแลคโตสให้น้ำ ตาล-ดี-กลูโคสด้วย เช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงแนวทางการเปลี่ยนแปลงหลักๆ ที่เป็นไปได้ ในภาพที่ 2



ภาพที่ 9 แนวทางการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลแลคโตสของหัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus*

ที่มา : Tamine และ Robinson (1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างกรดแลคติค

หัวเชื้อ *streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* จะย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสให้เป็นกรดแลคติคดังกล่าวมาแล้ว ซึ่งสรุปได้ดังสมการต่อไปนี้

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \text{ ------> } 4\ C_3H_6O_3$$

Lactose Water Lactic acid

กรดแลคติคที่ได้มีความสำคัญต่อโยเกิร์ตคือ

(1) ย่อยสลาย casein micelles และตกตะกอนเคซีอีนที่พีเอช 4.6-4.7 รวมทั้งทำให้เกิดเจลของโยเกิร์ตดังกล่าวมาแล้วในตอนต้น

(2) กรดแลคติคจะให้รสชาติที่เฉพาะคือรสเปรี้ยวและแหลม (sharp and acidic taste) ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ทำให้ได้กลิ่นรสที่หอม

เชื้อแลคติคจะมีเอนไซม์แลคเตทดีไฮโดรจีเนส(lactate dybydrogenase: LDH) สำหรับสร้างกรดแลคติคจากกรดไพรูวิคที่ได้ในระหว่างการหมักนม กรดแลคติคที่ได้จะมีรูป (isomers) ที่แตกต่างกันคือเป็น L(+) หรือ L(-) ซึ่งจะมีโครงสร้างของอะตอมแตกต่างกันเฉพาะอะตอมคาร์บอนที่สองดังนี้

L (+) lactic acid D (-) lactic acid

โดยทั่วไปในการหมักโยเกิร์ต หัวเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้นั้น *Streptococcus thermophilus* จะให้กรดแลคติคในรูป L(+) (L(+)lactic acid) ขณะที่เชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* จะให้กรดแลคติคในรูป D(-) (D(-)lactic acid) แต่ในการหมักโยเกิร์ตนี้เชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะเจริญได้เร็วกว่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lactobacillus bulgaricus ดังนั้นกรดแลคติคในรูปของ L(+) จะเกิดขึ้นก่อน แล้วจึงเกิดกรดแลคติคในรูป D(-) ภายหลัง ด้วยเหตุนี้ เปอร์เซ็นต์ของกรดแลคติครูปต่างๆในโยเกิร์ตนี้ สามารถสรุปสภาพของการหมักที่เกิดขึ้นได้ดังนี้ คือ

1. โยเกิร์ตที่มีกรดแลคติคในรูป L(+) มากกว่า 70% แสดงว่าหัวเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพวก *Streptococcus thermophilus* หรืออุณหภูมิการหมักเกิดขึ้นที่ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส (ซึ่งเป็นอุณหภูมิการหมักที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Streptococcus thermophilus*) หรือโยเกิร์ตจะถูกทำให้เย็นลงที่ความเป็นกรดต่ำประมาณ 0.8% หรือน้อยกว่า

2. โยเกิร์ตที่ได้มีกรดแลคติคในรูป D(-)มากกว่ากรดแลคติคในรูป L(+)แสดงว่าจะบ่มหัวเชื้อที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงคือ 45 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า หรือหมักในเวลานานเกินไปทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีความเป็นกรดสูง หรือหัวเชื้อ มี *Lactobacillus bulgaricus* มากกว่าเชื้อ *Streptococcus thermophilus* โดยทั่วไปโยเกิร์ตมักจะมีกรดแลคติคในรูป L(+) ประมาณ 45-60% และกรดแลคติคในรูป D(-)ประมาณ 40-55% ซึ่งอัตราส่วนของ L(+):D(-) จะใช้ในการประเมินคุณภาพของโยเกิร์ต ทั้งนี้จากการหาอัตราส่วนของ L(+):D(-) ดังกล่าว ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่าจะมีค่าตั้งแต่ 0.35 (เปรี้ยวมาก)ถึง 8.28(กรดแลคติคในรูป L(+) เด่น) แต่โยเกิร์ตที่ดี (good yogurt) ควรมีอัตราส่วนนี้เท่ากับสอง อย่างไรก็ตาม การประเมินคุณภาพด้วยวิธีนี้ยังขึ้นกับความต้องการของผู้บริโภคในแต่ละท้องถิ่นด้วย

การเกิดสารให้กลิ่นรส

หัวเชื้อจะสร้างสารประกอบที่ให้กลิ่นรสต่างๆ ในโยเกิร์ตซึ่งจะพิจารณาตัวที่เป็นสารประกอบหลักๆ คือ กรดแลคติคและสารประกอบคาร์บอนิล(carbonyl compounds) พวก acetaldehyde,acetone,acetoin หรือ diacetyl จากการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างกลิ่นรสของหัวเชื้อ พบว่ากลิ่นรสของโยเกิร์ตเกิด จาก acetaldehyde และสารประกอบอื่นๆ ที่ยังแยกไม่ได้ และยังพบอีกด้วยว่า ระดับของ acetaldehyde ในโยเกิร์ตจะสูงขึ้นเมื่อใช้หัวเชื้อผสมของเชื้อ *Streptococcus thempophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ดังแสดงในตารางที่ 7

อย่างไรก็ตาม โยเกิร์ตที่มีกลิ่นรสที่ดีต้องมีปริมาณ acetaldehyde และ diacetyl รวมอยู่ด้วยซึ่งพบว่าโยเกิร์ตที่มี acetaldehyde เพียง 7 พีพีเอ็มไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อการให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตที่ต้องการและระดับของ diacetyl ในนมหมักจะสูงขึ้นได้เมื่อมีเชื้อ *Streptococcus lactis var.diacetylactis* ผสมอยู่ในหัวเชื้อ

