สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาปรับปรุงคุณภาพของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองและการเก็บรักษา

นางสาวนชรีย์ บูรณะชัชวาลย์
นายประพัฒน์ แก้วกลม
นางสาวสุวรรณา เชาวะวนิชย์

ปพ.
น728ก
2535

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

b12518017

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2536

STUDIES ON SOYMILK YOGURT QUALITY IMPROVEMENT AND KEEPING QUALITY

NUCHAREE BURANACHATCHAWAN

PRAPAT KAEWKLOM

SUWANNA CHAOWAWANICH

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1993

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาปรับปรุงคุณภาพของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองและการเก็บรักษา

โดย นางสาวนุชรีย์ บูรณะชัชวาลย์
นายประพัฒน์ แก้วกลม
นางสาวสุวรรณา เชาวะนิชย์

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรีย์ นานาสมบัติ

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

(ผศ.เนาวรัตน์ ปานแย้ม) หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

(ผศ.เนาวรัตน์ ปานแย้ม) ประธานกรรมการ

(อ.สุรีย์ นานาสมบัติ) กรรมการ

(อ.วันชัย สุทธินุ่น) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาปรับปรุงคุณภาพของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองและการเก็บรักษา	
นักศึกษา	นางสาวนุชรีย์	บูรณะชัชวาลย์
	นายประพัฒน์	แก้วกลม
	นางสาวสุวรรณา	เชาวะวนิชย์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุรีย์	นานาสมบัติ
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์	
ปีการศึกษา	2536	

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง เพื่อที่จะปรับปรุงคุณภาพของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ได้ทำการเปรียบเทียบโยเกิร์ตที่ได้จากนมถั่วเหลืองชนิดต่าง ๆ กัน 4 ชนิด คือ ก) นมถั่วเหลืองที่ผลิตโดยไม่มีการแช่ถั่วเหลืองในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.113 ข) นมถั่วเหลืองที่ผลิตโดยมีการแช่ถั่วเหลืองในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้นร้อยละ 0.113 ค) นมถั่วเหลือง (ก) ผสมกับผสมกับนมโคร้อยละ 25 และ ง) นมถั่วเหลือง (ข)ผสมกับนมโคร้อยละ 25 ในการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองมีการเติมนมผงปราศจากไขมันร้อยละ 5 น้ำตาลแลคโตสร้อยละ 3 และเจลาตินร้อยละ 0.5 ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองทั้ง 4 ชนิดกับโยเกิร์ตจากนมโค โดยทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งใช้วิธี line intensity test ใช้ผู้ทดสอบชิม 15 คน เพื่อคัดเลือกโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เพื่อจะนำไปศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาต่อไป นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง และโยเกิร์ตจากนมโค เช่น ความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิ่ง และปริมาณโปรตีน

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าโยเกิร์ตที่ได้จากนมถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตและมีการเติมนมโคร้อยละ 25 เป็นที่ยอมรับ

ของผู้บริโภคมากที่สุดในด้านของ กลิ่นโยเกิร์ต รสหวาน ความมัน และความชอบรวม นอกจากนี้ยังมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับโยเกิร์ตจากนมโคมากกว่าตัวอย่างอื่น และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตทั้ง 5 ตัวอย่าง พบว่าโยเกิร์ตจากนมโคจะมีความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิ่ง ต่ำกว่าโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง และมีปริมาณกรด ปริมาณโปรตีน สูงกว่าโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง ดังนั้นการผสมนมโคลงไปในนมถั่วเหลืองเพื่อผลิตโยเกิร์ต จะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองมีความใกล้เคียงกับโยเกิร์ตจากนมโค มากกว่าโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ไม่มีการเติมนมโค

ในการศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง ที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 0.113 และมีการเติมนมโคร้อยละ 25 นั้นได้ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 วัน โดยมีการตรวจวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิ่งและปริมาณโปรตีน ทุก ๆ 3 วัน จากผลการทดลองปรากฏว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า pH และปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิ่งลดลง ในขณะที่ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นและสังเกตพบว่ามีการตกตะกอนของโปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งโยเกิร์ตจะมีลักษณะที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค หลังจากเก็บรักษาไว้เกิน 12 วัน

Special Project Title	Studies on Soymilk Yogurt Quality Improvement and Keeping Quality
Name	Miss Nucharee Buranachatchawan
	Mr.Prapat Kaewklom
	Miss Suwanna Chaowawanich
Special Project Advisor	Miss Suree Nanasombat
Department	Applied Biology
Academic Year	1993

Abstract

Studying the production of soymilk yogurt to improve their quality to be accepted by consumers was investigated. Compared with cow milk yogurt, four types of soymilk yogurt have different methods of soymilk preparing were produced. These soymilk yogurts were prepared from (i) soymilk (prepared without soaking soybean in 0.113 % sodiumbicarbonate solution), (ii) Soymilk(prepared by soaking soybean in 0.113 % sodiumbicarbonate solution) , (iii) soymilk (i) added with 25 % cow milk (iv) soymilk (ii) added with 25 % cow milk and all types soymilk yogurt were added with 5 % nonfat dry milk , 3 % lactose and 0.5 % gelatin. The acceptable quality of these yogurts were examined by 15 taste panels using line intensity method of sensory evaluation. The most acceptable soymilk yogurt were then chosen for studying the keeping quality and chemical composition of all yogurts including pH , total acidity , reducing sugar content and protein content were determined.

The result of sensory evaluation showed the most acceptable soymilk yogurt was the yogurt prepared by soaking soybean in 0.113 % sodiumbicarbonate solution and added with 25 % cow milk. The yogurt aroma , sweetness , viscosity and overall preference score of this yogurt were higher than the others. In addition the major preference scores of this yogurt was slightly different from those of cow milk when it compared with the others. From the study and comparison of the chemical composition of all five yogurt samples , it was found that the cow milk yogurt had the lowest pH and reducing sugar and the highest total acidity and protein content. Therefore cow milk adding in soymilk was important factor that made the chemical composition of soymilk yogurt similar to those of cow milk yogurt

Studying the keeping quality of yogurt prepared by soaking soybean in sodiumbicarbonate solution and added with 25 % cow milk was investigated . This soymilk yogurt was stored at 5 $^{\circ}$C in refrigerator for 12 days. Every three days, the chemical composition including pH , total acidity, reducing sugar content and protein content were determined. During storage, pH and reducing sugar content were slightly decreased and total acidity were increased when storage time increased. The result indicated that soymilk yogurt was not acceptable at the storage time of more than 12 days.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงงานพิเศษฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) ซึ่งไม่อาจสำเร็จลุล่วงไปได้ หากไม่ได้รับการช่วยเหลือด้านปัจจัยวัตถุต่างๆตลอดทั้งคำแนะนำจากบุคคล ดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์สุรีย์ นานาสมบัติ ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์นิมเพ็ญ ถิรพร จากภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำซึ่งเป็นประโยชน์ยิ่งในการทำโครงงานพิเศษ ตลอดจนแนะแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณหัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ ตลอดทั้งคณะกรรมการทุก ๆ ท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ และน้องๆทุก ๆ ท่านที่ได้สละเวลาในการเป็นผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ และให้ความช่วยเหลือสนับสนุนปัจจัยอื่น ๆ

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดาของผู้จัดทำ ที่ได้ให้กำลังใจอันสำคัญทั้งสนับสนุนทุนปัจจัยในการทำโครงงานพิเศษนี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ โครงงานพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อ โครงงานพิเศษภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
- ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง	4
- คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง	13
- นมถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากนมถั่วเหลือง	19
- โยเกิร์ต	35
- การศึกษาด้านจุลินทรีย์	40
- สารที่ให้กลิ่นในโยเกิร์ต	44
- คุณค่าทางอาหารของโยเกิร์ต	48
- การสร้างกรดแลคติกในนมถั่วเหลือง	55
บทที่ 3 ขั้นตอนการทำงาน อุปกรณ์ และวิธีการ	58
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	62
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	74
ภาคผนวก	78
เอกสารอ้างอิง	83

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบโดยประมาณของนมถั่วเหลืองและส่วนของถั่วเหลือง	5
2	ปริมาณน้ำตาลที่พบในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเหลืองของสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น	11
3	ความต้องการสารอาหารโปรตีนของร่างกายตามอายุ และ สภาวะการเจริญเติบโต	15
4	ความต้องการกรดอะมิโนต่อวันของมนุษย์ และแบบแผนของกรดอะมิโนที่จำเป็น	17
5	อัตราส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นทั้งหมดต่อไนโตรเจนในแหล่งของโปรตีนต่าง ๆ	18
6	เปรียบเทียบองค์ประกอบกรดอะมิโนของนมถั่วเหลือง นมโค และนมมารดา	20
7	ระดับปฏิกิริยาของเอนไซม์ lipoxygerase ในพืชต่าง ๆ	21
8	สารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่ว และกลิ่นเหม็นเขียวในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต	22
9	ส่วนประกอบของน้ำนมถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับนมโคใน 100 กรัม	29
10	สาร carbonyl compound (ppm) ที่ผลิตโดยเชื้อโยเกิร์ต	44
11	ปริมาณของวิตามินในนมสดและโยเกิร์ต	49
12	ส่วนประกอบของนมสดและโยเกิร์ต	50
13	กรดอะมิโนอิสระ (มก./100 มล.) ของนมสดและโยเกิร์ต	53
14	ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองและโยเกิร์ตจากนมโค	64

15	ความแตกต่างกันทางสถิติของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสระหว่างโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองและโยเกิร์ตจากนมโค	65
16	องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองและโยเกิร์ตจากนมโค	67
17	การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างโยเกิร์ต SM_2-M-Y ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน	69

สารบัญรูป

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนการทำน้ำนมถั่วเหลือง	30
2	การเปลี่ยนแปลง pH ของตัวอย่างโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง ในระหว่างการเก็บรักษา	70
3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด ของตัวอย่างโยเกิร์ต จากนมถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา	71
4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิ่ง ของตัวอย่าง โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา	72
5	การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน ของตัวอย่างโยเกิร์ต จากนมถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา	73
6	ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต	76
7	เปรียบเทียบลักษณะสีของนมโคและนมถั่วเหลือง	77

บทที่ 1

บทนำ

นมเปรี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่นิยมบริโภคกันมากในปัจจุบันทั้งในรูปนมเปรี้ยวแบบข้นคล้ายสังขยา เช่นโยเกิร์ต ซึ่งมีทั้งชนิดที่มีการปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาล ผลไม้กวน หรือสารสังเคราะห์อื่นๆ กับชนิดที่ไม่ได้มีการปรุงแต่งเลย ส่วนนมเปรี้ยวอีกประเภทหนึ่งเป็นชนิดเหลว เช่น อะซิโดฟิลัสมิลค์ ยาคูลท์ บัลกาเรี่ยนมิลค์ คูมิส คีเฟอร์ และโยเกิร์ตเหลว เป็นต้น ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ ชนิดของนมที่ใช้ และกรรมวิธีการผลิต (Tamime และ Robinson,1975) จึงทำให้มีชื่อเรียกแตกต่างกันไป การที่มีผู้บริโภคนิยมนมเปรี้ยวกันอย่างแพร่หลายเมื่อไม่กี่ปีมานี้ ทั้งๆที่ ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ได้รู้จักกันมานานแล้วก็เนื่องจาก ได้มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีการผลิตจนได้ผลิตภัณฑ์ที่มี ลักษณะดี ชวนบริโภค มีรสชาติออร่อย พร้อมกับได้มีการโฆษณาให้ผู้บริโภคได้ทราบถึงประโยชน์ของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวให้แพร่หลายมากขึ้น สำหรับประเทศไทยนั้นแม้ว่าจะเป็นประเทศเกษตรกรรมมีอาหารที่อุดมสมบูรณ์ แต่ก็ยังมีประชากรในแถบชนบทอีกมากที่กำลังเผชิญกับความอดอยากและต้องเป็นโรคขาดอาหาร โดยเฉพาะโปรตีน และ แคลเซียม ทั้งนี้เพราะประชากรส่วนใหญ่มีรายได้ต่ำไม่มีกำลังซื้ออาหารโปรตีนคุณภาพสูงจำพวกเนื้อ นม ไข่ จากสัตว์ได้ ดังนั้นนักโภชนาการจึงได้มีความสนใจกับพืชตระกูลถั่วโดยเฉพาะถั่วเหลืองซึ่งเป็นผลิตผลทางการเกษตรของเกษตรกรและเป็นพืชที่มีปริมาณโปรตีนสูงสุด ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะมีโปรตีนคิดเป็นน้ำหนักแห้งร้อยละ 40.4 ของถั่วทั้งเมล็ด (Smith and Circle,1978) ถั่วเหลืองได้ใช้เป็นอาหารในประเทศทางแถบตะวันออกมาเป็นเวลาหลายศตวรรษ โดยเฉพาะอย่างในประเทศญี่ปุ่นและจีนได้ผลิตนมถั่วเหลืองเพื่อการบริโภคเป็นปริมาณมาก นมถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกับนมโค กรรมวิธีในการผลิตก็ไม่ยุ่งยากมากนัก อีกทั้งคุณค่าทางอาหารของโปรตีนจากนมถั่วเหลือง

ก็มีคุณค่าใกล้เคียงกับกับนมโค ดังนั้นนักโภชนาการจึงได้นำเอานมถั่วเหลืองมาใช้แทนนมโคในกรณีที่นมโคมีราคาแพงเกินไป หรือในกรณีที่คนเป็นโรคแพ้นมโค แต่อุตสาหกรรมการทำนมถั่วเหลืองมีปัญหาสำคัญเกี่ยวกับกลิ่นถั่วซึ่งเกิดขึ้นในขณะทำการแปรรูป ซึ่งผู้ผลิตก็สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้ลุล่วงไปได้โดยกรรมวิธีต่าง ๆ กัน รวมทั้งการใช้จุลินทรีย์พวกผลิตกรดแลกติกมาทำการหมักด้วย Mital และ Steinkraus (1979) ได้รายงานว่าจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลกติกมีเอนไซม์กาแลกโตซิเดส (galactosidase) สามารถย่อยโอลิโกแซกคาไรด์ (oligosaccharide) ซึ่งเป็นแป้งของถั่วเหลืองได้และเมื่อนำมาหมักกับนมถั่วเหลืองแล้วจุลินทรีย์ก็สามารถเจริญได้ดีและสร้างกลิ่นหมักกลบเกลื่อนกลิ่นเหม็นเขียวของถั่วเหลืองได้ (Wang และ Kraidej,1974)

อย่างไรก็ตามในการผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองนั้น ได้มีผู้ที่พยายามจะพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ โดยในการลดกลิ่นถั่วนั้นอาจใช้สารบางตัวในการบดบังกลิ่นถั่ว เช่น น้ำตาลฟรุกโตส นมระเหยน้ำ นมผงปราศจากไขมัน (Buono และคณะ 1990) นอกจากนั้นในขั้นการเตรียมนมถั่วเหลือง การแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตและการต้มถั่วเหลืองด้วยน้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส ก็ช่วยลดกลิ่นถั่วได้ (มัณฑนา และ คณะ,2529) ดังนั้นถ้าหากเราสามารถขจัดปัญหากลิ่นถั่วของถั่วเหลืองลงได้ พร้อมทั้งคงไว้ซึ่งคุณค่าทางอาหารไม่ให้สูญเสียไประหว่างกระบวนการผลิต ก็จะได้ผลิตภัณฑ์อาหารราคาถูกและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น และเนื่องจากนมถั่วเหลืองมีลักษณะและคุณค่าทางโภชนาการที่ใกล้เคียงกับนมโคจึงมีแนวโน้มที่เป็นไปได้ที่จะใช้นมถั่วเหลืองผสมลงในนมโค ในการทำผลิตภัณฑ์นมหมัก ซึ่งจะเป็นการใช้ประโยชน์จากถั่วเหลืองให้กว้างขวางขึ้น

ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงได้ทำการปรับปรุงคุณภาพของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองเพื่อให้มีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด และทดลองนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้นี้มาศึกษาคุณภาพการเก็บรักษา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปรับปรุงผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
2. เพื่อศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

เป็นการนำนมถั่วเหลืองมาผลิตเป็นโยเกิร์ตโดยให้มีคุณสมบัติเหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยไม่แตกต่างจากนมโคล้วน ๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ตลาดของถั่วเหลืองมีการขยายกว้างขึ้น และเกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น
2. เป็นแหล่งโปรตีนราคาถูกในประชากรผู้มีรายได้น้อย
3. ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีคุณค่าทางโภชนาการ

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ถั่วเหลือง(Glycine max) มีถิ่นกำเนิดในภูมิภาคแถบเอเชีย ใช้เป็นอาหารกันมานานหลายศตวรรษ มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามพื้นที่ปลูก เช่น Chinese pea , Manchurian bean , Soya หรือ Soja bean ลักษณะของเมล็ดถั่วเหลืองมีรูปร่างเกือบจะเป็นทรงกลม น้ำหนักเมล็ดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 120-180 มิลลิกรัมซึ่งคิดเป็นเปลือกหุ้มเมล็ดร้อยละ 10 (Smith and Circle, 1978)

ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง

1.ส่วนประกอบทางเคมี

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันจากพืชที่มากที่สุดแหล่งหนึ่ง ปริมาณโดยประมาณของสารอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 1 จากตารางพบว่าในเนื้อถั่วเหลืองโดยเฉพาะส่วนของใบเลี้ยง (ซึ่งมีเป็นร้อยละ 90 เปลือกร้อยละ 7 และยอดอ่อนร้อยละ 3) มีปริมาณโปรตีนและไขมันรวมกันอยู่ในราวร้อยละ 60 ของน้ำหนักถั่วทั้งหมด และร้อยละ 30 เป็นพวกคาร์โบไฮเดรท ซึ่งรวมถึงพวกน้ำน้ำตาลที่มีขนาดโมเลกุลต่าง ๆ กัน คือ Starchiose มีประมาณร้อยละ 3 น้ำตาล Raffinose มีประมาณร้อยละ 1.1 และน้ำตาลซูโครสมีประมาณร้อยละ 5 ส่วนที่เหลือเป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดอื่น ๆ นอกจากนั้นยังมีสารอาหารประเภท Phosphatide , Sterol , Ash ซึ่งจัดเป็นพวกแร่ธาตุ และไวตามินเป็นต้น

ตารางที่1 ส่วนประกอบโดยประมาณของถั่วเหลืองและส่วนของถั่วเหลือง (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

ถั่วเหลืองและส่วนของถั่วเหลือง	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรท	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

ที่มา: ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย (2527)

1.1 สารอาหารโปรตีน (Soybean Protein)

โดยทั่วไปแล้วเมื่อเราบริโภคถั่วเหลืองในทางโภชนาการก็มักจะคิดถึงสารอาหารโปรตีนที่เราจะได้จากถั่วเหลืองเป็นลำดับแรก ทั้งนี้เพราะโปรตีนเป็นสารอาหารหลักในถั่วเหลืองนั่นเอง ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีปริมาณโปรตีนสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มพืชตระกูลเดียวกัน มีปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยถึงร้อยละ 40.4 ของน้ำหนักแห้ง(Smith and Circle,1978) ในขณะที่ถั่วอื่น ๆ เช่นถั่วเขียวมีปริมาณเพียงร้อยละ25.98 ถั่วมะแซะมีปริมาณร้อยละ 22.03 (วิเชียร 2525) เป็นต้น และเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจดียิ่งขึ้นในการที่จะกล่าวถึงรูปแบบ ของผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อันเกี่ยวข้องกับโปรตีน จึงควรที่จะกล่าวถึงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของโปรตีนในถั่วเหลือง พอสมควร ด้วยเหตุผลที่ว่าโปรตีนหลายชนิดรวมทั้งโปรตีนถั่วเหลืองนั้น จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงโดยสภาวะการต่าง ๆ (Treatments) ทั้งทางกายภาพ เช่น แรงอัด ความร้อนและทางเคมี เช่น สภาวะการเป็นกรดด่าง ปริมาณอนุมูลโลหะ หรือสารเคมีอื่น ๆเป็นต้นยังผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น ทำให้การละลายตัวลดลง ขนาดโมเลกุลของโปรตีนเปลี่ยนไป และมีความหนืดเป็นต้น

1.1.ก. ชนิดของโปรตีน โปรตีนในถั่วเหลืองจะถูกสะสมอยู่ในเซลล์ของเนื้อถั่วเหลือง โดยสะสมกัน เรียกว่า Protein bodies หรือ storage Protein

ซึ่งมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 2-20 ไมครอน แต่ส่วนใหญ่มีขนาด 5-8 ไมครอน และมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงของ 200,000-600,000 ในสภาวะธรรมชาติ โมเลกุลของโปรตีนขนาดใหญ่เหล่านี้ ยังสามารถจับตัวกันเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ได้อีกด้วย การเชื่อมกันของ disulfide linkage polymer และ โปรตีนที่แยกมาได้เพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์นั้นจะเป็นชนิดของโปรตีนที่เปลี่ยนสภาพ โดยการเกิดปฏิกิริยาที่ซับซ้อนรวมกันอยู่โดยที่อย่างน้อย 7 ชนิดของโปรตีนจะจับกันเป็น subunit ซึ่งอาจถูกทำให้โมเลกุลเปลี่ยนขนาดไปโดยสภาวะต่าง ๆ

1.1ข. การละลายของโปรตีน โปรตีนในถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นโปรตีนประเภท Globulin ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นชัดอันหนึ่งคือ จะไม่ละลายน้ำในสภาวะที่มี pH อยู่ในช่วงที่เรียกว่า Isoelectric point ซึ่งเป็นจุดที่มี pH ประมาณ 4.2-4.6 แต่จะยังละลายได้ในกรณีที่เติมเกลือของ Sodium หรือ Calciumchloride ลงไป ถ้า pH สูงหรือต่ำกว่าจุด Isoelectric pH Globulin ก็จะยังคงสามารถละลายได้ ในสภาวะที่ไม่มีเกลืออยู่ และจากการทดลองโดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้วนำมาละลายน้ำที่ pH 6.5 พบว่าประมาณร้อยละ 85 ของ Nitrogen component (ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีน) จะละลายได้และเมื่อใส่ด่างลงไปจะพบว่าค่าของการละลายจะเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 5-10 แต่ถ้าใส่กรดลงไปค่าการละลายจะลดลงทันที และการละลายมีค่าต่ำสุดที่ pH 4.2-4.6 ซึ่งเป็นช่วงของ Isoelectric region และโปรตีนที่ไม่ละลายที่จุดนี้ จึงนำไปใช้ในการเตรียมเป็นโปรตีนสกัด ที่เรียกว่า Protein Isolate เมื่อเพิ่มปริมาณกรดลงไปอีกจนเลยจุด Isoelectric pH จะพบว่าโปรตีนกลับละลายได้อีก โปรตีนถั่ว หรือ Globulin นี้สามารถที่จะเปลี่ยนคุณสมบัติการไม่ละลายน้ำที่จุด Isoelectric point ได้โดยใช้ Enzyme pepsin เอนไซม์นี้จะต้องมีขนาดของโมเลกุลเล็ก ซึ่งในการทำเป็น Modified globulin ก็จะมีประโยชน์ในการนำไปใช้ในอาหารที่มีกรดร่วมอยู่ด้วย

1.1 ค. การเปลี่ยนจากสภาพธรรมชาติของโปรตีน (Denaturation) เนื่องจากโปรตีนในถั่วเหลืองเป็นโปนตีนที่ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงได้ชนิดหนึ่งสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์การอาหารสนใจอยู่มากในคุณสมบัติด้านนี้ ก็คือ สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน (Denature protein) ก็คือ ผลจากการใช้ความร้อนและผลที่จากการที่ pH เปลี่ยนแปลงรุนแรง ซึ่งจะขอนำเอา 2 สาเหตุนี้มากล่าวในรายละเอียดเท่านั้น

