

การคัดแปรลักษณะของนมถั่วเหลืองเพื่อใช้ทดแทนกะทิ

CHARACTERISTIC MODIFICATION OF SOY MILK FOR COCONUT
MILK REPLACEMENT



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตรกรรมอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-053-41

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การดัดแปรลักษณะของนมถั่วเหลืองเพื่อใช้ทดแทนกะทิ

CHARACTERISTIC MODIFICATION OF SOY MILK FOR COCONUT

MILK REPLACEMENT



T105040



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....105040
วัน,เดือน,ปี.....12 พ.ย. 2552

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-053-41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**CHARACTERISTIC MODIFICATION OF SOY MILK FOR COCONUT
MILK REPLACEMENT**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE FACULTY
OF GRADUATE STUDIES KING KONGUT'S INSTITUTE OF
TECHNOLOGY LADKRABANG**

2009

KMITL-2009-AI-M-053-41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPY RIGHT 2009

FACULTY AGRO INDUSTRY

KING KONGUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การดัดแปรลักษณะของนมถั่วเหลืองเพื่อใช้ทดแทนกะทิ
CHARACTERISTIC MODIFICATION OF SOY MILK FOR COCONUT
MILK REPLACEMENT

ชื่อนักศึกษา นางสาวน้ำทิพย์ คำทิพย์
รหัสประจำตัว 50068501
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ยุพร พิชกมูท
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.ยุพร พิชกมูท รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรคม รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์ ผศ.ดร.น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 12 พฤษภาคม 2552 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้องสัมมนา A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว



คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 25 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 52

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การดัดแปรลักษณะของนมถั่วเหลืองเพื่อใช้ทดแทนกะทิ
นักศึกษา	นางสาว นันทิพย์ ตาทิพย์
รหัสประจำตัว	50068501
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.บุพร พิษกมฺพร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาลักษณะของนมถั่วเหลืองให้สามารถใช้ทดแทนกะทิ ในการประกอบอาหารทั้งคาวและหวาน นมถั่วเหลืองเตรียมจากการบดถั่วเหลืองค่อน้ำ ที่อัตราส่วน 1 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก ผลของการระเหยน้ำของนมถั่วเหลืองที่สภาวะความดัน 72 มิลลิปรอทลด อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาการระเหยต่างๆ พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาในการระเหยเพิ่มขึ้น แต่สีของนมถั่วเหลืองคล้ำขึ้น สภาวะในการระเหยน้ำที่เหมาะสมที่สุด คือ 20 นาที การเพิ่มความหนืดให้กับนมถั่วเหลืองทำได้โดยการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ คือ คาร์ราจีแนน หรือของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 พบว่านมถั่วเหลืองมีความหนืดเพิ่มขึ้นตามระดับไฮโดรคอลลอยด์ที่เพิ่มมากขึ้น นมถั่วเหลืองที่เติมของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัม เกิดการแยกชั้น ในขณะที่นมถั่วเหลืองที่เติมคาร์ราจีแนนไม่เกิดการการแยกชั้นในระหว่างการเก็บรักษา และพบว่าการใช้คาร์ราจีแนน 0.02 เปอร์เซ็นต์ ทำให้นมถั่วเหลืองมีค่าความหนืดใกล้เคียงกับกะทิ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ทำจากนมถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง ในขณะที่กล้วยบวชชีที่ทำจากการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิ 80 เปอร์เซ็นต์เป็นที่ยอมรับของผู้ชิม ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารพบว่า นมถั่วเหลืองดัดแปรประกอบด้วยโปรตีนมากกว่ากะทิผงละลายน้ำ 5 เท่า แต่มีปริมาณไขมันน้อยกว่า 5 เท่า และพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกาย (ลิโนเลอิก) 45.1 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรดไขมันในกะทิประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว 92.4 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้นมถั่วเหลืองดัดแปรยังประกอบด้วยแคลเซียม 27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมและไอโซฟลาโวน 19.14 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

คำสำคัญ : นมถั่วเหลือง, กะทิ, ความหนืด, ไฮโดรคอลลอยด์

Thesis Title	Characteristic Modification of Soy Milk for Coconut Milk Replacement
Student	Miss Namthip Tathip
Student ID.	50068501
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2009
Thesis advisor	Dr. Yuporn Puechkamut.

ABSTRACT

The objective of this study was to develop characteristic of soy milk for coconut milk replacement in Thai food and dessert. Soy milk was prepared from the soybean and water ratio of 1 : 4. The effect of evaporation time on the characteristic of soy milk was studied. The result showed that total soluble solid was increased when the evaporation time was increased. However the color of soy milk became darker as increasing in evaporation time. The optimum evaporation time in this study was 20 min. The viscosity of the soy milk was further modified by addition of caragenan or the mixture of xanthan gum and guar gum (3 : 1) at various concentrations. The result showed that the soy milk contained the mixture of xanthan and guar gum was separated into layers during storage while the soy milk contained carageenan was homogenous. The viscosity of the soy milk using 0.02 percent carageenan was similar to that of coconut milk. The sensory result showed that chicken curry (Khang Khew Wan Kai) that prepared from the modified soy milk had the preferable score of like to moderately like. Also banana dessert (Kloy Buad Chee) that prepared by replaced coconut milk with the soy milk at 80 percent was highly accepted from the panelist. The nutrients of modified soy milk were evaluated compared to those of coconut milk. The soy milk contained 5 times of protein than that of coconut milk. While the fat content of soy milk was 5 times less than that of coconut milk. Moreover, the fatty acid of coconut milk was 92.4 percent of saturated fatty acid The soy milk contained essential unsaturated fatty acid (linoleic acid) around 45.1 percent of total fatty acid. The soy milk also contained calcium and isoflavone 27 and 19.14 milligram per 100 gram.

Key word : soy milk, coconut milk, viscosity, hydrocolloid

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานวิทยานิพนธ์ในเรื่อง การคัดแปรคุณลักษณะของนมถั่วเหลืองเพื่อใช้ทดแทนกะทิ สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร. ยุพร พิษกมุทร ที่ให้ความกรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมทั้งเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่ง เพื่อให้คำปรึกษา และชี้แนวทางแก้ไขงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รศ. เขียวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์ และ รศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิริโรคม ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมแก่ข้าพเจ้า ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณกรรมการภายนอก รศ. ดร. นำทิพย์ วงษ์ประทีป จากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำ ชี้แนะ แก้ไขทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์มากขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์จิราภรณ์ ศิริสันต์ ที่ให้คำแนะนำ เพื่อแก้ไขปัญหาและสนับสนุนวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ให้สำเร็จลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ทูสนับสนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแต่ครูบาอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับแต่เพียงผู้เดียว

นำทิพย์ ตาทิพย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กะทิ	3
2.2 กรดไขมัน	6
2.3 ถั่วเหลือง	9
2.4 นมถั่วเหลือง	12
2.5 การทำให้เข้มข้นด้วยการระเหย	15
2.6 สารไฮโดรคอลลอยด์	16
2.6.1 แซนแทน กัม (xanthangum)	17
2.6.2 กัวร์ กัม (guar gum)	17
2.6.3 คาร์ราจีแนน (caragenan)	18
2.6.4 โลคัสบีนกัม (locust bean gum)	19
2.7 กะทิคัดแปร	19
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	
3.1 วัตถุประสงค์	21
3.2 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต	21
3.3 อุปกรณ์ในการเตรียมนมถั่วเหลือง	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 อุปกรณ์ในการทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยน้ำ	21
3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	21
3.6 อุปกรณ์การทดสอบทางประสาทสัมผัส	22
3.7 สถานที่ดำเนินงาน	22
3.8 วิธีดำเนินการ	
3.8.1 การเตรียมนมถั่วเหลือง	22
3.8.2 ศึกษาผลของการระเหยน้ำต่อคุณภาพของนมถั่วเหลือง	23
3.8.3 ศึกษาชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มความหนืดของนมถั่วเหลือง	24
3.8.4 ศึกษานมถั่วเหลืองดัดแปรทดแทนกะทิในอาหารคาว และอาหารหวาน	24
3.8.5 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำนมถั่วเหลืองดัดแปร	25
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 ผลของการระเหยน้ำต่อคุณลักษณะของนมถั่วเหลือง	26
4.2 ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณลักษณะของนมถั่วเหลือง	28
4.3 ผลการศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองแทนกะทิในอาหารคาว และอาหารหวาน	34
4.3.1 ผลการศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองแทนกะทิในอาหารคาว	34
4.3.2 ผลการศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองแทนกะทิในอาหารหวาน	35
4.4 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ	36
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	39
เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก	44
ภาคผนวก ก การตรวจวิเคราะห์คุณภาพนมถั่วเหลือง	45
ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	52
ประวัติผู้เขียน	55

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของกะทิที่ไม่มีการเจือจางด้วยน้ำ	4
2.2 คาร์โบไฮเดรตที่พบในเนื้อมะพร้าว	5
2.3 กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของอัลบูมินและกลอบูลินที่สกัดได้จากเนื้อ มะพร้าวปราศจากไขมัน (กรัมต่อ 100 กรัมของโปรตีน)	6
2.4 กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันมะพร้าว	8
2.5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง	9
2.6 เปรียบเทียบอัตราส่วนของถั่วกับน้ำที่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมด และโปรตีน	15
3.1 สูตรการผลิตแกงเขียวหวาน	25
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของนมถั่วเหลืองหลังการระเหยน้ำที่เวลา แตกต่างกัน	27
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของนมถั่วเหลืองหลังการระเหยน้ำที่เวลา แตกต่างกัน	27
4.3 ผลของคาร์ราจีแนนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง ที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ	29
4.4 ผลของของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมในอัตราส่วน 3 : 1 ที่ระดับความ เข้มข้นต่างๆ ต่อความหนืดของนมถั่วเหลือง ที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ	31
4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์แกงเขียวหวานทำจาก นมถั่วเหลืองที่มีขั้นตอนการปรุงแตกต่างกัน	35
4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยบวชชีที่ใช้นมถั่วเหลืองทดแทน กะทิในระดับต่างๆ	35
4.7 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร	37
4.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไอโซฟลาโวนในนมถั่วเหลืองดัดแปร	37
4.9 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณกรดไขมันในกะทิผงละลายน้ำและนมถั่วเหลือง ดัดแปร	38

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 แผนภาพขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง	21
4.1 ลักษณะปรากฏของนมถั่วเหลืองที่เติมคาร์ราจีเนนที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน เมื่อ A คือ 0 เปอร์เซ็นต์ B คือ 0.01 เปอร์เซ็นต์ C คือ 0.02 เปอร์เซ็นต์ และ D คือ 0.03 เปอร์เซ็นต์	29
4.2 ผลของการใช้คาร์ราจีเนนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อค่าสีของนมถั่วเหลือง ที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ เมื่อ A คือ ค่าความสว่าง (L) B คือ ค่าสีแดง (a) และ C คือ ค่าสีเหลือง (b)	30
4.3 ลักษณะปรากฏของนมถั่วเหลืองที่เติมของผสมระหว่างแซนแทนกัมและ กัวร์กัม ที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน เมื่อ A คือ 0 เปอร์เซ็นต์ B คือ 0.05 เปอร์เซ็นต์ C คือ 0.075 เปอร์เซ็นต์ และ D คือ 0.10 เปอร์เซ็นต์	32
4.4 ผลของการใช้ของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมที่ระดับความเข้มข้น ต่างๆ ต่อค่าสีของนมถั่วเหลืองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ เมื่อ A คือ ค่าความสว่าง (L) B คือ ค่าสีแดง (a) และ C คือ ค่าสีน้ำเงิน	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กะทิเป็นส่วนผสมที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารและเป็นเอกลักษณ์ของอาหารไทยหลายอย่างทั้งอาหารคาวและหวาน เช่น แกงเจียวหวาน ห่อหมก แกงเผ็ด กล้วยบัวคชี ลอดช่อง ตะโก้ เป็นต้น นอกจากนี้ประเทศไทยแล้วยังมีประเทศอื่นๆ ในกลุ่มภูมิภาคเอเชียที่นิยมนำกะทิใช้ในการประกอบอาหาร แต่ได้มีการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านพบว่า กะทิซึ่งได้มาจากการบีบคั้นน้ำจากเนื้อมะพร้าว นั้น มีส่วนประกอบของน้ำมันมะพร้าวที่มีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูง กรดไขมันอิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย หากผู้บริโภคมีพฤติกรรมการบริโภคที่ไม่เหมาะสม บริโภคอาหารฟุ่มเฟือยมากเกินไปเกินความต้องการของร่างกาย ก่อให้เกิดภาวะโรคต่างๆ เช่น โรคอ้วน ระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง โรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น (ธนวรรณ บุญปิ่น และคณะ, 2542) ดังนั้นการพัฒนาคัดแปรรูปกะทิเพื่อโภชนาการที่ดีจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ ในท้องตลาดกะทิคัดแปรรูปได้จากการใช้น้ำมันพืชที่มีประโยชน์ทดแทนน้ำมันมะพร้าวในกะทิในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นกับผู้ประกอบการผสมกับสารเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เช่น โปรตีน อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำมันในกะทิคัดแปรรูปตามท้องตลาดยังคงมีปริมาณสูงมาก (สุนทรชิ่ง ศรีงาม, 2542)

นมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้เป็นเครื่องดื่มที่รู้จักและบริโภคกันอย่างแพร่หลายพบได้ตามท้องตลาดทั่วไปและสามารถทำเพื่อบริโภคในครัวเรือนได้ไม่ยาก องค์ประกอบในนมถั่วเหลืองที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ โปรตีน มีปริมาณสูงถึง 3.6 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 2.9 เปอร์เซ็นต์ ไขมันซึ่งจัดเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกาย 2.0 เปอร์เซ็นต์และไม่มีคอเลสเตอรอล นอกจากนี้ ในนมถั่วเหลืองยังพบสารกลุ่มไฟโตเคมีคอล (Phytochemical) ที่มีประโยชน์ ได้แก่ ไอโซฟลาโวน มีสมบัติในการป้องกันมะเร็ง โรคหัวใจ โรคกระดูกพรุนและอาการผิดปกติของร่างกายที่เกิดในหญิงวัยหมดประจำเดือน ในเมล็ดถั่วเหลืองพบว่ามีปริมาณไอโซฟลาโวน 2 - 4 มิลลิกรัมต่อถั่ว 1 กรัม ในเต้าหู้ 1 / 2 ถ้วยหรือนมถั่วเหลือง 1 ถ้วย พบว่ามีปริมาณไอโซฟลาโวน 30 มิลลิกรัม (Lui, 1997) ด้วยคุณประโยชน์ที่มีมากในนมถั่วเหลือง จึงมีผู้บริโภคหันมาสนใจบริโภคมากขึ้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำนมถั่วเหลืองไปใช้ทดแทนกะทิในการประกอบอาหาร แต่ยังคงพบว่ามีปัญหาในการประกอบอาหารด้วยลักษณะของนมถั่วเหลืองมีความแตกต่างจากกะทิหลายประการ ทั้งกลิ่นถั่วในนมถั่วเหลือง ความหนืดนมถั่วเหลืองมีค่าต่ำกว่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาพัฒนา ลักษณะของนมถั่วเหลืองให้สามารถใช้ทดแทนกะทิในการประกอบอาหารและสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อพัฒนาไปสู่การผลิตและจำหน่ายเชิงพาณิชย์ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาผลของการระเหยน้ำต่อคุณภาพของนมถั่วเหลือง
2. ศึกษาชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มความหนืดของนมถั่วเหลือง
3. ศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองคัดแปรทดแทนกะทิในอาหารคาวและอาหารหวาน
4. ศึกษาคุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองคัดแปร

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์ทดแทนกะทิในเชิงการค้า
2. พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพแก่ผู้บริโภค
3. เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภค



บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 กะทิ

กะทิเป็นของเหลวที่ได้จากการล้างสกัดไขมัน โปรตีนและน้ำ จากเนื้อมะพร้าวชูด โดยกะทิอยู่ในรูปอิมัลชัน ชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion ; O/W) ซึ่งเป็นลักษณะของหยดน้ำมันกระจายอยู่ในสารละลายน้ำและล้อมรอบหรือห่อหุ้มด้วยโปรตีน (Seow and Gwee, 1997) คุณลักษณะทางอิมัลชันของกะทิพบว่าไม่มีความเสถียรต่อระยะเวลาและความร้อน โดยเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำและน้ำมัน เช่น เกิดคริมมะพร้าว เกิดการรวมตัวของไขมัน ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (McClement, 2005)

มะพร้าวจัดอยู่ในพืชตระกูลปาล์ม มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. ประเทศไทยมีดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกมะพร้าวเป็นอย่างยิ่ง จึงสามารถปลูกมะพร้าวได้ทั่วทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะภาคใต้ มะพร้าวเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์นานัปการ ใช้บริโภคเป็นอาหารโดยตรงในรูปผลอ่อนและคั้นกะทิจากผลแก่เพื่อนำไปประกอบอาหารคาวหวานได้มากมาย ในด้านอุตสาหกรรมนั้นมีการใช้มะพร้าวแห้งเพื่อนำมาสกัดน้ำมันมะพร้าว ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่นๆเพื่อการอุปโภคและบริโภค อาทิ การผลิตเนยเทียม สบู่ เครื่องสำอาง น้ำมันหล่อลื่น ลูกกวาดและขนม เป็นต้น ประเทศไทยมีการใช้มะพร้าวในรูปของกะทิเพื่อประกอบอาหารอย่างกว้างขวางทุกครัวเรือน เนื่องจากกะทิเป็นส่วนประกอบสำคัญในการปรุงอาหารคาวหวาน (Onsaard และคณะ, 2006) ผลมะพร้าวประกอบด้วย เปลือกมะพร้าว 38.5 เปอร์เซ็นต์ เนื้อมะพร้าว 51.7 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมะพร้าว 9.8 เปอร์เซ็นต์ และในเนื้อของมะพร้าวประกอบด้วย ไขมัน 35.2 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 3.8 เปอร์เซ็นต์ และความชื้น 40 เปอร์เซ็นต์ (Kwon และคณะ, 1996)

2.1.1 การคั้นกะทิ

การคั้นกะทิในขั้นแรกเป็นการใช้แรงงานคน เช่น การปอกเปลือกและกะลา ปอกส่วนที่เป็นสีน้ำตาลออกเพราะจะทำให้กะทิมีสีน้ำตาลและมีรสขม เนื้อมะพร้าวที่ได้นำมาล้างน้ำแล้วชูดด้วยเครื่องจักร Arumughan และคณะ (1993) กล่าวว่า การล้างเนื้อมะพร้าวด้วยน้ำที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้น 100 ส่วนในล้านส่วน ตามด้วยการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปส (lipase) ได้

การคั้นกะทิในระดับครัวเรือนจะบีบเนื้อมะพร้าวที่ห่อด้วยผ้าขาวบางด้วยมือ เพื่อแยกเอา ส่วนกะทิออกมา ปกติทำการคั้น 2-3 ครั้ง โดยการเติมน้ำที่อุณหภูมิห้องลงไป ทำให้กะทิที่ได้ในแต่ละครั้งเจือจางลงเพื่อต้องการให้ได้กะทิปริมาณมากที่สุด กะทิที่ได้ถูกนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน (Seow and Gwee, 1997)

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมี

กะทิมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีความผันแปรอย่างมาก เนื่องจากแหล่งที่มา พันธุ์ สภาพทางภูมิศาสตร์ การเพาะปลูก อายุ ของมะพร้าว รวมถึงวิธีการคั้นและระดับความเจือจางในการเตรียมกะทิจากมะพร้าว Anon (1984) ได้รายงานองค์ประกอบทางเคมีของกะทิที่ได้จากการบีบคั้นเนื้อมะพร้าวและไม่มีการเจือจางด้วยน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของกะทิที่ไม่มีการเจือจางด้วยน้ำ

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	53.9
ไขมัน	34.7
โปรตีน (N × 6.25)	3.6
เถ้า	1.2
คาร์โบไฮเดรต	6.6

ที่มา : Anon. (1984)

คาร์โบไฮเดรตที่พบมากในเนื้อมะพร้าว คือ น้ำตาลซูโครสและสตาร์ช ดังตารางที่ 2.2 แร่ธาตุหลักที่พบในกะทิ คือ ฟอสฟอรัส แคลเซียมและ โปแตสเซียม กะทิที่คั้น ได้ใหม่ ๆ มีวิตามินบีและวิตามินซีอยู่ในปริมาณเล็กน้อย (Seow and Gwee, 1997)

ตารางที่ 2.2 คาร์โบไฮเดรตที่พบในเนื้อมะพร้าว

คาร์โบไฮเดรต	ปริมาณ (กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)
Total available carbohydrate	11.70
Total soluble sugars	8.32
Reducing sugars	0.82
Ribose	เล็กน้อย
Rhamnose	เล็กน้อย
Fructose	0.20
Glucose	0.32
Galactose	0.28
Sucrose	7.50
Starch and dextrins	3.36

หมายเหตุ : เล็กน้อย = 10 – 30 มิลลิกรัม / 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

ที่มา : Jeyalekshmy และคณะ (1991)

โปรตีนที่พบมากในกะทิ หากจำแนกตามสมบัติการละลาย คือ อัลบูมิน (albumin) และ กลอบูลิน (globulin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีปริมาณมากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ในเอนโดสเปิร์มของมะพร้าว ปริมาณของโปรตีนในน้ำที่ได้จากการบีบคั้นเนื้อมะพร้าวอยู่ในช่วง 3.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ดังตารางที่ 2.1 โดยประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนละลายอยู่ในเฟสที่เป็นน้ำ ส่วนโปรตีนที่ไม่ละลายจะแสดงสมบัติเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ซึ่งอยู่ล้อมรอบอนุภาคไขมัน จากการทำ Differential Scanning Calorimetry (DSC) โดย Kwon และคณะ (1996) พบว่า โปรตีนในกะทิมี อุณหภูมิในการเสียสภาพ (denature temperature) 2 อุณหภูมิ คือ 92 องศาเซลเซียสเป็นการเสียสภาพของอัลบูมินและกลอบูลินบางส่วน และที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นการเสียสภาพของกลอบูลิน ตารางที่ 2.3 แสดงถึงกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของอัลบูมินและกลอบูลินในโปรตีนของเนื้อมะพร้าวปราศจากไขมัน (defatted coconut meal) โดยทั่วไปโปรตีนเหล่านี้พบ กลูตามิก อาร์จินิกและแอสพาร์ติก ในปริมาณสูง แต่มีเมทาไทโอนีนในปริมาณต่ำมาก ซึ่งถือเป็น limiting amino acid

ตารางที่ 2.3 กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของอัลบูมินและกลอบูลินที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าว
ปราศจากไขมัน (กรัมต่อ 100 กรัมของโปรตีน)

กรดอะมิโน	อัลบูมิน	กลอบูลิน
Isoleucine	2.8	4.1
Leucine	3.9	6.5
Lysine	5.1	3.5
Methionine	1.2	2.9
Phenylalanine	2.7	5.9
Threonine	3.3	3.3
Valine	3.5	7.5
Histidine	1.8	1.9
Tyrosine	3.0	3.7
Aspartic acid	5.6	8.9
Proline	2.7	3.4
Serine	3.1	5.0
Glutamic acid	24.9	17.5
Glycine	4.0	4.9
Alanine	2.9	4.1
Arginine	17.9	15.0

ที่มา : Kwon และคณะ (1996)

2.2 กรดไขมัน (Fatty Acids)

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์สายตรงที่มีหมู่คาร์บอกซิล 1 หมู่ สำหรับไขมันและน้ำมันแต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบใน โมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่ประกอบกันเป็นไขมันและน้ำมัน กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลของไขมัน มักเป็นกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งตรงกันข้ามกับน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลเป็นส่วนใหญ่

2.2.1 กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (Saturated fatty acid)

กรดไขมันชนิดอิ่มตัวมีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n}O_2$ เป็นกรดไขมันที่พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมใน โมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด จึงไม่สามารถรับไฮโดรเจนอะตอมได้อีก กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยที่สุดคือ กรดบิวทิริก (คาร์บอน 4 อะตอม) เป็นกรดไขมันที่ละลายได้