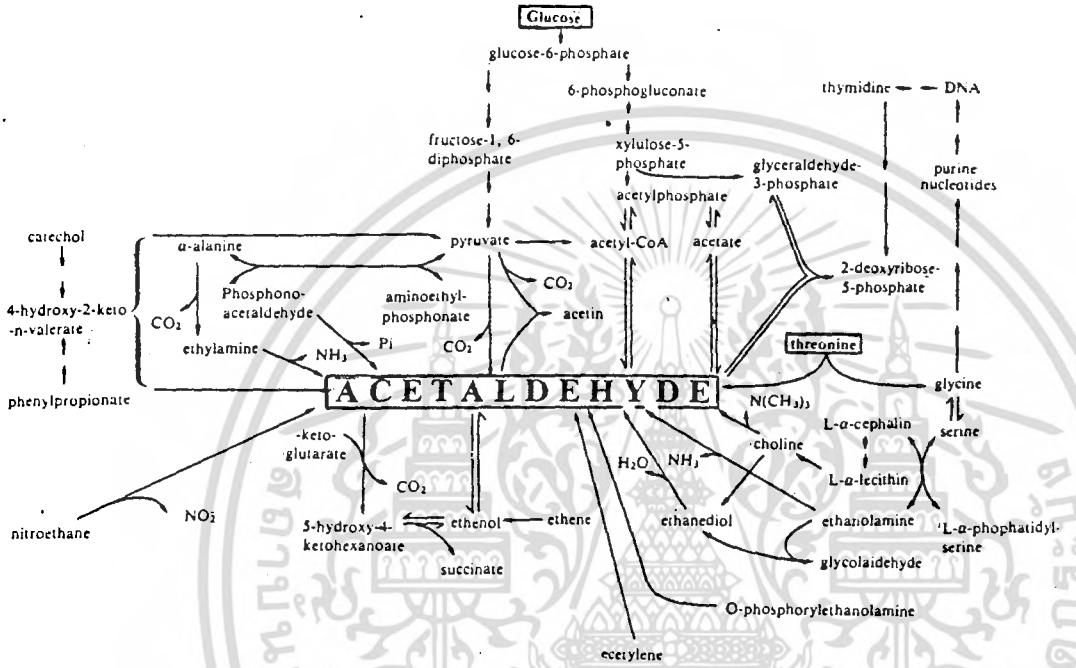
ปริมาณ acetaldehyde ที่มีในโยเกิร์ตจะขึ้นกับชนิดของนม(type of milk)ที่ใช้ (เช่น นมอุดมไขมันหรือขาดไขมัน)การให้ความร้อนและชนิดของนมที่ได้จากสัตว์ต่างๆกัน โดยนมวัวจะให้ปริมาณของ acetaldehyde มากที่สุด

ตารางที่ 7 ปริมาณของสารประกอบคาร์บอนิล(พีพีเอ็ม)ที่สร้างขึ้นจากหัวเชื้อโยเกิร์ต

Organism	Acetacehyde	Acetone	Acetoin	Diacetyl
S.thermophilus	1.0-8.3	0.2-5.2	1.5-7.0	0.1-13.0
L.bulgaricus	1.4-12.2	0.3-3.2	Trace-2.0	0.5-13.0
Mixed cultures	2.0-41.0	1.3-4.0	2.2-5.7	0.4-0.9

ที่มา:Tamime และ Robinson(1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงปฏิกริยาที่เกี่ยวข้อง ในการสร้างสาร acetaldehyde

ที่มา : Tamime และ Robinson (1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* จะสร้างสารให้กลิ่นรสในระหว่างการหมักและระดับของสารต่างๆที่ได้ จะขึ้นกับเอนไซม์ที่ใช้สังเคราะห์สารประกอบคาร์บอนิลจากองค์ประกอบที่มีอยู่ในนม ซึ่งองค์ประกอบของนมที่สำคัญในการสร้าง acetaldehyde คือน้ำตาลแลคโตส(โดยเฉพาะในส่วนของน้ำตาลกลูโคส)กรดอมิโนพวก threonineและmethionine จากภาพที่ 3 จะแสดงปฏิกริยาที่เกี่ยวข้องในการผลิต acetaldehydeโดยที่ หัวเชื้อทั้งสองจะสร้างสาร acetadehyde และ ethanol จากกลูโคส ด้วยเอนไซม์อัลดีไฮด์ ดีไฮโดรจีเนส(aldehyde dehydrogenase)และแอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส(alcohol dehydrogenase) ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของ threonine เกิดจากเอนไซม์ทรีโอนีน อัลโดเลส (threonine aldolase) ซึ่งจะเกิดใน lactobacilli มากกว่า streptococci และการ เปลี่ยนแปลงของ methionineไปเป็น acetaldehyde จะเกิดขึ้นในเชื้อ *Streptococcus thermophilus* เท่านั้น

การเก็บรักษาคุณภาพของโยเกิร์ต

ปกติโยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บประมาณ 10 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณกรดในโยเกิร์ตจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของหัวเชื้อที่มีอยู่ในโยเกิร์ตนั่นเอง แม้ว่ากิจกรรมของหัวเชื้อดังกล่าวจะต่ำมากก็ตาม ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไป และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคสุดท้ายหัวเชื้อแบคทีเรียจุลทำลายและโยเกิร์ตจะเกิดการแยกชั้นของ curd และ whey ซึ่งมีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ เช่น ยีสต์และราเจริญได้ ดังนั้นในการผลิตจึงควรระมัดระวังในเรื่องการปนเปื้อนของเชื้อราและยีสต์ในหัวเชื้อโยเกิร์ตรวมทั้งในระหว่างการบรรจุด้วย

ในปัจจุบันโยเกิร์ตที่ผลิตขึ้นล้วนมีการพัฒนาปรับปรุงรสชาติ และเนื้อสัมผัส เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น ดังนั้นการใช้วัตถุดิบต่างๆที่มีคุณภาพ การควบคุมกรรมวิธีการผลิตให้เป็นไปตามที่ตั้งไว้ รวมทั้งการใช้หัวเชื้อที่มีคุณภาพ ล้วนแต่มีผลให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และสุดท้ายยังเป็นการเพิ่มความนิยมในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการทำงาน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ นมโค เมล็ดถั่วเหลือง แป้งถั่วเหลือง สกัดไขมัน นมผงปราศจากไขมัน น้ำตาลฟรุคโตส สารคงตัว(stabilizer) คือ กัมและเจลาตินผสม

2. เชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ *Streptococcus thermophilus* TISTR 894 *Lactobaiclus bulgaricus* TISTR 892 และหัวเชื้อจุลินทรีย์จากบริษัทโฟรโมสต์อาหารนม(กรุงเทพ)จำกัด.