1.การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อน (Heat Denaturation) ในการนำถั่วเหลืองไปเป็นอาหาร จำเป็นจะต้องนำไปผ่านขั้นตอนของความร้อนต่าง ๆซึ่งจะมีผลทำให้สภาพของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไป และผลลัพธ์ที่เราเห็นเป็นลักษณะต่าง ๆ เช่น การไม่สลายตัวของโปรตีนในน้ำ หรือ ในสารละลายเกลือ เป็นต้น โปรตีนจะมีการละลายได้ในน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว จากการที่ถูกความร้อนโดยลดลงจากร้อยละ 80 เหลือเพียงร้อยละ 20-25 ในการให้ความร้อนเพียง 10 นาที ซึ่งในการวิเคราะห์และคำนวณหาค่าหรือปริมาณของโปรตีน ที่เปลี่ยนสภาพไปนั้นมีอยู่หลายวิธี เช่น วิธีที่เรียกว่า Solubity method , Dispersibility method และระยะหลังอาจใช้ Enzymatic hydrolysis method เป็นต้น การให้ความร้อนกับสารละลายของโปรตีน ที่มีความเข้มข้นสูงประมาณ ร้อยละ7 ก็จะทำให้ค่าของความหนืด (Viscosity) เพิ่มขึ้น และทำให้เกิดเป็นวุ้นแข็งได้ ซึ่งการให้ความร้อนนี้จะใช้เพียง 10-30 นาทีที่อุณหภูมิ 70-100 องศาเซลเซียส แต่ถ้าให้ความร้อนสูงขึ้นเป็น 125 องศาเซลเซียส วุ้นนี้ก็จะกลายสภาพเป็นสารละลายได้อีก หรือการใช้สารเพิ่มการละลายเช่น Cysteine Sodium sulfite ก็จะช่วยลดความหนืด และ ป้องกันการเกิดเป็นวุ้นได้ ทั้งนี้การเกิดเป็นวุ้นของโปรตีน เนื่องจากการเชื่อมกันระหว่างโมเลกุลของโปรตีน ที่เรียกว่า Disulfide bonds และ Sulfhydryl-disulfide interchenge ก็จะช่วยให้เกิดความอยู่ตัวของ Protein network รวมทั้ง Intramolecular disulfide bonding

ในการให้ความร้อน เพื่อให้เกิดเป็นวุ้นของโปรตีน ประเภท acid precipitated globulins พบว่าความร้อนจะทำให้ Solution เปลี่ยนสภาพโดยไม่กลับเป็น Progel ซึ่งเมื่อทำให้เย็นลงก็จะกลายเป็น Gel (วุ้น) ซึ่งวุ้นนี้จะกลายสภาพเป็น Progel ได้โดยการให้ความร้อนใหม่ และ ระหว่างให้ความร้อนใหม่เพื่อทำให้ Gel เป็น Progel นี้ ความหนืดจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ให้จนกระทั่งถึงจุดสูงสุด และเมื่อถึงจุดนี้แล้วความหนืดก็จะเริ่มลดลง เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่กลับไม่ได้ เป็น Metasol หรือไม่เป็นวุ้นอีกเมื่อเย็นลงทั้งนี้เพราะสารที่เป็นพวก Disulfide-Cleving Agents จะเปลี่ยนprogel เป็น Metasol

2.การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากกรด-ด่าง การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่างอย่างรุนแรงจะมีผลให้โปรตีนประเภท globulins ในถั่วเหลืองเปลี่ยนสภาพไปกล่าวคือ ถ้าค่าของ pH สูงเช่น pH 12 จะทำให้เปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลย่อยของ 7S,11S และ

globulin อื่นๆ และปฏิกิยาจะไม่กลับที่เดิมเมื่อปรับสภาวะของ pH ให้เป็นกลาง และถ้าค่าของ pH ต่ำลง ก็จะทำให้เกิดการแตกตัวของ Quaternary Structure เป็น subunits และปฏิกิริยาไม่สามารถกลับที่เดิมเช่นกัน

การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนเนื่องจากตัวทำละลาย ตัวทำละลายต่างๆที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนชื่อ globulins ได้แก่ methanol,ethanol,buthanol Isopropanol,Acetone เป็นต้น ตัวทำละลายเหล่านี้ถ้าอยู่ในรูปของสารละลายในน้ำจะมีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าตัวทำละลายที่อยู่ในรูปของสารบริสุทธิ์ การทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวทำละลายต่อโปรตีนนั้นจะเกิดขึ้นสมบูรณ์ ภายในเวลาประมาณ 5นาที จากการทดลองพบว่าตัวทำละลายที่เข้ากับน้ำได้ดีจะสามารถเป็นตัว denaturants ที่แรงกว่าตัวทำละลายที่ไม่เข้าได้กับน้ำและแรงกว่าสารละลายบริสุทธิ์(pure solvents) ความสามารถของแอลกอฮอล์โมเลกุลต่ำ ที่จะเปลี่ยนสภาพโปรตีนจะเพิ่มขึ้นตามขนาดความยาวของโมเลกุลเพิ่มขึ้น ลำดับของประสิทธิภาพ คือ methanol < ethanol < propanol < buthanol การทดลองยังพบว่าการใช้ ethanol กับ globulin นั้นจะมีจุดการเกิดการเปลี่ยนแปลงสูงสุดที่ 60 %ethanol และโปรตีนพวก 7S-fraction เป็นกลุ่มที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก ขณะที่กลุ่มของ 2S-fraction จะคงที่ที่สุด คือ ethanol จากการเปลี่ยนแปลงนี้ เชื่อว่าเกิดจากการที่โครงสร้างของโมเลกุลนั้น เป็นลักษณะมี hydrophobic groups ฝังอยู่ด้านใน ทำให้โมเลกุลทนต่อความร้อนในขณะอยู่ในน้ำ แอลกอฮอล์ซึ่งสามารถซึมเข้าไปด้านในของโมเลกุลได้ จึงทำให้แขนของโมเลกุลแตกหักได้เมื่อเทียบกับน้ำซึ่งทำให้แขนของไฮโดรเจนแตกหักได้เฉพาะบริเวณผิว และทำให้เกิดเป็นลักษณะ more polar ฉะนั้นน้ำจึงอาจเป็นเหตุผลของการที่สารละลายของตัวทำละลายในน้ำมีประสิทธิภาพในการทำให้เปลี่ยนแปลงมากกว่า ข้อสรุปนี้ยังพบว่าการทำให้โปรตีนในถั่วเปลี่ยนแปลงด้วย แอลกอฮอล์(ethanol) จะถูกย่อยละลายด้วย Enzymes Proteolytic ได้ง่ายกว่าโปรตีนที่ถูกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยความร้อนเป็นต้น

1.2 ไขมันจากถั่วเหลือง (Soybean Oil)

ไขมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญรองลงมาจากโปรตีนที่มีในถั่วเหลือง การสะสมของปริมาณไขมันในถั่วเหลือง และปริมาณด้านส่วนประกอบของกรดไขมันในไขมันถั่วเหลืองเป็นผลมาจากคุณสมบัติของพันธุ์ของถั่วเหลือง สภาพแวดล้อมในช่วงของการสะสมไขมันใน

เมล็ดโดยเฉลี่ยแล้วถั่วเหลืองของไทยจะมีไขมันอยู่ในราวร้อยละ 16-18 แต่ถ้าปีใดฝนแล้งและถั่วเหลืองไม่เจริญงอกงาม ก็จะมีปริมาณของไขมันลดลงเหลือร้อยละ 14-15 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองของสหรัฐอเมริกามีไขมันสูงร้อยละ 18-20

ปริมาณของกรดไขมันที่พบในถั่วเหลืองจะประกอบด้วย กรดไขมันชนิดอิ่มตัว และไม่อิ่มตัว และ มักจะมีอัตราส่วนค่อนข้างคงที่ คือ ประมาณ 15 ต่อ 85 ในกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวนี้ พบว่า มีไขมันชนิดที่ดีและมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค (Essential Fatty acid) มีอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูงคือสูงราวร้อยละ 30-40 ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะเป็นพวก Linoleic และ Linolenic acid เป็นต้น ในส่วนของไขมันที่ไม่อิ่มตัวซึ่งมีสูงถึงร้อยละ 85 โดยประมาณ ก็จะประกอบด้วยกรดไขมันที่มีคาร์บอนจำนวน 18 ตัวอยู่และมีจำนวน double bond แตกต่างออกไป คือ Oleic acid (C18:1) Linoleic acid (C18:2) Linolenic (C18:3) และจากการศึกษาที่มีจำนวนของ double bond อยู่มากจึงมี ผลต่อการเกิดการสันดาป (Oxidation) ได้ง่าย ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ในลักษณะที่มีกลิ่นเหม็นหืน หรือ Rancid ดังที่เราพบอยู่ทั่วไป จากปฏิกิริยา Oxidation นี้จึงนำมาใช้ในการควบคุมเพื่อป้องกันในช่วงของการเก็บถั่วเหลืองในรูปของเมล็ด หรือน้ำมันถั่วเหลือง โดยที่จะต้องกำหนดอุณหภูมิในการเก็บ การกำจัดสารโลหะหนัก โดยเฉพาะทองแดงและปริมาณของน้ำ

ในไขมันถั่วเหลืองยังประกอบไปด้วยสารพลอยอีกชนิด คือ สารที่เรียกว่า Phospholipids หรือ phosphatides ซึ่งเป็นสารที่คล้ายไขมันโดยมีไนโตรเจนและ ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย โดยที่ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของ phosphoric acid หรือ Inositol ในโมเลกุลของไขมัน และไนโตรเจนอยู่ในรูปของ Lecithin หรือ Cephalin คุณสมบัติของ Phospholipids นี้จะมีผลในด้านของการ Emulsifyingที่ดี โดยที่ตัวมันเองละลายได้ในแอลกอฮอล์ แต่ไม่ละลายใน อะซิโตน การแยกเอา Lecithin ออกจากไขมันก็ทำได้โดยการใช้เครื่องเหวี่ยงไขมันหลังจากที่ใช้น้ำเข้าไปช่วยให้ละลายออกมาและอุณหภูมิที่สูงพอเหมาะ หลังจากแยกออกมาจากไขมันใหม่ๆ จะมีปริมาณของไขมันติดมาด้วยประมาณร้อยละ 30 และเมื่อนำมาล้างใน อะซิโตน ก็จะได้เป็นLecithin ที่บริสุทธิ์ ซึ่งก็จะประกอบไปด้วยสารต่าง ๆ โดยประมาณคือ Lecithin ร้อยละ 29 Cephalinร้อยละ 31 และ Inositol-containing phospholipids ร้อยละ 40

1.3 คาร์โบไฮเดรท (Soybean Carbohydrates)

สารคาร์โบไฮเดรทที่พบในถั่วเหลืองอาจแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

ก. คาร์โบไฮเดรทที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate) ส่วนใหญ่แล้วก็จะได้แก่น้ำตาลต่างๆ เช่น

Disaccharide	ได้แก่	Sucrose
Trisaccharide	ได้แก่	Raffinose
Tetrasaccharide	ได้แก่	Stachyiose

ส่วน Pentasaccharide ได้แก่ Verbascose มีพบน้อยมาก แต่มีพบในรูปของแป้งในถั่วเหลืองเมล็ดแก่ ในเมล็ดถั่วเหลืองที่ยังอ่อนจะพบน้ำตาลในรูปของ Monosaccharide คือ Glucose และน้ำตาล รีดิวส์ซิ่ง อื่นๆ อยู่ในปริมาณพอควรแต่จะลดน้อยลงจนไม่มี ในสภาวะที่ถั่วมีความแก่พอดี

ข. คาร์โบไฮเดรทที่ไม่ละลายน้ำ (Water insoluble carbohydrate of cotyledons) คาร์โบไฮเดรทที่ไม่ละลายในน้ำในส่วนที่อยู่ในใบเลี้ยง ส่วนใหญ่ก็ได้แก่สารพวกที่มีโครงสร้างของโมเลกุลซับซ้อนคือ เป็นน้ำตาลที่มีหลายโมเลกุล อันได้แก่พวก Arabinan, Arabinogalactan และอาจรวมไปถึงสารในกลุ่มของ Pectic ด้วย ปริมาณที่แน่นอนของคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ละลายน้ำนี้ยังไม่เป็นที่ทราบแน่นัก แต่ก็เชื่อแน่ว่ามีปริมาณไม่สูงนัก

การสกัดแยกเอาส่วนของคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ละลายน้ำเพื่อการวิเคราะห์นั้น อาจทำโดยใช้กากถั่วเหลืองที่เหลือจากการสกัดไขมันออกแล้ว นำมาแยกเอาน้ำตาลออกไปโดยใช้สารผสมรวมระหว่าง ethanol ต่อน้ำเท่ากับ 4:1 ที่ความร้อนจุดเดือดและสกัดโปรตีนออกโดยใช้ด่างเจือจาง สารที่เป็น Polysaccharide จะถูกสกัดแยกออกมาโดย Ammonium oxalate หรืออาจใช้ EDTA disodium salt ในส่วนของเปลือกถั่วเหลืองซึ่งถือกันว่าไม่มีคุณค่าทางอาหารส่วนใหญ่แล้วก็จะประกอบด้วย สารที่เรียกว่าเส้นใย (Fiber) ถึงครึ่งหนึ่งของปริมาณเปลือกทั้งหมด ในด้านอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ซึ่งต้องการ fiber สูงเพื่อเป็นสารพาไวตามิน ถั่วเหลืองที่มีขนาดเมล็ดใหญ่จะมีสัดส่วนของเปลือกลดลง และถ้าถั่วเหลืองที่มีขนาดเมล็ดเล็กจะมีสัดส่วนของเปลือกเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำตาลที่พบในส่วนต่างๆของถั่วเหลืองของสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น

น้ำตาล	ถั่วทั้งเมล็ด ร้อยละ	กากถั่วเหลืองสกัดไขมันแล้ว ร้อยละ	ต้นอ่อนที่สกัดไขมันออกแล้ว ร้อยละ	เปลือก ร้อยละ
		ถั่วเหลืองของสหรัฐ		
Sucrose	4.5	6.2	6.0	0.58
Raffinose	1.1	1.4	1.7	0.11
Starchiose	3.7	5.2	8.4	0.39
Arabinose	0.002	-	-	0.023
Glucose	0.005	-	-	0.06
		ถั่วเหลืองญี่ปุ่น		
Sucrose	5.7	7.4	9.6	0.64
Raffinose	1.1	1.4	2.1	0.16
Stachiose	4.1	5.4	6.7	0.45
Arabinose	0.001	-	-	0.015
Glucose	0.007	-	-	0.04

ที่มา: ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย (2527)

1.4 เถ้าและแร่ธาตุในถั่วเหลือง(Ash and Mineral Constituents)

ปริมาณของเถ้าที่พบในถั่วเหลืองทั้งเมล็ดนั้น ได้มี ผู้วิเคราะห์เปรียบเทียบในปริมาณของชนิดพันธุ์ รวมทั้งผลจากสภาวะการปลูกอื่นๆพบว่าปริมาณของเถ้าที่พบไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีอยู่ในช่วงร้อยละ 4.6-5.3 นอกจากนั้นยังพบว่าแร่ธาตุส่วนใหญ่ที่พบเป็นประเภท โปแตสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และ ซัลเฟอร์ เป็นต้น ปริมาณของแร่ธาตุแต่ละตัวมีโดยประมาณคือ

ฟอสฟอรัส	ร้อยละ	0.78
โปแตสเซียม	ร้อยละ	1.83
แมกนีเซียม	ร้อยละ	0.31
โซเดียม	ร้อยละ	0.24
แคลเซียม	ร้อยละ	0.24
ซัลเฟอร์	ร้อยละ	0.24

ส่วนแร่ธาตุอื่นๆที่พบอยู่ในปริมาณน้อยมากได้แก่ คลอไรด์ โบรอน แมงกานีส เหล็ก ทองแดง แบเรียม และ สังกะสี เป็นต้น

1.5 ไวตามิน (Soybean Vitamin)

โดยทั่วไปแล้วการบริโภคถั่วเหลืองจะเป็นการบริโภคร่วมกับอาหารชนิดอื่นๆและถั่วเหลืองก็ถือว่าเป็นแหล่งของไวตามินแหล่งหนึ่งของอาหาร ซึ่งอาจมีไม่ครบถ้วนตามความต้องการของร่างกาย ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของไวตามินบีรวมที่ค่อนข้างสูง ในการทำเป็นอาหารสัตว์ของสัตว์ทดลอง (หนู) และจากการทดลองของนักวิจัยพบว่าในคนผู้ใหญ่ที่บริโภคโปรตีนให้เป็นไปตามความต้องการของร่างกายต่อวัน โดยที่ครึ่งหนึ่งของโปรตีนมาจากถั่วเหลือง (อาจอยู่นมรูปของแป้งถั่วเหลือง) แล้วปริมาณประมาณ 1/3 ถึง 1/2 ของความต้องการ Thiamine, Riboflavin และ Nicotinic acid จะได้รับมาจากถั่วเหลือง

ในส่วนของไวตามินที่ละลายได้ในไขมัน (Fat soluble vitamin) พบว่าถั่วเหลืองมีปริมาณของเบต้าแคโรทีน อยู่ในเมล็ดถั่วเหลืองอ่อนอยู่ 2-7 ไมโครกรัม/กรัม แต่ถ้าถั่วเหลืองแก่ปริมาณจะลดลงเหลืออยู่เนียง 0.2-2.4 ไมโครกรัม/กรัม จากผลการทดลองใช้ถั่วเหลืองดิบปริมาณร้อยละ30หรือมากกว่าไปใช้ทำเป็นอาหารสำหรับโคนมกิน

พบว่าระดับของไวตามินเอและแคโรตีนใน Blood plasma ลดลงมาก ซึ่งข้อสันนิษฐานยังไม่เป็นที่ยืนยันนักที่อาจเป็นไปได้ว่าเกิดมาจาก Enzyme Lipoxidase ที่อยู่ในถั่วดิบ

1.6 อะฟลาท็อกซินในถั่วเหลือง (Aflatoxin)

สาร อะฟลาท็อกซิน จัดเป็นสารที่ทำให้เกิดพิษจากการบริโภคเข้าไปของคนและสัตว์เลี้ยง และเป็นสารที่เรียกว่าปนเปื้อนเข้าไปอยู่ในถั่วเหลือง โดยมิได้เป็นส่วนประกอบที่มีในถั่วเหลืองนั้น สาร อะฟลาท็อกซิน เกิดมาจากเชื้อราที่เจริญเติบโตได้บนเมล็ดถั่วเหลืองหรือเมล็ดถั่วต่าง ๆ มีไขมันอยู่สูงโดยเฉพาะพบมากที่สุดในถั่วลิสง การเก็บของถั่วเก็บในสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น ถั่วมีความชื้นสูงเก็บในที่ๆมีอุณหภูมิสูงและมีอากาศพอเหมาะ เชื้อราดังกล่าวเป็นประเภท Aspergillus flavus, A. parasiticus และ A. tamarii เป็นต้น สภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเชื้อราเหล่านี้ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ความชื้น หรือ Water activity ที่ 0.98-0.95 และการเจริญเติบโตจะถูกจำกัดที่อุณหภูมิ 12 และ 43 องศาเซลเซียส สภานที่เหมาะสมในการสร้างสารพิษ (Toxin) นั้น เป็นสภาพเดียวกับความเหมาะสมในการเจริญเติบโต และโดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 25-32 องศาเซลเซียส Water activity 0.99 สารพิษ Micotoxin ที่ผลิตมาจากเชื้อรา เหล่านี้มีหลายชนิดซึ่งแตกต่างกันไปในด้านของโครงสร้างทางเคมี และการเกิดพิษจากการบริโภคในร่างกาย

2. คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง

โปรตีนนับเป็นสารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการหลักอันหนึ่ง ที่พบในถั่วเหลืองเมื่อเปรียบเทียบกับธัญพืชชนิดอื่นแล้ว ปริมาณโปรตีนที่ถั่วเหลืองให้ออกมานั้นในระยะเวลาต่อการปลูก 1 ช่วง และพื้นที่ปลูก 2.5 ไร่ พบว่าถั่วเหลืองให้โปรตีนสูงมากโดยที่สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนให้กับมนุษย์ซึ่งมีกิจกรรมปานกลางได้เป็นระยะเวลานานถึง ประมาณ 2,220 วัน ขณะที่ข้าวสาลีให้โปรตีนเพียง 870 วัน ข้าวโพด 350 วัน และเนื้อสัตว์โดยที่เป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงวัวจะให้เนื้อออกมา คิดเป็นปริมาณโปรตีนที่บริโภคเป็นไปตามความต้องการของร่างกายได้ 70 วัน เป็นต้น นอกจากในเรื่องของปริมาณโปรตีนที่มีอยู่สูงในถั่วเหลืองอันเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปแล้วนั้น ในด้านของคุณภาพของโปรตีนเองก็นับว่าเป็นส่วนสำคัญที่จะต้องมีการศึกษา

2.1 ความต้องการด้านสารอาหารโปรตีนของร่างกาย โปรตีนเป็นสารอาหารที่

จำเป็นสำหรับชีวิตมนุษย์ แหล่งอาหารที่ให้สารอาหารโปรตีนโดยทั่วไปแล้วได้แก่ อาหารประเภทเนื้อสัตว์ทุกชนิด ไข่ น้ำนม ส่วนโปรตีนจากพืชเช่น จากสาหร่าย และ พวก single cell protein อื่นๆ นับเป็นแหล่งของโปรตีนใหม่ที่ถูกนำมาใช้ในบทบาทของอาหารมนุษย์มากขึ้น เป็นลำดับ ความต้องการของสารอาหารโปรตีนนั้นมีอัตราความต้องการสูงสุดในช่วงของเด็กแรกเกิด เด็กอ่อน เด็กโต วัยรุ่น และผู้ใหญ่ ตามลำดับ นอกจากนั้นความต้องการของโปรตีนยังขึ้นอยู่กับสภาพทางกายภาพของแต่ละคนด้วย เช่น ในมารดาที่กำลังตั้งครรภ์ มารดาที่กำลังให้นม ในด้านของความต้องการสารอาหารโปรตีนนี้ได้มีข้อกำหนดโดยหน่วยงานสมาคมต่างๆ ที่ทำการศึกษาและได้ให้ข้อกำหนดเพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานที่จะนำไปใช้ในการบริโภค และ ก่อให้เกิดความพอเพียงพอเหมาะ แก่สุขภาพของคนทั่วๆไป ดังจะเป็นได้ ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. ความต้องการของสารอาหารโปรตีนของร่างกายเป็นไปตามอายุและสภาวะของการเจริญเติบโต

อายุและสภาวะการเจริญเติบโตของร่างกาย		ความต้องการของโปรตีน กรัม : น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม	
		NAS	FAO
เด็กทารก	0 - 3 เดือน	2.2	2.3
	3 - 6 เดือน	2.0	1.8
	6 - 9 เดือน	1.8-2.0	1.5
	9 - 12 เดือน	1.8-2.0	1.2
เด็กเล็ก	1 - 3 ปี	1.8	1.1
	4 - 6 ปี	1.6	1.0
	7 - 9 ปี	1.4	0.9
	10-12 ปี	1.3	0.9
เด็กโต	13-15 ปี	1.0	0.8
	16-19 ปี	0.9	0.8
ผู้ใหญ่	มากกว่า 20 ปี	0.9	0.8
มารดากำลังตั้งครรภ์		1.1	0.8
มารดาขณะให้นม		1.3	1.0

ที่มา: National Acedemy of Science (1968)

Food and Agriculture Organization (1965)

2.2 ความต้องการด้านกรดอะมิโนของร่างกาย โปรตีนในถั่วเหลืองก็เช่นเดียวกับโปรตีนที่พบในแหล่งของอาหารทั่วๆไป กล่าวคือจะประกอบไปด้วยกรดอะมิโน (Amino acid) ชนิดต่างๆ ปริมาณของกรดอะมิโนของโปรตีนจากถั่วเหลืองอาจแตกต่างไปจากโปรตีนจากแหล่งอื่นๆ อันมีผลทำให้คุณภาพของโปรตีนและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายมีความแตกต่างกันด้วย และ ในเรื่องนี้นักวิทยาศาสตร์จึงได้ทำการทดลอง และจัดแยกประเภทถึงความสำคัญ และ จำเป็นต่อการใช้งานของกรดอะมิโนเป็น 2 ประเภท คือ กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย(Essential Amino Acids) หรือ เป็นกรดอะมิโนที่จะต้องบริโภคในรูปของอาหารทั้งนี้ เพราะร่างกายจำเป็นต้องนำไปใช้งานในขบวนการสร้าง หรือ รักษาสมดุลย์ของไนโตรเจนในร่างกาย และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย (Non-essential Amino Acids) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่สามารถสร้าง หรือผลิตขึ้นมาได้จากขบวนการทางชีวเคมีของร่างกาย เมื่อนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของปฏิกิริยาสร้างสมเป็นโปรตีนต่างๆ ชนิดของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายนั้น ได้แก่ Isoleucine, Leucine, Lycine, Methionine, Phenylalanine, Threonine, Tryptophan และ Valine สำหรับ Methionine และ Phenylalanine นั้นจะถูกนำไปใช้สร้างเป็นกรดอะมิโนชนิดที่เรียกว่า Cystein และ Tyrocine ตามลำดับได้ ฉะนั้นทำให้ความต้องการของกรดอะมิโนทั้งสองตัวนี้เป็นไปได้ครบถ้วนส่วนหนึ่ง โดยที่มีกรดอะมิโนของ Cystein และ Tyrocine ที่มีอยู่ในอาหาร ในตารางที่ 4 แสดงให้เห็นถึงความต้องการของกรดอะมิโนในเด็กทารกและผู้ใหญ่ และที่สำคัญมากกว่าเรื่องของปริมาณความต้องการของกรดอะมิโนแต่ละตัวคือในการที่จะบอกถึงคุณภาพของโปรตีนนั้นๆ แบบแผน (Overall pattern) ของกรดอะมิโนที่จำเป็นรวมทั้งหมดหรือทุกตัวนั้นมีความสำคัญมากกว่าปริมาณที่มีของแต่ละตัวของกรดอะมิโนที่จำเป็น (ตารางที่ 5)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 4 ความต้องการกรดอะมิโนต่อวันของมนุษย์ และแบบแผน (pattern) ของกรดอะมิโนที่จำเป็น