ดีในน้ำและระเหยได้ง่าย กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 6-10 อะตอม ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อยและยังระเหยได้ ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 12 อะตอมขึ้นไปไม่ละลายน้ำ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลต่ำกว่า 10 อะตอม จะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง และประไพศรี สิริจักรวาล (2549) กล่าวไว้ว่า การรับประทานอาหารที่ปรุงด้วยน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง จะทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูง กรดไขมันชนิดนี้มีมากในไขมันจากสัตว์ต่างๆ เช่น หมู เนื้อวัว ไข่ เป็นต้น และไขมันจากพืชบางชนิด เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันในเมล็ดปาล์ม (Palm kernel oil)

2.2.2 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid)

กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล บางตำแหน่ง การที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลทำให้สามารถเติมไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้อีก กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว มีคุณสมบัติเป็นของเหลวที่อุณหภูมิก่อกติและช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด พบได้ในไขมันที่มาจากพืชและเมล็ดพืชต่างๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันมะกอก เป็นต้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวแบ่งออกได้เป็น (ประไพศรี สิริจักรวาล, 2549)

1) กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดพันธะคู่พันธะเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) คือมีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง เช่น กรดโอเลอิก (oleic acid) มีรายงานการศึกษาในคนปกติที่มีสุขภาพดี พบว่าการรับประทานน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดนี้ในปริมาณที่พอเหมาะ จะช่วยป้องกันโรคหัวใจช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด น้ำมันที่กรดไขมันชนิดนี้สูง ได้แก่ น้ำมันมะกอก (60 – 80 เปอร์เซ็นต์) น้ำมันข้าวโพด (26 เปอร์เซ็นต์) น้ำมันถั่วเหลือง (23 เปอร์เซ็นต์) และน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (22 เปอร์เซ็นต์) เป็นต้น

2) กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดพันธะคู่หลายพันธะ (polyunsaturated fatty acid) เช่น กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และกรดลิโนเลนิก (linolenic acid) ซึ่งมีสมบัติดีคือ หากรับประทานกรดไขมันชนิดนี้ในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ แต่ถ้าร่างกายได้รับมากเกินไปจะมีผลทำให้ระดับไขมันตัวดี (HDL cholesterol) ในเลือดลดลงด้วย นอกจากนี้ น้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดนี้สูงจะมีข้อเสียคือจะหืนง่าย กรดไขมันประเภทนี้พบได้ในน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (66 เปอร์เซ็นต์) น้ำมันถั่วเหลือง (63 เปอร์เซ็นต์) น้ำมันข้าวโพด (61 เปอร์เซ็นต์)

ปริมาณไขมันที่แนะนำให้บริโภคควรเป็นสัดส่วนไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมด สำหรับข้อปฏิบัติการกินอาหารเพื่อสุขภาพที่ดีของคนไทยแนะนำให้อยู่ในช่วง 20 – 25 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเราได้ไขมันที่แทรกในอาหารธรรมชาติ เช่น เนื้อสัตว์ ไข่ ถั่วเมล็ดแห้ง ดังนั้น จึงควรมีการจำกัดปริมาณน้ำมันในการปรุงอาหารผัดทอด สำหรับผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 1,600

กิโลแคลอรี ควรได้น้ำมันไม่เกิน 25 กรัม (5 ช้อนชา) ต่อวัน ผู้ที่ต้องการพลังงาน 2,000 และ 2,400 กิโลแคลอรี ควรได้ไม่เกิน 35 กรัม (7 ช้อนชา) และ 45 กรัม (9 ช้อนชา) ตามลำดับ

กะทิเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ 26-27 องศาเซลเซียส กะทิมีปริมาณลิปิดและแคลอรีสูง มีไตรกลีเซอไรด์เป็นองค์ประกอบ 84 - 93.1 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็น 1 , 2 – ไดกลีเซอไรด์ (1.5-5.1 เปอร์เซ็นต์) 1 , 3 – ไดกลีเซอไรด์ (1.2 - 21 เปอร์เซ็นต์) โมโนกลีเซอไรด์ (1 - 7 เปอร์เซ็นต์) กรดอะมิโนอิสระ (1 - 1.26 เปอร์เซ็นต์) ฟอสฟอลิปิด (0.03 - 0.4 เปอร์เซ็นต์) ไกลโคลิปิด (0.2 - 0.35 เปอร์เซ็นต์) และ สเตอรอล (0.1เปอร์เซ็นต์)โดยกรดไขมันที่วิเคราะห์พบในน้ำมันมะพร้าว ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันมะพร้าว

กรดไขมัน	(เปอร์เซ็นต์)
Caproic acid	0.37
Caprylic acid	8.21
Capric acid	5.59
Luaric acid	47.01
Myristic acid	19.42
Palmitic acid	7.50
Stearic acid	4.29
Oleic acid	4.30
Linoleic acid	1.81
Arachidic acid	1.03

ที่มา : Balachandran และคณะ(1985)

จากตารางที่ 2.4 พบว่าน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะกรดโอเลอิกและกรดลิโนเลอิก มีประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันสำหรับกรดไขมันอิ่มตัว มีกรดลอริกมากที่สุดประมาณ 47 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรดไมริสติก 19 เปอร์เซ็นต์ กรดปาล์มมิติก 7.50 เปอร์เซ็นต์ จึงเรียกได้ว่าเป็น น้ำมันลอริก (lauric oil) นอกจากนี้พบกรดไขมันอิ่มตัวที่มี $C_6 - C_{10}$ ซึ่งไม่พบในน้ำมันพืชอื่น เนื่องจากกรดไขมันอิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมีปริมาณมากในน้ำมันมะพร้าว ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีจุดหลอมเหลว 24 - 27 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในการแข็งตัวประมาณ 5 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า ความแก่ - อ่อน ในระหว่างการเก็บเกี่ยวมะพร้าวมีผลต่อกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมัน โดยน้ำมันที่ได้จาก

มะพร้าวที่อ่อนกว่ามี $C_6 - C_{10}$ คือกรดลอริกต่ำ มีกรดปาล์มมิติก กรดโอเลอิกและกรดลิโนเลอิกที่สูงกว่า (Salunkhe และคณะ, 1992)

2.3 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชอยู่ในตระกูล leguminosae มีชื่อวิทยาศาสตร์หลายชื่อ เช่น *Glycine soja*, *Soja hispida*, *Phaseolus max* เป็นต้น แต่ชื่อที่ยอมรับกันในปัจจุบันคือ *Glycine max* (L.) Merrill ส่วนชื่อสามัญเรียกต่างกันไปเช่น Soja bean, Chinese pea และ Soybean ซึ่งชื่อ Soybean เป็นที่ยอมรับกันมากที่สุด (อภิพรธ พุกภักดี, 2546)

2.3.1 องค์ประกอบสำคัญของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันที่สำคัญของมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เส้นใยและเถ้า (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
โปรตีน	34.81
คาร์โบไฮเดรต	35.6
ไขมัน	19.73
ความชื้น	7.50
เส้นใย	5.29
เถ้า	4.57

ที่มา : Rehman และคณะ (2007)

1) โปรตีน ในถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นและพบมากในถั่วเหลือง คือไลซีน ใช้ประโยชน์ในการเสริมโปรตีนในธัญชาติที่มีไลซีนต่ำ เช่น ข้าวโพด ส่วนกรดอะมิโนจำเป็นที่ขาดแคลนในโปรตีนถั่วเหลืองได้แก่ เมทไธโอนีน ถั่วเหลืองเมล็ดแห้งมีโปรตีนอยู่ประมาณ 34 – 40 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นประเภทกลอบูลิน ซึ่งมีสมบัติ คือ ไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายได้ในกรณีที่ดินเค็มเกลือของโซเดียม หรือแคลเซียมคลอไรด์ลงไป

2) ไขมัน โดยเฉลี่ยถั่วเหลืองมีไขมันอยู่ในประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันที่พบในถั่วเหลืองจะประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวและมักมีอัตราส่วนที่ค่อนข้างคงที่ คือ ประมาณ 15 ต่อ 85 (กรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไม่อิ่มตัว) ในกรดไขมันไม่อิ่มตัวนี้พบว่ามีไขมันชนิดที่ดีและมีประโยชน์ต่อการบริโภค (essential fatty acids) ในปริมาณสูง 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะเป็นพวก กรดลิโนเลอิก และ กรดลิโนเลนิก เป็นต้น

ในไขมันถั่วเหลืองยังประกอบด้วยไขมันอีกชนิดหนึ่งคือสารที่เรียกว่าฟอสโฟลิปิด (phospholipids) ซึ่งเป็นไขมัน มีสมบัติในด้านอิมัลซิไฟเออร์ที่ดี

3) คาร์โบไฮเดรต มีปริมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ ในถั่วเมล็ดแห้งแบ่งเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ 10เปอร์เซ็นต์ ของทั้งหมดได้แก่ น้ำตาลต่างๆ เช่น ซูโครส ราฟิโนส สตาชิโอส ส่วนที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส

4) แร่ธาตุและวิตามิน ในถั่วเหลืองมีวิตามินที่ละลายน้ำ ได้แก่ ไทอะมินไพรีดอกซิน และกรดโฟลิก จัดว่าเป็นแหล่งของวิตามินบีรวมค่อนข้างสูงกว่าวิตามินอื่นๆ แต่ปริมาณวิตามินเหล่านี้จะลดลง ถ้าได้รับความร้อนสูง และมีวิตามินอีซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแอนตีออกซิแดนท์

5) สารไฟโตเคมีคอล (Phytochemical) เป็นสารที่สังเคราะห์จากพืช ซึ่งพบได้ในถั่วเหลือง มีประโยชน์ต่อสุขภาพและเป็นที่น่าสนใจอยู่ปัจจุบัน ได้แก่ (ประไพศรี สิริจักรวาล และประพาศรี ภูวเสถียร, 2547)

ก. ไอโซฟลาโวน หรือบางที่เรียกว่า เอสโตรเจนของพืช (ไฟโตเอสโตรเจน) เป็นสารประกอบฟีนอลิก ที่ช่วยทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากการเผาผลาญอาหารที่บริโภคเข้าไป อันเกิดจากปฏิกิริยาเคมีในร่างกายตามธรรมชาติ หากอนุมูลเหล่านี้ไม่ถูกกำจัดจะมีผลไปทำลาย เปลี่ยนแปลงหรือก่อผลเสียอื่นๆแก่เซลล์ต่างๆในร่างกาย ผู้บริโภคถั่วเหลืองเป็นประจำจึงสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งได้ อีกนัยหนึ่งไอโซฟลาโวน มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศหญิงแต่มีฤทธิ์อ่อนกว่า ไอโซฟลาโวนเหล่านี้มีผลต่อการลดอุบัติการณ์ของมะเร็งเต้านม โรคหัวใจ โรคหลอดเลือด โรคกระดูกพรุนและลดอาการของหญิงวัยหมดประจำเดือน กล่าวว่าการทำงานของไฟโตเอสโตรเจน สามารถปรับไปตามระดับเอสโตรเจนในร่างกาย หากอยู่ในช่วงประจำเดือนมาปกติ ซึ่งร่างกายยังผลิตเอสโตรเจนได้มาก ไฟโตเอสโตรเจนจะทำหน้าที่ด้านเอสโตรเจนในร่างกาย โดยไปจับที่เซลล์แล้วกันไม่ให้เอสโตรเจนชนิดแรง คือ เอสทราดีออล (estradiol) และเอสโตรน (estron) เข้ามาจับแล้วขับมันออกไปทางปัสสาวะ เท่ากับลดระดับเอสโตรเจนแรงในกระแสโลหิตลง แต่ถ้าเป็นช่วงวัยหมดประจำเดือน ซึ่งร่างกายผลิตเอสโตรเจนเองน้อย ไฟโตเอสโตรเจนจะจับเข้าที่เซลล์แล้วทำหน้าที่แทนเอสโตรเจนในร่างกายช่วยบรรเทาอาการหมดประจำเดือน (นิตดา หงส์วิวัฒน์, 2548)