3. สารเคมี ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมซัลเฟต กรดซัลฟุริก กรดบอริค ฟีนอล์ฟชาลีน บรอมกลีซอลกรีน เมธิลเรด กลูโคส เปปโตน ยีสต์สกัด โซเดียมอะซิเตท แมกนีเซียมซัลเฟต-7-ไฮเดรท แมงกานีส(IV)ซัลเฟต-4-ไฮเดรท วุ้นผง

4. เครื่องมือ ได้แก่ เครื่องมือชุดวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (Kjeltec system 1002 distilling Unit) หม้อนึ่งความดันไอฆ่าเชื้อ (auto clave) ตู้บ่มเชื้อ (incubator)เครื่องชั่งละเอียด ตู้อบอุณหภูมิ (hot sir oven)เครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter model Hanna-instumints 8417) บิวเรต (auto -buret) แผ่นความร้อน (hot-plate) เครื่องปั่น (blender) เทอร์โมมิเตอร์(thermometer)เครื่องแก้วและอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. เพื่อศึกษา ชนิดของ starter ที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

การทดลองนี้ ได้มีการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง โดยเปรียบเทียบชนิดของ starter 2 ชนิด คือหัวเชื้อจุลินทรีย์จากบริษัทโฟรโมสต์อาหารนม(กรุงเทพ) จำกัด (starter 1)และหัวเชื้อจุลินทรีย์ผสมระหว่าง *Lactobacillus bulgaricus* TISTR 894 และ *Streptococcus thermophilus* 1:1(starter 2) ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1.1 การเตรียมนมถั่วเหลือง

ชั่งนมถั่วเหลือง 0.5 กิโลกรัมใส่ในหม้อ นำไปแช่น้ำกลั่น 1.5 ลบ.ดม.ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 ชั่งโมง จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้ง รินน้ำออกแล้วเติมน้ำกลั่นเดือด 3 ลบ.ดม. นำมาบดทันทีเป็นเวลาหลายนาทีด้วย blender จนละเอียด จากนั้น กรองถั่วเหลืองที่ได้ผ่านผ้าขาวบาง แล้วเติมน้ำกลั่น 450 ลบ.ซม.ต้มให้เดือดเป็นเวลา 5 นาที(Lee และคณะ,1990)

1.2 กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

ชั่งนมผงปราศจากไขมันร้อยละ 3.8 และน้ำตาลฟรุคโตสร้อยละ 3 ผสมให้เข้ากันก่อนเทลงในน้ำนมถั่วเหลือง ให้ความร้อนจนละลายหมด ปั่นของเหลวโดยใช้ blenderเป็นเวลา 4 นาที จากนั้นทำให้เย็นที่ 45 องศาเซลเซียส ใน Ice-bath ถ่ายเชื้อจุลินทรีย์ผสมระหว่าง *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* 1:1 บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็น เวลา 16 ชั่วโมง ส่วนนมถั่วเหลืองที่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากบริษัทโฟรโมสต์อาหารนม (กรุงเทพ) จำกัด บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้น เก็บในที่เย็น 4 องศาเซลเซียส (Lee และคณะ,1990)

2. เปรียบเทียบคุณภาพของโยเกิร์ตที่ผลิตจากนมถั่วเหลืองกรรมวิธีต่าง ๆ และโยเกิร์ตจากนมโค

การทดลองในขั้นนี้ จะทำการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง เปรียบเทียบกับโยเกิร์ตจากนมโค โดยใช้ starter ที่เหมาะสม ที่คัดเลือกได้จากผลการทดลองในข้อ 1 สำหรับการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง จะมีการเปรียบเทียบระหว่างการใช้ถั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลืองทั้งเมล็ดและแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิต ดังต่อไปนี้

2.1 การเตรียมนมถั่วเหลืองจากเมล็ดถั่วเหลือง

ใช้วิธีเช่นเดียวกับที่กล่าวในข้อ 1.1

2.2 การเตรียมนมถั่วเหลืองจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน

นำแป้งนมถั่วเหลืองสกัดไขมัน 0.25 ลบ.ดม.ผสมน้ำกลั่น 308 ลบ.ดม.จากนั้นตวงของเหลวที่เตรียมได้ 2 ลบ.ดม.นำมาปั่นด้วย blenderเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นต้มให้เดือดเป็นเวลา 5 นาที (Cheng และคณะ,1990)

2.3 กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

ชั่งนมผงปราศจากไขมันร้อยละ 3.8 น้ำตาลฟรุคโตสร้อยละ 3 ผสมให้เข้ากันก่อน เทลงในน้ำนมถั่วเหลือง ให้ความร้อนจนละลายหมด ปั่นของเหลวด้วย blenderเป็นเวลา 4 นาที จากนั้นทำให้เย็นที่ 45 องศาเซลเซียส ใน ice bath ถ่าย starter ที่เหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ได้ จากผลการทดลองในข้อ 1 ทำการบ่มเช่นเดียวกับข้อ 1.2

2.4 กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตจากนมโค

นำน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ 1000 ลบ.ซม. มาอุ่นที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีใน water bathโดยใช้วิธี indirect heat (จับเวลาหลังจากอุณหภูมิถึง 40 องศาเซลเซียส)จากนั้น homogenized นมที่อุ่นได้ โดยใช้ blenderผสมนมผงปราศจากไขมันร้อยละ 3.8 (ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 36 และน้ำตาลแลคโตสร้อยละ 52 ของน้ำหนักแห้ง)น้ำตาลฟรุคโตสร้อยละ 3 ให้เข้ากันก่อนผสมของแห้งลงในนมที่ผ่านการอุ่น และ homogenized ต่อโดยใช้ blenderเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นให้ความร้อนแก่สารผสมที่ 82 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ใน Separate Erlenmeyer flasks ทำให้เย็นใน ice-bath แล้วทำการถ่าย starter ที่เหมาะสมบ่มตามเวลาที่กำหนดไว้เช่นเดียวกับ ข้อ 1.2 หลังจากนั้นเก็บในที่เย็น 4 องศาเซลเซียส