กรดอะมิโน	ความต้องการของเด็กทารก มก./กก.	ความต้องการของผู้ใหญ่ มก./วัน ชาย	หญิง	1957 FAO Provisional Pattern Tryptophan = 1	Whole gee Protein Pattern Tryptophan = 1	A/E Ratio Whole gee Protein mg/gm Total Acids
Histidine	32	-	-	-	-	-
Isoleucine	90	450	700	3.0	4.1	129
Leucine	150	620	1100	3.4	5.5	172
Lysine	105	500	800	3.0	4.0	125
Phenyl	90	220	300	2.0	3.6	114
Tyrosine	-	900	1100	2.0	2.6	81
Methionine	-	350	200	1.4	1.9	61
Cystine	85	200	810	1.6	1.5	46
Threonine	60	305	500	2.0	3.2	99
Tryptophan	22	157	250	1.0	1.0	31
Valine	93	650	800	3.0	4.5	141

ที่มา: ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย (2527)

ตารางที่ 5 อัตราส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นทั้งหมดต่อไนโตรเจนทั้งหมด ในแหล่งของโปรตีนต่างๆ

แหล่งของโปรตีน	E/R Ratio (Gm/Gm Total Nitrogen)
โปรตีนจากไข่ทั้งฟอง (Whole egg Protein)	3.22
นมโค (Cow's milk)	3.20
เนื้อวัว (Beef muscle)	2.79
เนื้อปลา (Fish)	2.66
แป้งถั่วเหลือง (Soy flour)	2.58
เมล็ดงา (Sesame seed)	2.47
เมล็ดฝ้าย (Cotton seed)	2.15
แป้งถั่วลิสง (Peanut flour)	2.08
แป้งสาลี (White wheat flour)	2.02

ที่มา: ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย (2527)

2.3 สารต่อต้านคุณค่าทางโภชนาการในถั่วเหลือง (Antinutritional factor)

แม้ว่าถั่วเหลืองจะเป็นแหล่งของสารอาหารโปรตีนที่สูงสุดอันหนึ่ง ที่จะให้กับมวลมนุษย์ แต่ถั่วเหลืองก็มีสารที่จัดว่าเป็นตัวยับยั้งการย่อยสลายและการดูดซึมเพื่อนำไปใช้ในร่างกายอยู่ โดยที่ได้มีการทดลองจนเป็นที่ประจักษ์แน่ชัดแล้วว่า การนำเอาถั่วเหลืองดิบไปเลี้ยงหนูทดลองพบว่าหนูทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการนำเอาถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อนเพื่อทำให้สุกพอเหมาะ แล้วนำไปเลี้ยงหนูทดลองอีกกลุ่มหนึ่ง พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตปกติ ซึ่งจากข้อสรุปของการทดลองกับสัตว์ทดลองนี้ก็พอสรุปได้ว่า ความร้อนที่พอเหมาะ (ไม่ว่าจะเป็นความร้อนเปียก หรือความร้อนแห้ง) จะสามารถทำลายสารต่อต้านคุณค่าทางโภชนาการจากถั่วเหลืองได้ สารดังกล่าวนี้มีผู้เชื่อกันว่า ได้แก่ Trypsin Inhibitor, Hemagglutinin และสารพวกที่ไม่ใช่โปรตีน คือ Saponins เป็นต้น

นมถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากนมถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองนำมาทำผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด นมถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากถั่วเหลืองที่นิยมกันอย่างกว้างขวาง ทำจากการสกัดถั่วเหลืองบดด้วยน้ำ จากถั่วแห้ง 1 กิโลกรัมเมื่อนำมาทำน้ำนมถั่วเหลืองโดยการสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 จะได้นมถั่วเหลืองประมาณ 6.5 ลิตร และมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ ปริมาณของแข็งร้อยละ 8.99 โปรตีนร้อยละ 3.55 ขณะที่นมสดจากโคมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 3.69 (Metwalli and Shalabi, 1982) ดังนั้นจะเห็นได้ว่านมถั่วเหลืองมีคุณค่าทางอาหารที่ใกล้เคียงกับนมโค นักโภชนาการจึงสนับสนุนให้มีการดื่มนมถั่วเหลืองทดแทนน้ำนมโคเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับนมจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ แล้วพบว่ามีองค์ประกอบของกรดอะมิโนในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่นมถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบต่ำกว่านมชนิดอื่น ๆ ดังตารางที่ 6 Shupelakar (1965) ได้รายงานว่าถ้าเสริม methionine ลงในน้ำนมถั่วเหลืองจะทำให้มีคุณค่าทางอาหารเท่าเทียมกับน้ำนมโค และ Hackler (1965) ได้รายงานไว้ว่า นมถั่วเหลืองจะมีคุณค่าทางอาหารโปรตีน

มากที่สุดเมื่อทำให้ร้อนถึง 212 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 นาที หรือที่ 93 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 60 นาที และสภาพเช่นนี้สามารถทำลายสาร trypsin inhibitor ลงได้ถึงร้อยละ 90 ส่วน Escueta and Bangen (1977) ได้รายงานว่าปฏิกิริยา trypsin inhibitor ของนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากถั่วที่ผ่านการแช่น้ำก่อนจะสูญหายไปหมดระหว่างที่ลวกถั่วนาน2นาทีส่วนถั่วที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำต้องใช้เวลาลวกถึง 5 นาทีจึงจะให้ผลเท่ากัน Johnson et al., (1981) ก็ได้รายงานว่านมถั่วเหลืองที่เตรียมโดยทั่วไปเมื่อนำมาต้มที่อุณหภูมิ 99 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที พบว่าปฏิกิริยา trypsin inhibitor ลดลงไปถึงร้อยละ 90 และ มีโปรตีนที่สกัดได้ร้อยละ 73 แต่ถ้าใช้วิธี Steam Infusion Cooking ที่อุณหภูมิ 154 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 34 วินาทีแล้ว พบว่ามีปฏิกิริยาของ trypsin inhibitor เหลืออยู่น้อยกว่าร้อยละ 8 และ มีโปรตีนที่สกัดได้ร้อยละ 90

ตารางที่ 6. เปรียบเทียบองค์ประกอบกรดอะมิโนของนมถั่วเหลือง นมวัว และนมมารดา (ร้อยละ)

กรดอะมิโน	นมถั่วเหลือง	นมวัว	นมมารดา
Isoleucine	4.7	7.5	5.5
Leucine	8.1	11.0	9.1
Lysine	6.4	8.7	6.6
Sulfur amino acid	2.1	4.2	4.0
Aromatic aa.	9.0	11.5	9.5
Threonine	3.9	4.7	4.5
Tryptophan	1.1	1.5	1.6
Valine	5.0	7.0	6.2

ที่มา: Smith and Circle (1978)

กลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง Wilken et al. (1967) รายงานว่าการเกิดกลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองเกี่ยวข้องกับสารประกอบที่ระเหยได้ อันมีสาเหตุสำคัญมาจากเอนไซม์ lipoxygenase ซึ่งมีอยู่แล้วในถั่วเหลืองตามธรรมชาติ เอนไซม์นี้นอกจากพบในถั่วเหลืองแล้วยังพบในพวกธัญพืชอื่น ๆ เช่น ข้าวสาลี เมล็ดพืชน้ำมัน และในพืชตระกูลถั่วอื่น ๆ จะเห็นได้ว่าถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีเอนไซม์นี้มากที่สุด ดังตารางที่ 7 (Obaidy and Siddhiqui,1982)

ตารางที่ 7 ระดับปฏิกิริยาของเอนไซม์ lipoxygenase ในพืชต่าง ๆ

พืช	ปฏิกิริยาเมื่อเทียบกับถั่วเหลือง(ร้อยละ)
ถั่วเหลือง	100
ถั่วเขียว	14
ถั่วลันเตา	13
ถั่วแขก	28
Broad Bean	11
ข้าวสาลี	3

ที่มา: Obaidy and Siddhiqui (1981)

เอนไซม์ lipoxygenase เอนไซม์ lipoxygenase เป็นเอนไซม์ในกลุ่ม oxidoreductase หรือที่เรียกว่า linoleate : oxygen oxidoreductase หรือ E.C. 1.99.2.1 เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการ oxidation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีบอนด์คู่ 2 คู่อยู่ในรูป cis form substrate ที่ดีที่สุดของเอนไซม์พวกนี้คือกรดลิโนเลอิก ลิโนเลนิก อราชิโดนิก และพวกลิโนลิเอท หรือลิโนลิเนท ซึ่งเมื่อถูกคะตะไลซ์แล้วได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็น conjugated diene hydroperoxide

สาร conjugated diene hydroperoxide จะสลายตัวต่อไปให้สารประกอบที่ระเหยได้ และทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเขียวขึ้นในผลิตภัณฑ์ (Holman et al.,

1969) สารประกอบเหล่านี้ส่วนใหญ่คือ 1-pentanol, 1-hexanol, 2-octa 3-ol hexanol และ hexanol มีมากที่สุดถึงร้อยละ 25 (Arai, 1967) แป้งถั่วเหลืองมีสารประกอบพวก ethyl vinyl ketone และ 2 pentyl-furan ทำให้เกิดกลิ่นถั่วและกลิ่นเหม็นเขียว นอกจากนี้ 2-pentyl-furan, 3-cishexanol และ ethyl vinyl ketone ก็เป็นตัวการที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วในถั่วเหลืองและในน้ำมันถั่วเหลือง (Packis et al., 1977)

Hsich and Huang (1981) ศึกษาสารประกอบที่ให้กลิ่นรสจากแป้งถั่วเหลืองที่สกัดไขมันแล้วโดยวิธี Infrared และ Mass Spectrometry พบว่าส่วนที่ก่อให้เกิดกลิ่นถั่วและกลิ่นเหม็นเขียวในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง เป็นสารประกอบตามตารางที่ 8

ตารางที่8 สารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วและกลิ่นเหม็นเขียวในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง

Alcohols
3 - Methyl butanol
1 - Pentanol
1 - Hexanol
2 - Hexanol
3 - Hexanol
1 - 2 - Hexen - 1 - ol
1 - 2 - Hepten - 1 - ol
1 - Octen - 3 - ol
2 - Octen - 1 - ol

ตารางที่ 8 (ต่อ) สารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วและกลิ่นเหม็นเขียวในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง

Aldehydes
Pentanal Hexanal 1 - 2 Hexenal Heptanai 2 - 4 - Heptadienal 1 - 2 - Octenai
Ketones
Ethyl vinyl ketone 2 - Methy cyclopentanone Methyl ethyl cyclopentanone 3 - Methyl - 2 - cyclopentanone 2 - Heptanone 2 - 6 - Dimethy - 3 heptanone 3 - Octanone 3 - Octen - 2 one
Amyl vinyl ketone
Furan 2 - Pentyl furan

เนื่องจากสารประกอบที่ระเหยได้ซึ่งเกิดจากเอนไซม์ lipoxygenase ก่อให้เกิดปัญหาด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง ดังนั้นทางแก้ปัญหาคือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาอันเนื่องมาจากเอนไซม์

คุณสมบัติของเอนไซม์ , Surrey(1960) ศึกษาพบว่าเอนไซม์ lipoxygenase มีน้ำหนักโมเลกุล 108,000 มีโครงสร้างย่อยที่ประกอบด้วย 2 component คือร้อยละ 85 เป็น 2.8 s และที่เหลือเป็น 6.3 s (Swedburg unitt)

pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.5-9 pH ประมาณ 5.4 อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส

Inhibitor ที่สำคัญที่สุดของเอนไซม์ lipoxygenase คือพวก lipid antioxidant เช่น tocopherol, nordihydroguaiaretic acid (NDGA), propyl gallate, hydroguinone, napthol

<u>การผลิตผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ปราศจากกลิ่นถั่ว</u>

Wilken et al.(1967) ศึกษาพบว่า ถ้าบดถั่วกับน้ำที่อุณหภูมิระหว่าง 80 และ 100 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมินี้ไว้ประมาณ 10 นาที จะสามารถยับยั้งเอนไซม์ lipoxygenase ได้อย่างสมบูรณ์ และได้นมถั่วเหลืองที่ปราศจากกลิ่นเหม็นเขียว Mustakas et al. (1969) ได้ใช้วิธีการให้ความร้อนแห้ง 212 องศาฟาเรนไฮต์แก่เนื้อถั่วเหลืองก่อนบดเป็นแป้ง พบว่าสามารถยับยั้งปฏิกิริยาเอนไซม์ lipoxygenase ได้ และเมื่อวิเคราะห์พบว่าแป้งถั่วเหลืองที่ได้มีปริมาณ peroxide, conjugated diene และกรดไขมันอิสระต่ำ Kon et al. (1970) ก็ได้รายงานว่าการบดถั่วกับน้ำภายใต้สภาพเป็นกรด pH 3.85-2.2 สามารถยับยั้งเอนไซม์ lipoxygenase ได้ และได้ของผสมที่ไม่มีกลิ่นแปลกปลอมหรือกลิ่นเหม็นเขียว นอกจากประโยชน์ในการกำจัดกลิ่นถั่วแล้ว สภาพเป็นกรดที่ pH 2.2 นี้สามารถสกัดโปรตีนได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดถั่วแห้งด้วยน้ำ Helson et al. (1971) รายงานว่าถั่วเหลืองในสภาพทั้งเมล็ดนั้นไม่มีสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเขียวหรือกลิ่นถั่วขึ้น แต่ถ้าบดถั่วหรือทำให้เนื้อเยื่อถูกทำลายแล้วจะเกิดกลิ่นเหม็นเขียว ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์และ substrate ทำปฏิกิริยากัน Schroder and Jackson (1972) ทำการลดกลิ่นถั่วในเต้าหู้โดยบดถั่วในน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และทำให้ร้อนขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 3 นาที เมื่อกรองแล้วอุณหภูมิจะลดลงเป็น 80 องศาเซลเซียส แล้วตกตะกอนด้วย $CaSO_4$ จะได้เต้าหู้ที่มีกลิ่นถั่วน้อยกว่าเต้าหู้ที่ได้จากการบดถั่วในน้ำเย็นธรรมดา Nalson et al. (1976) ศึกษาถึงขบวนการเตรียมนมถั่วเหลืองตามวิธี Illinois Process พบว่าถ้าแช่ถั่วด่างคืนในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 0.5 หรือในน้ำธรรมดาแล้วลวกต่อในสารละลายชนิดเดียวกันเป็นเวลา 30 นาที จะได้ถั่วที่ปราศจากกลิ่นเหม็นเขียว เนื่องจากเอนไซม์ lipoxygenase ถูกทำลายลงจนไม่ก่อให้เกิดปัญหากลิ่นถั่ว

อุตสาหกรรมการทำน้ำนมถั่วเหลือง

สำหรับกรรมวิธีในการทำน้ำนมถั่วเหลือง ได้มีผู้ค้นคว้าวิจัยและทดลองกันมากมาย ทั้งนี้ก็เพื่อจุดประสงค์ของการที่จะให้ได้มาซึ่ง น้ำนมถั่วเหลืองที่มีคุณภาพทั้งทางรสชาติและทางกายภาพ เป็นไปตามความยอมรับของผู้บริโภคในแต่ละท้องถิ่น กรรมวิธีการทำน้ำนมถั่วเหลืองมีอยู่หลายแบบและวิธีด้วยกัน โดยเริ่มตั้งแต่แบบง่ายๆ ที่ทำกันในบ้าน ซึ่งเป็นวิธีของจีนโบราณจนถึงสมัยใหม่ ซึ่งมีกระบวนการที่ซับซ้อนในอุตสาหกรรม กรรมวิธีที่ทำอยู่อาจแบ่งออกเป็น 4 แบบด้วยกันคือ

1. การใช้น้ำสกัด (Water extract process)
2. วิธีการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ (Water emulsion process)
3. การใช้โปรตีนบริสุทธิ์ (Protein isolate process)
4. การใช้แป้งถั่วเหลืองในไขมันเต็ม (Full fat soy flour process)

1. **วิธีการใช้น้ำสกัด (Water extract process)** การทำน้ำนมถั่วเหลืองแบบนี้เป็นวิธีการที่ใช้กันมานานจนถึงว่าเป็นวิธีเก่าแก่ที่สุดอันหนึ่ง โดยการใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดนำมาแช่น้ำให้นิ่มตัว และจะพองตัวขึ้นอีก 1-1.2 เท่า ระยะเวลาการแช่เพื่อให้ถั่วนิ่มตัวจะใช้ได้ก็อาจใช้เวลาตั้งแต่ 1 ชั่วโมง ถึง 20 ชั่วโมง แล้วแต่อุณหภูมิของน้ำที่แช่ถั่วเหลือง คือ ถ้าใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงก็จะนิ่มตัวเร็วกว่าการใช้น้ำอุณหภูมิต่ำ จากนั้นถั่วจะถูกนำมาบดกับน้ำในสัดส่วนที่ต้องการ และกรองเอาส่วนที่ไม่ละลายน้ำออกไป น้ำที่กรองออกมาได้จะมีลักษณะคล้ายน้ำนมและมีกลิ่นเหม็นเขียวตามลักษณะของถั่วเหลืองอยู่ ปัจจุบัน

ได้มีนักวิจัยค้นคว้าหลายต่อหลายคนพยายามทดสอบทดลองคิดค้นที่จะทำลาย กลิ่นถั่วเหลือง ซึ่งจัดว่าเป็นความรู้สึกที่ไม่ต้องการให้มีอยู่ในน้ำนมถั่วเหลืองให้หมดไปโดยใช้วิธีการต่าง ๆ ซึ่งผลก็เป็นที่ทราบกันดีว่า อุณหภูมิ เวลา และหรือสารเคมี เช่น แอลกอฮอล์ เป็นสารที่กำจัดหรือลดความรุนแรงของกลิ่นถั่วเหลืองได้ในการทำนมถั่วเหลือง ขณะเดียวกันก็พบว่าการใช้ความร้อนที่ถูกต้องเหมาะสมยังทำให้สารต่างๆ ที่อยู่ในถั่วเหลืองที่ไม่ต้องการถูกทำลายหรือสลายตัวไปได้ด้วย เช่น สารยับยั้งการย่อยสลายและการดูดซึมของโปรตีน คือ Trypsin inhibitors, Phytic acid สาร Saponins และ Hemagglutinins เป็นต้น ซึ่งในเรื่องของการปรับปรุงกรรมวิธีทำน้ำนมถั่วเหลืองเพื่อให้เกิดผลดีในด้านคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้นควบคู่ไปกับ การทำลายกลิ่นเหม็นเขียว ที่ไม่เป็นที่นิยมนี้ Dr. Miller ซึ่งเป็นแพทย์ชาวจีนได้นำมาใช้ตั้งแต่เริ่มแรก โดยเขาได้นำวิธีการกำจัดกลิ่นโดยการสกัดน้ำนมถั่วเหลืองตามวิธีดังกล่าวมาแล้ว และเอาน้ำนมถั่วเหลืองนั้นมาต้มที่อุณหภูมิสูง 240 องศาฟาเรนไฮต์ ด้วยหม้อต้มความดัน โดยใช้เวลา 5 นาที ซึ่งนอกจากจะทำลายกลิ่นถั่วเหลืองอันเกิดจาก enzymes Lipoxygenase แล้วยังทำลาย Trypsin inhibitors และจุลินทรีย์ต่าง ๆ อันอาจปะปนมาในขณะผ่านขั้นตอนการทำด้วย น้ำนมที่ได้ก็จะนำมาผ่านเครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenizer) น้ำนมที่ได้ Dr. Millerได้ทำการวิเคราะห์พบว่ามีส่วนประกอบคือ โปรตีนร้อยละ 3.5 ไขมันร้อยละ 1.75 และ คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5 น้ำนมถั่วเหลืองนี้เมื่อนำมาปรุงแต่งส่วนประกอบคือ นำมาเติมไขมันตามส่วน น้ำตาลทราย และน้ำตาลจากข้าวมอลท์ และเกลือแกงแล้ว ก็จะพบว่ามีส่วนประกอบคือ โปรตีนร้อยละ 3.5 ไขมันร้อยละ 3.5 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5 และเกลือแกงร้อยละ 0.25 สามารถนำไปใช้เลี้ยงเด็กในโรงพยาบาลของเขา

สำหรับขั้นตอนการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง วิธีการใช้น้ำสกัดนั้น ปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมตั้งแต่ในครัวเรือน และอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ อยู่ในบ้านเรา ทั้งนี้เนื่องจากคนไทยเราส่วนใหญ่มีเชื้อสายจีนปนอยู่มาก ซึ่งไม่รังเกียจกลิ่นถั่วเหลืองที่ติดมากับน้ำนมถั่วเหลืองบ้างเล็กน้อย อีกทั้งกรรมวิธีง่ายต่อการทำ ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการผลิตค่อนข้างน้อย

ในทางปฏิบัติของผู้ผลิตแต่ละแห่งมีข้อแตกต่างกันในส่วนปลีกย่อยเล็กน้อย อย่างไรก็ตามคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ก็มีความคล้ายคลึงกันมาก แตกต่างกันออกไป

ก็องค์ประกอบของวัตถุดิบที่เติมแต่งเข้าไป เพื่อ ให้มีกลิ่นและรส มีความเป็นผลิตภัณฑ์เฉพาะตัว ขั้นตอนในการทำน้ำนมถั่วเหลืองแบบ water extract process จึงอาจกล่าวโดยสรุปเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ถั่วเหลืองนำมาผ่านการคัดเลือกเอาเมล็ดเสีย ลีบ เน่า และดำออกทิ้งไป (โดยทั่วไปแล้วถั่วเหลืองเปลือกเหลือง และใบเลี้ยงสีเหลืองเท่านั้น จะเป็นสิ่งนำมาใช้ทำเป็นน้ำนมถั่วเหลือง) รวมทั้งการคัดเลือกเอาสิ่งที่ไม่ต้องการอื่น ๆ ออกไปด้วย เช่น ดิน หิน โลหะ และฝุ่น เป็นต้น จากนั้นจึงนำมาโม่ผ่าซีก เพื่อแยกเอาเปลือกออกบางส่วน หรืออาจไม่ผ่าซีกก็ได้

1.2 ล้างน้ำให้สะอาด เพื่อเอาฝุ่นละอองออกไป

1.3 แช่น้ำให้นิ่มตัว อุณหภูมิในการแช่ถั่วขึ้นอยู่กับความต้องการในการกำจัดกลิ่นถั่ว กล่าวคือการแช่ที่อุณหภูมิสูงกลิ่นถั่วจะลดลง และถ้าแช่ที่อุณหภูมิต่ำกลิ่นถั่วจะมีมากกว่า หรือในช่วงนี้อาจใช้สารเคมี เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือ โซเดียมคาร์บอเนต ในอัตราส่วนไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำแช่ร่วมด้วยเพื่อกำจัดสีของถั่วเหลืองให้มีความขาวขึ้น รวมทั้งมีผลในการลดความเข้มข้นของกลิ่นถั่ว ขณะเดียวกันก็จะช่วยกำจัดรสขมที่อาจมีในถั่วให้ลดลงออกไปจากถั่วด้วย การแช่ถั่วนี้จะใช้อัตราส่วนของถั่วต่อ น้ำไม่น้อยกว่า 1 ต่อ 3

1.4 ล้างให้สะอาด และเป็นการกำจัดเอาเปลือกถั่วที่หลุดออกมาจากใบเลี้ยงทั้งนี้เพราะส่วนนี้ถือเป็นส่วนที่ไม่ต้องการ เพราะไม่ใช่สารอาหารที่มีคุณค่าต่อร่างกาย

1.5 การบดให้ละเอียดซึ่งอาจทำได้โดยการใช้โม่หิน หรืออาจเป็นเครื่องบดโดยใช้แรงฉุดจากมอเตอร์ไฟฟ้าและมีประสิทธิภาพในการบดให้ละเอียด มีประสิทธิภาพสูง เป็นต้น การบดจะใช้น้ำบางส่วนร่วมด้วย เพื่อทำให้การบดเป็นไปได้อย่างสะดวกและต่อเนื่องและการบดนี้ก็จะบดให้ละเอียดที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือเพื่อให้เป็นไปตามความสามารถของเครื่องกรองที่จะสามารถรับได้เป็นเกณฑ์ อัตราส่วนของน้ำ ต่อ ถั่วเหลืองหลังจากบดแล้ว อาจเป็นอัตราส่วนคือ 1 ต่อ 10