ไอโซฟลาโวนที่พบในเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณ 2 - 4 มิลลิกรัมต่อเมล็ดถั่วเหลือง 1 กรัม ไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองประกอบด้วยสาร 2 ชนิด เจนิสทิน (genistein) และไดเซน (daidzein) มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนอ่อนๆ ช่วยป้องกันการเสื่อมสลายของกระดูก พบว่าหญิงที่บริโภคอาหารจากถั่วเหลืองเป็นประจำมีภาวะโรคกระดูกบางต่ำ และพบว่ากลุ่มคนเอเชียที่มีการบริโภคอาหารจากถั่วเหลืองมาก มีระดับไฟโตเอสโตรเจนในเลือดสูงกว่าคนตะวันตกถึง 100 เท่า เอสโตรเจนเป็นฮอร์โมนที่สร้างขึ้นในร่างกายเพศหญิงและจะลดลงพร้อมกับการหยุดทำงานของรังไข่ในช่วงหมดประจำเดือน มีผลเกิดอาการเหงื่อออกตอนกลางคืน ร้อนวูบวาบและ

หุงคหิดได้ในหญิงวัยหมดประจำเดือนหรือวัยทอง นอกจากนี้ยังพบการลดความเสี่ยงของมะเร็งเต้านม ซึ่งผู้หญิงชาวเอเชียโดยรวมจะเกิดโรคมะเร็งเต้านมน้อยกว่าผู้หญิงชาวตะวันตกถึง 5 เท่า เนื่องจากมีระดับเจนิสทินในเลือดสูงจึงมีแนวโน้มลดความเสี่ยงของมะเร็งเต้านม โดยเจนิสทินมีผลยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์ (Liu, 1997) ดังนั้นจึงสนับสนุนแนวคิดที่ว่าเจนิสทินทำหน้าที่แทนเอสโตรเจนในการป้องกันโรคและอาการที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนในหญิงวัยทองที่บริโภคอาหารถั่วเหลืองเป็นประจำได้

ข. ไฟเตท (phytate) ส่วนใหญ่อยู่ในรูปกรดไฟติก (phytic acid) หรือจับกับโปรตีน ไฟเตทถูกสร้างและสะสมในถั่วขณะมีการเจริญเป็นถั่วเมล็ดแก่ เพื่อใช้เป็นแหล่งของฟอสฟอรัสในการสร้างพลังงานระหว่างเมล็ดงอก กรดไฟติก สามารถจับแร่ธาตุได้หลายชนิด เช่น แคลเซียม เหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม ดังนั้นจึงจัดเป็นสารขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุเหล่านี้ และถ้ากรดไฟติกจับอยู่กับ โปรตีนจะทำให้การย่อยและการดูดซึมโปรตีนน้อยลง การกำจัดทำได้โดยการทำให้เมล็ดถั่วเหลืองงอก อย่างไรก็ตามมีการรายงานคุณสมบัติประโยชน์ของกรดไฟติก มีคุณสมบัติในการต้านมะเร็ง กระบวนการป้องกันการเกิดมะเร็งยังไม่ทราบแน่นอน แต่มีการตั้งสมมติฐานว่ากรดไฟติกจะยับยั้งการกระจายของเซลล์มะเร็ง โดยอาจจับเพอร์ริคไอออน กรดไฟติกทำหน้าที่ด้านปฏิกริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังจับกับธาตุแมกนีเซียมและสังกะสี ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นในการแบ่งตัวและกระจายตัวของเซลล์ ดังนั้นจึงทำให้การเจริญเติบโตของเซลล์เนื้องอกหรือเซลล์มะเร็งลดลง ซึ่งอาจมีอีกหลายปัจจัยที่เกี่ยวกับกรดไฟติก ซึ่งมีผลต่อการมีคุณสมบัติเป็นสารต้านมะเร็ง ซึ่งต้องมีการศึกษาค้นคว้าต่อไป (Graf and Eaton, 1993)

ค. สารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (trypsin Inhibitor) เป็น โปรตีนชนิดหนึ่งในถั่วเหลือง ทำหน้าที่ป้องกันเมล็ดจากการทำลายของแมลง ในการศึกษาจากสัตว์พบว่า ทริปซิน อินฮิบิเตอร์จับกับน้ำย่อยทริปซิน ทำให้โปรตีนไม่ถูกย่อยและสัตว์มีการเจริญเติบโตลดลง สำหรับผลต่อคนยังไม่ชัดเจน โดยปกติจะต้องมีการกำจัดสารนี้ด้วยความร้อน เช่น นมถั่วเหลืองต้มเดือด 20-30 นาที หรือนึ่งภายใต้ความดัน 10 นาที กรณีจะใช้เนื้อถั่วเหลืองหลังสกัดนมมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารจะต้องทำให้สุกโดยการนึ่ง 20 นาที หรือนึ่งภายใต้ความดัน 10-15 นาที (Rackis and Gumbmann, 1982)

ง. ซาโปนิน(Saponins) เป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการตัวหนึ่งซึ่งปกติพบในพืชหลายชนิด แต่ซาโปนินในถั่วเหลืองไม่จัดเป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการ ซาโปนินในถั่วเหลืองเมื่ออยู่ในลำไส้จะถูกย่อยโดยเอนไซม์จากแบคทีเรีย แต่ไม่พบว่าถูกดูดซึมเข้าในเลือดสัตว์ทดลอง และพบว่าแทบไม่มีผลต่อการขัดขวางการดูดซึมสารอาหารอื่นจึงจัดได้ว่าปริมาณซาโปนินในถั่วเหลืองไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของคน Sung และคณะ (1995) กล่าวว่า ซาโปนินจากถั่วเหลืองมีส่วนในการลดโคเลสเตอรอลโดยการจับกับกรดน้ำดีและเป็นสารต้านมะเร็งอีกด้วย สมบัติในการต้านมะเร็งของซาโปนินอาจเป็นไปได้หลายอย่าง รวมถึงความสามารถในการ

ทำลายเซลล์มะเร็งโดยตรง การสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย การจับกับกรดน้ำดีในทางเดินอาหารเพื่อป้องกันเชื้อแบคทีเรียในลำไส้ที่เปลี่ยนกรดน้ำดีเป็นสารก่อมะเร็งจึงลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้ยังพบว่าสารซาโปนินช่วยยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งด้วย

2.4 นมถั่วเหลือง

นมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการปั่นเมล็ดถั่วเหลืองกับน้ำ เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและราคาถูก มีวิธีการเตรียมที่ไม่ยุ่งยาก ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมได้ให้ความหมายของน้ำนมถั่วเหลืองไว้ว่า น้ำนมถั่วเหลือง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวสกัดได้จากเมล็ดถั่วเหลืองซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max Merr.* หรือแป้งถั่วเหลืองด้วยน้ำ อาจผสมนม และหรือสารที่ให้คุณค่าทางอาหาร หรือสารปรุงแต่งสี กลิ่นรส หรือ ไม่ก็ได้ แล้วนำมาผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อให้ปลอดภัยต่อการบริโภค (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2533)

2.4.1 ขั้นตอนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพน้ำนมถั่วเหลือง

การผลิตน้ำนมถั่วเหลืองนั้นไม่มีวิธีมาตรฐาน ดังนั้นส่วนประกอบทางเคมีหรือคุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองจึงไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีขั้นตอนการผลิต โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การเอาเปลือกถั่วเหลืองออก

การผลิตนมถั่วเหลืองนั้นอาจใช้เมล็ดถั่วเหลืองทั้งเปลือกหรือเมล็ดถั่วเหลืองที่เอาเปลือกออกแล้ว ซึ่งการเอาเปลือกถั่วเหลืองออกจะต้องทำการแช่น้ำ โดยนำถั่วเหลืองไปไม่ผ่าซีกแล้วแยกเอาเปลือกออก การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองจากถั่วที่เปลือกออกจะใช้เวลาในการแช่สั้นกว่า ได้น้ำนมที่มีสีขาวนารับประทาน มีกลิ่นถั่วน้อย (ปาริฉัตร ใจจักรคำ, 2548)

2) อุณหภูมิการแช่ถั่ว

อุณหภูมิของน้ำในการแช่ถั่วเหลืองมีผลต่อการดูดซึมน้ำของถั่วเหลือง น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป (2540) ศึกษาผลระยะเวลาและอุณหภูมิในการแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 5 25 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่า ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความอืดตัวของถั่วเพิ่มขึ้น 2 เท่า ของน้ำหนักถั่วเหลืองเริ่มต้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 30 นาที ถ้าแช่ต่อไปจะทำให้ถั่วมีลักษณะเปื่อย ยุ่ย ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความอืดตัวของถั่วคงที่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง และถ้าแช่มากกว่า 24 ชั่วโมงจะเกิดกลิ่นของแอลกอฮอล์เกิดขึ้น และที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ถั่วอืดตัวเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมินี้สามารถแช่ได้นานมากกว่า 24 ชั่วโมงโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ น้ำทิพย์ วงษ์ประทีปและยุพร พิษกมูทร (2544) ทำการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) และปริมาณโปรตีนของนมถั่วเหลืองที่เตรียมจาก

ถั่วเหลืองที่แช่ที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 5 25 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิในการแช่ถั่วที่ต่างกัน ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณ โปรตีนของนมถั่วเหลืองมีค่าแตกต่างกัน โดยการแช่ถั่วที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือ ที่ 25 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

3) การตีปั่นถั่วเหลือง

การตีปั่นถั่วเหลือง น้ำที่ใช้จะเป็นน้ำร้อนหรือน้ำเย็นก็ได้ ถ้าใช้น้ำร้อนในการตีปั่น นมถั่วเหลืองจะมีกลิ่นและรสชาติดีกว่านมที่ได้จากการตีปั่นด้วยน้ำเย็นและยังช่วยลดกลิ่นถั่วได้มากกว่าเนื่องจากความร้อนสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นถั่ว แต่อย่างไรก็ตาม ปาปริฉัตร ใจจักรคำ (2548) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพนมถั่วเหลืองที่ได้จากการปั่นด้วยน้ำร้อน (80 องศาเซลเซียส) และน้ำที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) พบว่าถึงแม้การใช้อุณหภูมิสูง (80 องศาเซลเซียส) จะทำให้ปริมาณของแข็งที่สกัดสูงขึ้น กลิ่นถั่วลดลง แต่ลักษณะปรากฏและความหนืดไม่แตกต่างกัน ทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างและยอมรับในนมถั่วเหลืองทั้งสองตัวอย่างไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและทำให้ผู้ผลิตสามารถปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น จึงสามารถเลือกใช้สภาวะการตีปั่นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส)

4) การให้ความร้อน

การให้ความร้อนมีวัตถุประสงค์หลายอย่าง คือ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ เพิ่มอายุการเก็บรักษา เพื่อทำลายสารบางชนิดในถั่วเหลือง จำพวกสารต้านโภชนาการรวมทั้งเพื่อกำจัดกลิ่นถั่ว แต่การให้ความร้อนที่สูงเกินไปนั้นส่งผลต่อคุณภาพของนมถั่วเหลืองได้ เช่น คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่น ลดลง รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการลดลง (Kumar และคณะ 2003)

2.4.2 ลักษณะของนมถั่วเหลือง

นมถั่วเหลืองที่เตรียมจากวัตถุดิบหรือกรรมวิธีที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ได้นมถั่วเหลืองที่มีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคเช่น กลิ่นถั่ว เนื้อสัมผัส และความคงตัวของน้ำนมถั่วเหลือง

กลิ่นถั่ว (beany flavor) เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มไม่ยอมรับ กลิ่นถั่วเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสซึ่งมีอยู่ในถั่วเหลืองตามธรรมชาติ เอนไซม์ไลพอกซีจีเนสเป็นเอนไซม์ในกลุ่มออกซิโดรีดักเตส (oxidoreductase) สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิก ที่มีอยู่ในถั่วเหลือง โดยปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีเมื่อมีออกซิเจนและน้ำ ทำให้เกิดสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะสลายตัวเกิดเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น อัลดีไฮด์ คีโตนและแอลกอฮอล์ ทำให้เกิดกลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์สารชนิดสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วคือเฮกซะแนล ความร้อนและความดันสามารถยับยั้งปฏิกิริยาเอน