3. เพื่อหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารคงตัว (stabilizer)สำหรับใช้ในการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

ในการทดลองขั้นนี้ จะทำการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองโดยกรรมวิธีเหมาะสมในการเตรียมนมถั่วเหลืองจากผลการทดลองในข้อ 2 และใช้ starter ที่เหมาะสมที่ได้จากผลการทดลองในข้อ 1 โดยใช้ปริมาณสารคงตัว(stabilizer)คือสารผสมระหว่างกัมและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

gelatin ต่างๆกันปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 0.0,0.5,1.0,1.5 ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตต่อไปนี้

เตรียมนมถั่วเหลืองโดยกรรมวิธีที่เหมาะสมดังกล่าว นำมาผสมของแห้งที่ผสม ให้เข้ากันก่อน คือนมผงปราศจากไขมันร้อยละ 3.8 น้ำตาลฟรุคโตสร้อยละ 3 และปริมาณ stabilizerในระดับต่างๆดังกล่าวข้างต้น ให้ความร้อนแก่สารผสมจนละลาย จากนั้นทำการปั่นของเหลว 4 นาที ทำให้เย็นลงที่ 45 องศาเซลเซียสใน ice bath ถ่าย starter ชนิดที่คัดเลือกได้ว่า เหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง จากข้อ 1 ทำการบ่มเช่นเดียวกันแล้วนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

หลังจากที่ผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองแล้ว จะนำมาตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อดูการยอมรับของผู้บริโภค โดยวิธี Scoring of intensity Test วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IRRISTAT เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี (Least significant difference) คำนวณค่า coefficient of variation (%CV)

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี

โยเกิร์ตที่ผลิตได้จะถูกนำมาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี โดยการวัดปริมาณกรดแลคติคที่เกิดขึ้น โดยวิธี A.O.A.C.1984 การวัดความเป็นกรด- ด่าง โดยเครื่อง pH meter model Hanna instument 8417 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยใช้เครื่องมือชุดวิเคราะห์ไนโตรเจน (Kjectec system 1002 distilling Unit) การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดโดยวิธี A.O.A.C.1984

หลังจากที่ได้โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแล้ว จะทำการทดลองเพื่อเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภค โดยการทดลองผสมแยมผลไม้ ในลักษณะ set -type ประมาณ 15 g เพื่อทดสอบการยอมรับด้านรสชาติ การระงับกลิ่นถั่ว เนื้อความหวาน มีความชอบรวมเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
ผลการทดลองและวิจารณ์

1.การค้นคว้าชนิดของstabilizer ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

จากการทดลองผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง โดยใช้ชนิดของ starter ที่ต่างกัน คือ starter จากบริษัทโฟรโมสต์อาหารนม(กรุงเทพ)จำกัด และเชื้อ starter จาก Bangkok MIRCEN แล้วนำโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ผลิตได้ มาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธีScoring of Intensity Test ได้ผลการทดสอบดังนี้

ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองโดยเปรียบเทียบระหว่างชนิดของ starter คือ starter 1 (จากบริษัทโฟรโมสต์อาหารนม (กรุงเทพ)จำกัด) และ starter 2 (เชื้อจุลินทรีย์ผสมระหว่าง *Lactobacillus bulgaricus* TISTR 892 และ *streptococcus thermophilus* TISTR 894) ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่1 โดยใช้ผู้ชิม 12 คน มีคะแนนความชอบตั้งแต่ 1-5 คะแนนโดย 1 คะแนนหมายถึงไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คะแนนหมายถึง ชอบมากที่สุด จากตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่าโยเกิร์ตจาก นมถั่วเหลืองที่ผลิตโดยใช้ starte 1 มีคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นหอมของ โยเกิร์ต เนื้อสัมผัสและความชอบรวมสูงกว่าโยเกิร์ตที่ผลิตโดยใช้ starter 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยคะแนนความชอบทาง ด้านกลิ่นหอมของโยเกิร์ต เนื้อสัมผัสและความชอบรวมของโยเกิร์ตที่ผลิตโดยใช้ starter 1เป็น2.67 ,3.17 ,และ 2.25 ตามลำดับ ส่วนโยเกิร์ตที่ผลิตโดยใช้ starter2 มีคะแนนความชอบดังกล่าวเป็น 1.92 ,1.75และ 1.33 ตามลำดับ สำหรับคะแนนการยอมรับในด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นถั่ว ความเปรี้ยว ความหวาน ของโยเกิร์ตที่ผลิตโดยใช้ starter 1และ starter 2 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ในการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง ได้เคยมีผู้รายงานไว้คือ Chengและคณะ (1990) ได้ทดลองผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองโดยใช้เชื้อ starter คือ *streptococcus thermophilus* (ATCC 987) และ *Lactobacillus casei* (ATCC 893)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลอง

ตารางที่ 8 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตซึ่งผลิตโดย Starter 1 และ Starter 2

ตัวอย่าง	ปัจจัยคุณลักษณะ								
	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นถั่ว	กลิ่นหอมของโยเกิร์ต	ความเปรี้ยว	ความมัน	ความหวาน	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
				(1)				(1)	(1)
starter1	4.25	3.25	2.75	2.67	4.25	2.58	1.67	3.17	2.25
starter2	4.42	2.33	2.58	1.92	4.42	2.42	1.66	1.75	1.33
				(2)				(2)	(2)
F Value	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	*
LSD 5%	0.70	0.52	0.65	0.49	0.70	0.56	0.41	0.52	0.40

คะแนนเฉลี่ย 12 ซ้ำ

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

LSD เปรียบเทียบปัจจัยคุณภาพด้านต่างๆของโยเกิร์ตที่ผลิตจาก starter 1 และ starter 2

* หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติ

ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บ หมายถึง ลำดับขั้นของความชอบ

หมายเหตุ starter1 คือ เชื้อจุลินทรีย์จากบริษัท โฟโมสต์อาหารนม(กรุงเทพ) จำกัด

starter2 คือ เชื้อจุลินทรีย์จาก Bangkok MIRCEN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตจากนมโค พบว่ากลิ่นของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง และนมโค ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่โยเกิร์ต จากนมถั่วเหลืองมีสีเหลืองและแข็งกว่าโยเกิร์ตจากนมโค

จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าเชื้อ starter จากบริษัทโฟรโมสต์อาหารนม(กรุงเทพ)จำกัด มีคะแนนความชอบเนื้อสัมผัส กลิ่นรส ดีกว่าเชื้อ starter จาก Bangkok MIRCEN เนื่องจากเชื้อ starter จากบริษัทโฟรโมสต์อาหารนม (กรุงเทพ)จำกัดนั้น ได้ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในทางการค้า มีการพัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์ มีความสามารถในการผลิต กรด มีอัตราการเจริญเติบโต ความต้านทานต่อสารปฏิชีวนะและฟาจ(phage) และมี ความสามารถในการสร้างกลิ่น-รส และลักษณะเนื้อสัมผัสเฉพาะของผลิตภัณฑ์ ส่วนเชื้อ จุลินทรีย์จาก Bangkok MIRCEN นั้นยังไม่ได้มีการศึกษาคุณสมบัติของเชื้อดีพอสำหรับการ ผลิตโยเกิร์ต

2.<u>การเปรียบเทียบคุณภาพของโยเกิร์ตที่ผลิตจากจากนมถั่วเหลืองกรรมวิธีต่าง ๆ และโยเกิร์ตจากนมโค</u>

จากการทดลองศึกษากรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง โดยการใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันและการใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดได้ผลแสดงดังตารางที่ 9 โดยใช้ผู้ชิม 12 คน มีคะแนนความชอบตั้งแต่ 1-5 คะแนน โดย 1 คะแนนหมายถึงไม่ชอบมากที่สุดและ 5 คะแนนหมายถึง ชอบมากที่สุด ซึ่งในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ต จากนมถั่วเหลือง เปรียบเทียบกับโยเกิร์ตจากนมโคเป็นมาตรฐาน พบว่า โยเกิร์ต ที่ใช้ถั่ว เหลืองทั้งเมล็ด มีการยอมรับด้านสี ลักษณะที่ปรากฏ เนื้อสัมผัส สูงกว่า โยเกิร์ตที่ใช้แป้ง ถั่วเหลืองสกัดไขมันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กล่าวคือคะแนนความชอบธรรมในด้านสี ลักษณะที่ปรากฏ เนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตที่ใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดเป็น 3.00 ,2.58 และ 1.83 ตามลำดับ ส่วนโยเกิร์ตที่ใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน มีคะแนนความชอบดังกล่าว เป็น 2.25, 1.33 และ 1.16 ตามลำดับ ส่วนลักษณะด้านกลิ่นถั่ว กลิ่นโยเกิร์ต ความเปรี้ยว ความมันและความหวาน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับความเชื่อ มั่นร้อยละ 95

การที่โยเกิร์ตที่ใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมสูงกว่าโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน เนื่องจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันจะมีบางส่วน ที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ทำให้เกิดการแยกชั้น ตกตะกอน และมีอนุภาคเม็ดแป้งคงอยู่ เมื่อนำมาผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองจะมีสีเหลืองเด่นชัด เมื่อทดลองชิมจะมีความรู้สึกสากลิ้นเหมือนเม็ดทรายในปาก ดังนั้นจากการทดลองในขั้นนี้จึงพอสรุปได้ว่า การใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง สำหรับผลิตโยเกิร์ตนั้นได้ผลดี แต่อย่างไรก็ตามโยเกิร์ตที่ผลิตได้ยังมีกลิ่นถั่วอยู่บ้าง ซึ่งไม่เป็นที่พึงปรารถนาของผู้บริโภค ฉะนั้น จึงได้มีการทดลองปรับปรุงการดับกลิ่นถั่วลง ตามวิธีของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (2527) ดังนี้คือ ขั้นแรกทำ การแช่เมล็ดถั่วเหลืองในน้ำอุณหภูมิสูงตั้งแต่ 60-80 องศาเซลเซียสเวลาประมาณ 5-6 ชั่วโมง และมีการเปลี่ยนน้ำที่ใช้แช่ถั่วทุก 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการลอกเปลือกหุ้มถั่วออกให้หมด เมื่อแช่ครบกำหนดเวลา และล้างด้วยน้ำบริสุทธิ์ให้หมดเมือกลิ่น นอกจากนั้น Lee และคณะ(19900) ได้แนะนำให้มีการเติมสารแคลเซียมซัลเฟต ในอัตราร้อยละ 0.15 ต่อปริมาตรน้ำนมถั่วเหลือง

จากการทดลองของ Cheng และคณะ ได้รายงานว่า การใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันผลิตโยเกิร์ต โยเกิร์ตที่ได้จะมีกลิ่นหอมของโยเกิร์ต และมีกลิ่นถั่วเมื่อทดสอบ พบว่ามีรสฝาด และคล้ายมีเม็ดทรายในปาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ ฉะนั้นจากผลการทดลองที่ได้จากข้อ 1และข้อ 2 จึงพอสรุปได้ว่าในการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองควรใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด ในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองสำหรับการผลิตโยเกิร์ต และใช้ starter ที่ให้ลักษณะของโยเกิร์ตที่ดี คือ starter จากบริษัทโฟรโมสต์ (อาหารนม) จำกัด อย่างไรก็ตามโยเกิร์ตที่ได้ก็ยัง มีลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น ยังไม่ดีพอ จึงควรปรับปรุงคุณภาพต่อไป โดยทดลองเติม สารคงตัวในปริมาณต่างๆกัน ดังผลการทดลองในข้อถัดไป

3.<u>การหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารคงตัว (stabilizer) สำหรับใช้ในการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง</u>

ในการทดลองนี้ ได้มีการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองโดยใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด ซึ่งได้ทดลองในข้อ 2 แล้วว่าเหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตมากกว่าแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน ส่วน starter ที่ใช้ คือ starter จากบริษัทโฟรโมสต์อาหารนม(กรุงเทพ) จำกัดซึ่งคัดเลือกได้จากผลการทดลองในข้อ 1 นำมาผลิตโยเกิร์ต โดยมีการเติมสารคงตัว(stabili

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด และโยเกิร์ตที่ใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