1.6 การกรองเอาส่วนที่ไม่ละลายน้ำออก (กาก) การทำในปริมาณน้อยอาจใช้สิ่งที่ง่ายที่สุด คือผ้าขาวบางกรอง ซึ่งก็สามารถทำได้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ขึ้นไปก็มีเครื่องกรองอยู่หลายแบบให้เลือกใช้ อาจเป็นชนิดที่ไม่ต่อเนื่อง (Batch) หรือชนิดต่อเนื่อง (Continuous) เช่นแบบเป็น Batch ได้แก่ Filter press

แบบต่อเนื่องได้แก่ Decantor หรือ Saparator เป็นต้น

1.7 การต้มให้สุก น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดออกมาแล้วจะนำมาต้มให้สุกก่อน เพื่อทำลายและหยุดยั้งปฏิกิริยาทางเคมีที่จะมีขึ้น ตามมาอีกมากมาย เช่น กลิ่นรส ที่จะเปลี่ยนแปลงไป

1.8 การเติมแต่ง เนื่องจากน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ยังมีรสชาติและกลิ่นรวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการยังไม่เป็นที่ยอมรับและดีเท่าที่ควร ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องนำมาปรับปรุงให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำนมโคให้มากที่สุด ก็จะเกิดประโยชน์ต่อผู้ดื่มมากขึ้น การเติมแต่งนี้จะใช้น้ำตาลทรายเพื่อทำให้มีรสหวานขึ้น การใช้น้ำมันพืชเพื่อทำให้น้ำนมมีคุณค่าทางโภชนาการด้านไขมันมีปริมาณเท่าเทียมกับน้ำนมโค และการปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยเกลือแกง เป็นต้น

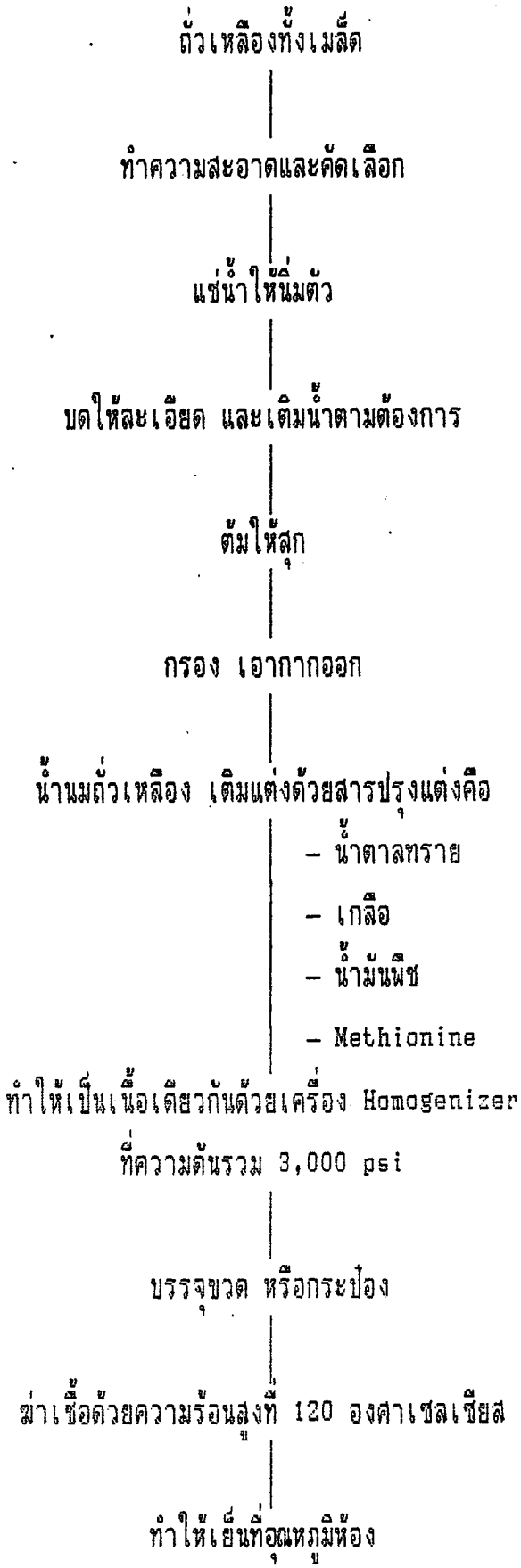
1.9 การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization) นมถั่วเหลืองที่ผ่านการเติมแต่งด้วยสารดังกล่าวแล้วจะยังไม่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน จำเป็นจะต้องผ่านการ Homogenization เพื่อให้เกิดลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและชวนดื่ม โดยเฉพาะด้านไขมันที่เติมลงไปก็จะถูกทำให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ กระจายสม่ำเสมออยู่ในเนื้อนม โปรตีนที่อาจจับตัวเป็นก้อนเล็ก ๆ ก็จะถูกตีแตกกระจายเป็นเนื้อเดียวกันเช่นกัน นมที่ผ่านการ Homogenized แล้วจะมีความข้นใส (Viscosity) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีรสชาติสม่ำเสมอกันโดยตลอด การทำ Homogenization นี้จะใช้เครื่อง Homogenizer ที่ความดันรวมประมาณ 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิไม่ควรจะต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส

1.10 การฆ่าเชื้อ (heat treatment) นมถั่วเหลืองที่ได้จะผ่านการบรรจุในภาชนะบรรจุ ซึ่งอาจมีหลายแบบเช่น ถุงพลาสติก ขวดแก้ว กล่องกระดาษ กระป๋อง เป็นต้น ทำให้อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตาม การทำการฆ่าเชื้อแบบที่เรียกว่า Sterilization ในภาชนะเช่น ขวดแก้ว และกระป๋อง ส่วนในภาชนะบรรจุที่เป็นกล่องกระดาษที่เรียกว่า tetra brix มักใช้วิธีที่เรียกว่า U.H.T. คือจะใช้อุณหภูมิในช่วง 135-140 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3-6 วินาที ซึ่งนมที่ผ่านการ Sterilization แบบที่กล่าวมาแล้วบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท จะสามารถเก็บในสภาวะปกติได้เป็นระยะเวลายาวนาน ส่วนประกอบของนมถั่วเหลืองที่ทำโดย วิธีการใช้น้ำสกัดเปรียบเทียบกับน้ำนมโค มีดังในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ส่วนประกอบของน้ำนมถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับน้ำนมโคใน 100 กรัม

ส่วนประกอบ	นมถั่วเหลือง	นมวัว
น้ำ	92.50 กรัม	87.00 กรัม
โปรตีน	3.40 กรัม	3.50 กรัม
ไขมัน	1.50 กรัม	3.90 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	2.10 กรัม	4.90 กรัม
เถ้า	0.50 กรัม	0.70 กรัม
แคลเซียม	21.00 มิลลิกรัม	118.00 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	47.00 มิลลิกรัม	93.00 มิลลิกรัม
เหล็ก	0.70 มิลลิกรัม	0.10 มิลลิกรัม
Thiamine	0.09 มิลลิกรัม	0.04 มิลลิกรัม
Riboflavin	0.04 มิลลิกรัม	0.17 มิลลิกรัม
Niacin	0.30 มิลลิกรัม	1.00 มิลลิกรัม

ที่มา: บุญจันทร์ (2530)



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำน้ำนมถั่วเหลือง

ในด้านโภชนาการและการแพทย์แล้ว น้ำนมถั่วเหลืองมีคุณภาพด้อยกว่าน้ำนมโคอันเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ทั้งนี้ก็เนื่องด้วยปัจจัยหลายด้าน เช่น

1. โปรตีน ชนิดของโปรตีนมีอัตราส่วนของกรดอมิโน ที่มีปริมาณไม่ครบถ้วนเป็นไปตามความต้องการของร่างกาย กล่าวคือปริมาณของ Sulfur containing amino acids อันได้แก่ Methionine และ Cystine อยู่ในปริมาณต่ำ ในการศึกษาทดลองวิจัยเพื่อเพิ่มคุณภาพของโปรตีนจากถั่วเหลืองในการเติมระดับของ Methionine ให้สูงขึ้นตามข้อแนะนำของ FAO ก็พบว่าคุณภาพของโปรตีนทางชีวเคมีมีประสิทธิภาพมากขึ้น ฉะนั้นจากแนวความรู้อันนี้การทำผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองเพื่อให้เกิดประโยชน์สมบูรณ์มากขึ้น การเสริมด้วย L-Methionine จึงเป็นวิธีการอันหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กันโดยทั่วไป

2. ไขมัน เนื่องจากปริมาณไขมันในน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดโดยวิธีนี้มักจะมีปริมาณของไขมันต่ำกว่าน้ำนมโค คือจะมีประมาณร้อยละ 1 ส่วนคุณภาพของไขมันก็นับว่ามีคุณภาพดีมาก คือมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (Linoleic acid) ฉะนั้นนมถั่วเหลืองจึงมีข้อเสียเปรียบในด้านปริมาณของไขมันที่มีอยู่ แต่ถ้าได้เติมเติมไขมันที่มีคุณภาพสูงเข้าไปก็จะทำให้น้ำนมถั่วเหลืองนั้นมีคุณภาพใกล้เคียงนมโคมากขึ้น

3. ไวตามินและแร่ธาตุ จะพบว่า น้ำนมถั่วเหลืองมีไวตามิน และ แร่ธาตุโดยส่วนรวมน้อยกว่าในนมโคมาก ทำให้มีผลต่อคุณภาพโดยทั่วไปของนมถั่วเหลืองเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมโค

2. วิธีการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ (Water emulsion method) กรรมวิธีนี้ค่อนข้างจะเป็นกรรมวิธีที่เหมาะกับ การใช้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางและใหญ่มากกว่าเนื่องจากต้องการเครื่องจักรมากขึ้น ส่วนขั้นตอนจะคล้ายกับการทำแบบวิธีใช้น้ำสกัด (Water extract process) จะแตกต่างกันบ้างก็ขั้นตอนบางประการ กล่าวคือถั่วที่จะนำมาทำจะต้องผ่านการทำความสะอาดแล้ว และแยกเอาเปลือกออกก่อน เหลือแต่เนื้อถั่วอย่างเดียว จากนั้นจะนำเนื้อถั่วไปอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส แล้วผ่านเข้าเครื่องรีดเป็นแผ่นบางๆ (Flaking) โดยให้ความหนาของแผ่นเนื้อถั่วอยู่ในราว 0.008 นิ้ว หรือบางกว่า จากนั้นก็จะนำมาใส่น้ำร้อน (และอาจใส่สารพวกโซเดียมไบคาร์บอเนต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต) กวนจนเข้ากันแล้วผ่านไปยัง

เครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน เช่น อาจเป็น Colloid mill หรือ Homogenizer ที่ความดันประมาณ 8,000 psi เสร็จแล้วจะผ่านไปยังเครื่องกรองน้ำนมที่ได้ออกมาจะนำไปผ่านการเติมแต่ง ให้เป็นไปตามสูตรที่ต้องการ และให้ความร้อนที่ 200 องศาฟาเรนไฮต์ นาน 10 นาที ก่อนจะนำไปบรรจุและฆ่าเชื้อหรือนำไปทำเป็นน้ำนมถั่วเหลืองผงโดยผ่านเครื่อง Spray drier

3. การทำน้ำนมถั่วเหลืองจากโปรตีนสกัด (Soy Protein Isolate) การทำน้ำนมถั่วเหลือง โดยวิธีการใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง นับเป็นวิธีการทำนมถั่วเหลืองที่มีคุณภาพสูง และได้มีการนำเอาวิธีการนี้มาใช้ในด้านอุตสาหกรรมบ้างแล้ว เช่นในประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เป็นต้น ทั้งนี้เพราะในประเทศดังกล่าวได้มีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีการใช้ถั่วเหลืองไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง ทำให้รูปแบบของผลผลิตประเภท SPI หาได้ง่ายในท้องตลาด อีกทั้งมีราคาต่ำก่อให้เกิดความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์อุตสาหกรรมของการนำไปใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง เช่น นอกจากนำไปใช้ในการทำเป็นน้ำนมถั่วเหลืองแล้วยังสามารถนำไปใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเต้าหู้ ไอศครีม โยเกิร์ต ครีมผงผสมกาแฟ เป็นต้น คุณสมบัติของ SPI ที่เหมาะในการใช้ทำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะต้องถูกเตรียมขึ้นโดยเฉพาะและมีค่าการละลายตัวสูง

ในการนำเอาถั่วเหลืองมาใช้ทำเป็นน้ำนมถั่วเหลืองนั้น อาจทำได้โดยการนำ SPI มาละลายในน้ำที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส กวนจนละลายหมด จากนั้นจึงเติมสารปรุงแต่งประเภท น้ำตาล ไขมัน และผสมให้เข้ากัน โดยให้ความร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส และรักษาระดับความร้อนนี้ไว้ประมาณ 30 นาที พร้อมการกวนที่สม่ำเสมอ จากนั้นจึงผ่านเข้าเครื่องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenizer) ที่ความดัน 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก 2,500 ปอนด์ ขั้นตอนที่สอง 500 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว จากนั้นก็ทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส การเติมแต่งกลิ่นต่างๆ เช่น ชอคโกแลต และสตรอเบอรี่ อาจกระทำได้ในช่วงหลังนี้ ในกรณีที่จำเป็นน้ำนมถั่วเหลืองที่มีอายุการเก็บยาวนาน ก็จะตัดผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อ sterlie หรือขจัดจุลินทรีย์ที่มีอยู่ทั้งหมดก่อน ก็จะทำให้อายุการเก็บของนมนี้ยาวนาน เป็นต้น กรรมวิธีการทำน้ำนมถั่วเหลืองดังกล่าวอาจทำให้นมนี้มีคุณค่าทางอาหาร ด้านปริมาณของสารอาหาร โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และ ไวตามิน เพิ่มได้โดยการเติมแต่งสารที่ให้คุณค่าทาง

โภชนาการนี้เข้าไป

4. การใช้แป้งถั่วเหลืองในไขมันเต็ม (Full fat soy flour process) การทำน้ำนมถั่วเหลืองจากแป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันเต็มนี้ นับเป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอีกวิธีหนึ่ง ทั้งนี้เพราะสะดวกต่อการเตรียมวัตถุดิบ และเป็นกระบวนการที่มีความสะอาดและมีประสิทธิภาพสูง แต่ข้อกำหนดในการกระทำด้วยวิธีนี้คือเป็นกรรมวิธีที่ต้องใช้เครื่องจักรที่มีราคาแพง ทำให้ต้องใช้เงินลงทุนสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ได้และคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง ก็พบว่า เป็นวิธีที่ให้นมถั่วเหลืองที่มีคุณภาพดี และมีข้อดีในด้านขั้นตอนการผลิตหลายประการ ขั้นตอนโดยทั่วไปส่วนใหญ่จะคล้ายกับวิธีของ Water emulsion process โดยมีข้อแตกต่างกันบางขั้นตอนกล่าวคือ ถั่วเหลืองที่ผ่านการคัดเลือกเอาส่วนที่ไม่ต้องการออกแล้ว ก็จะนำมาผ่านการอบด้วยความร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์ที่มีอยู่ในถั่วเหลือง ขณะเดียวกันก็จะทำให้เป็นการง่ายขึ้นในการกระเทาะเอาเปลือกออก และยังเป็นการลดความชื้นในถั่วเหลืองให้น้อยลง (ซึ่งจะมีผลดีถ้าจะเก็บถั่วเหลืองในรูปของแป้งถั่วเหลืองต่อไป) หลังจากอบความร้อนแล้วก็จะเข้าเครื่องผ่าซีกและผัดเอาเปลือกออกไป เนื้อถั่วที่ได้ก็จะนำไปบดให้ละเอียดเป็นลักษณะของแป้งถั่วเหลือง โดยทั่วไปแล้วแป้งถั่วเหลือง หรือ Soy flour นั้นจะต้องมีความละเอียดที่ผ่านขนาดของตะแกรงที่มีรูขนาด (Mesh size) 100 mesh ขึ้นไป (US-Standard screen)แต่ถ้าไม่ผ่านตะแกรงดังกล่าวจะเรียกว่า Soy grit ซึ่งมีอยู่หลายขนาดคือ

- Coarse soy grit	(US-Mesh size)	10-20
- Medium soy grit	""	20-40
- Fine soy grit	""	40-80

แป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันเต็ม ที่ได้นี้ จะนำไปผ่านขั้นตอนในการทำเป็นน้ำนมถั่วเหลืองโดยการผสมกับน้ำ ผ่านการแยกส่วนที่ไม่ละลายน้ำออก การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน การเติมแต่งและการฆ่าเชื้อ ด้วยความร้อน ดังเช่นขั้นตอนในการทำแบบ water emulsion process

โดยทั่วไปแล้ว น้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการเตรียมอย่างถูกต้อง โดยยึดถือส่วน-

ประกอบที่ควรจะมีในน้ำนมโคเป็นเกณฑ์แล้ว ซึ่งไม่ว่าจะถูกเตรียมมาโดยวิธีการใดก็ตาม ก็นับว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารของคนทุกเพศ ทุกวัยได้ และให้คุณค่าทางโภชนาการที่ดีพอสมควร โดยเฉพาะเด็กที่เป็นโรคแพ้นมโค ในด้านความต้องการเมื่อเปรียบเทียบความต้องการของนมและผลิตภัณฑ์นมในตารางที่กล่าวมาแล้วนั้น ก็จะพบว่าความต้องการนมและผลิตภัณฑ์นมของประเทศเรายังมีอัตราสูงขึ้นเป็นลำดับ ขณะเดียวกันกับการผลิตนมโคของเราไม่มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามที่สมดุลย์กัน และทำให้ต้องพึ่งพาการสั่งนมโคเข้าประเทศ ในรูปของนมโคผงมาก อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันพบว่าในด้านของวิทยาการการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองได้ถูกนำมาใช้โดยอุตสาหกรรมมากขึ้น ทำให้ได้คุณภาพของน้ำนมถั่วเหลืองที่ขายอยู่ตามท้องตลาด มีความสมบูรณ์และแน่นอนมากขึ้น ขณะเดียวกันกับหน่วยงานของรัฐที่ทำหน้าที่ดูแลด้านคุณภาพ และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งกฎเกณฑ์ และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะจากหน่วยงานของกระทรวงสาธารณสุขได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับเรื่องนี้มากขึ้น ในด้านของประชาชนผู้บริโภคเองก็ให้ความสนใจต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะซื้อหามาบริโภคมากขึ้น จึงเชื่อได้ว่า ในอนาคตจะทำให้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมของผลิตภัณฑ์ด้านนี้มากขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งก็จะก่อประโยชน์ให้เกิดขึ้นแก่ส่วนรวม คือ ทั้งเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลือง อุตสาหกรรมผู้ผลิตและนำเอาวิทยาการ (Technology) มาใช้ และผู้บริโภคก็จะได้รับความเป็นธรรมจากการซื้อผลิตภัณฑ์เหล่านี้มาบริโภค

โยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในคาบสมุทรบอลข่านเขตตะวันออกกลาง เคยรู้จักกันในลักษณะที่เป็นโยเกิร์ตชนิดไม่ได้เสริมแต่งกลิ่น รส (natural yogurt หรือ plain unsweetened yogurt) ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมบริโภคกันมากเป็นอันดับหนึ่ง เช่น ในประเทศบัลกาเรีย บริโภคกันมากถึง 315 กิโลกรัมต่อคนต่อปี (Tamime และ Robinson , 1985) โยเกิร์ตจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่สำคัญของประชากรในเขตนี้ คือนอกจากจะใช้รับประทานโดยตรงแล้ว โยเกิร์ตยังถูกนำไปปรุงเป็นอาหารต่าง ๆ ได้อีกมากมาย เช่น ซุป เครื่องสลัด และขนมต่าง ๆ

ก่อนปี ค.ศ. 1950 โยเกิร์ตยังไม่เป็นที่นิยมในประเทศยุโรปตะวันตก และอเมริกาเหนือเท่าใดนัก เนื่องโยเกิร์ตแบบจืดนั้นมีกรดสูง เปรี้ยวจัดเกินไป อีกทั้งโยเกิร์ตก็ไม่ได้เป็นอาหารหลักที่สำคัญของชนชาติในเขตนี้ การนำเอาโยเกิร์ตมาปรุงเป็นอาหารต่าง ๆ ก็ยังไม่แพร่หลาย จึงไม่สามารถแข่งขันกับเนยแข็งได้ จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1960 ได้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมการทำโยเกิร์ตขึ้นในประเทศสวิสเซอร์แลนด์ โดยการทำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตออกมาสู่ท้องตลาดในหลายลักษณะ เช่น โยเกิร์ต เจือผลไม้ (fruit flavoured yogurt) และโยเกิร์ตหวาน (sweetened yogurt) เป็นต้น ตั้งแต่นั้นมาโยเกิร์ตจึงเป็นที่นิยมบริโภค และแพร่หลายไปสู่ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก และปริมาณการบริโภคก็เพิ่มมากขึ้นทุกๆ ปี ซึ่งเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น มีการโฆษณาให้ผู้บริโภคทราบถึงคุณค่าทางอาหารที่จะได้รับ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีมากมายหลายชนิด ซึ่งผู้บริโภคสามารถเลือกได้ เช่น โยเกิร์ตชนิดมีพลังงานต่ำ ชนิดมีการไฮโดรไลซ์แลกโตสแล้ว และชนิดที่แช่แข็ง เป็นต้น รวมทั้งการค้นคว้าทดลองเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตโยเกิร์ตอย่างต่อเนื่อง จึงเท่ากับเป็นการปลูกฝังความนิยมให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

โยเกิร์ตในทางการค้าแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ โยเกิร์ตจืด (Plain หรือ natural yogurt) โยเกิร์ตที่ปรุงแต่งด้วยผลไม้ (Fruit yogurt) และโยเกิร์ตที่ปรุงแต่งด้วยสารสังเคราะห์ (Flavoured yogurt) ซึ่งทั้ง 3 กลุ่มนี้ได้ทำการผลิตออกมาได้ทั้งแบบไม่ต้องกวน (Set yogurt) และแบบกวน (Stirred yogurt)

ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว แบบกวนเป็นชนิดที่มีความนิยมมากกว่าแบบไม่ต้องกวน

นมเปรี้ยวกับโยเกิร์ต

ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 46 (พ.ศ.2523) เรื่องนมเปรี้ยว กำหนดว่านมเปรี้ยว (Cultured milk) หมายถึง นมหรือผลิตภัณฑ์นม ที่ได้จากนมที่หมักด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค หรือไม่ทำให้เกิดพิษ และจุลินทรีย์ดังกล่าวยังคงมีชีวิตเหลืออยู่จากกรรมวิธีการหมักนั้น อาจจะเติมวัตถุอื่นที่จำเป็นต่อกรรรมวิธีการผลิต หรืออาจปรุงแต่งสี กลิ่น รส ด้วยก็ได้

การผลิตนมเปรี้ยวนี้ มีในทุกประเทศที่ดื่มนมเป็นอาหารหลัก บางชนิดก็เป็นของพื้นเมือง บางชนิดก็เป็นสากล แต่ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวที่เป็นที่รู้จักกันดี คือ โยเกิร์ต (Yoghurt หรือ Yogurt) ซึ่งเป็นนมเปรี้ยวที่มีการผลิตมาตั้งแต่สมัยโบราณแถบประเทศบัลกาเรีย โยเกิร์ตเป็นภาษาพื้นเมืองของภูมิภาคนี้ มีความหมายว่า ยาอายุวัฒนะ นอกจากโยเกิร์ตแล้ว ยังมีนมเปรี้ยวอีกหลายประเภท เช่น บัตเตอร์มิลค์ (Butter milk) หรือ คัลเจอร์บัตเตอร์มิลค์ (Cultured Butter Milk) อาซิโดฟิลัสมิลค์ (Acidophillus milk) บัลกาเรียนบัตเตอร์มิลค์ (Bulgarian Butter Milk) เป็นต้น

นมเปรี้ยวต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานดังต่อไปนี้

1. โปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก
2. ตรวจไม่พบบักเตรีชนิด E coli ในอาหาร 0.1 กรัม
3. ไม่ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาล
4. ไม่มีวัตถุกันเสีย
5. ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ต