ไซม์ไลพอกซีจีเนสได้ Wang และคณะ (2007) ศึกษาการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส กับไขมันในถั่วเหลือง โดยศึกษาการใช้ความดัน 0.1 ถึง 650 MPa และอุณหภูมิ 5 ถึง 60 องศาเซลเซียส พบว่ากลิ่นถั่วลดลงเมื่อใช้ความดันหรือความร้อนมากขึ้นหรือการใช้ทั้งสองปัจจัยร่วมกันสามารถยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้ นอกจากนี้ Puechkamut (2004) ศึกษาผลการใช้เกลือในการลดกลิ่นถั่ว พบว่าการแช่ถั่วเหลืองในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ที่ความเข้มข้น 0.25 ถึง 0.75 เปอร์เซ็นต์หรือการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ที่ความเข้มข้น 0.05 ถึง 0.15 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการบด สามารถลดแอกติวิตี้ของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้

ความคงตัวของนมถั่วเหลืองหรือการที่นมถั่วเหลืองไม่เกิดการตกตะกอนแยกชั้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค Malaki และคณะ (2008) ศึกษาผลการโฮโมจีไนซ์และการให้ความร้อนกับนมถั่วเหลือง พบว่าการโฮโมจีไนซ์ร่วมกับการให้ความร้อนส่งผลให้ขนาดอนุภาคโปรตีนในนมถั่วเหลืองลดลงและมีการกระจายตัวที่ดี เมื่อยังใช้ระดับความดันในการโฮโมจีไนซ์ที่สูงยังทำให้นมถั่วเหลืองมีความคงตัว จึงสามารถป้องกันการตกตะกอนได้ นอกจากนี้ Cruz และคณะ (2007) ศึกษาผลของการใช้เทคโนโลยี ultra high pressure homogenization (UHPH) ในตัวอย่างนมถั่วเหลืองที่มีผลต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ลักษณะทางเคมีกายภาพและลักษณะโครงสร้างของนมถั่วเหลือง โดยเปรียบเทียบกับเทคนิค ultra high temperature (UHT) โดยพบว่าการใช้ UHPH ส่งผลให้สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่าง UHT ส่วนผลทางด้านลักษณะทางเคมีกายภาพ โดยวัดขนาดของอนุภาคพบว่า UHPH มีผลต่อการลดขนาดอนุภาคมากที่สุดและมีผลต่อความคงตัวมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามการใช้เทคโนโลยี UHPH ส่งผลให้ค่าความสว่างของตัวอย่างต่ำกว่าตัวอย่าง UHT

ความหนืดเป็นลักษณะของของเหลวที่มีอนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนตัวได้ช้าและไม่สามารถที่จะรวมตัวกันได้ ในหลายๆผลิตภัณฑ์ความหนืดและความคงตัวเป็นคุณภาพที่สำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (นิธิยา รัตนพานนท์, 2534) การเพิ่มความหนืดในนมถั่วเหลืองสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำ พบว่าความหนืดของนมถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดในนมถั่วเหลือง ความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแข็งที่เพิ่มมากขึ้น อัตราส่วนของเนื้อถั่วเหลืองต่อน้ำ มีผลต่อคุณภาพของนมถั่วเหลือง คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ที่เป็นองค์ประกอบในนมถั่วเหลือง นั่นคือปริมาณสารเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของถั่ว : น้ำ เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 2.6 อย่างไรก็ตามการใช้อัตราส่วนถั่วมากนั้นจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียของแข็งระหว่างกระบวนการผลิตมาก ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนการผลิตสูงขึ้น (น้ำทิพย์ วงศ์ประทีป, 2540)

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบอัตราส่วนของถั่วและน้ำที่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดและโปรตีน

อัตราส่วน ถั่ว : น้ำ ปริมาณ	ของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)
1 : 10	5.6	2.6
1 : 7	7.9	3.8
1 : 5	9.2	4.5

ที่มา: อาณัติ นิติธรรมยง และประไพศรี ศิริจักรวาล (2543)

นอกจากนี้การใช้ไฮโดรคอลลอยด์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยให้เกิดความหนืดและความคงตัวในนมถั่วเหลืองหรือผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มอื่นๆ ได้ ดังเช่น การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในโยเกิร์ตของประเทศตุรกี (ayran) Koksoy และคณะ (2003) ศึกษาการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีผลต่อความคงตัวของโยเกิร์ต ayran โดยศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ได้แก่ โลคัสปีนัม กัวร์กัม ไฮท์เมทอกซีเพคติน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และเจลาติน ที่ระดับ 0 - 0.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักพบว่า กัวร์กัม ให้ความหนืดสูงที่สุดและป้องกันการแยกชั้นของซีรัมได้ แต่ยังพบปัญหาในการทดสอบประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัสและด้านรสชาติ ส่วนโลคัสปีนัม ที่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ป้องกันการแยกชั้นของซีรัมได้ และโยเกิร์ต ayran มีความคงตัว ส่วนการทดสอบทางด้านกลิ่นรส นั้นเป็นที่ยอมรับ ส่วน ไฮท์เมทอกซีเพคติน และ เจลาติน ไม่สามารถป้องกันการแยกชั้นของซีรัมโยเกิร์ตได้และไม่เป็นที่ยอมรับด้านประสาทสัมผัส แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์สามารถช่วยป้องกันการแยกชั้นได้ แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่มากเกินไปส่งผลให้ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นและรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับ ปาริฉัตร ใจจักรคำ (2548) ศึกษาวิธีการเตรียมต่อคุณภาพนํ้านมถั่วเหลือง โดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดได้แก่ กัวร์กัมและแซนแทนกัม ที่ระดับ 0 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าแซนแทนกัมให้ค่าความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองมากกว่ากัวร์กัม แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน ความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองจะลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับความเข้มข้น 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำแซนแทนกัมมาใช้ร่วมกับกัวร์กัม พบว่ามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.5 การทำให้เข้มข้นด้วยการระเหย

การทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยน้ำ (evaporator) เป็นการให้ความร้อนเพื่อระเหยเอาน้ำบางส่วนออกจากอาหาร เพื่อให้อาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น (Garg และคณะ 2008) แต่การให้ความร้อนนั้นส่งผลต่อคุณภาพอาหารเปลี่ยนแปลงไป เช่น น้ำผลไม้ที่ผ่านการให้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำจะมีสีเข้มขึ้นและมีกลิ่นสุก (cooked flavor) จึงทำให้ความพึงพอใจของผู้บริโภคลดลง และเกิดการ

สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินที่ไม่ทนร้อน แต่อย่างไรก็ตามการทำเข้มข้นนั้นยังเป็นที่นิยมเนื่องจากการระเหย หรือการทำเข้มข้นสามารถลดปริมาณน้ำในอาหาร ลดปริมาณอาหาร จึงสามารถลดต้นทุนด้านบรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษา และการขนส่งได้ (Hongvaleerat และคณะ 2008)

นมสตรระเหย (evaporated milk) เป็นการเอานมสด (whole milk) มาระเหยเอาน้ำออกประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ มีไขมันไม่ต่ำกว่า 7.90 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณของแข็งทั้งหมด (total milk solids) ไม่ต่ำกว่า 25.9 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนเพื่อทำการระเหยในนมที่เข้มข้นขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในแต่ละโรงงานผู้ผลิต แต่มีผลที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ คือ สีของนมเข้มข้น ความหนืดเพิ่มมากขึ้น และปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) เพิ่มมากขึ้น (นภาศรี ไวศยะนันท์, 2526) และ Nindo และคณะ (2007) ศึกษาการทำให้เข้มข้นน้ำบลูเบอร์รี่ที่ส่งผลต่อลักษณะด้านความหนืดของน้ำบลูเบอร์รี่ ระดับความเข้มข้นของน้ำบลูเบอร์รี่ที่ทำการศึกษาคือ 10 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ และนำไปทำการระเหย ที่อุณหภูมิ 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของบลูเบอร์รี่ที่เพิ่มขึ้น ที่ 25 องศาเซลเซียส น้ำบลูเบอร์รี่ที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ มีความหนืด 12 ปาสคาล ส่วนน้ำบลูเบอร์รี่ที่มีความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ มีความหนืด 165 ปาสคาล จึงกล่าวได้ว่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นและปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารละลาย

2.6 สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2534)

ไฮโดรคอลลอยด์ เป็นโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่ได้จากพืช เช่น หัวบุก หรือสัตว์เช่น สารโคโตซานในเปลือกกุ้ง เปลือกปู รวมถึงจุลินทรีย์และโพลิเมอร์ตัดแปลงจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ โดยโพลิเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นตัวช่วยให้น้ำกับน้ำมันเข้ากันและเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัวป้องกันปฏิกิริยาการตกตะกอนและการแยกตัวของน้ำออกจากเนื้ออาหาร

การใช้ประโยชน์ของไฮโดรคอลลอยด์ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เติมน้ำในผลิตภัณฑ์นม ไอศกรีม หรือในไส้ขนมอบของเบเกอรี่ชนิดต่าง ๆ โดยมีจุดประสงค์ คือ ทำให้อาหารมีความเหนียวหนืด นุ่ม คงรูป เป็นที่ถูกต้องของผู้บริโภค ส่วนผลพลอยได้ในการเติมไฮโดรคอลลอยด์ก็คือ ทำให้อุตสาหกรรมอาหารเหล่านี้ลดการใช้ไขมันหรือแป้งลง เนื่องจากเมื่อเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ลงไป ในอาหาร จะทำให้อาหารยังคงมีความนุ่ม คงรูปมันวาว เหมือนมีแป้งหรือไขมันผสมอยู่ ดังนั้นหากลดการเติมไขมันหรือแป้งลงได้ ก็จะส่งผลดีต่อผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคอาหารที่มีแคลอรีต่ำ ตัวอย่างไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่

2.6.1 แซนแทนกัม (xanthan gum)

แซนแทนกัมเป็นกัม ที่ได้โดยการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรียบริสุทรี คือ *Xanthomonas campestris* หลังจากกระบวนการหมักแล้วจะนำมาตกตะกอนด้วย ไอโซโพรพิล (isopropyl alcohol) แยกเอาแซนแทนกัมออกมาทำให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด

แซนแทนกัม มีโครงสร้างเป็น cellulosic backbone และมีแขนงแยกเป็น trisaccharide ทุกๆ โมเลกุลเว้นโมเลกุลของกลูโคสในสายเซลลูโลส แซนแทนกัม ไม่มีสมบัติเป็นทำให้เกิดเจล แต่สามารถเกิดเจลยืดหยุ่น ผันกลับด้วยความร้อนได้ (elastic thermoreversible gel) ได้เมื่อร่วมกับ โลคัสบีนกัม และเมื่อรวมกับกัวร์กัม จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูง

แซนแทนกัมละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงถึงแม้ความเข้มข้นจะต่ำและทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและ pH โดยเฉพาะความหนืดของสารละลาย แซนแทนกัม จะคงที่ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 - 100 องศาเซลเซียส หรือ pH จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-13 ก็ตามนอกจากนั้นสารละลาย แซนแทนกัมยังมีคุณสมบัติเป็นซูโดพลาสติก (pseudoplastic) ซึ่งมีความสำคัญต่อกลิ่น ลักษณะปรากฏและความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปาก (mouthfeel) ของผลิตภัณฑ์อาหาร

แซนแทนกัมใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัว และทำให้อุณหภูมิแขวนลอยได้ดี เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีม แซนแทนกัมที่ผสมกับโลคัสบีนกัม นิยมใช้กับอาหารประเภท ขนมหวาน ซอสมะเขือเทศ สำหรับพิซซ่า ใส่นมอมและใส่พาย เป็นต้น นอกจากนี้ยังผสมทั้ง โลคัสบีนกัมและกัวร์กัม ในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ความข้นหนืดและคุณสมบัติเฉพาะตามต้องการสำหรับอาหารชนิดต่างๆเช่น ในผลิตภัณฑ์ประเภท frozen desserts, pasteurized process ches spread, cottage cheese, salad dressing, sour cream, fruit syrups และ ไอศกรีม เป็นต้น