ตัวอย่าง	ปัจจัยคุณลักษณะ								
	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นถั่ว	กลิ่นหอมของโยเกิร์ต	ความเปรี้ยว	ความมัน	ความหวาน	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
โยเกิร์ตใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด	3.00 (2)	2.85 (2)	3.42	2.17	2.25	2.17	1.83	1.83 (2)	1.83 (2)
โยเกิร์ตใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน	2.25 (1)	1.33 (1)	3.42	2.17	2.42	1.25	1.75	1.17 (1)	1.25 (1)
F Value	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
LSD 5%	0.62	0.30	0.43	0.42	0.41	0.35	0.35	0.33	0.35

คะแนนเฉลี่ย 12 ซ้ำ

ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บ หมายถึง ลำดับขั้นของความชอบ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

LSD เปรียบเทียบปัจจัยคุณภาพด้านต่างๆของโยเกิร์ตที่ผลิตจากถั่วเหลืองทั้งเมล็ด และที่ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

zer) ชนิดกัมและเจลลาตินผสมในระดับต่างๆกัน 0.0 0.5 1.5 และ2.0 ทำการเปรียบเทียบโยเกิร์ตที่ผลิตได้ โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Scoring of intensity test ได้ผล แสดงดังตารางที่ 10ใช้ผู้ทดสอบชิม 12 คน มีคะแนนความชอบตั้งแต่ 1-5 คะแนน โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด ซึ่งพบว่า โยเกิร์ตที่เติมสารคงตัวร้อยละ 1.0 มีคะแนนการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมสูงกว่าโยเกิร์ตที่เติมสารคงตัวระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95โยเกิร์ตที่ผลิตโดยใช้ปริมาณสารคงตัวร้อยละ 0.0,0.5, 1.0 และ 1.5 มีคะแนนความชอบเนื้อสัมผัส 2.42 ,3.00 , 4.42 และ 4.25 ตามลำดับ และมีคะแนนความชอบรวม 2.33 ,2.25 ,4.58 และ 3.50 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่ปริมาณสารคงตัวร้อยละ 1.0จะมีคะแนนความชอบ เนื้อสัมผัสและคะแนนความชอบรวมสูงสุด คือ 4.42 และ4.58 ตามลำดับ คุณลักษณะอื่นๆของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง ซึ่งได้แก่ สี ลักษณะที่ปรากฏ กลิ่นถั่ว กลิ่นหอมโยเกิร์ต ความเปรี้ยว ความมัน และความหวาน พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 10

นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่างๆชนิดของน้ำนมต่างๆกัน ดังแสดงในตารางที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองเติมสารคงตัว(stabilizer) ลงในปริมาณต่าง ๆ กัน

ตัวอย่าง (ปริมาณสารคงตัว (ร้อยละ))	ปัจจัยคุณลักษณะ								
	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นถั่ว	กลิ่นหอมของโยเกิร์ต	ความเปรี้ยว	ความมัน	ความหวาน	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
								(1)	(2)
0.0	1.83	2.42	2.00	3.25	2.92	2.50	2.50	2.42	2.33
								(2)	(2)
0.5	2.50	3.00	2.17	3.33	2.92	2.42	2.42	3.00	2.25
								(4)	(4)
1.0	2.17	4.42	2.00	3.42	2.83	2.58	2.58	4.42	4.58
								(3)	(3)
1.5	2.33	4.25	2.17	3.42	2.58	2.58	2.56	4.25	3.50
F.value	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
LSD(5%)	0.38	0.33	0.35	0.54	0.59	0.42	0.42	0.56	0.41

คะแนนเฉลี่ย 12 ซ้ำ

ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บ หมายถึง ลำดับขั้นของความชอบ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

LSD เปรียบเทียบปัจจัยคุณลักษณะต่างๆของโยเกิร์ตที่ผลิตจากถั่วเหลืองทั้งเมล็ด และความเข้มข้นของสารคงตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต*

ตัวอย่าง	pH	% Lactic	% โปรตีน	% Ts
นมโค	6.88	0.15	1.96	11.73
นมถั่วเหลืองจากถั่วทั้งเมล็ด	6.91	0.13	1.32	11.40
นมถั่วเหลืองจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน	6.87	0.14	1.34	12.73
โยเกิร์ตจากนมโค	3.88	0.67	2.10	13.11
โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองจากถั่วทั้งเมล็ด	3.73	0.84	1.56	13.03
โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน	3.68	0.76	1.43	13.20

* ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 11 เราจะพบว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันมี ปริมาณของแข็งแห้งมากที่สุด คือ 13.2 % ซึ่งทำให้ได้โยเกิร์ตที่แข็งกว่าโยเกิร์ต จากนมโค และโยเกิร์ตจากถั่วทั้งเมล็ด ส่วนเปอร์เซ็นต์ของกรดแลคติก โยเกิร์ต นมถั่วเหลืองจากถั่วทั้งเมล็ดมีค่าสูงสุดคือ 0.84% ซึ่งมีรสชาติเปรี้ยวที่สุดหลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสเวลา 6 ชั่วโมงส่วนค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนของน้ำนมชนิดต่างๆ จะมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากนำไปผลิตเป็นโยเกิร์ต ซึ่งน่าจะมีผลจากกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติคทำให้โปรตีนตกตะกอนจับตัวเป็นเคิร์ด (curd) มีการเพิ่มปริมาณนมผงปราศจากไขมัน เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็ง ซึ่งเป็น การเพิ่มสารโปรตีนในโยเกิร์ต จึงน่าจะมีการศึกษาว่ามาจากสาเหตุใด (Greig และ Van Kam (1984) ได้ทดลองพบว่า stabilizer gum ซึ่งเป็นสารคงตัวชนิดหนึ่งถูกนำมาใช้ในการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้เป็นที่ยอมรับมากที่สุด ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การทดสอบผลการประเมินด้านประสาทสัมผัสแบบ Scoring of intensity Test โดยวิธีวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) 12 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างทางสถิติแบบ LSD (Least significant differrent) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า