โยเกิร์ตผลิตได้มาจากการหมักน้ำนมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในระบบทางเดินอาหาร เช่น แลกโตบาซิลลัส บุลคาริคัส (Lactobacillus bulgaricus) และสเตรปโตคอกคัส เทอร์โมฟิลัส (Streptococcus thermophilus) โดยใช้แบคทีเรียชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือทั้งสองชนิดนี้ผสมกัน แต่ในทางการค้าส่วนใหญ่จะใช้แบคทีเรียทั้งสองชนิดผสมกัน เนื่องจากแบคทีเรียทั้งสองนี้จะส่งเสริมในการเจริญเติบโตซึ่งกันและกัน กล่าวคือ ในระยะแรก แลกโตบาซิลลัส บุลคาริคัส จะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และย่อยสลายโปรตีนเคซีนในนมให้ได้ กรดอะมิโนหลายชนิด เช่น วาลีน ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสเตรปโตคอกคัส เทอร์โมฟิลัส และเมื่อสเตรปโตคอกคัส เทอร์โมฟิลัส เจริญอย่างรวดเร็วแล้ว จะผลิตกรดแลคติกในปริมาณมาก ทำให้น้ำนมเปลี่ยนสภาพเป็นนมเปรี้ยวในเวลาอันรวดเร็วขึ้นกว่าการใช้เฉพาะแบคทีเรียชนิดใดชนิดหนึ่ง เป็นต้น

ลักษณะของโยเกิร์ตที่ดี

โยเกิร์ตที่มีลักษณะที่ดีนอกที่จะสังเกตได้ดังต่อไปนี้คือ

1. เคิร์ดของนมเปรี้ยวต้องเป็นเคิร์ดที่แข็งแกร่งไม่อ่อนเหลว
2. เคิร์ดของนมเปรี้ยวต้องไม่หดตัวเป็นก้อนแยกอยู่ต่างหาก
3. นมเปรี้ยวต้องไม่เปรี้ยวเกินไป
4. นมเปรี้ยวต้องมีกลิ่นอะโรมาเฉพาะ
5. นมเปรี้ยวต้องไม่มีรสฝาด รสขม หรือรสอื่นใด

ความบกพร่องของนมเปรี้ยว (Defects of Yogurt)

1. บ่มครบตามเวลากำหนดแล้ว นมไม่ยอมเคิร์ดขึ้นมา ทั้งนี้เป็นเพราะเชื้อนมเปรี้ยวอ่อนแอ หรือ อุณหภูมิที่บ่มนมร้อนหรือเย็นเกินไป หรือ นมที่นำมาผลิตเป็นนมแมสไตติส หรือ นมที่นำมาผลิตนั้นมีสารปฏิชีวนะ เช่น เพนนิซิลินปะปนมา

2. เคิร์ดของนมเปรี้ยวเป็นเคิร์ดที่อ่อน (Weak Curd) ทั้งนี้เป็นเพราะนมที่นำมาผลิตเป็นนมประเภทผิดปกติ (Abnormal Milk) หรือ การอุ่นนมใช้ความร้อนสูงหรือนานเกินไป

3. นมเปรี้ยวมีรสชาติไม่ดี ทั้งนี้เป็นเพราะนมที่นำมาผลิตนั้นคุณภาพไม่ดี หรือเชื้อนมเปรี้ยวไม่บริสุทธิ์

การปรับปรุงคุณภาพโยเกิร์ตให้เก็บได้นาน

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุสั้น นอกจากจะเก็บไว้ในที่ที่อุณหภูมิต่ำ แต่ในการผลิตอาจจะใช้วิธีการดังต่อไปนี้ช่วยยืดอายุของโยเกิร์ตได้ ดังนี้

1. การทำพาสเจอร์ไรซ์โยเกิร์ต ทั้งนี้เพื่อลดจุลินทรีย์ประเภทยีสต์ รา และแบคทีเรีย ที่ผลิตกรดแลคติค และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ โดยการให้ความร้อนแก่โยเกิร์ตที่ 60-70 องศาเซลเซียส โยเกิร์ตที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์แล้วจะนำไปบรรจุในขณะที่ยังร้อน หรือบรรจุในสภาพที่ปราศจากเชื้อ (Aseptic condition) เพื่อป้องกันการปนเปื้อน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีอายุในการเก็บนานขึ้น แต่มีข้อเสียที่อาจจะเกิดขึ้นคือ ความคงตัวและกลิ่นของโยเกิร์ต โดยเฉพาะรสธรรมชาตจะลดลงอย่างมาก และเกิดการแยกตัว (Whey-off) ได้ง่าย ปัญหานี้แก้ไขได้โดยการเติมสารคงตัวลงไปก่อนการทำพาสเจอร์ไรซ์ ปัญหาอีกประการหนึ่ง คือ ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่ใช่โยเกิร์ตอีกต่อไป เนื่องจากแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะถูกทำลายด้วยความร้อน แต่ก็อาจจะทำเป็นเครื่องดื่มแล้วเติมรสและกลิ่นผลไม้ลงไป

2. ทำการแช่แข็ง วิธีนี้เหมาะสำหรับโยเกิร์ตคนสำเร็จ (Stirred yogurt) เท่านั้น เนื่องจากผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นระหว่างการแช่แข็งจะทำลายโครงสร้างของเจลในโยเกิร์ตแบบธรรมชาติและรสผลไม้ อุณหภูมิที่ใช้จะทำให้โยเกิร์ตแข็งตัวอย่างรวดเร็ว คือ -18 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการทดสอบพบว่าโยเกิร์ตที่ผสมผลไม้ (มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำร้อยละ 20-25) และโยเกิร์ตรสธรรมชาติ (มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำร้อยละ 13-14) จะเก็บไว้ได้นานถึง 12 เดือน ที่อุณหภูมิ -26 องศาเซลเซียส เมื่อจะนำออกจำหน่ายจะต้องปล่อยให้ละลายที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเนื่องจากต้นทุนเพิ่มขึ้น เนื่องจากพวกจุลินทรีย์ไม่ได้ถูกทำลาย เพียงแต่ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตในระหว่างการแช่แข็ง แต่อาจจะสังเกตเห็นความแตกต่างบางอย่างบนผิวหน้าของโยเกิร์ตนั้นได้

3. ผลิตโยเกิร์ตจากกรดสังเคราะห์ (Artificial Acidification) อาจจะใช้กรดสังเคราะห์เพียงบางส่วนหรือใช้กรดแลคติคโดยตรง เพื่อทำให้น้ำนมเกิดการจับตัวเป็นก้อน (Curd) จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุเก็บได้นานขึ้น แต่ผู้บริโภคที่คุ้นเคยกับรสของโยเกิร์ตธรรมชาติแล้วจะไม่ค่อยยอมรับโยเกิร์ตที่ผลิตโดยวิธีนี้

คุณค่าทางโภชนาการ

นมเปรี้ยวเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่านมสด โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนเคซีนในนมเปรี้ยวมีประโยชน์ต่อร่างกายมาก เนื่องจากถูกย่อยสลายง่ายกว่าโปรตีนเคซีนในน้ำนมสดถึง 2-3 เท่า ทั้งนี้เป็นผลจากแบคทีเรียที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะช่วยย่อยสลายโปรตีนเคซีนไปบางส่วน ทำให้โปรตีนเคซีนอยู่ในสภาพที่ร่างกายย่อยได้ง่ายและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้มาก นอกจากนี้นมเปรี้ยวยังมีแคลเซียมในปริมาณค่อนข้างสูง จึงช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง รวมทั้งมีกรดแลคติคที่จะช่วยให้ร่างกายสามารถดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสได้ดียิ่งขึ้น

จากการศึกษาวิจัยของหลายสถาบันพบว่า ผู้ที่บริโภคนมเปรี้ยวเป็นประจำจะมีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง และอายุยืน โดยคุณประโยชน์ของนมเปรี้ยวสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ช่วยระบบย่อย หายท้องผูก หยุดอาการท้องร่วง คนสูงอายุมักจะมีกรดในกระเพาะน้อยกรดแลคติคในโยเกิร์ตจะเข้าไปแทนที่กรดในกระเพาะที่ขาดไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในคนสูงอายุ ทำให้การย่อยดีขึ้น

2. มีวิตามินมาก ช่วยให้มีภูมิต้านทานโรคและช่วยสร้างเม็ดเลือด นอกจากนี้ยังช่วยให้อารมณ์แจ่มใส

3. มีแคลเซียมมาก ทำให้คนแก่ข้าลง ฟันและกระดูกแข็งแรง

4. ทำลายสารพิษบางชนิดที่มีอยู่ในลำไส้ ที่ทำให้เกิดอาการแพ้ต่าง ๆ เช่น ลมพิษ เป็นต้น

5. ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด โดยเชื่อกันว่า สารเคมีที่ชื่อว่าไฮดร็อกซีเมธิลกลูทาเรต (Hydroxy Methylglutarate) ที่ได้จากการสร้างของเชื้อนมเปรี้ยวซึ่งสารนี้จะมีคุณสมบัติยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกาย

การศึกษาด้านจุลินทรีย์

Grigoroff (1905) เป็นบุคคลแรกที่ได้ศึกษาเรื่องนี้ เขาพบว่ามีจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันอยู่ 3 ชนิดในโยเกิร์ต คือ ชนิดที่มีรูปร่างเป็น ดิพโลสเตรพโตคอคคัส (diplostreptococcus), ชนิดที่มีรูปร่างเป็นกึ่งท่อน (rod/coccal-shaped) แลคโตบาซิลลัส (Lactobacillus) และชนิดที่มีรูปร่างเป็นท่อน (rod-shaped) ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Lactobacillus จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1910 Metchnikoff ได้รายงานว่า แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่ใช้ผลิตโยเกิร์ต และเชื่อกันว่ามีส่วนช่วยให้ชาวบุลกาเรียนมีอายุยืน ได้แก่ เชื้อ Bulgarian bacillus เพราะเชื้อนี้สามารถไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในลำไส้เล็กที่เป็นสาเหตุทำให้อาหารเกิดการบูดเน่าได้ และ ต่อมาแบคทีเรียชนิดนี้ได้ถูกเปลี่ยนชื่อไปเป็น Thermobacterium bulgaricum โดย Orla - Jensen (1931) และในที่สุดก็เปลี่ยนไปเป็น Lactobacillus bulgaricus อย่างไรก็ตาม Rettger และ Cheplin (1921) และ Retgar etal. (1935)ได้รายงานว่า Th. acidophilin (L. acidophillus) เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่สามารถเจริญแพร่พันธุ์อยู่ในลำไส้เล็กได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกว่า การที่โยเกิร์ตจะมีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรคลำไส้ได้นั้น จำเป็นต้องมีแบคทีเรียชนิดนี้อยู่ในลำไส้ด้วย

เชื้อโยเกิร์ตประกอบด้วยจุลินทรีย์ 2ชนิดคือ Streptococcus thermophilus และ Lactobacillus bulcaricus ซึ่งทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นเทอร์โมฟิลัสแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (thermophilic lactic acid bacteria) ที่สามารถเจริญในอุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ได้ทั้ง 2 ชนิด ซึ่งเจริญอยู่ร่วมกันในลักษณะซิมไบโอซิส (symbiosis) การสร้างกรดจะมีสูงกว่าที่เชื้อทั้ง 2 ชนิดแยกกันอยู่ ตามรายงานของ Orla-Jensen (1931) โดยอาศัยกรรมวิธี Breed Smear Method พบว่า L. bulgaricus ทั้งในกรณีที่เลี้ยงร่วมกับ S. thermophilus หรือเลี้ยงแยกกันจะมีจำนวนเซลล์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งผิดกับ S. thermophilus ซึ่งจะมีจำนวนเซลล์จากการเลี้ยงแบบผสมมากกว่าการเลี้ยงแต่ละเชื้อแยกกัน นอกจากนี้ Pette และ Lolkema (1950) ได้รายงานว่าปฏิกิริยาร่วมกันของเชื้อทั้ง 2 นั้นจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดอมิโนชื่อเวลีน ซึ่ง L. bulgaricus ผลิตขึ้นมา แต่อย่างไรก็ดี ความแปรผันขององค์ประกอบทางเคมีของนมระหว่างปีนั้นกรดอมิโนบางชนิด

ก็อาจจะขาดแคลนได้ S. thermophilus ในฤดูใบไม้ผลิมีความต้องการกรดอะมิโนหลายชนิดคือ ลูซีน (leucine), ไลซีน (lysine), ซีสตีน (cystine), กรดแอสพาติค (aspartic acid), อีสติดีน (histidine) และเวลีน (valine) แต่ในช่วงฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาว นอกเหนือจากกรดอมิโนทั้ง 6 ชนิดข้างต้นนั้นแล้ว S. thermophilus ยังมีความต้องการกรดอะมิโนตัวอื่น ๆ เพิ่มเติมอีกคือ ไกลซีน (glycine), ไอโซลูซีน (isoleucine), ไทโรซีน (tyrosine), กรดกลูทามิค (glutamic acid) และ เมทไธโอนีน (methionine) Bautista, Dahiya และ Speck (1966) ได้รายงานว่า L. bulgaricus จะสร้างไกลซีนและอีสติดีน และปลดปล่อยลงไปในนม กรดอะมิโนทั้ง 2 จะไปกระตุ้นให้ S. thermophilus เจริญเติบโต เขายังได้สรุปเพิ่มเติมอีกว่าอิทธิพลของอีสติดีนนั้นมีมากกว่าเวลีน ส่วนรายงานของ Pette และ Lolkema (1950) กล่าวว่ากรดอะมิโนที่ L. bulgaricus สร้างขึ้นได้แก่ เวลีน (valine), ลูซีน (leucine), ไอโซลูซีน (isoleucine) และ อีสติดีน (histidine) จะเป็นตัวกระตุ้นให้ S. thermophilus เจริญเติบโต

ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน S. thermophilus จะสร้างกรดฟอร์มิกไปกระตุ้นการเจริญของ L. bulgaricus และนอกจากนี้กรดไพรูลิค และแกสคาร์บอนไดออกไซด์ที่ S. thermophilus สร้างขึ้นก็มีผลเช่นเดียวกัน (Tamime และ Robinson,1985)

ดังนั้นการที่เชื้อจุลินทรีย์ของโยเกิร์ตสามารถเจริญร่วมกันได้ดีก็เนื่องจากต่างก็สร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตให้กันและกัน มีผลทำให้แบคทีเรียทั้งสองขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อคุณสมบัติของโยเกิร์ต

การเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรท

แลคโตสเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญเพียงแหล่งเดียวของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกโดยขบวนการหมัก (fermentation) ซึ่งแลคโตสจะถูกสลายตัวให้กลูโคสและกาแลคโตส โดยขบวนการนี้เกิดขึ้นภายในเซลล์ของแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด หลังจากที่แลคโตสถูกดูดซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปแล้ว

การลำเลียงแลคโตสผ่านผนังเซลล์นั้นมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องอยู่ด้วย 2 ชนิด ได้แก่ galactoside permease และ/หรือ Lactose phosphotransferase โดย Lactose จะถูกเปลี่ยนไปเป็น glycosyl β-(1,4)-galactoside-6P หรือ lactose-P ภายในเซลล์มีเอนไซม์อีก 2 ชนิดที่จะทำการไฮโดรไลซ์ lactose คือ β-D-galactosidase (β-gal) กับ β-D-phosphogalcatosidase (β-P gal) โดยที่ β-D-galactosidase (β-gal) จะไฮโดรไลซ์ lactose ไปเป็น β-D galactose กับ D-glucose ส่วน β-P gal จะไฮโดรไลซ์ lactose ไปเป็น galactose-6-P กับ D-glucose ต่อมา D-glucose จะเปลี่ยนไปเป็น pyruvate โดยผ่านขบวนการ Embden-Meyerhof Pathway (EMP) ต่อจากนั้น เอนไซม์ lactate dehydrogenase จะเปลี่ยนสาร pyruvate เป็น lactic acid ต่อไป ส่วน β-D galactose กับ galactose-6-P นั้น มีบางส่วนจะถูกไฮโดรไลซ์มาเป็นกรดแลคติกได้ แต่อีกส่วนหนึ่งจะถูกปลดปล่อยขับออกมานอกเซลล์สะสมอยู่ในโยเกิร์ต

บางสายพันธุ์ของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกสามารถใช้คาร์โบไฮเดรทได้ โดยสังเคราะห์สารพวกโปลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่เรียกว่า "glucan" ซึ่งเป็น dextran ชนิดหนึ่งประกอบด้วย α-1-6 glycosidic linkage สำหรับเชื้อโยเกิร์ตบางสายพันธุ์ เช่น RR culture ของประเทศเนเธอร์แลนด์สามารถสร้าง glucan ได้ ทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะหนืดข้น (Tamime และ Robinson,1985; Sharpe, Garvie และ Tilbury,1972)

การสร้างกรดแลคติก (Production of Lactic acid)

การสลายตัวของแลคโตสโดย S. thermophilus และ L. bulgaricus ส่วนใหญ่แล้วจะได้กรดแลคติกซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการทำโยเกิร์ตด้วยเหตุผล คือ

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

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

สารต่างๆ ที่ได้จากปฏิกิริยาจะอยู่ในลักษณะละลายอยู่ในส่วนประกอบที่เป็นน้ำของน้ำนม เมื่อปริมาณของกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาในการบ่ม casein micelles ก็จะค่อย ๆ สูญเสียธาตุแคลเซียมไปเรื่อย ๆ จนทำให้เสียสมดุลของธาตุแคลเซียมใน casein micelles และเมื่อถึง pH 4.6-4.7 casein จะเสียสมดุลจนทำให้เกิดการตกตะกอนของ casein และเกิด curd ขึ้น

2. กรดแลคติกทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะเฉพาะตัวของโยเกิร์ตในเรื่องรสชาติ และกลิ่น เช่น ทำให้เกิดความเปรี้ยวและมีกลิ่นหอม

พวกแบคทีเรียที่ผลิตกรอแลคติกมีเอนไซม์ lactate dehydrogenase (LDH) ซึ่งสามารถสังเคราะห์สารแลคติกจากกรดไพรูวิคได้ ซึ่ง Garvie (1980) ได้รายงานว่า S. thermophilus ส่วนใหญ่จะสร้าง L (+) lactic acid ในขณะที่ Gasser และ Gasser (1971),Tamime และ Deeth (1980) ได้รายงานว่า L. bulgaricus จะสร้าง D (-) lactic acid ประสิทธิภาพการทำงานของ LDH นั้น Garvie (1980) ได้รายงานว่าขึ้นอยู่กับ co-enzyme 2 ชนิด คือ nicotinamide adenine dinucleotide (NAD) และ reduced nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) อย่างไรก็ดีบางสายพันธุ์ของ S. thermophilus นั้น LDH จะถูกกระตุ้นด้วย fructose,1,6-dephosphate (FDP) ในระยะแรก ๆ ของการหมักโยเกิร์ต S. thermophilus จะเจริญทวีจำนวนรวดเร็วกว่า L. bulgaricus จึงทำให้มี L (+) Lactic acid ถูกผลิตขึ้นมาก่อนเมื่อถึงระยะหลังของการบ่ม L. bulgaricus จะเริ่มทวีจำนวนมากขึ้น D (-) Lactic acid จะมีปริมาณสูงขึ้น โยเกิร์ตโดยทั่ว ๆ ไปมี L (+) Lactic acid ประมาณ 45-60% และ D (-) Lactic acid ประมาณ 40 - 55% (Kielwein และ Daun, 1980 , Aleksieva, Girginova และ Kondratenko, 1981) ซึ่งสัดส่วนของ L(+) : D(-) lactic acid นี้สามารถนำมาประเมินคุณภาพของโยเกิร์ตได้โดย Blumenthal และ Helbling (1974)ได้แนะนำว่า โยเกิร์ตที่ดีที่สุดนั้นควรมี L(+)lactic acid เป็น 2 เท่าของ D (-) lactic acid

สารที่ให้กลิ่นในโยเกิร์ต

เชื้อโยเกิร์ตสร้างสารให้กลิ่นหอม (aromatic compound) ซึ่งทำให้โยเกิร์ตมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว สารให้กลิ่นหอมในโยเกิร์ตแบ่งออกได้เป็น 4 พวกคือ

1. กรดที่ระเหยไม่ได้ เช่น กรดแลคติก (lactic acid), กรดไพรูวิค (pyruvic acid), กรดซัคซินิค (succinic acid) และกรดอ็อกซาลิค (oxalic acid)

2. กรดที่ระเหยได้ เช่น กรดฟอร์มิค (formic acid), กรดอาซิติก (acetic acid), กรดโพรพิโอนิค (propionic acid) และกรดบิวไทริค (butyric acid)

3. สารประกอบพวกคาร์บอนิล เช่น อะเซทตัลดีไฮด์ (acetaldehyde), อาซีโตน (acetone), อะเซทโตอิน (acetoin) และไดอะเซทติล (diacetyl)

4. สารประกอบอื่น ๆ เช่น กรดอมิโนบางชนิด ไขมัน และแลคโตส เป็นต้น

สารให้กลิ่นหอมในโยเกิร์ตนั้น เป็นผลที่เกิดจากมีกรดแลคติกและสารประกอบพวกคาร์บอนิล (carbonyl compounds) Tamime และ Deeth (1980) ได้สรุปจากงานวิจัยหลายรายงานด้วยกัน ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 สาร carbonyl compounds (ppm) ที่ผลิตโดยเชื้อโยเกิร์ต

Organism	Acetaldehyde	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 culture	2.0-41.0	1.3-4.0	2.2-5.7	0.4-0.9

ที่มา: Tamime และ Robinson (1985)

ในระหว่างการหมักสาร acetaldehyde จะถูกสร้างขึ้นเมื่อpH 5.0 และจะถึงจุดสูงสุดที่ pH 4.2 และจะคงที่อยู่เมื่อ pH 4.0 จะสามารถเพิ่มระดับของ acetaldehyde ให้สูงขึ้นได้โดยการเติมธาตุน้ำนมไม่รวมไขมันให้มากขึ้น หรือการใช้ความร้อนระหว่างต้มนมให้เหมาะสม (Gornor, Palo และ Bertanova, 1971) และเมื่อนำโยเกิร์ตไปเก็บเย็นเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง ระดับของ acetaldehyde ก็จะลดลง แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ทำโยเกิร์ต เช่น ถ้าใช้นมสดล้วน ๆ เป็นวัตถุดิบ การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หางนมผง การหมักในนมโคนบว่าหลังการบ่ม 3ชั่วโมงจะมีระดับของ acetaldehyde สูงสุดเมื่อเทียบกับนมแพะและนมแกะ

สารประกอบอื่นๆ ที่มีส่วนประกอบในการสร้างรสชาติและกลิ่นหอมของโยเกิร์ตทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่

1. กรดไขมันที่ระเหยได้ เช่น acetic acid, propionic acid, butyric acid, isovaleric acid, caproic acid, caprylic acid และ capric acid

2. กรดอมิโน เช่น serine, glutamic acid, proline, valine, leucine, isoleucine และ tyrosine

3. สารประกอบอื่นๆ ที่เกิดจากการต้มนมที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส นาน 15-30 นาที ซึ่ง ได้แก่

3.1 จากไขมัน

3.1.1 จากกรดพวกคีโต (keto acid) เช่น acetone, butanone และ hexanone

3.1.2 จากกรดพวกไฮดรอกซี (Hydroxy acid) เช่น ง- valerolactone, ง-caprolcatone และ ง-caprilactone

3.1.3 จากสารเบ็ดเตล็ดอื่น ๆ เช่น 2-heptanone , 2-nonanone, 2-undecanone, pentone

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

3.3 จากโปรตีน เช่น methionine, valine และ phenylalanine

4. จากสาร n-penttaldehyde และ 2-heptanone ที่ L. bulcaricus ผลิตขึ้น

Lees และ Jago (1978) ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์ acetaldehyde ของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก เขาพบว่าสิ่งสำคัญที่ในการสร้าง acetaldehyde คือ lactose, threonine, และ methionine โดยที่เชื้อโยเกิร์ตทั้ง 2 ชนิดมีเอนไซม์ aldehyde dehydrogenase จะสามารถไปรีดิวซ์สาร acetyl-coA หรือสาร acetate และจะได้สาร acetaldehyde ต่อจากนั้นเอนไซม์ alcohol dehydrogenase จะเข้าทำปฏิกิริยาได้สาร ethanol ต่อไป สำหรับ threonine จะถูกเอนไซม์ threonine aldolase เข้าทำปฏิกิริยาดังสมการ

Threonine+Pyridoxal phosphate $\xrightarrow{\text{threonine aldolase}}$ Acetaldehyde+Glycine

เมตาโบลิซึมของโปรตีน (Protein metabolism)

ทั้ง S. thermophilus และ L. bulgaricus มีความสามารถย่อยสลายโปรตีนได้น้อยมาก แต่ก็ยังสามารถตรวจพบว่ามีการสลายของโปรตีนในโยเกิร์ตได้ โดยพบว่ามีการปลดปล่อยเปปไตด์หลายขนาดรวมทั้งกรดอมิโนอิสระ ซึ่งนักวิจัยหลายคณะยืนยันว่าการที่มีกรดอมิโนอยู่ในโยเกิร์ตนั้นเป็นผลดีต่อการเจริญของ S. thermophilus ซึ่งทั้งเปปไตด์ และกรดอมิโนอิสระไม่ได้มีอิทธิพลต่อรสชาติของโยเกิร์ตโดยตรงแต่ทำหน้าที่เป็นแหล่งวัตถุดิบ (precursor) ในการผลิตสารประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่อรสของโยเกิร์ต