2.6.2 กัวร์กัม (guar gum)

กัวร์กัม ได้จาก เอนโดสเปิร์ม (endosperm) ของเมล็ดต้นกัวร์ (*Cyamopsis tetragonolobus*) มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดียและปากีสถาน ปัจจุบันมีปลูกในรัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเมื่อราวปี ค.ศ. 1950 เนื่องจากขาดแคลน โลคัสบีนกัม

โครงสร้างของ กัวร์กัม เป็นโพลิเมอร์สายยาวของ แมนโนส (mannose) ที่ต่อกันด้วยพันธะ β -(1,4) และมีกิ่งแขนงของกาแลคโตส (galactose) หนึ่งโมเลกุลทุก ๆ 2 โมเลกุลของ แมนโนส ต่อกับ 1 โมเลกุลของกาแลคโตสด้วยพันธะ 1,6 ทำให้อัตราส่วนของ แมนโนส ต่อ กาแลคโตส เป็น 2:1 ซึ่งแสดงว่า กัวร์กัม มีกิ่งแขนงของ กาแลคโตสมากกว่าโลคัสบีนกัม

กัวร์กัมมีสมบัติเป็นไม่เกิดเจล แต่กระจายตัวและอุ้มน้ำได้ดีในน้ำเย็น จึงใช้ทำหน้าที่หลักเป็นสารเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัวและอุ้มน้ำ สามารถเกิดปฏิกิริยาร่วมกับแซนแทนกัมทำให้

สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลายกั้วร์กัม ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ pH เวลา ความเข้มข้นและขนาดของอนุภาค เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นความหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจาก กั้วร์กัม เป็น non-ionic และทนต่อ pH ช่วงกว้างตั้งแต่ 4-10 ทำให้สามารถเติม อิเล็กโตรไลต์ได้เป็นจำนวนมาก แต่ถ้ามีความเข้มข้นของอิเล็กโตรไลต์สูงกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อการอุ้มน้ำและเกิดเจล กั้วร์กัม มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงสุดที่ pH 7.5-9.0

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำกั้วร์กัม ไปใช้ได้แก่ ขนมหวาน ซอส ชุป ไอศกรีม น้ำสลัด ชุปผงและใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเกรวี

2.6.3 คาร์ราจีแนน (carragenan)

คาร์ราจีแนนเป็นสารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) คาร์ราจีแนนแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ แคปปา (kappa), ไอโอตา (iota) และแลมบ์ดา (lambda) สาหร่ายทะเลส่วนใหญ่มีคาร์ราจีแนนอย่างน้อย 2-3 ชนิด ผสมกันอยู่ ชนิดแคปปาและไอโอตาเท่านั้นที่มีคุณสมบัติเกิดเจลได้

คาร์ราจีแนนทั้ง 3 ชนิดมีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลกาแลคโตสที่ถูกเอสเตอร์ไฟด์ด้วยกรดซัลฟูริกที่ระดับต่างๆกัน ด้วยพันธะ 1, 3 และ 1, 4 สำหรับแคปปาและไอโอตาจะเกิดเจลเป็นแบบผันกลับได้ด้วยความร้อน (thermoreversible aqueous gel) โดยมีกลไกการเกิดเป็นโพลีเมอร์ที่เป็นเฮลิคซ์ double-helix carragenan polymers

แคปปาและไอโอตา ไม่ละลายในน้ำเย็น (ยกเว้นที่เป็น sodium form) จะละลายได้อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส คาร์ราจีแนนที่อยู่ในรูปสารละลายในน้ำจะมีโครงสร้างเป็น random coil เมื่อทำให้เย็นลงจะเกิดโครงสร้างคาง่าย 3 มิติ แต่ละสายของโพลีเมอร์จะรวมตัวกันเข้าเกิด junction point เมื่อปล่อยให้เย็นลงอีก จะมีการเกาะตัวกันของ junction point มากขึ้น ทำให้เกิดการแข็งตัวของเจลแคปปา คาร์ราจีแนนจะเกิดเจลที่เปราะแตกง่ายและมี syneresis เกิดขึ้น ส่วน ไอโอตา คาร์ราจีแนน จะเกิดเจลที่มีความยืดหยุ่น (elastic) และเป็น syneresis – free gel สำหรับแลมบ์ดา คาร์ราจีแนนละลายได้ในน้ำเย็นและมีสมบัติเป็นไม่เกิดเจล

การเติมโลหะไอออนจะมีผลต่อการเกิดเจล เช่น แคปปา คาร์ราจีแนน เมื่อเติมโปแตสเซียมไอออนจะเกิดเจลยืดหยุ่น ถ้าเติมแคลเซียมไอออน จะเกิด rigid gel ส่วน ไอโอตา คาร์ราจีแนน เมื่อเติมแคลเซียมไอออนจะเกิดเป็นเจลยืดหยุ่น (elastic gel) เป็นต้น

หากผสมคาร์ราจีแนนชนิด แคปปา และ ไอโอตา เข้าด้วยกันจะทำให้มีคุณสมบัติในการเกิดเจลได้มากขึ้น เจลที่ได้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นและเกิด syneresis น้อยลง ในทางการค้าได้มีการผสมคาร์ราจีแนนทั้งสองชนิดเข้าด้วยกัน ทำให้มีสมบัติในการทำหน้าที่เป็นเจลได้ดีขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น dessert gels, whipping topping และ fluid milk products คาร์ราจีแนนสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับผลิตภัณฑ์นม เช่น เติมคาร์ราจีแนนลงใน

ส่วนผสมของไอศกรีมเพื่อเป็นสารเพิ่มความคงตัว ช่วยให้ส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่ายและไม่มีส่วนที่เป็นของเหลวแยกตัวออกมา (whey off) ระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณคาร์ราจีแนนที่ใช้ประมาณ 0.01-0.02 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมทั้งหมด

2.6.4 โลกัสบีนกัม (locust bean gum)

โลกัสบีนกัมได้จาก endosperm ของเมล็ดคัตัน carob (*Ceratonia siliqua*) บางครั้งเรียกว่า carob seed gum ต้น carob เป็นพืชที่ปลูกในแถบเมดิเตอร์เรเนียน โมร็อกโคและ โปรตุเกตุ โลกัสบีนกัมไม่สามารถละลายในน้ำเย็นต้องใช้ความร้อนช่วยในการละลาย จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูงที่สุดเมื่อรับความร้อนสูงถึง 95 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงทำให้เย็นลง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโลกัสบีนกัมให้มีสมบัติพองตัวได้ในน้ำเย็นและนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์นม โครงสร้างของโลกัสบีนกัมเป็น โพลิเมอร์สายยาวของแมนโนส (mannose) ที่ต่อกันด้วยพันธะ 1,4 และมีกิ่งแขนงของกาแลคโตส (galactose) ต่อกันด้วยพันธะ 1,6 อัตราส่วนของแมนโนสต่อกาแลคโตสเป็น 4 : 1 โดยลักษณะโครงสร้างเช่นนี้จึงทำให้โมเลกุลมีส่วนที่เป็นสายหลักของแมนโนสสลับกับส่วนที่เป็นกิ่งแขนง

โลกัสบีนกัมไม่สามารถเกิดเจลได้ต้องนำมาผสมกับแซนแทนกัม จึงจะทำให้เกิดเจลได้ หรืออาจผสมรวมกับแคปปา คาร์ราจีแนน จะช่วยเพิ่ม gel strength และลดการเกิด syneresis หน้าที่หลักของโลกัสบีนกัม คือ เพิ่มความหนืดและความคงตัวให้กับอิมัลชันและยับยั้งการเกิด syneresis ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ อาหารกระป๋อง ซอส ขนมหวาน เนยแข็ง ไอศกรีม และผลิตภัณฑ์เนื้อ ในเนยแข็งโลกัสบีนกัมช่วยเร่งให้เกิด coagulation เร็วขึ้น และทำให้ได้เนื้อตะกอนของ curd เพิ่มมากขึ้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ในไอศกรีมโลกัสบีนกัม จะทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัวและช่วยอุ้มน้ำทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อเนียน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษากระทัดแปร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคัดแปรกระทะเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแก่กระทะที่น้ำมันใจ ดังเช่น สุกนธ์ชิ่ง ศรีงาม (2542) ศึกษาการพัฒนากระทะที่แปลงไขมันด้วยการแทนที่น้ำมันมะพร้าวบางส่วนด้วยน้ำมันพืชที่ระดับการทดแทน คือ 20 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการแทนที่น้ำมันมะพร้าวที่ระดับต่างๆกัน ไม่มีผลต่อกลิ่นและรสชาติ จึงสามารถแทนที่น้ำมันได้สูงสุดที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ธนวรรณ บุญปิ่นและคณะ (2542) ศึกษาการนำ soy/oat-1 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนผสมของแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันและสาร Nu-Trim ที่ได้จากการสกัดจากข้าวโอ๊ตในอัตราส่วน 1:1 โดยทดแทนการใช้กระทะที่ด้วย soy/oat-1 ที่ระดับ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า soy/oat-1 สามารถนำมาใช้ทดแทนกระทะในอาหารไทยได้บางชนิด โดยเฉพาะในอาหารคาวที่มีเครื่องเทศและถั่วต่างๆเป็นองค์ประกอบ สามารถทดแทนได้ในระดับ

ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกลืนเครื่องเทศนั้นกลบกลืนตัวได้ ส่วนในอาหารหวานสามารถใช้ทดแทนกะทิได้ในบางชนิด ปัญหาที่พบในอาหารหวานคือ ไม่มีกลิ่นหอมของกะทิและมีสีคล้ำของ soy/oat-1 จึงทำให้อาหารหวานบางชนิดไม่เป็นที่ยอมรับหรือสามารถใช้ทดแทนกะทิได้แต่ในปริมาณต่ำ เพียง 50 เปอร์เซ็นต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

1. ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ได้ความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่จังหวัดเชียงใหม่
2. กะทิผง ยี่ห้อ ชาวไทย บริษัท กรไทย จำกัด

3.2 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต

- 3.2.1 Calcium carbonate (food grade) จากบริษัท บริษัท อาร์.ซี.เอ็ม.แลป จำกัด
- 3.2.2 แชนแทน กัม (food grade) จากบริษัท เมอร์ค จำกัด
- 3.2.3 กัวร์ กัม (food grade) จากบริษัท เมอร์ค จำกัด
- 3.2.4 คาราจีแนน (food grade) จากบริษัท เมอร์ค จำกัด

3.3 อุปกรณ์ในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

- 3.3.1 เครื่องปั่นผสมอาหาร (blender) Philip รุ่น Cucina
- 3.3.2 เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ Ultra-Turrax, Janke&Kunkel, IKA Work
- 3.3.3 เครื่องไม่แยกเปลือกถั่วเหลือง
- 3.3.4 แผงให้ความร้อน (Hot plate stirrer)
- 3.3.5 นาฬิกาจับเวลา
- 3.3.6 ผ้ากรองขนาด 40 ไมครอน
- 3.3.7 กะละมัง
- 3.3.8 เทอร์โมมิเตอร์

3.4 อุปกรณ์ในการทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยน้ำ

- 3.4.1. เครื่องระเหยน้ำแบบหมุน (Rotary Evaporator) B.U.C.H.I , Switzerland

3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 3.5.1 เครื่องวัดความเป็นกรด – ค่า Mettle ToledoMP 220
- 3.5.2 เครื่องวัดความหนืด Brookfield รุ่น DV-III ULTRA Programmable Rheometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ MINOTA	CR 400 , Japan
3.5.4 รีแฟรกโตมิเตอร์ (Refractometer)	ATAGO N-1
3.5.5 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ	Memmert WB 29 , German
3.5.6 ตู้อบลมร้อน	E 53
3.5.7 เครื่องชั่งละเอียด	Ohaus Corp, USA
3.5.8 ถ้วยระเหยกระเบื้อง	
3.5.9 อุปกรณ์เครื่องแก้ว	