โยเกิร์ตที่ผลิตโดยใช้ starter จากบริษัทโฟรโมสต์อาหารนมมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นหอมของโยเกิร์ต เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงกว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากเชื้อจุลินทรีย์ Bangkok MIRCEN อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนคะแนนความชอบด้าน สีกลิ่นถั่ว ความเปรี้ยว ความมัน และความหวาน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การศึกษากรรมวิธีการเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองพบว่า โยเกิร์ตที่เตรียมจากน้ำนมถั่วเหลืองโดยถั่วเหลืองทั้งเมล็ด มีคะแนนความชอบด้าน สี ลักษณะที่ปรากฏ เนื้อสัมผัสสูงกว่าโยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำนมถั่วเหลืองโดยแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันอย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารคงตัว ในการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง พบว่าที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีคะแนนความชอบด้าน เนื้อสัมผัส ความชอบรวม สูงกว่าโยเกิร์ตที่เติมสารคงตัวที่ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้เป็นการทดลองเบื้องต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลในการแก้ไขปรับปรุง ตลอดจนปัจจัยที่ควรคำนึงถึงเพื่อเป็นการพัฒนาในระดับอุตสาหกรรม และหาแนวทางในการศึกษา ปรับปรุงโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองต่อไป

How และ Morr (1990) ได้รายงานการใช้ถ่านกัมมันต์เพื่อดูดซับสารประกอบฟีนอลอิสระและกลิ่นรสที่ไม่ต้องการอื่น ๆ จากนมถั่วเหลือง จึงน่าจะได้มีการศึกษาต่อไป โดยอาจพัฒนาเป็นโยเกิร์ตแช่แข็ง (Frozen Yogurt) ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 ภาพแสดงโยเกิร์ตจากนมโค และ โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ GYP agar.

(Sodium acetate mineral salt agar)

ส่วนประกอบ

Glucose	10.0 g
Yeast extract	10.0 g
Peptone	10.0 g
Solution B(see below)	5 ml
Agar.	12.0 g
Distilled water	1.0 L
$CaCo_3$	10.0 g
Adjust pH to	6.8

solution B

$MgSO_4$ $7H_2O$	0.2 g
$FeSO_4$ $7H_2O$	10.0 mg
$MnSO_4$ $4H_2O$	10.0 mg
NaCl	10.0 mg
Distilled water	1.0 L

2. อาหารเลี้ยงเชื้อ GYP broth

ส่วนประกอบจะเหมือนอาหารแข็ง แต่ไม่ต้องเติม agar ลงไปใส่ในส่วนประกอบของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของโยเกิร์ต ตามวิธีของ A.O.A.C.(1984)

1. pH-ของโยเกิร์ต

-ใช้ Glass electrodeจุ่มลงในเนื้อของนมเปรี้ยวแล้วอ่านค่า pH ออกมา

2. การหาของแข็งทั้งหมดในโยเกิร์ต (% Total Solid in Yoghurt)

-ใช้กระดาษฟอยล์ ซึ่งสอดไส้ด้วยกระดาษกรอง แล้วชั่งจนได้น้ำหนักคงที่

-เกลี่ยโยเกิร์ตโดยประมาณ 1-2 กรัม ลงบนกระดาษกรองแล้วชั่งจากน้ำหนักคงที่ของโยเกิร์ต

-อบใน Hot air oven อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5-2 ชั่วโมง

-ชั่งจนได้ นน.คงที่ แล้วนำไปคำนวณหา%ของแข็งในโยเกิร์ตต่อไป

$$\%\text{ของแข็งทั้งหมด} = \frac{\text{นน.ของโยเกิร์ตที่ชั่งครั้งสุดท้าย}}{\text{นน.ของโยเกิร์ตที่ใช้}} \times 100$$

3. องศาSH และ % Lactic acid ของโยเกิร์ต

การไตเตรท โดยวิธี

- ใช้ตัวอย่างโยเกิร์ต 25 มล.ใส่ลงไปใน Flask
- เติม 1 มล.ของ 2% Phenophthalein
- เขย่าให้เข้ากัน แล้วไตเตรทกับ N/4 NaOHจนถึงจุดend point(สีชมพูจางๆ)
- 1 หน่วยของ N/4 NaOH ที่ใช้ 1 degree of SH

1 degree of SH = 0.0225% Lactic acid

วิธีการตรวจหา % Lactic acid ในโยเกิร์ต

โดยการไตเตรทน้ำนม 9.0 มล.กับ 0.1N.NaOHโดยมี 2-3 หยดของฟีนอล์ทาลีน เป็น indicator จุด End point จะมีสีชมพูอ่อนๆเกิดขึ้นอย่างถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

$$\text{กรดทั้งหมด (ml/100ml)} = \frac{N \times V \times 90.08 \times 100}{1000 \times 9.0}$$

N = ความเข้มข้นมาตรฐานของ 0.1 NaOH

V = มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐาน

วิธีการวิเคราะห์โปรตีนในโยเกิร์ต

จำนวนโปรตีนในอาหาร คำนวณได้จากจำนวณไนโตรเจนที่ได้จากการวิเคราะห์ตามวิธีของเจคาร์ล (Kjeldahl) คูณด้วยแฟคเตอร์ 5.71 ก็จะได้ค่าโปรตีนของนม

วิธีทดลอง

สารเคมี กรดซัลฟุริก (Conc.H_2SO_4) 97-98 %

กรดบอริค 4 %

สารละลายกรดมาตรฐาน 0.1 N กรดไฮโดรคลอริก

โซเดียมไฮดรอกไซด์ 30 %

Catalyst Mixture (Cupper Sulfate 2 กรัม กับ Potassium Sulfate 10 กรัม)

Indicator (เตรียม 0.1% Bromcresol Green และใช้ 0.1% methyl redใน 95 แอลกอฮอล์ แล้วผสม 10 มล.Bromcresol Green กับ 2 มล. Methyl Red)