Tamime และ Deeth (1980) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการสลายตัวของโปรตีนอันเนื่องมาจากเชื้อโยเกิร์ตไว้ จากผลงานของ นักวิจัยหลายคณะ และได้สรุปว่าแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดมีกิจกรรมของเอนไซม์ proteinase และ peptidase แตกต่างกัน คือ S. thermophilus มี peptidase activity สูงกว่าของ L. bulgaricus แต่มี proteinase activity อยู่ในขอบเขตที่จำกัดในขณะที่ L. bulgaricus มี proteinase activity สูง แต่มี peptidase activity จากความสามารถดังกล่าวแสดงถึงความสัมพันธ์ในการอยู่ร่วมกันได้ดีของเชื้อทั้ง 2 โดยที่ L. bulgaricus จะใช้proteinase ไปไฮโดรไลซ์คาเซอีน(casein) เพื่อปลดปล่อยเปปไตด์(peptide)

ออกมา ต่อจากนั้นเปปติเดสของ S. thermophilus จะทำการย่อยสลายได้กรดอะมิโนออกมา ซึ่ง Tamime และ Deeth (1980) ได้เสริมอีกว่าปริมาณของกรดอมิโนที่ปลดปล่อยออกมาจะมีมากหรือน้อยนั้นมีปัจจัยที่สำคัญคือ

1. ชนิดของนม นมแพะจะให้กรดอะมิโนสูงกว่านมโคและนมแกะ

2. กรรมวิธีในการผลิตโยเกิร์ต เช่น การบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง จะให้กรดอมิโนมากกว่าการบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง

3. สัดส่วนของเชื้อทั้ง 2 เนื่องจาก L. bulgaricus มีความสามารถสลายโปรตีนได้ดีกว่า S. thermophilus ดังนั้นถ้าหากสัดส่วนของ rod มีมากกว่าของ cocci ก็จะทำให้ได้กรดอะมิโนที่มีปริมาณสูงตามไปด้วย

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

5. ระดับของกรดแลคติก โยเกิร์ตที่มีเปอร์เซนต์ของกรดแลคติกสูงจะมีปริมาณของกรดอะมิโนสูงตามไปด้วย

เมตาโบลิซึมของไขมัน

การเปลี่ยนแปลงของไขมันในโยเกิร์ต จะเกิดขึ้นมากหรือน้อย นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิด เช่น ระดับของไขมันในนม และการโฮโมจิไนซ์ เป็นต้น การไฮโดรไลซ์ของไขมันโดยเชื้อโยเกิร์ตทั้ง 2 ชนิดเกิดขึ้นในขอบเขตจำกัด และมีปริมาณไม่แน่นอน

Nakae และ Elliot (1965) รายงานว่าเชื้อโยเกิร์ตมีความสามารถย่อยสลายไขมันได้เพียงเล็กน้อย กรดไขมันอิสระที่ตรวจพบในโยเกิร์ตนั้นไม่ได้เกิดจากการไฮโดรไลซ์ของไขมัน แต่อาจเกิดจากการออกซิไดซ์ส่วนของกรดอมิโน ดังนั้นจึงเป็นการยากมากในการศึกษาความสามารถของเอนไซม์ lipase ในโยเกิร์ต

เมตาโบลิซึมของไวตามิน

การเปลี่ยนแปลงไวตามินมีทั้งการเพิ่มปริมาณและลดปริมาณแตกต่างกันไปคือ

1. ไวตามินส่วนที่ลดปริมาณลง มีไวตามินบางชนิดที่ถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย รวมทั้งการใช้ความร้อนที่สูงในการต้มนม จึงทำให้ไวตามิน ซี บี6 บี12 และกรดโฟลิกลดลง และในระหว่างการเก็บเย็นเป็นเวลานานหลายวัน ไวตามินหลายชนิดจะลดปริมาณลงคือ กรดโฟลิก ไนอาซีน บี12 ไบโอดิน แพนโททีนิก แอซิด (Deeth และ Tamime,1981)

2. ไวตามินส่วนที่เพิ่มปริมาณ ในระหว่างการบ่มจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด สามารถสังเคราะห์ไวตามินบางชนิดคือ กรดโฟลิก และไนอาซีน เป็นต้น

ดังนั้นจึงยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่า โยเกิร์ตจะมีไวตามินสูงกว่านมสดหรือไม่ ซึ่ง Deeth และ Tamime (1981) ได้เปรียบเทียบไวตามินในนมสดและในโยเกิร์ตไว้ ดังแสดงในตารางที่ 11

คุณค่าทางอาหารของโยเกิร์ต

นมโคจัดว่าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เพราะว่ามีสารอาหารที่ร่างกายของมนุษย์มีความจำเป็นอยู่เกือบจะสมบูรณ์ ยกเว้นการขาดแคลนธาตุเหล็กและไวตามินซีของนมโค แต่เมื่อนำมาทำโยเกิร์ตจะปรากฏว่าคุณค่าทางอาหารของโยเกิร์ตจะมีสูงกว่านมโค ดังแสดงในตารางที่ 12 (Deeth และ Tamime, 1981)

ตารางที่ 11 ปริมาณของไวตามินในนมสดและโยเกิร์ต

Vitamin (Unit/100 gm)	Milk		Yoghurt	
	Whole	Skim	Full fat	Low fat
Vitamin A(IU)	148.00	-	140.00	70.00
Thiamin(B_1)(µg)	37.00	40.00	30.00	42.00
Riboflavin(B_2)(µg)	160.00	180.00	190.00	200.00
Pyridoxine(B_6)(µg)	46.00	42.00	46.00	46.00
cyanocobalamine(B_{12})(µg)	0.39	0.40	-	0.23
Vitamin C(mg)	1.50	1.00	-	0.70
Vitamin D(IU)	1.20	-	-	-
Vitamin E(IU)	0.13	-	-	-
Folic acid(µg)	0.25	-	-	4.10
Nicotinic acid(µg)	480.00	-	-	125.00
Pantothenic acid(µg)	371.00	370.00	-	381.00
Biotin(µg)	3.40	1.60	1.20	2.60
Choline(mg)	12.10	4.80	-	0.60

ที่มา: Deeth และ Tamime (1981)

ตารางที่ 12 ส่วนประกอบของนมสดและโยเกิร์ต

Vitamin (Unit/100 gm)	Milk		Yogurt		
	Whole	Skim	Full fat	Low fat	Fruit
Calories	67.50	36.00	72.00	64.00	98.00
Protein(g)	3.50	3.30	3.90	4.50	5.00
Fat(g)	4.25	0.13	3.40	1.60	1.25
Carbohydrate(g)	4.75	5.10	4.90	6.50	18.60
Calcium(mg)	119.00	121.00	145.00	150.00	176.00
Phosphorus(mg)	94.00	95.00	114.00	118.00	153.00
Sodium(mg)	50.00	52.00	47.00	51.00	-
Potassium(mg)	152.00	145.00	186.00	192.00	254.00

ที่มา: Deeth และ Tamime (1981)

คุณค่าทางอาหารของคาร์โบไฮเดรท

คาร์โบไฮเดรทในโยเกิร์ตจะมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปคือ คาร์โบไฮเดรทที่ร่างกายย่อยได้กับย่อยไม่ได้ ในกรณีที่เป็นโยเกิร์ตที่ไม่ได้ปรุงแต่งสี กลิ่น และรสนั้นจะปรากฏว่ามีคาร์โบไฮเดรทที่ร่างกายย่อยได้ ซึ่งอยู่ในรูปของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และน้ำตาลโมเลกุลคู่อยู่น้อยมาก แต่หลังการหมักจะมีแลคโตสอยู่ในปริมาณที่มากพอสมควร โดยจะพบราว ๆ ร้อยละ 4-5 (Tamime,1979) เพราะในการทำโยเกิร์ตนั้นจะมีการเติมหางนมผง เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุน้ำนมให้อยู่ในระดับร้อยละ 14-16 ทำให้ปริมาณของแลคโตสสูงตามไปด้วย แต่ภายหลังการหมักจุลินทรีย์ได้ใช้แลคโตสบางส่วนไปในการเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก จึงทำให้ปริมาณของแลคโตสเหลืออยู่ใกล้เคียงกับนมสด ซึ่งเมื่อบริโภคแล้ว จะถูกแลคเตสในลำไส้เล็กทำการย่อย สำหรับผู้บริโภคซึ่งขาดน้ำย่อยแลคเตสมาตั้งแต่กำเนิด หรือไม่ได้ดื่มนมสดมาเป็นเวลานานๆ จนต่อมกลั่นสร้างแลคเตสฝ่อหายไป เมื่อดื่มนมสดอาจเป็นโรคแพ้น้ำตาลนมได้ แต่เมื่อบริโภคโยเกิร์ตอาการแพ้น้ำตาลนมจะไม่เกิดขึ้นเลย ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุ 2 ประการคือ

1. จุลินทรีย์ในโยเกิร์ตจะยังคงทำหน้าที่ในการย่อยแลคโตสต่อไปอีก หลังจากบริโภคแล้ว ทำให้ปริมาณของแลคโตสมีเหลืออยู่น้อยมาก เมื่อเข้าไปถึงส่วนของลำไส้เล็ก

2. หลังจากที่บริโภคแล้วลักษณะของเคิร์ดยังคงมีอยู่อย่างสมบูรณ์ ทำให้การกระจายตัวของแลคโตสเข้าสู่ผนังลำไส้เล็กเป็นไปอย่างช้า ๆ ผลเสียหายที่จะเกิดจากการย่อยแลคโตส จึงไม่เกิดขึ้นรุนแรงมากนัก

ด้วยเหตุผลดังกล่าว โยเกิร์ตจึงเป็นอาหารนมที่เหมาะสมกับผู้บริโภคที่เป็นโรคแพ้น้ำตาลนม (lactose-intolerance)

สำหรับคาร์โบไฮเดรทที่อยู่ในรูปที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ ได้แก่ พวก stabilizer ซึ่งเติมลงไปในโยเกิร์ตชนิดกวน (stirred yogurt) เพื่อป้องกันการแยกตัวของเวย์ (whey) stabilizer ที่ใช้กันอยู่เป็นพวกคอมเพล็กซ์คาร์โบไฮเดรท เช่น guar gum, locust-bean gum, pectin, carrageenans เป็นต้น โดย stabilizer ในโยเกิร์ตจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคในแง่อื่น ๆ คือ

1. ทำหน้าที่เป็น bulking agent ในลำไส้เล็ก โดยจะกระตุ้นให้ลำไส้เล็กมีการบีบหดตัว

2. ช่วยดูดซับสารพิษบางอย่าง ที่อาจเกิดมีขึ้นจากการทำงาน ของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่

3. ช่วยลดการกระจายตัวของแลคโตส ไม่ให้เข้าสู่ผนังลำไส้เล็กเร็วเกินไป ช่วยลดปัญหาของผู้บริโภคที่เป็นโรคแพ้น้ำตาลนม (lactose-intolerance) หรือผู้ป่วยที่เป็นโรคน้ำตาลในเลือดสูงหลังการรับประทานอาหารค่ำ

คุณค่าทางอาหารของโปรตีน

โปรตีนของนมจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางชีวภาพมากทั้ง casein และ whey protein โดยจะให้กรดอมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายได้อย่างสมบูรณ์ ดังตารางที่ 13 ที่ Tamime และ Deeth (1980) ได้รวบรวมไว้

ในการทำโยเกิร์ตนั้น จะมีการเติมหางนมผง เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุน้ำนมทั้งหมดให้มากขึ้น จึงมีผลทำให้ระดับของโปรตีนมีมากกว่าในนมสด ดังนั้นการบริโภคโยเกิร์ตเพียงวันละ 200-250 มิลลิลิตร ก็จะสามารถทำให้ร่างกายได้รับโปรตีนจากสัตว์ในระดับต่ำสุดของความต้องการของร่างกายแล้ว นอกจากนี้ โปรตีนในโยเกิร์ตก็จัดว่าเป็นจำพวกโปรตีนที่ย่อยได้ทั้งหมด (totally digestible protein) อันเนื่องมาจากการย่อยของจุลินทรีย์ และยังอยู่ในรูปที่เป็นเคิร์ด ทำให้การเคลื่อนที่ผ่านระบบทางเดินอาหารเป็นไปอย่างช้า ๆ ทำให้การย่อยและการดูดซึมมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทำให้ร่างกายได้รับประโยชน์มากขึ้น เมื่อเทียบกับการดื่มนมสด

คุณค่าทางอาหารของไขมัน

ไขมันในนมเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูง เช่นเดียวกับไขมันจากแหล่งอื่นๆ แต่ไขมันนมยังมีกรดลิโนเลอิค (linoleic acid) ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย มีอยู่เป็นจำนวนมาก อีกทั้งไขมันนมยังเป็นแหล่งของไวตามิน เอ ดี อี และ เค และยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโยเกิร์ตทำให้มีรสชาติอร่อยกลมกล่อม

ตารางที่ 13 กรดอมิโนอิสระ (มก./100 มล.) ของนมสดและโยเกิร์ต

Amino acid	Cow's		Goat's		Sheep's	
	Milk	Yoghurt	Milk	Yoghurt	Milk	Yoghurt
Alanine	.16-.64	1.17-3.8	1.33	3.83	0.56	1.30
Arginine	.16-.96	.70-1.39	0.40	0.67	0.26	0.85
Aspartic acid	.23-.52	.70-1.2	0.22	1.37	0.18	1.75
Glycine	.30-.53	.28-.45	5.91	6.06	0.15	0.25
Glutamic acid	1.48-3.9	4.8-7.06	3.54	3.78	1.08	4.10
Histidine	.11	.08-1.7	0.45	1.28	0.10	0.50
Isoleucine	.06-.15	.15-.40	0.18	0.43	0.06	0.25
Leucine	.06-.26	.70-1.82	0.21	1.25	0.23	0.45
Lysine	.22-.94	.80-1.11	0.60	2.35	0.19	0.72
Methionine	.05	.08-.20	0.10	0.35	0.05	0.15
Phenylalanine	.05-.13	.17-.61	0.11	0.35	0.08	0.15
Proline	.12	5.4-7.05	0.65	4.35	0.11	4.30
Serine	.08-1.35	1.5-2.9	3.05	3.51	0.20	2.00
Threonine	.05-.26	.24-.70	3.34	2.80	0.13	0.55
Tryptophan	Trace	.2	No reported value		No reported value	
Tyrosine	.06-.14	.18-.61	0.30	0.60	0.16	0.24
Valine	.10-.25	.90-1.86	0.30	0.50	0.24	0.90
Total	3.29-10.31	18.77-33.06	20.60	33.48	3.78	18.46

ที่มา: Tamime และ Deeth (1980)

การหมักนมถั่วเหลืองโดยแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก

นมถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกับนมโค โดยได้จากการสกัดของเหลวจากถั่วเหลือง โปรตีนที่ได้ก็มีเหมือนกับนมโค จึงช่วยสนับสนุนต่ออาหารของเด็กอ่อนและเด็กเล็ก แต่นมถั่วเหลืองมีปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นเหม็นเขียว จึงเป็นปัจจัยที่จำกัดการบริโภคสำหรับผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับนมถั่วเหลือง จึงได้มีการศึกษาหาทางลดกลิ่นถั่ว ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีคือ

1. การให้ความร้อนต่อเมล็ดถั่วเหลืองก่อนหรือระหว่างการแปรรูป เพื่อระงับการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase หรือระงับขบวนการออกซิเดชันของไขมัน

2. การสกัดเอาไขมันออก เพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นเหม็นเขียว

3. การใช้ขบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ ที่ผลิตกรดแลคติกที่เหมาะสม ซึ่งวิธีนี้ได้ประสบผลสำเร็จมาแล้วในการใช้เชื้อรา เช่น Rhizopus oligosporus, Neurospora sitophila และ Aspergillus oryzae ตลอดจนแบคทีเรีย Bacillus natto (Kanda, Wang, Hesseltine และ Warner, 1976)

Kellogg (1934) เป็นผู้ริเริ่มการใช้แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกในการหมักนมถั่วเหลืองเพื่อทำ butter-like products โดยใช้ L. acidophilus ต่อมา Gehrke และ Weiser(1947) ได้ค้นพบว่านมถั่วเหลืองนั้นจัดเป็นอาหารที่ดีของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก แต่ปริมาณกรดแลคติกที่ได้ จะมีน้อยกว่าการใช้นมโค S. lactis จะสามารถสร้างกรดแลคติกได้เพียงครั้งเดียวของนมโค และไม่พบความแตกต่างของกรดไขมันที่ระเหยได้ในนมทั้ง 2 ตัวอย่างเลย

Ariyama (1963) ได้พัฒนาขบวนการหมักนมถั่วเหลืองเพื่อทำโยเกิร์ตที่มีโปรตีน ร้อยละ 9 และแร่ธาตุอื่น ๆ สูงกว่าโยเกิร์ตทั่ว ๆ ไป โดยการเติมน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 15 แล้วหมักด้วยเชื้อ L. bulgaricus หรือทั้ง L. bulgaricus และ S. thermophilus ปรากฏว่าได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีเป็นที่น่าพอใจ จากการศึกษาของนักวิจัยหลายคณะได้สรุปไว้ว่าเชื้อ L. bulgaricus ไม่มีความสามารถใช้ซูโครสได้เลย ดังนั้นการทดลองของ Ariyama (1963) จึงต้องใช้เชื้อทั้ง 2 ชนิด เพื่อให้ S. thermophilus ใช้ซูโครสหรือผลผลิตที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ซูโครส ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของ L. bulgaricus ที่สุด Ariyama

จึงสรุปไว้ว่าการสร้างกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์ จะให้ดีและมีปริมาณสูงจำเป็นจะต้องใช้เชื้อโยเกิร์ตทั้ง 2 ชนิดร่วมกัน และเขาได้เสริมอีกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็งรวม (total solid) สูง จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะและความหนืดแตกต่างไปจากการใช้นมโค

Hang และ Jackson (1967) ได้ทำเนยแข็งจากนมถั่วเหลือง โดยใช้ S. thermophilus และได้สรุปไว้ว่าสามารถทำเนยแข็งได้ โดยจะมีเนื้อสัมผัสและความชื้นอยู่น้อยกว่าการทำด้วย การใช้กรดอาซิติกหรือการตกตะกอนด้วยเกลือ การใช้หางนมและเรนเนตสกัดร่วมกับกรดแลคติกจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติดี เพราะหางนมจะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อ ในนมถั่วเหลือง เนื่องจากมีแลคโตสอยู่ร่วมด้วย Ogera (1978) ได้แนะนำไว้ว่า ผลิตภัณฑ์จะไม่ดีนัก ถ้าหากว่าเนยแข็งนั้นทำมาจากขบวนการผลิตแบบเก่าๆ ดังนั้นเขาจึงปรับปรุงก้อนเคิร์ด (curd) ที่ได้จากการตกตะกอนด้วยเกลือมาเป็นการใช้ด้วย proteolytic enzyme ก่อนการเติมเชื้อ S. cremoris และ S. lactis Yamanaka และเพื่อนร่วมงาน (1970) ได้ทดลองทำโยเกิร์ตจากโปรตีนถั่วเหลืองผสมกับนมโคและซูโครส และใช้เชื้อ S. thermophilus และ L. bulgaricus โดยมีการเติมกรดอะมิโนบางชนิดลงไป เพื่อปกปิดกลิ่นเหม็นเขียวจากถั่วเหลือง เช่น อลานีน (alanine), อาร์จีนีน (arginine), กรดแอสปาร์ติค (aspartic acid), โซเดียมกลูตาเมท (sodium glutamate), ไลซีน (lysine), เมทไทโอนีน (methionine) และ ไกลซีน (glycine) หรือจะทดแทนกรดอะมิโนดังกล่าวนี้ด้วยโพรลีน (proline) หรือส่วนผสมของโพรลีนกับอลานีน ก็จะได้ผลดีเช่นเดียวกัน

การสร้างกรดแลคติกในนมถั่วเหลือง

เชื้อ S. thermophilus มีความสามารถสร้างกรดแลคติกในนมถั่วเหลืองได้ดีกว่าแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกชนิดอื่น ๆ โดย Matsuoka และคณะ (1967) พบว่า S. thermophilus จะสามารถผลิตกรดแลคติกได้ดีกว่า S. lactis และ L. bulgaricus แต่จะปรากฏว่า ผลิตภัณฑ์เนยแข็งที่ผลิตจากถั่วเหลือง (cheese-like product) มีสีดำคล้ำอย่างมากในระหว่างการบ่ม

Kim และ Shin (1971) ก็พบทำนองเดียวกันว่า S. thermophilus จะสร้างกรดแลคติกได้ดีกว่า S. cremoris และ L. bulgaricus อย่างไรก็ดีผลการทดลองจากนักวิจัยหลายคณะพบว่าปริมาณกรดที่เกิดจาก S. lactis subsp. diacetylactis นั้นก็เทียบเท่ากับ S. thermophilus นอกจากนี้เขาทั้ง 2 ยังได้ทำ cheese-like product โดยการใช้ S. thermophilus แล้วราดทับผิวหน้าก้อนเคิร์ดที่ได้ด้วยเชื้อ Penicillium caseolyticum และน้ำเกลือแกง

Yamanaka และ Furukawa (1970) ได้ทำการศึกษาการสร้างกรดแลคติกในนมถั่วเหลืองกับนมถั่วเหลืองผสมหางนม เปรียบเทียบกับการใช้หางนมล้วน ๆ ได้พบว่า S. thermophilus , S. faecalis , L. acidophilus , L. bulgaricus และ L. casei จะสามารถสร้างกรดได้มากในนมถั่วเหลืองผสมหางนม โดยที่มีระดับนมถั่วเหลืองมากถึงร้อยละ 70 ในส่วนผสม ส่วนในหางนมจะเกิดกรดได้น้อยกว่า นอกจากนี้เขายังได้เติม glucose ลงในนมผสม ผลปรากฏว่าเชื้อแบคทีเรียทุกชนิดสามารถสร้างกรดได้มาก ในขณะที่การเติม sucrose นั้น L.acidophilus จะให้กรดได้มากเพียงชนิดเดียว เขาได้สรุปไว้ว่าความแข็งแกร่งของเคิร์ด (curd) จะยิ่งมีมากขึ้นตามปริมาณของนมถั่วเหลืองที่ใช้ Pinthong และคณะ (1980) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวจากนมถั่วเหลืองพบว่า เมื่อใช้เชื้อ L. bulgaricus บ่มในนมถั่วเหลืองที่มีกลูโคสอยู่ร้อยละ 1 และสารสกัดจากยีสต์ร้อยละ 0.1 จะได้ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวที่มีความเป็นกรดอย่างเพียงพอและผลการตรวจสอบรสชาติพบว่า นมถั่วเหลืองที่หมักด้วย L. bulgaricus มีรสชาติดีที่สุด และผลจากการวิเคราะห์หาสารที่ระเหยได้ที่เกิดขึ้นขณะทำการหมักพบว่าปริมาณ acetaldehyde,acetone, methanol, ethanol, n-pentanol และ n-hexanol มีระดับที่แตกต่างกันเมื่อหมักด้วยวิธีต่างกัน

Angeles และ Marth (1971) ได้พบว่าปริมาณกรดแลคติกในนมถั่วเหลืองนั้นไม่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เขาได้พบว่า S. thermophilus , L. delbrueckii , L. plantarum และ Leu. dextranicum จะให้กรดได้มากในนมถั่วเหลืองเมื่อเทียบกับแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกชนิดอื่น ๆ ที่ทดสอบ เพราะว่าจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถใช้ซูโครสได้ดีนั่นเอง การสร้างกรดของ S. lactis, S. cremoris , S. lactis subsp. diacetylactis , L. casei

และ L. helveticus ในนมถั่วเหลือง + กลูโคส + เวย์ผง (whey powder) หรือแลคโตส พบว่าชนิดของคาร์โบไฮเดรทในนมถั่วเหลือง หรือชนิดของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะเป็นปัจจัยที่ควบคุมการสร้างกรดแลคติก

Mital และคณะ (1974) ทำการทดลองแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกในการใช้ oligosaccharide ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรทในนมถั่วเหลืองเพื่อใช้ในการผลิตกรด พบว่า S. thermophilus , L. acidophilus , L. cellobiose และ L. plantarum มีความสามารถในการเจริญเติบโตและการสร้างกรดได้มากอย่างมีนัยสำคัญ ส่วน L. buchner จะใช้ซูโครสจากนมถั่วเหลืองมาสร้างความเจริญเติบโตและสร้างกรดได้น้อยกว่า สำหรับ L. bulgaricus นั้น การเจริญเติบโตและการสร้างกรดเกิดขึ้นได้น้อยมาก ทั้งนี้เพราะไม่มีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรทของนมถั่วเหลืองได้นั่นเอง

ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับ การสลายโปรตีน และการสลายไขมันของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกในนมถั่วเหลือง ส่วนใหญ่เชื้อที่ใช้ทดสอบไม่สามารถไฮโดรไลซีสไขมันของถั่วเหลืองได้เลย ยกเว้น L. casei , L. delbrueckii และ S. thermophilus ที่มีความสามารถปลดปล่อยกรดไขมันอิสระได้เล็กน้อย

บทที่ 3

ขั้นตอนการทำงาน

อุปกรณ์และวิธีการ

1.วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองได้แก่ นมโค เมล็ดถั่วเหลือง นมผงปราศจากไขมัน แลคโตส และเจลาติน

2.เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้คือ Streptococcus thermophillus และ Lactobacillus bulgaricus ในอัตราส่วน 1:1

3.สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมอะซิเตท กรดซัลฟุริก กรดบอริก กลูโคส เปปโตน ยีสต์สกัด โซเดียมอะซิเตท แมกนีเซียมซัลเฟต -7- ไฮเดรท แมงกานีส (2) ซัลเฟต -4- ไฮเดรท เฟอร์รัส ซัลเฟต -7- ไฮเดรท โซเดียมไฮดรอกไซด์ โปตัสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต โซเดียม ซัลเฟตแอนไฮดรัส คอบเปอร์ซัลเฟต ซีลีเนียมไฮดรอกไซด์ บรอมครีซอลกรีน เมทิลเรด โปตัสเซียมโซเดียมทาร์เทรท เตตาร์ไฮเดรท เมธิลลินบลู ซิงค์อะซิเตท โปตัสเซียม เฟอร์โรไซยาเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต

4.เครื่องมือได้แก่ หม้อนึ่งความดันไอฆ่าเชื้อ (autoclave) เครื่องมือชุด วิเคราะห์โปรตีน (Kjeltec system 1002 distilling Unit) เครื่องมือวัดความ เป็นกรดด่าง (pH meter) เครื่องบด (blender) ตู้บ่มเชื้อ (incubater) เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) แผ่นความร้อน(hot-plate) เครื่องชั่งชนิดละเอียด และ Refractometer

5.เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์ที่จำเป็น

วิธีการทดลอง

1. เพื่อศึกษาปรับปรุงคุณภาพของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การศึกษาในขั้นนี้ได้ทำการเปรียบเทียบโยเกิร์ต ที่ได้จากนมถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตและไม่มีการผสมนมโค (SM_1-Y) นมถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตและไม่มีการผสมนมโค (SM_2-Y) นมถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไบคาบอร์เนต และผสมนมโคในอัตราส่วน 75:25 (SM_1-M-Y) และนมถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไบคาบอร์เนตและผสมนมโคในอัตราส่วน75:25(SM_2-M-Y) โดยเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ได้จากนมโค (M-Y)

1.1 การเตรียมนมถั่วเหลือง

1.1.1 การเตรียมนมถั่วเหลืองแบบไม่แช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ชั่งถั่วเหลืองมา 100 กรัม แช่ในน้ำกลั่น 750 มล. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วแยกเอาเปลือกออก นำถั่วเหลืองมาตีปั่นกับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำร้อนและถั่วเหลืองในอัตราส่วนเท่าๆกัน กรองเอากากถั่วเหลืองออกโดยใช้ผ้าขาวบางแล้วนำนมถั่วเหลืองไปต้มให้เดือด แล้วกรองด้วยผ้าขาวบางอีกครั้ง (ปัญญาและสุรเชษฐ ,2531) นมถั่วเหลืองที่ได้จะนำมาผลิตเป็นโยเกิร์ตในขั้นตอนต่อไป

1.1.2 การเตรียมนมถั่วเหลืองแบบแช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ชั่งถั่วเหลืองมา 100 กรัม แช่ในน้ำกลั่น 750 มล. เป็นเวลา 1 ชั่วโมงหลังจากนั้นแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วแยกเอาเปลือกออก นำถั่วเหลืองที่แยกเอาเปลือกแล้ว แช่ในสารละลายโซเดียมไบคาบอเนต ร้อยละ 0.113 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำถั่วเหลืองมาตีปั่นกับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำร้อนและถั่วเหลืองในอัตราส่วนที่เท่าๆกัน เติมโซเดียมฟอสเฟต 0.5 กรัม ลงไปในส่วนผสมแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ 750 มล. ผสมให้เข้ากัน จากนั้นต้มส่วนผสมทั้งหมดให้เดือดนาน

10-15 นาที พร้อมทั้งคนอยู่เสมอกรองด้วยผ้าขาวบาง และแยกเอากากทิ้งกรองด้วยผ้าขาวบางอีกครั้ง(ปัญญาและสุรเชษฐ,2531) นำนมถั่วเหลืองที่ได้มาผลิตเป็นโยเกิร์ตในขั้นตอนต่อไป

1.1.3 กรรมวิธีการเตรียมนมผสมระหว่างนมถั่วเหลืองกับนมโค ทำการเตรียมนมผสมระหว่างนมถั่วเหลืองกับนมโค โดยใช้อัตราส่วนนมถั่วเหลืองต่อนมโคเท่ากับ 75:25 อุ่นนมผสมให้ร้อน 60 องศาเซลเซียส ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่น (blender) จากนั้นนำนมผสมมาทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วลดอุณหภูมิให้เหลือ 30-45 องศาเซลเซียส (บุญจันทร์,2530)

1.2 กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ต

1.2.1 การผลิตโยเกิร์ตจากนมโค นำนมโคมาปรับธาตุน้ำนมให้ได้ ประมาณร้อยละ 18 โดยเติมนมผงปราศจากไขมัน 3 กรัม ต่อนมโค 100 มล. ผสมให้เข้ากัน นำมาให้ความร้อนที่ 82.2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงจนเหลืออุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แล้วทำการเติมเชื้อโยเกิร์ต (Starter)ในปริมาณร้อยละ 3-5 คนให้เข้ากันนาน 1 นาที นำไปบรรจุขวดแล้วปิดฝา บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียล (ทองยศ ,2531)

1.2.2 การผลิตโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง นำนมถั่วเหลืองหรือนมถั่วเหลืองผสมนมโคที่ได้ มาทำการปรับปริมาณของแข็ง โดยเติมนมผงปราศจากไขมันร้อยละ 5 น้ำตาลแลคโตสร้อยละ 3 และสารคงตัว (Stabilizer) ซึ่งใช้เจลาตินร้อยละ 0.5 แล้วนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 82.2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา30 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงจนเหลืออุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เติมเชื้อโยเกิร์ต (Starter) ร้อยละ 3-5 แล้วคนให้เข้ากัน บรรจุขวดแล้วปิดฝานำไปบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียล

1.3 การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและประสาทสัมผัส

นำโยเกิร์ตที่ได้ผ่านการเก็บรักษาในอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มาแล้ว 12-24 ชั่วโมงมาตรวจสอบคุณสมบัติคือ การวัดความเป็นกรด (Titrable acidity) ในรูปของกรดแลคติกตามวิธีของ AOAC. (1980) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งโดยวิธีของ Lane และ Eynon (Pearson,1976) ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl (Pearson,1976) ตรวจวัดสภาพความเป็นกรดด่างด้วย pH meter ตรวจสอบลักษณะการจับตัวเป็นก้อนแข็งของเคิร์ด (curd) ตรวจดูสี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อสัมผัส ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Line intensity test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คน และคัดเลือกโยเกิร์ตชนิดที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด มาทดลองในข้อ 2

2. การศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

นำตัวอย่างโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง ที่ได้ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 1 มาแล้วว่ามีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด มาวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl (Pearson,1976) ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิ่งโดยวิธีของ Lane และ Eynon (Pearson,1976) ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณกรดโดยวิธี AOAC. (1990) วัดค่า pH และตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อสัมผัส กลิ่น และรส เมื่อครบกำหนด 0,3,6,9 และ 12 วัน ตามลำดับ

บทที่4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาการปรับปรุงโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

1.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตชนิดต่างๆ จากการทดลองศึกษาปรับปรุงคุณภาพของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง ที่มีกรรมวิธีในการผลิตต่างกัน คือ SM_1-Y , SM_2-Y , SM_1-M-Y และ SM_2-M-Yโดยเปรียบเทียบกับ M-Y แล้วนำไปทำการทดสอบชิมทางประสาทสัมผัส โดยให้ผู้ชิม 15 คน ด้วยวิธี Line Intensity Test ซึ่งคะแนนความชอบตั้งแต่ 0-10 คะแนน โดย 0 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 10 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด ซึ่งได้ผลดังตาราง ที่ 14 และ ตารางที่ 15

จากผลการทดลองตามตาราง 14 เมื่อสังเกตค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่าง M-Y เปรียบเทียบกับตัวอย่าง SM_1-Y , SM_2-Y , SM_1-M-Y และ SM_2-M-Y ในด้านของคุณลักษณะส่วนใหญ่ เช่น กลิ่นโยเกิร์ต รสหวาน ความมัน และความหนืด ปรากฏว่าตัวอย่าง SM_2-M-Y มีคะแนนความชอบของคุณลักษณะดังกล่าวเป็น 5.57, 4.35, 5.89 และ 4.43 ตามลำดับ ซึ่งค่าต่างๆเหล่านี้สูงกว่าของโยเกิร์ตอีก 3 ชนิด คือ ตัวอย่าง SM_1-Y ซึ่งมีค่าเป็น 3.51, 2.48, 3.53 และ 3.15 ตามลำดับ ตัวอย่าง SM_2-Y ซึ่งมีค่าเป็น 3.86, 3.77, 3.94 และ 3.34 ตามลำดับ และ ตัวอย่าง SM_1-M-Y มีค่าเป็น 4.57, 3.87, 5.49 และ 4.41 ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบรวมของตัวอย่าง SM_1-Y , SM_2-Y , SM_1-M-Y , และSM_2-M-Y ซึ่งตัวอย่างทั้งหมดมีนมถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมนั้นปรากฏว่า มีคะแนนความชอบรวมมีเป็น 4.40,4.65, 4.92และ 6.13 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าคะแนนความชอบรวมของตัวอย่าง SM_2M-Y

มีค่าสูงที่สุด และเมื่อสังเกตผลการทดลองในตารางที่ 15 จะเห็นว่าคุณลักษณะต่างๆ เช่น สี กลิ่นถั่ว กลิ่นโยเกิร์ต ความหนืด เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของตัวอย่าง SM_1-Y, SM_2-Y, SM_1-M-Y และ SM_2-M-Y มีความแตกต่างกับของตัวอย่าง M-Y อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

การที่ SM_2-M-Y ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมสูงกว่า SM_1-Y, SM_2-Y และ SM_2-M-Y คาดว่าเนื่องจากการใช้ สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตในขั้นตอนการแช่เมล็ดถั่วเหลืองเพื่อผลิตนมถั่วเหลืองเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้กลิ่นของนมถั่วเหลืองลดลง และสีของนมถั่วเหลืองขาวขึ้น (สุชาติ,2523)

นอกจากนี้การผสมนมโค จะทำให้โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง ได้รับการยอมรับมากขึ้น โดยจะช่วยกลบกลิ่นถั่ว และเมื่อทำการตีปนให้เข้ากับนมถั่วเหลือง เม็ดไขมันจะแตกตัวทำให้มีสีขาวขึ้น (วรรณา และ วิบูลย์ศักดิ์,2531) และเนื่องจากนมโคมีเปอร์เซนต์ของโปรตีน และไขมัน มากกว่านมถั่วเหลือง และมีเปอร์เซนต์ของน้ำอยู่น้อยกว่า (Lee,1980) ดังนั้นโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ได้มีการผสมนมโค จึงมีความคงตัวดี และมีความมันมากกว่าโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ไม่มีการผสมนมโค

ดังนั้นโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ SM_2-M-Y ซึ่งเป็นโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต และมีการผสมนมโคลงไปในอัตราส่วน ร้อยละ 25 ซึ่งจะได้ทำการศึกษาคุณภาพในการเก็บรักษาต่อไป

นอกจากนี้ยังได้มีการนำเอาโยเกิร์ตทั้ง 5 ตัวอย่าง คือ SM_1-Y , SM_2-Y, M-Y, SM_1-M-Y และ SM_2-M-Y มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในขั้นต่อไป

ตารางแสดงผลการทดลอง

ตารางที่ 14. ค่าเฉลี่ยของการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองและโยเกิร์ตจากนมโค

ตัวอย่างโยเกิร์ต	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส								
	สี	กลิ่นถั่ว	กลิ่นโยเกิร์ต	รสเปรี้ยว	รสหวาน	ความมัน	ความหนืด	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
SM_1-Y	6.66	6.31	3.51	7.37	2.48	3.53	3.15	6.10	4.40
SM_2-Y	5.20	5.49	3.86	6.35	3.77	3.94	3.34	6.03	4.65
M-Y	2.33	1.97	8.09	5.23	4.92	6.16	6.58	2.54	8.29
SM_1-M-Y	5.34	5.11	4.57	7.30	3.87	5.49	4.41	5.35	4.92
SM_2-M-Y	4.45	4.05	5.57	5.72	4.35	5.89	4.43	5.40	6.13

ตารางที่ 15. ความแตกต่างทางสถิติของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสระหว่างโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองและโยเกิร์ตจากนมโค

ตัวอย่างโยเกิร์ต	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส								
	สี	กลิ่นถั่ว	กลิ่นโยเกิร์ต	รสเปรี้ยว	รสหวาน	ความมัน	ความหนืด	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
SM_1-Y	** 4.33	** 4.35	** -4.59	** 2.14	** -2.44	** -3.23	** -3.43	** 3.62	** -3.89
SM_2-Y	** 2.87	** 3.53	** -4.59	** 1.11	** -1.15	** -2.82	** -3.24	** 3.49	** -3.65
M-Y	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SM_1-M-Y	** 3.01	** 3.14	** -3.52	** 2.07	** -1.05	** -1.27	** -2.17	** 2.81	** -3.37
SM_2-M-Y	** 2.11	** 2.09	** -2.52	ns 0.49	ns -0.57	* -0.87	** -2.15	** 2.86	** -2.16

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

** หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 99

1.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตทั้ง 5 ตัวอย่าง จากการศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตทั้ง 5 ตัวอย่าง ซึ่งได้วิเคราะห์หาความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณกรด ปริมาณน้ำตาล ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณโปรตีน ดังแสดงในตารางที่ 16 ปรากฏว่า pH ของตัวอย่าง SM_1-Y , SM_2-Y , M-Y , SM_1-M-Y และ SM_2-M-Y มีค่าเป็น 6.81, 6.98, 5.98 , 6.78 และ 6.87 ตามลำดับ จะเห็นว่าโยเกิร์ตที่ได้จากนมโค (M-Y) มีค่า pH ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการมีปริมาณกรดสูงที่สุดคือ 0.73 และมีปริมาณน้ำตาลต่ำที่สุดคือ 2.87 ทั้งนี้อาจเนื่องจากนมโคมีปริมาณแลคโตสอยู่มากกว่านมถั่วเหลือง (Lee และคณะ,1990) ซึ่งจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญ และสร้างกรดได้ดีกว่า (เรณู,2523) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบค่า pH ของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองทั้ง 4 ตัวอย่างคือ SM_1-Y, SM_2-Y, SM_1-M-Y และ SM_2-M-Y จะพบว่า pH ของตัวอย่าง SM_1-Y (6.81) และ SM_1-M-Y (6.78) จะต่ำกว่า pH ของตัวอย่าง SM_2-Y (6.98) และ SM_2-M-Y (6.87) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรด และปริมาณน้ำตาลของทั้ง 4 ตัวอย่างนี้ ก็จะให้ผลสัมพันธ์กันคือ ปริมาณกรดของ ตัวอย่าง SM_1-Y (0.65) และ SM_1-M-Y (0.67) จะสูงกว่า SM_2-Y (0.39) และ SM_2-M-Y (0.59) และปริมาณน้ำตาลของ SM_1-Y (2.99) และ SM_1-M-Y (2.96) จะต่ำกว่า SM_2-Y(3.16) และ SM_2-M-Y(3.12) ทั้งนี้คาดว่าการใช้สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ซึ่งเป็นสารละลายด่าง ในการแช่เมล็ดถั่วเหลืองจะมีผลทำให้ pH สูงขึ้นและความเป็นกรดลดลง นอกจากนี้ยังได้ข้อสังเกตอีกว่าเมื่อมีการผสมนมโค จะทำให้ pH ลดลงและปริมาณกรดเพิ่มขึ้น แสดงว่าการผสมนมโคช่วยทำให้ปริมาณกรดเพิ่มขึ้น คาดว่าเนื่องจากนมโคช่วยเพิ่มปริมาณแลคโตสให้กับโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งของโยเกิร์ต ทั้ง 5 ตัวอย่าง คือ SM_1-Y,SM_2-Y, M-Y, SM_1-M-Y, และ SM_2-M-Y มีค่าเป็น 13.90 , 15.40 , 20.90 , 14.03 และ 16.00 ตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณของแข็ง M-Y สูงที่สุด และตัวอย่างที่มีปริมาณของแข็งสูงใกล้เคียงกับ M-Y มากที่สุด คือตัวอย่าง SM_2-M-Y ซึ่งจะทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัส ลักษณะการเกิดเคิร์ด ของตัวอย่าง SM_2-M-Yใกล้เคียงกับของ M-Y สำหรับปริมาณโปรตีน เมื่อเปรียบเทียบโยเกิร์ตทั้ง 5 ตัวอย่าง พบว่าโยเกิร์ตจากนมโค (M-Y) จะมีปริมาณสูงที่สุดคือ 8.04 รองลงมาคือ SM_1-M-Y(6.39)

SM_2-M-Y(6.24) , SM_2 -Y (4.96) และSM_1-Y (4.79) ตามลำดับ ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ได้มีการผสมนมโค คือ SM_1-M-Y และ SM_2-M-Y มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ไม่ได้ผสมนมโค แสดงว่า การผสมนมโคจะช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนให้กับโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

ตารางที่ 16. องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองและนมโค

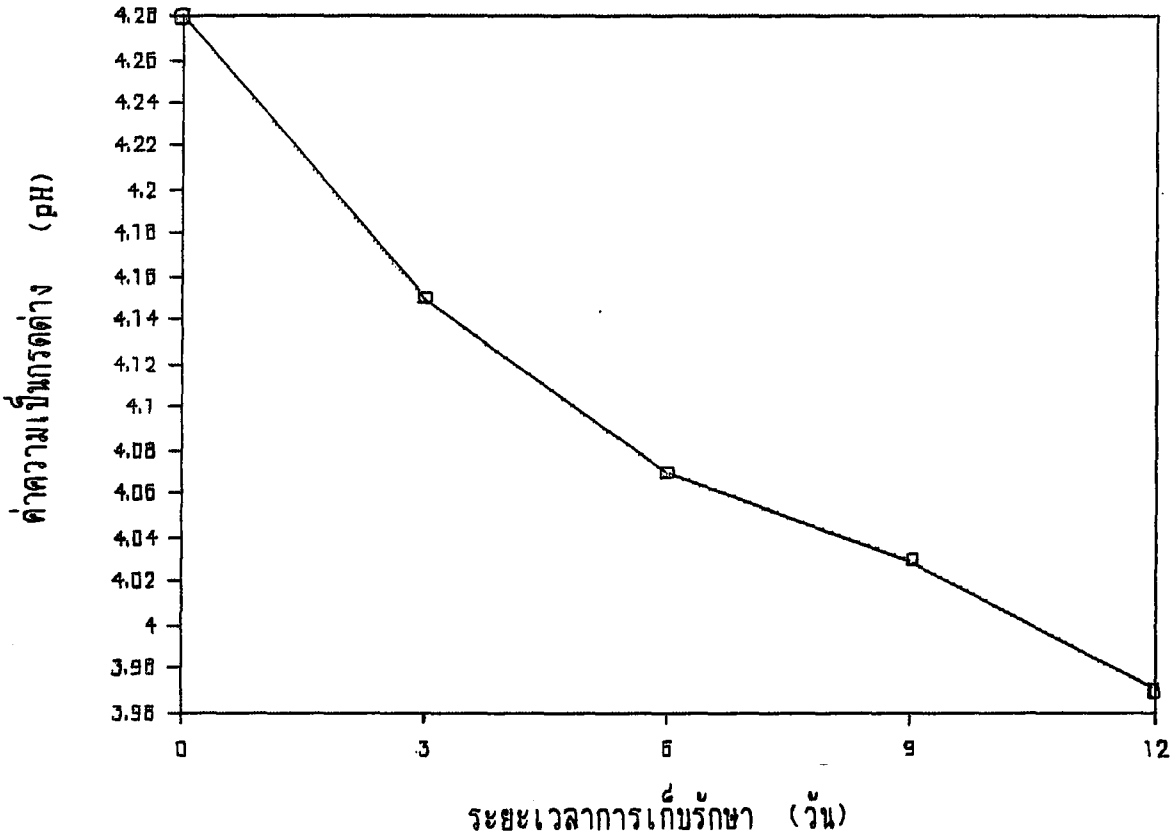
ตัวอย่างโยเกิร์ต	pH	ปริมาณกรดทั้งหมด (%กรดแลคติก)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิ่ง(%)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	ปริมาณโปรตีน (%)
SM_1-Y	6.81	0.65	2.99	13.90	4.79
SM_2-Y	6.98	0.39	3.16	15.40	4.96
M-Y	5.98	0.73	2.87	20.90	8.04
SM_1-M-Y	6.78	0.67	2.96	14.03	6.39
SM_2-M-Y	6.87	0.59	3.12	16.00	6.24

2. การศึกษาคุณภาพในการเก็บรักษาของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

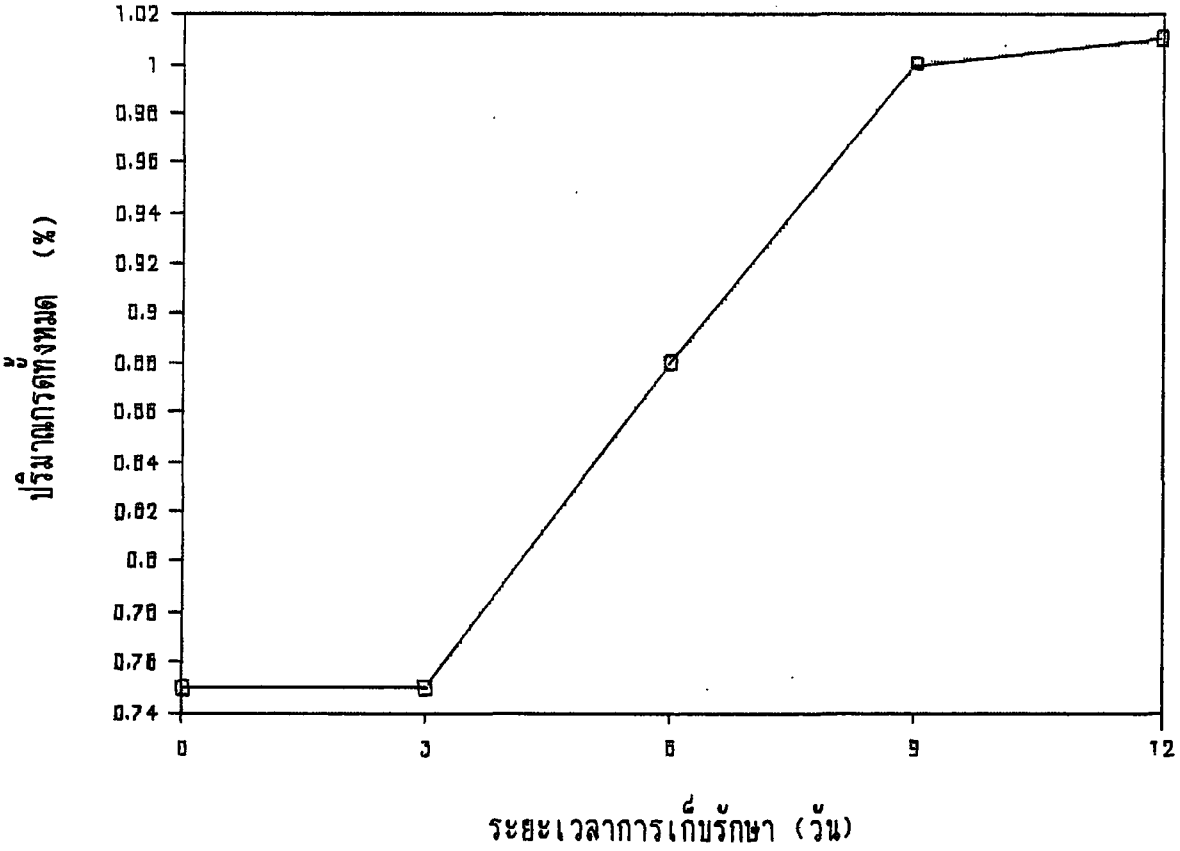
จากการประเมินผลการทดสอบชิมทางสถิติ จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุดคือโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ผสมกับนมโคร้อยละ 25 (SM_2-M-Y) จึงนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโยเกิร์ต โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่เวลาการเก็บรักษา 0, 3, 6, 9 และ 12 วันตามลำดับ ได้ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 17 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่ออายุการเก็บนานขึ้น ความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นค่า pH จะลดลง ขณะที่ปริมาณน้ำตาล (Reducing Sugar) จะลดลง ดังเช่นที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา (0 วัน) โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง (SM_2-M-Y) มี pH ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาล และปริมาณโปรตีนเป็น 4.28 , 0.75%, 3.12 % และ 6.24% เมื่อเก็บรักษาจนกระทั่งครบ 12 วัน ค่าต่าง ๆ ดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไปโดยมีค่าเป็น 3.97 , 1.01% , 2.86% และ 5.28% ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่าง ๆ ของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองนี้ จะเห็นได้ชัดดังภาพที่ 2, 3 , 4 และ 5 ที่เป็นเช่นนี้ คาดว่าเนื่องมาจากน้ำตาลแลคโตสในโยเกิร์ต ได้ถูกจุลินทรีย์เปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติก (Tamine,1979)และแสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะเก็บรักษาโยเกิร์ตที่อุณหภูมิตู้เย็น (5 องศาเซลเซียส) เชื้อจุลินทรีย์ก็ยังไม่หยุดการทำงาน แต่อาจจะเกิดปฏิกิริยาการหมักช้าลง ทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นและ pH ลดลงไม่มากนัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปริมาณกรดแลคติกที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีน (Tamine และ Deeth,1980) ซึ่งจากภาพที่ 5 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขณะทำการทดลองไม่ได้ทำการกวนให้ตะกอนของโปรตีนกระจายตัวอย่างทั่วถึง นอกจากนี้คุณลักษณะภายนอกจะมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้นด้วย โดยความหนืดจะลดลงจนกระทั่งเหลวในที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ กิตติชัย (2532) ซึ่งกล่าวว่าโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองจะมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 14 วันในตู้เย็น และสอดคล้องกับรายงานของ Kanda และคณะ (1979) ว่านมเปรี้ยวที่ผลิตจากนมถั่วเหลืองสามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสได้ไม่เกิน 19 วัน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเปอร์เซนต์กรดแลคติกและ pH มากนัก