3.6 อุปกรณ์การทดสอบทางประสาทสัมผัส

- 3.6.1 ถ้วย งาน พลาสติก
- 3.6.2 แก้วน้ำดื่มพลาสติก
- 3.6.3 ถาดพลาสติก

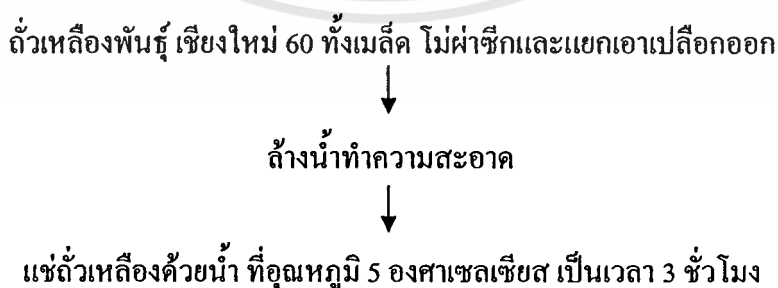
3.7 สถานที่ดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.8 วิธีดำเนินการ

3.8.1 การเตรียมนมถั่วเหลือง

เตรียมนมถั่วเหลือง โดยวิธีที่ดัดแปลงจาก ปริญญา เขียวขำ (2544) ดังแสดงในภาพที่ 3.1 โดยใช้เครื่องปั่นผสมอาหาร(blender)



ภาพที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการเตรียมนมถั่วเหลือง

ที่มา : ดัดแปลงจาก ปริญญา เขียวขำ (2544)



ภาพที่ 3.1 (ต่อ) แผนภาพขั้นตอนการเตรียมนมถั่วเหลือง

ที่มา : ดัดแปลงจาก ปรียาพร เขียวขำ (2544)

3.8.2 ศึกษาผลของการระเหยน้ำต่อคุณภาพของนมถั่วเหลือง

นมนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้จากข้อ 3.8.1 ไปทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยน้ำโดยใช้เครื่องระเหยแบบหมุนสูญญากาศ โดยสภาวะที่ใช้คือ ความดัน 72 มิลลิบาร์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการระเหยน้ำแตกต่างกันในช่วง 0 – 40 นาที เปรียบเทียบคุณภาพกับนมถั่วเหลืองที่ได้วิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

3.8.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) โดยใช้ แอสครีแฟก โดมิตอร์ N-1E

3.8.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในนมถั่วเหลือง (Total dry solid) ตามวิธี รายงานของ Carneiro และคณะ (2008)

3.8.2.3 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วย พีเอช มิเตอร์

3.8.2.4 การตรวจวัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR 400 ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และ ค่าสีเหลือง (b)

3.8.2.5 วิเคราะห์ค่าความหนืด โดยวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น DV-III ULTRA Programmable Rheometer ใช้หัววัดเบอร์ 18

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการระเหยน้ำ พิจารณาผลของปริมาณของแข็งร่วมกับความหนืดและลักษณะปรากฏของนมถั่วเหลืองที่ได้ เพื่อให้ได้นมถั่วเหลืองที่นำไปใช้ในการศึกษาการเพิ่มความหนืดต่อไป

3.8.3 ศึกษาชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อเพิ่มความหนืดของนมถั่วเหลือง
 นำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการทำให้เข้มข้นจากข้อ 3.8.2 มาเติมไฮโดรคอลลอยด์ เช่น คาร์ราจีแนน ที่ความเข้มข้น 0.01 0.02 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักนมถั่วเหลือง หรือของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัม (อัตราส่วน 3 : 1) ที่ความเข้มข้นระดับ 0.05 0.075 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักนมถั่วเหลือง ผสมสารไฮโดรคอลลอยด์ให้เข้ากันกับนมถั่วเหลือง โดยใช้เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ที่ความเร็วรอบ 1100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที และให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

นํานมถั่วเหลืองที่เตรียมได้มาเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส ตรวจสอบลักษณะปรากฏและค่าความหนืดต่างๆสองวันเป็นเวลา 5 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.8.4 ศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรทดแทนกะทิในอาหารคาวและอาหารหวาน

3.7.4.1 ศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรทดแทนกะทิในแกงเขียวหวาน

เลือกนมถั่วเหลืองที่มีความหนืดใกล้เคียงกับกะทิและมีความคงตัว จากข้อ 3.8.3 เพื่อใช้แทนกะทิในการปรุงแกงเขียวหวานตามสูตรตารางที่ 3.1 กะทิที่ใช้เตรียมจากการนำกะทิผงมาละลายน้ำตามอัตราส่วนที่ผู้ผลิตแนะนำ ทำการทดแทนกะทิในสัดส่วนต่างๆ โดยเริ่มจากทดแทน 100 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีทดสอบให้คะแนนความชอบ (7-point hedonic scale) เมื่อ 7 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด ประเมินลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านกลิ่น สี เนื้อสัมผัสและความชอบ โดยรวม โดยสูตรที่ยอมรับต้องได้คะแนนความชอบรวมของผู้ทดสอบไม่น้อยกว่า 5 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.8.4.2 ศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรทดแทนกะทิในกล้วยบวดชี

เลือกนมถั่วเหลืองที่มีความหนืดใกล้เคียงกับกะทิและมีความคงตัว จากข้อ 3.8.3 เพื่อใช้แทนกะทิในกล้วยบวดชี กะทิที่ใช้เตรียมจากการนำกะทิผงมาละลายน้ำตามอัตราส่วนที่ผู้ผลิตแนะนำ ทดแทนกะทิในสัดส่วนต่างๆ โดยเริ่มจากทดแทน 100 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีทดสอบให้คะแนนความชอบ (7-point hedonic scale) เมื่อ 7 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด ประเมินลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านกลิ่น สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยสูตรที่ยอมรับต้องได้คะแนนความชอบรวมของผู้ทดสอบไม่น้อยกว่า 5 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3.1 สูตรการผลิตแกงเขียวหวาน

วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักสูตร
เนื้อไก่	32
กะทิ	35.5
มะเขือพวง	16.5
ใบมะกรูด	1
โหระพา	1
น้ำปลา	2
น้ำตาลปีบ	1
พริกชี้ฟ้า เขียว แดง	1
พริกแกงเขียวหวาน	10

ที่มา : คัดแปลงจาก คณาจารย์จากวิทยาลัยในวัง (2545)

3.8.5 ศึกษาคุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองดัดแปร

นํานมถั่วเหลืองที่ผ่านการระเหยน้ำและเติมไฮโดรคอลลอยด์มาวิเคราะห์ปริมาณ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า ความชื้น กรดไฟเบอร์ ด้วยวิธีของ AOAC (2000) ชนิดและปริมาณกรดไขมันเปรียบเทียบกับกะทิผงละลายน้ำ (กะทิผงต่อน้ำ เท่ากับ 60ต่อ150 มิลลิลิตร) ด้วยเครื่อง gas chromatography นอกจากนี้วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมด้วยเครื่อง atomic absorbtion และปริมาณไอโซฟลาโวนส์ ด้วยเครื่อง high pressure liquid chromatography – ultraviolet

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของการระเหยน้ำต่อคุณลักษณะของนมถั่วเหลือง

ลักษณะเนื้อสัมผัสหรือความรู้สึกในปากของนมถั่วเหลือง ขึ้นกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในนมถั่วเหลือง การเพิ่มปริมาณของแข็งในนมถั่วเหลือง อาจทำได้โดยการเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำที่ใช้ อย่างไรก็ตามการเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเหลืองและน้ำที่ใช้ในระหว่างการบด ทำให้ปริมาณของแข็งสูญเสียที่มีในกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะถ้าอัตราส่วนของถั่วเหลืองและน้ำมากกว่า 4 : 1 (น้ำทิพย์ วงศ์ประทีป, 2540) ดังนั้นในงานวิจัยจึงศึกษาการเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในนมถั่วเหลืองโดยการนำไปทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยน้ำด้วยเครื่องระเหยน้ำแบบหมุนสุญญากาศ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของนมถั่วเหลือง เมื่อใช้เวลาในการระเหยน้ำที่แตกต่างกันตั้งแต่ 0 ถึง 40 นาที แสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งในนมถั่วเหลือง ใช้การวิเคราะห์ 2 วิธี คือ การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยรีแฟรกโตมิเตอร์และการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแห้งทั้งหมดทั้งสารที่สามารถละลายได้และไม่สามารถละลายได้ จากตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณของแข็งแห้งทั้งหมดหลังการอบแห้งมีปริมาณน้อยกว่าการวิเคราะห์ด้วยรีแฟรกโตมิเตอร์ อาจเกิดเนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยรีแฟรกโตมิเตอร์เป็นการอ่านค่าจากสเกลและนมถั่วเหลืองอยู่ในรูปอิมัลชัน อนุภาคของไขมันอาจส่งผลกระทบต่อการสะท้อนแสงของเครื่องมือทำให้แสดงค่าได้คลาดเคลื่อน ในขณะที่การอบแห้งนั้นเป็นการระเหยน้ำและอบตัวอย่างจนได้น้ำหนักของแห้งจากตัวอย่างที่คงที่ ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดด้วยการอบแห้งจึงน่าเชื่อถือมากกว่า แต่อย่างไรก็ตาม การใช้รีแฟรกโตมิเตอร์นั้นเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วจึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ติดตามผลระหว่างการทดลองได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย รีแฟรกโตมิเตอร์ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากการอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเวลาที่ใช้ในการระเหยเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่นการระเหยนมถั่วเหลืองเป็นเวลา 20 นาที ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 7.50 องศาบริกซ์ ไปเป็น 8.87 องศาบริกซ์ ยุพร พิชกมฺุทร (2549) รายงานว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของนมถั่วเหลือง เมื่อใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำเท่ากับ 1 : 10 และ 1 : 8 เท่ากับ 4.8 และ 5.3 องศาบริกซ์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการระเหยน้ำออกจากนมถั่วเหลือง 20 นาที ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำ และเมื่อเวลาที่ใช้ในการระเหยเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนการวิเคราะห์ของค่าสีของนมถั่วเหลืองพบว่า เมื่อเวลาในการระเหยน้ำเพิ่มขึ้น ค่า b คือค่าสีน้ำเงิน

เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะเมื่อเวลาการระเหยเพิ่มขึ้นเป็น 30 นาที แสดงว่านมถั่วเหลืองมีสีคล้ำขึ้นเมื่อเวลาในการระเหยเพิ่มขึ้น การที่นมถั่วเหลืองมีสีคล้ำขึ้นเป็นผลมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นร่วมกันระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Kwok และคณะ 1999) เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ร่วมกันของตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าเวลาที่ควรเลือกใช้ในการระเหยน้ำออกจากนมถั่วเหลืองคือ 20 นาที เนื่องจากถ้าใช้เวลาในการระเหยเป็น 30 นาทีจะทำให้นมถั่วเหลืองมีสีคล้ำขึ้นมาก พิจารณาจากค่า b ที่เพิ่มขึ้นเป็น 12.02 เทียบกับค่า b ของนมถั่วเหลืองเริ่มต้น คือ 11.17 ดังนั้นจึงเลือกสภาวะการระเหยน้ำที่เวลา 20 นาทีเพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของนมถั่วเหลืองหลังการระเหยน้ำที่เวลาแตกต่างกัน

Time (min)	Total soluble solid (° brix)	Total dry solid (g./100 g.)	Viscosity (mPas.)
0	7.50±0.00 ^a	7.35±0.06 ^a	2.56±0.19 ^a
10	8.06±0.12 ^b	7.68±0.19 ^{ab}	2.60±0.29 ^a
20	8.87±0.12 ^c	8.20±0.47 ^{bc}	2.54±0.07 ^a
30	10.56±0.06 ^d	8.90±0.26 ^c	2.63±0.05 ^{ab}
40	11.86±0.12 ^e	10.09±0.73 ^d	2.78±0.31 ^b

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสีของนมถั่วเหลืองหลังการระเหยน้ำที่เวลาแตกต่างกัน