วิธีทดลอง ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัมใส่ลงในหลอดใส่bumping galss 2เม็ด เติม catalyst และเติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น 15 มล. นำไปต้มบนเครื่องย่อยครั้งแรก ใช้ความร้อนต่ำ แล้วจ่าเรงไปให้สูงขึ้น ต้มสารละลายจนใส แล้วต้มต่อไปด้วยไฟอ่อนอีก 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นเปิดทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำลงไป 21 มิลลิลิตรโดยพยายามชะกรดที่อยู่ข้างหลอดควัน จากนั้นทำการกลั่น โดยต่อเข้ากับเครื่องมือชุดวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน(Kjectec system 1002 distilling Unit) ที่ปลาย Condenser จุ่มใน beaker ที่มีกรดบอริค 4% 50 ml. และ เติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด เปิดปุ่มให้ NaOH 30 % ไหลลงไปในหลอดประมาณ 50 ml แล้วดำเนินการกลั่นตามวิธีของเครื่อง เมื่อปริมาตรเพิ่มขึ้นเป็น 200 ml.ปิดเครื่องกลั่น ชะปลาย Condensor ด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย นำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายใน beakerไป filtrate ด้วยกรดไฮโดรคลอริค 0.1 จนเป็นกลาง

การคำนวณ

$$\% \text{ ไนโตรเจน} = \frac{1.4\ (V_1 - V_3)N}{W}$$

$$\% \text{ โปรตีน} = \% \text{ N} \times 6.25$$

เมื่อ V_1 เท่ากับ ปริมาตรกรดมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง

V_2 เท่ากับ ปริมาตรของกรดมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทแบลงค์

N เท่ากับ ความเข้มข้นของกรดไฮโรคลอริคมาตรฐาน

W เท่ากับ น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่างอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีการตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลาย 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรทจาก % แลคติคแอซิดในน้ำนม

สารเคมีที่ใช้ในการตรวจสอบ

- Potassium Hydrogenphthalate ($KHC_8H_4O_4$) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 204.23 อบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถอบแห้ง

วิธีการตรวจสอบ

-ชั่ง Potassium Hydrogenphthalate โดยใช้เครื่องชั่งละเอียด ประมาณ 1 กรัมใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มล.จำนวน 3 ตัวอย่าง

-เติมน้ำกลั่นลงไปในแต่ละ flask จำนวน 50 มล.

-หยด 2-3 หยด ของสารละลาย 1% ฟีนอล์ฟทาลีนลงไปในแต่ละ flask

-ไตเตรทกับสารละลาย 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องการหาความเข้มข้นจนกระทั่งสารละลายเป็นสีชมพูจางๆ จากนั้นบันทึกปริมาตรของสารละลาย 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรทไว้ เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นต่อไป

$$N.NaOH = \frac{W_{KH} \times 1000}{204.23 \times V_{NaOH}}$$

W_{KH} = น้ำหนักของ Potassium Hydrogenphthalate เป็นกรัม

V_{NaOH} = ปริมาณของ 0.1 N.NaOH ที่ใช้ในการไตเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แบบสอบถามการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

ตัวอย่าง

645 561

ไม่ชอบ ชอบเล็กน้อย ชอบ ชอบมาก ชอบมากที่สุด

สี

ไม่ชอบ ชอบเล็กน้อย ชอบ ชอบมาก ชอบมากที่สุด

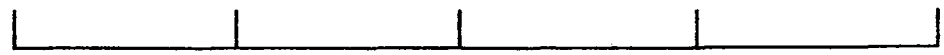
ลักษณะปรากฏ

ไม่ชอบ ชอบเล็กน้อย ชอบ ชอบมาก ชอบมากที่สุด

กลิ่นถั่ว

ไม่ชอบ ชอบเล็กน้อย ชอบ ชอบมาก ชอบมากที่สุด

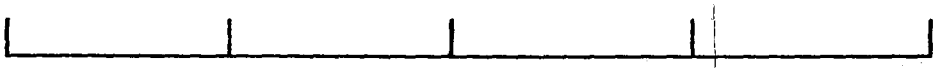
กลิ่นหอมของโยเกิร์ต



ไม่ชอบ ชอบเล็กน้อย ชอบ ชอบมาก ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเปรี้ยว



ไม่ชอบ ชอบเล็กน้อย ชอบ ชอบมาก ชอบมากที่สุด

ความมัน

ไม่ชอบ ชอบเล็กน้อย ชอบ ชอบมาก ชอบมากที่สุด

ความหวาน

ไม่ชอบ ชอบเล็กน้อย ชอบ ชอบมาก ชอบมากที่สุด

เนื้อสัมผัส

ไม่ชอบ ชอบเล็กน้อย ชอบ ชอบมาก ชอบมากที่สุด

ความชอบรวม

ไม่ชอบ ชอบเล็กน้อย ชอบ ชอบมาก ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

วราวุฒิ ครุส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม หน้า 168-188 , สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ , กรุงเทพ , 2532

สมชาย ประภาวัต. นมเทียมจากพืช. หน้า 10-16 , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2527.

สถาบันค้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร.ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. หน้า 3-72 , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2527.

Angles , A.g., and Marth , E.H.." Growth and activity of lactic acid bacteria in soy milk. I. Growth and acid production." J. Milk Food Technol. 34(3). (1971) : 30-36

Babel , F.J. in Dairy Technology and Engineering pp. 128-215, AVI publishing Co.,Westport, 1976.

Buono , M.A. , Sester , c. , Erickson , L.E. and Fung , D.Y.C.. "Soymilk-based yogurt : sensory evaluation and chemical easurement."J. Food Sci. 55(2). (1990) : 528-531.

Chandan , R.C.. in Prescott & Dunn`s Industrial Microbiology 2 nd ed.,pp.13-22. AVI Publishing Company,Westport,1982.

Cheng, Y.J., Thompson ,L.D. and Brittin, H.C.."Sogurt, a yogurt-like soybeen product : developement and properties." J. Food Sci. 55(4). (1990) : 1178-1179 .

Davis , J.G. in Lactic Acid Bacteria in Beverages and Food .pp.32-53 Academic Press,New York,1975

Lee, S.Y., Thompson, L.D. and Brittin, H.C. "Comparison of milk -based and soymilk-based yogurt." J. Food Sci. 55(2).(1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Mustafa , A.G. and Frank , J.F., " Physical properties of yogurt made from milk treated with proteolytic enzyme." J. Dairy Sci. 74(5). (1991) : 1303-1511 .

Thamine , A.Y. and Deeth , H.C. " Yogurt. Technology and Biochemistry ." J. Food Pro . 43(12).(1980) : 939-997 .

Wang Hwa , L., Kraidej Lavanaya and Hesseltine ,C.W.. Lactic acid fermentation of soybean milk . 37(2). (1974) : 71-73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้