ตารางที่ 17. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างโยเกิร์ตที่มีระยะการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน

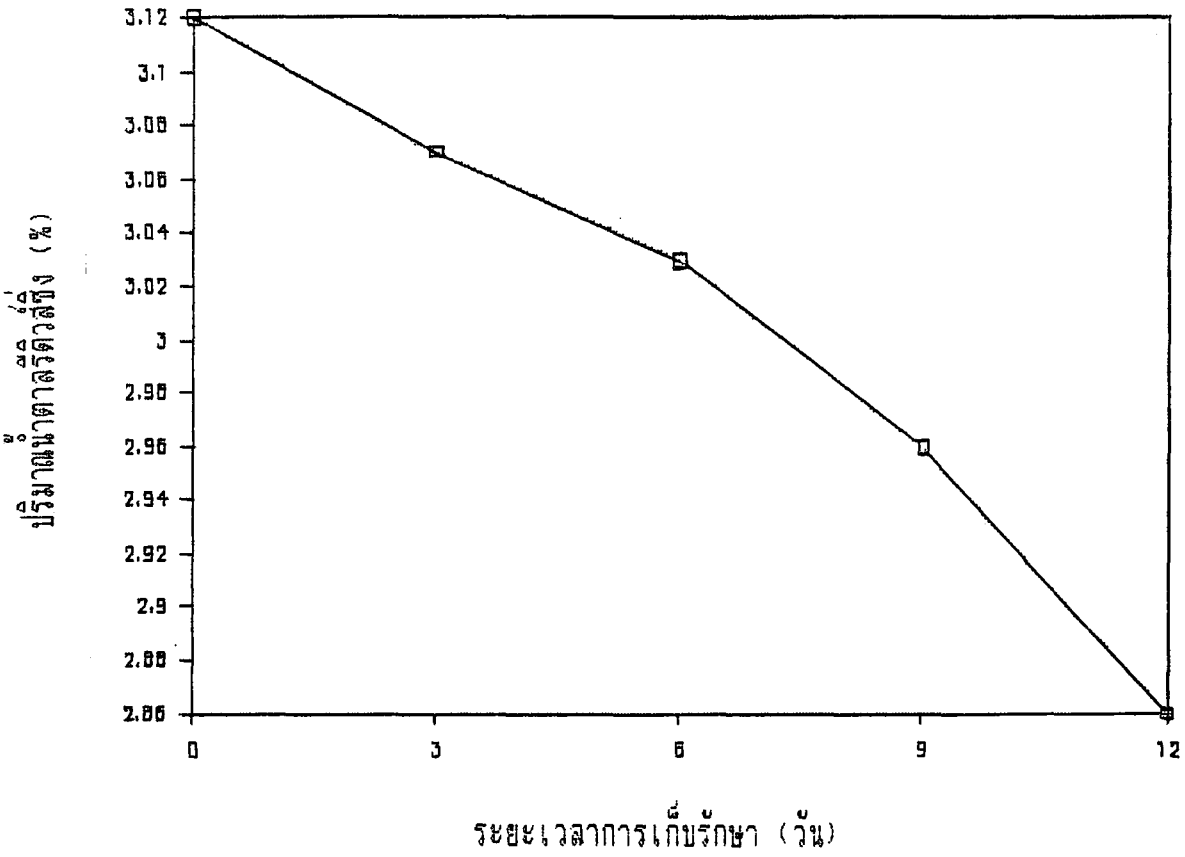
ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างโยเกิร์ต SM_2-M-Y			
	pH	ปริมาณกรดทั้งหมด (%กรดแลคติก)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิ่ง (%)	ปริมาณโปรตีน (%)
0	4.28	0.75	3.12	6.24
3	4.15	0.75	3.07	5.44
6	4.07	0.88	3.03	4.96
9	4.03	1.00	2.96	5.59
12	3.97	1.01	2.86	5.28



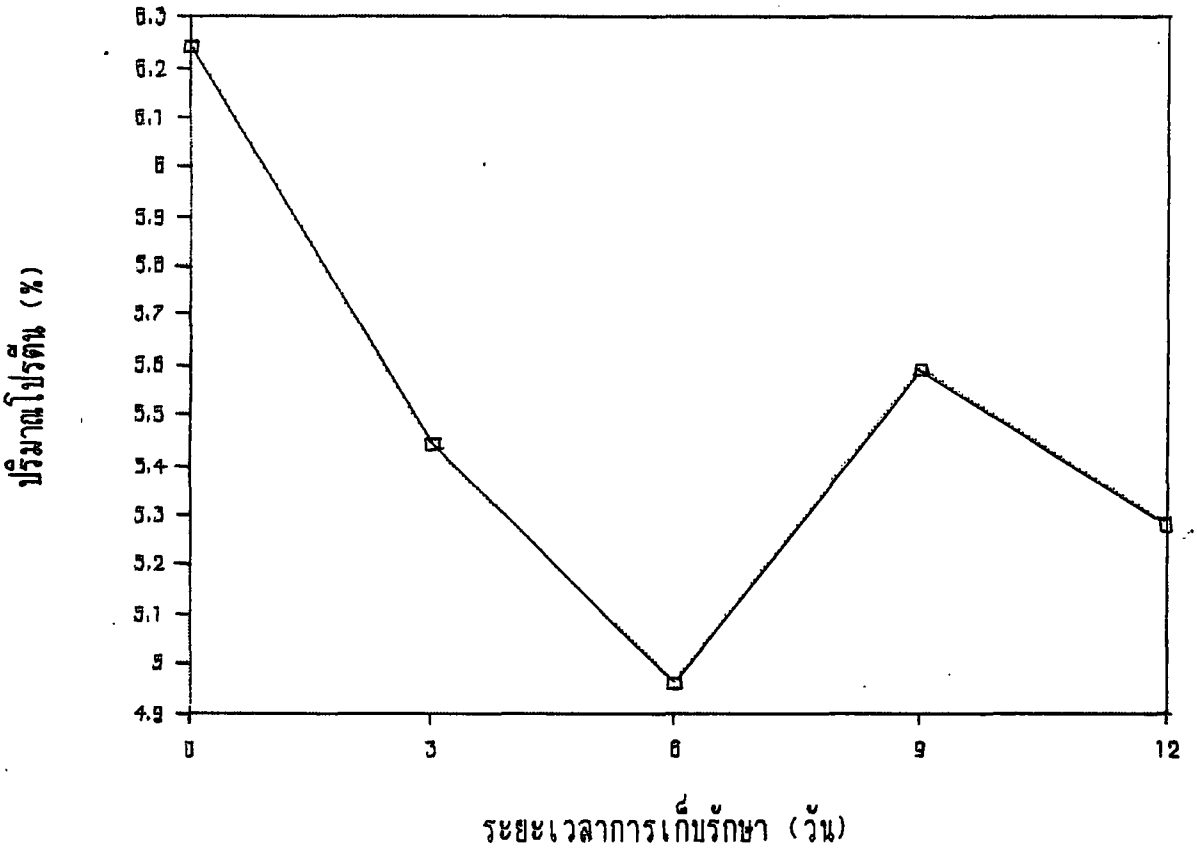
ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลง pH ของตัวอย่างโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง(SM_2-M-Y) ในระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมด ของตัวอย่างโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง (SM_2-M-Y) ในระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิ่ง ของตัวอย่างโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง (SM_z-M-Y) ในระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน ของตัวอย่างโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง (SM_2-M-Y) ในระหว่างการเก็บรักษา

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การทดสอบชิมทางประสาทสัมผัสแบบ Line of intensity Test โดยวิธีวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อก(RBD) 15 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างทางสถิติแบบ LSD (Least significant differrent) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ 99 พบว่าโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตและผสมกับนมโคอีกร้อยละ 25(ตัวอย่าง SM_2-M-Y) จะมีความชอบรวมสูงกว่าโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ได้จากกรรมวิธีอื่น และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ได้จากนมโค ในด้านของ รสเปรี้ยว และ รสหวาน แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ต ที่ได้จากนมโคในด้านของ ความมัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในด้านของ สี กลิ่นถั่ว กลิ่นโยเกิร์ต ความหนืด เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ดังนั้น จึงต้องมีการพัฒนาคุณลักษณะเหล่านี้ต่อไป

สำหรับการศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาของโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองตัวอย่าง ที่ให้ค่าการยอมรับสูงที่สุด ซึ่งก็คือ โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต และผสมนมโค ร้อยละ 25 นั้นได้ทดลองนำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน องค์ประกอบทางเคมี คือ pH ความเป็นกรด และ ปริมาณน้ำตาลจะเปลี่ยนแปลงอย่างสอดคล้องกัน นั่นคือ เมื่ออายุการเก็บนานขึ้นปริมาณน้ำตาลจะลดลง ซึ่งปริมาณน้ำตาลที่ลดลงนี้ จะเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติก ทำให้ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นและค่า pH ลดลง ในด้านปริมาณโปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ ตลอดเวลาการเก็บรักษา แต่จะพบว่าปริมาณโปรตีนจะมีค่าสูงที่สุดเมื่อเริ่มแรกการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากการตกตะกอนของโปรตีนดังได้กล่าวมาแล้วในผลการทดลอง นอกจากนี้คุณลักษณะภายนอกของโยเกิร์ต เช่น ลักษณะการเกิดเคิร์ด จะพบว่าอ่อนตัวลงและเหลวในที่สุด ซึ่งมีผลมาจากการตกตะกอนของ

โปรตีนนั่นเอง จึงไม่สมควรที่จะเก็บไว้รับประทานนานเกิน12 วัน

อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้เป็นการทดลองเบื้องต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลในการแก้ไขปรับปรุงตลอดจนปัจจัยที่ควรคำนึง เพื่อเป็นการพัฒนาในระดับอุตสาหกรรม และหาแนวทางในการศึกษาปรับปรุงโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลืองต่อไป โดยอาจจะทำการปรุงแต่งสี กลิ่นและรส ให้เหมาะสม เช่น การเติมแยมผลไม้ลงไป จะช่วยกลบกลิ่นถั่วได้มากขึ้น และรสชาติเป็นที่ยอมรับมากขึ้น หรืออาจจะดัดแปลงผลิตภัณฑ์ในลักษณะข้น (plain yogurt) ให้มีลักษณะเป็นแบบพร้อมดื่ม (drinking yogurt) หรือ แบบแช่แข็ง (frozen yogurt) ซึ่งจะสอดคล้องกับลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทย ที่มีอากาศค่อนข้างร้อนตลอดปี

ภาพที่ ๖ แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต

ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบลักษณะสีของนมโคและนมถั่วเหลือง

หมายเลข 1 คือ นมโค

หมายเลข 2 คือ นมถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต

หมายเลข 3 คือ นมถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต

ภาคผนวก ก.

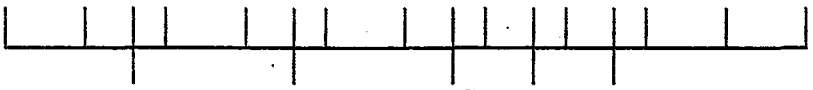
แบบแสดงการทดสอบชิมทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ _____เพศ_____อายุ___ ปี

วันที่ทำการทดสอบ_____เวลา_____รหัสตัวอย่าง 101,102,103,104,105

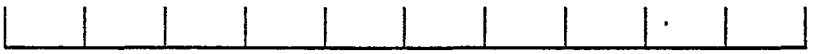
คำชี้แจง: จงทำการทดสอบชิมตัวอย่างที่ได้รับทั้ง 5 ตัวอย่าง แล้วให้คะแนนโดยขีดเส้นพร้อมทั้งเขียนรหัสตัวอย่างกำกับบนเส้นคะแนน ตามความรู้สึกของท่านจนครบทุกคุณลักษณะที่กำหนดให้

ตัวอย่าง: สี 103 105 101 104 102



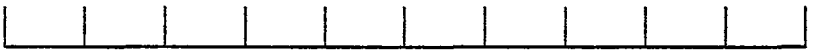
ขาวมาก ขาวอมเหลือง เหลืองมาก

1.สี



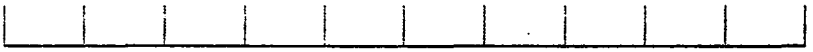
ขาวมาก ขาวอมเหลือง เหลืองมาก

2.กลิ่นถั่ว



ไม่มีกลิ่น มีกลิ่นปานกลาง มีกลิ่นแรง

3.กลิ่นโยเกิร์ต

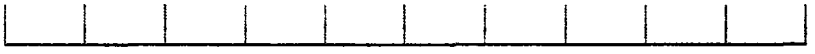


ไม่มีกลิ่น มีกลิ่นปานกลาง มีกลิ่นแรง

4.รสเปรี้ยว

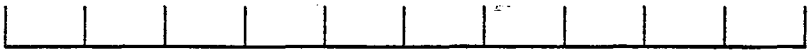
ไม่เปรี้ยวเลย เปรี้ยวปานกลาง เปรี้ยวมาก

5.รสหวาน



ไม่หวานเลย หวานปานกลาง หวานมาก

6.ความมัน



ไม่มันเลย มันปานกลาง มันมาก

7.ความหนืด

เหลวมาก หนืดปานกลาง หนืดมาก

8.เนื้อสัมผัส

เนียนมาก เนียนปานกลาง หยาบมาก

9.ความชอบรวม

ไม่ชอบเลย ชอบปานกลาง ชอบมาก

ภาคผนวก ข.

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

1.pH ของโยเกิร์ต

ใช้ Glass electrod จุ่มลงในเนื้อของนมเปรี้ยวแล้วอ่านค่า pH ออกมา

2.การหาของแข็งทั้งหมดในโยเกิร์ต (%total solid in yogurt)

-ใช้กระดาษฟอยล์ซึ่งสอดไส้ด้วยกระดาษกรอง แล้วชั่งจนได้น้ำหนักคงที่

-เกลี่ยโยเกิร์ตโดยประมาณ 1-2 กรัมลงบนกระดาษกรองแล้วชั่งหาน้ำหนักคงที่ของโยเกิร์ต

-อบใน hot air oven อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1.5 - 2 ชั่วโมง

-ชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซนต์ของของแข็งต่อไป

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

3.การวิเคราะห์หาความเป็นกรดในโยเกิร์ต (% lactic acid)

สารเคมี

-น้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ เตรียมโดยนำน้ำกลั่นมาต้มเดือดนาน 20 นาที

-สารละลายมาตรฐาน 0.1 N เตรียมจาก NaOH 4 กรัมเติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม มาเจือจางด้วยน้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ 30 มล. เติมสารละลายฟีนอฟธาลีน 3 หยด แล้วไตเตรทด้วยสารละลายมาตราฐาน 0.1 N NaOH จนกระทั่งถึงจุดยุติ สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู ปริมาณกรดคำนวณเป็นกรดแลคติกดังนี้

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

กำหนดให้ N = ความเข้มข้นมาตราฐาน 0.1 N NaOH

V = มล.ของสารละลายมาตราฐาน 0.1N NaOH

4.<u>การวิเคราะห์หาโปรตีน</u>

จำนวนโปรตีนคำนวณได้จากจำนวนไนโตรเจนที่ได้จากการวิเคราะห์ตามวิธีของ Kjeldahl คูณด้วยแฟคเตอร์ 6.38 สำหรับโยเกิร์ตที่ทำจากนมโค และคูณด้วนแฟคเตอร์ 5.71 สำหรับโยเกิร์ตที่ทำจากนมถั่วเหลือง

<u>สารเคมี</u>

กรดซัลฟุริก (Conc.H_2SO_4)

กรดบอริค 2%

สารละลายกรดมาตราฐาน 0.1 N H_2SO_4

โซเดียมไฮดรอกไซด์ 30%

Catalyst Mixture (96% Na_2SO_4, 3.5% $CuSO_4$ และ 0.5% SeO_2)

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

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่ใน Kjeldahl digestion flask ขนาด 500 มล. เติม Catalyst Mixture ประมาณ 8 กรัม แล้วเติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น 12 มล.ทำการย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใส แล้วทำการย่อยต่อไปอีก 30 นาที ทิ้งให้เย็นแล้วนำไปเติมน้ำกลั่น 75 มล.นำสารละลายที่ได้มากลั่นในเครื่องกลั่นโดยเก็บกาซแอมโมเนียที่ควบแน่นแล้วในกรดบอริค นำส่วนที่เก็บได้มาไตเตรทกับกรดซัลฟุริก 0.1 N โดยหยดอินดิเคเตอร์ลงไป 2-3 หยด ไตรเตรทจนกระทั่งสารลละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มอ่อน บันทึกปริมาตรของสารละลายกรดซัลฟุริกที่ใช้ไป คำนวณหาปริมาณโปรตีน

$$\% N = \frac{(\text{มล.ของกรดซัลฟุริก-blank}) * 0.1 * 1.4}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้}}$$

% โปรตีน = % N * 6.38 สำหรับโยเกิร์ตจากนมโค

= % N * 5.71 สำหรับโยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง

5.การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล (% Reducing Sugar)

โดยวิธีของ Lane & Eynon ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาตรของน้ำตาลโดยใช้ reduce mixed Fehling's solution และมี Methylene blue เป็น redox indicator การทำการไตเตรทต้องทำในขณะที่เดือดตลอดขบวนการ ถ้ามีน้ำตาลซูโครสจะต้องทำการไฮโดรไลซ์เป็นน้ำตาลอินเวิร์ตเสียก่อน

สารเคมี

Fehling's solution ประกอบด้วย

-สารละลาย A เตรียมโดยละลาย $CuSO_4 . 5H_2O$ จำนวน 69.278 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร

-สารละลาย B เตรียมโดยละลาย $K.NaC_4H_4O_6 . 4H_2O$ จำนวน 346 กรัม และ NaOH จำนวน 100 กรัม ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร

Clearing agent ประกอบด้วย

-สารละลาย a zinc ferrocyanide โดยละลาย zinc aetate 21.9 กรัม และกรดอะซิติก จำนวน 3 มล.ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล.

-สารละลาย b ละลาย potassium ferrocyanide จำนวน 10.6 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล.

วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่าง 20 กรัมนำไป blender กับน้ำกลั่น 100 มล.จนเข้ากันดี จากนั้นเติมสารละลาย a และ b อย่างละ 5 มล. เขย่าให้เข้ากัน ปรับปริมาตรให้ได้ 200 มล. ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำมากรองเอาส่วนใสโดยผ่านกระดาษวอทแมนเบอร์ 1 แล้วเอาส่วนใสที่ได้มา 10 มล.ใช้ส่วนนี้เป็น ไตแตรนท์ (บรรจุในบิวเร็ต) หลังจากนั้นปิเปตสารละลาย A และ B อย่างละ 5 มล.ใส่ในฟลาสก์ เป็นไตแตรนด์ นำไปตั้งบน hot plate จนกระทั่งสารละลายเดือด หยดเมธิลีนบลู 2-3 หยด ทำการไตเตรทกับสารละลายจากโยเกิร์ตที่เตรียมไว้ จนกระทั่งสารละลายใส สังเกตเห็นตะกอนสีแดงบันทึกปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ไป นำค่าไปหาเปอร์เซนต์น้ำตาล โดยเทียบจากตารางมาตราฐาน ปริมาตรที่ใช้ไปจะต้องอยู่ในช่วง 15-50 มล. ถ้ามากกว่านี้แสดงว่าสารละลายน้ำตาลเจือจางมากเกินไป ต้องทำการเจือจางใหม่ให้เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

กิติชัย วัชรเวชศฤงคาร และ จิรายุ ภูเขาทอง. "การผลิตนมเปรี้ยวจากเชื้อผสม Lactobacillus bulgaricus และ Streptococcus thermophillus." วิทยานิพนธ์ ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯลาดกระบัง กรุงเทพฯ, 2532.

ทศพร ยศสมบัติ. " การกำจัดกลิ่นถั่วของถั่วเหลืองเพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมัก " วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 2527

บุญจันทร์ สายยิ้ม " การใช้นมถั่วเหลืองผสมนมโคในการผลิตโยเกิร์ต " วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 2530.

ปัญญา โพธิ์จิตรัตน์ และ สุรเชษฐ จิตตะวิกูล. " เทคนิคการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากถั่ว " คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง กรุงเทพฯ. หน้า 5-10, 2531

เรณู ปิ่นทอง " การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากนมถั่วเหลือง " ว. อาหาร 12 (3) 2523 :230 - 245.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ " นมและผลิตภัณฑ์นม " พิมพ์ครั้งที่ 1. หน้า 96-100. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2531.

สุชาติ ภูษณะดิลก " การกำจัดกลิ่นถั่วในนมถั่วเหลือง " วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 2525.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. 2527 "ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย" มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 1-70.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1980. Official Method of Analysis. Georage Banta Co., Ltd., Washington, D.C. 1094 p.

Ariyama, H. 1963. Process for manufacture of synthetic yogurt from soybean. U.S. Patent. 3,096,,177 July,2.

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

Grigoroff,S 1905 La Lyophilisation des Culture de Yogurt, pp 289-290. In A.Y. Tamime and R.K. Robinson. Yogurt: Science and Technology. Pergamon Press, Oxford.

Kanda,H.,H.L.Wang, C.W. Hesseltine and K. Warner. 1976. Yogurt Production by Lactobacillus Fermentation of Soybean Milk. Process Chemistry. may,23.

Lee,G.J. and G.R. Jugo. 1978 a. Role of acetaldehyde in metabolism. J.of Dairy Sci. 61:1216-1209.

Metchnikoff, E. 1910. The Prolongation of life, pp.115-128. In A.Y. Tamime and R.K. Robinson. Yogurt:Science and Technology. pergamon Press, Oxford.

Mital, B.K. and Steinkraus. 1976. Flavor acceptability of unfermented and lactic fermented soy milks. J.Milk Food Technology . 39: 342-344.

Orla-Jensen, S. 1931. Dairy Bacteriology, pp.259-270 In A.Y. Tamime and R.K. Robinson. Yogurt:Science and Technology. Pergamon Press, Oxford.

Smith,A.K. and J.Circle. 1978. Soybean: Chemistry and Technology. The AVI Publishing Co., Connecticut. 470 p.

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