เวลา (นาที)	L	a	b
0	83.96±0.07 ^b	-1.16±0.07 ^a	11.17±0.05 ^a
10	83.92±0.11 ^b	-1.18±0.08 ^a	11.28±0.07 ^{ab}
20	83.89±0.09 ^b	-1.09±0.02 ^{ab}	11.54±0.30 ^b
30	83.68±0.07 ^a	-0.94±0.06 ^b	12.02±0.05 ^c
40	83.70±0.08 ^a	-1.23±0.13 ^a	12.09±0.07 ^c

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณลักษณะของนมถั่วเหลือง

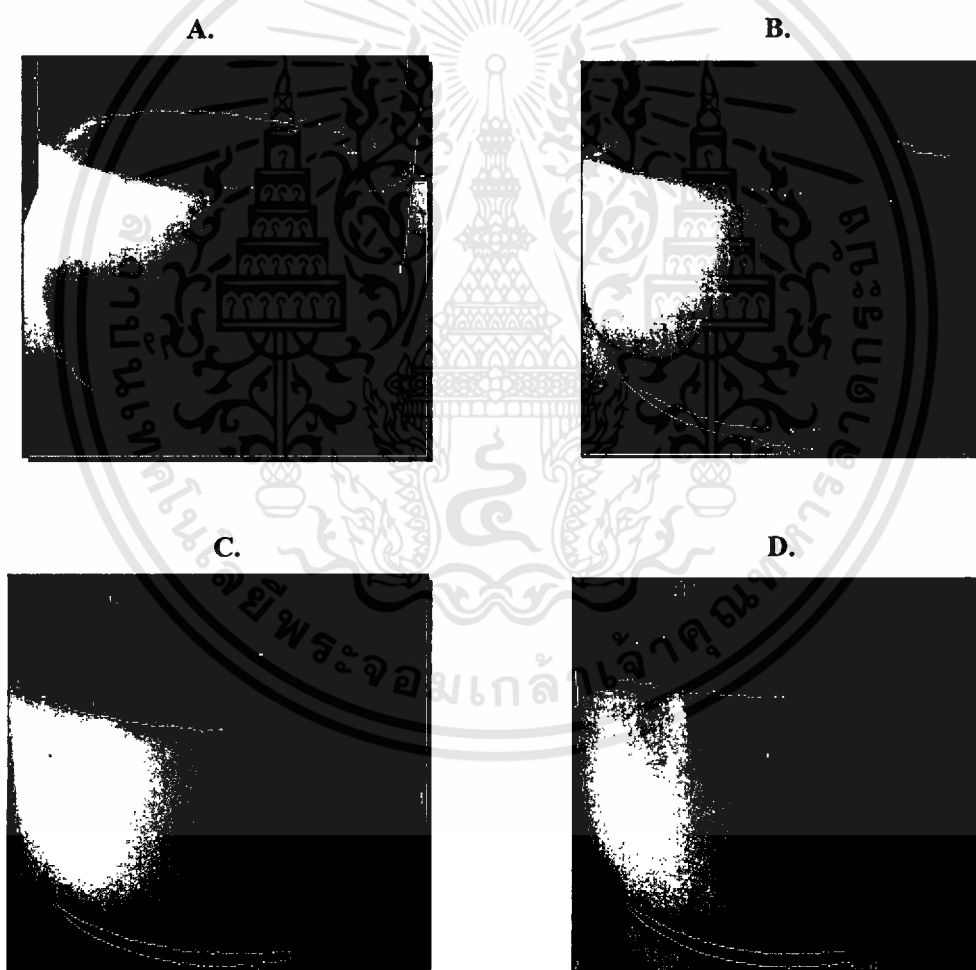
ความหนืดของอาหารเหลวมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เมื่อนำกะทิผงสำเร็จรูปมาละลายน้ำ พบว่ามีค่าความหนืดประมาณ 6.12 มิลลิปาสคาล ในขณะที่นมถั่วเหลืองที่ได้จากการใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ 4 : 1 มีค่าความหนืดเท่ากับ 2.56 มิลลิปาสคาล (ตารางที่ 4.1) การเพิ่มความหนืดของนมถั่วเหลืองให้มีค่าใกล้เคียงกับกะทิ สามารถทำได้โดยการเติมไฮโดรคอลลอยด์ อย่างไรก็ตาม จากการทดลองเบื้องต้น พบว่าถ้าต้องการเพิ่มความหนืดให้กับนมถั่วเหลืองให้มีความหนืดใกล้เคียงกับกะทิ ต้องใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณสูง ซึ่งการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณสูง มีปัญหาในด้านการละลายและความเสถียรระหว่างการเก็บรักษา แต่เมื่อนำนมถั่วเหลืองไประเหยน้ำเป็นเวลา 20 นาที ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้น พบว่าสามารถลดปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ลงได้ และพบว่าไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมเพื่อใช้เพิ่มความหนืดให้กับนมถั่วเหลืองได้แก่ คาร์ราจีแนนและของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัม ที่อัตราส่วน 3:1 เนื่องจากเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่สามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับนมถั่วเหลืองได้และไม่เกิดการแยกชั้น ส่วนโลคัสบีนิกัม และ คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส ไม่สามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันในนมถั่วเหลืองได้ และเมื่อใช้แซนแทนกัมเกิดการแยกชั้น

ตารางที่ 4.3 และ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของนมถั่วเหลืองที่ผ่านการระเหยน้ำเป็นเวลา 20 นาที เมื่อเติมคาร์ราจีแนนและของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัม ที่ความเข้มข้นต่างๆตามลำดับ ในกรณีของคาร์ราจีแนนพบว่าเมื่อปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เพิ่มขึ้น ค่าความหนืดของนมเพิ่มขึ้น เมื่อนำนมถั่วเหลืองเก็บรักษาไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เพื่อติดตามความคงตัวของนมถั่วเหลืองพบว่าความหนืดของนมถั่วเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน ด้วยคุณสมบัติของการฟอรัมเจลของคาร์ราจีแนน เมื่อเก็บรักษาไว้ในที่เย็น อาจทำให้คาร์ราจีแนนเกิดการรวมตัวกันประสานกันเป็นร่างแห ทำให้ความหนืดของนมถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้น (Yanes และคณะ, 2004) อย่างไรก็ตาม ไม่พบการแยกชั้นของนมถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.1) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของสีของนมถั่วเหลืองที่เติมคาร์ราจีแนนพบว่า ค่าความสว่างลดลงตามปริมาณความเข้มข้นของคาร์ราจีแนนที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเกิดจากสีของคาร์ราจีแนนที่มีสีคล้ำ เมื่อเติมคาร์ราจีแนนในนมถั่วเหลืองจึงส่งผลให้สีนมถั่วเหลืองมีสีคล้ำมากขึ้น และระหว่างการเก็บรักษาพบว่า นมถั่วเหลืองมีสีคล้ำเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ค่า L มีค่าลดลง สัมพันธ์กับค่า a และ ค่า b เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 4.2

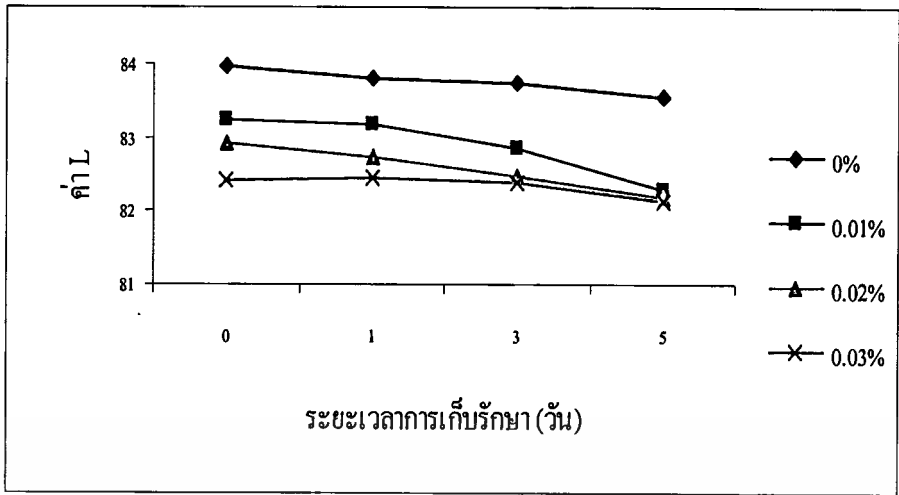
ตารางที่ 4.3 ผลของคาร์ราจีแนนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อความหนืดของนมถั่วเหลืองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

คาร์ราจีแนน (เปอร์เซ็นต์)	ความหนืด (มิลลิพาสคาล)			
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5
0	2.53 ± 0.06^a	2.44 ± 0.02^a	2.50 ± 0.03^b	2.58 ± 0.02^b
0.01	4.96 ± 0.04^a	5.08 ± 0.03^b	5.12 ± 0.02^b	5.34 ± 0.02^c
0.02	5.76 ± 0.03^a	5.86 ± 0.02^b	5.94 ± 0.07^b	6.25 ± 0.04^c
0.03	8.06 ± 0.03^a	8.27 ± 0.05^b	8.74 ± 0.05^c	9.11 ± 0.03^d

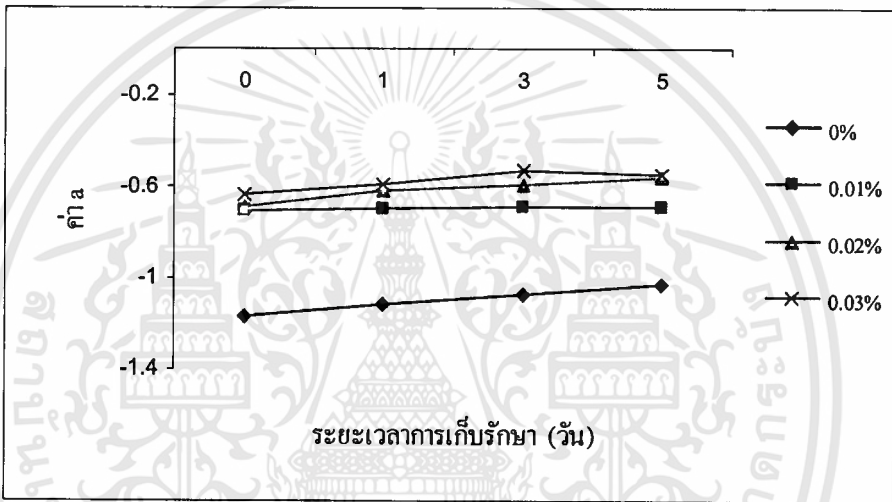
^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



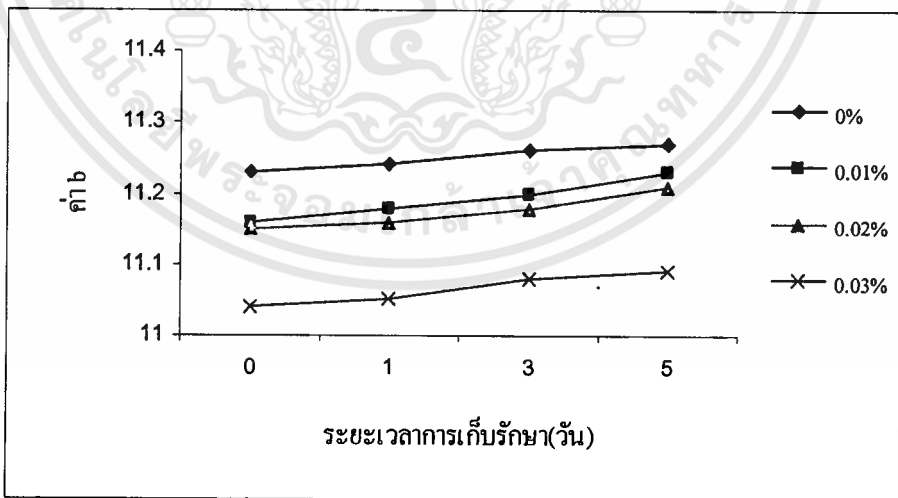
ภาพที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของนมถั่วเหลืองที่เติมคาร์ราจีแนนที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน เมื่อ A คือ 0 เปอร์เซ็นต์ B คือ 0.01 เปอร์เซ็นต์ C คือ 0.02 เปอร์เซ็นต์ และ D คือ 0.03 เปอร์เซ็นต์



A.



B.



C.

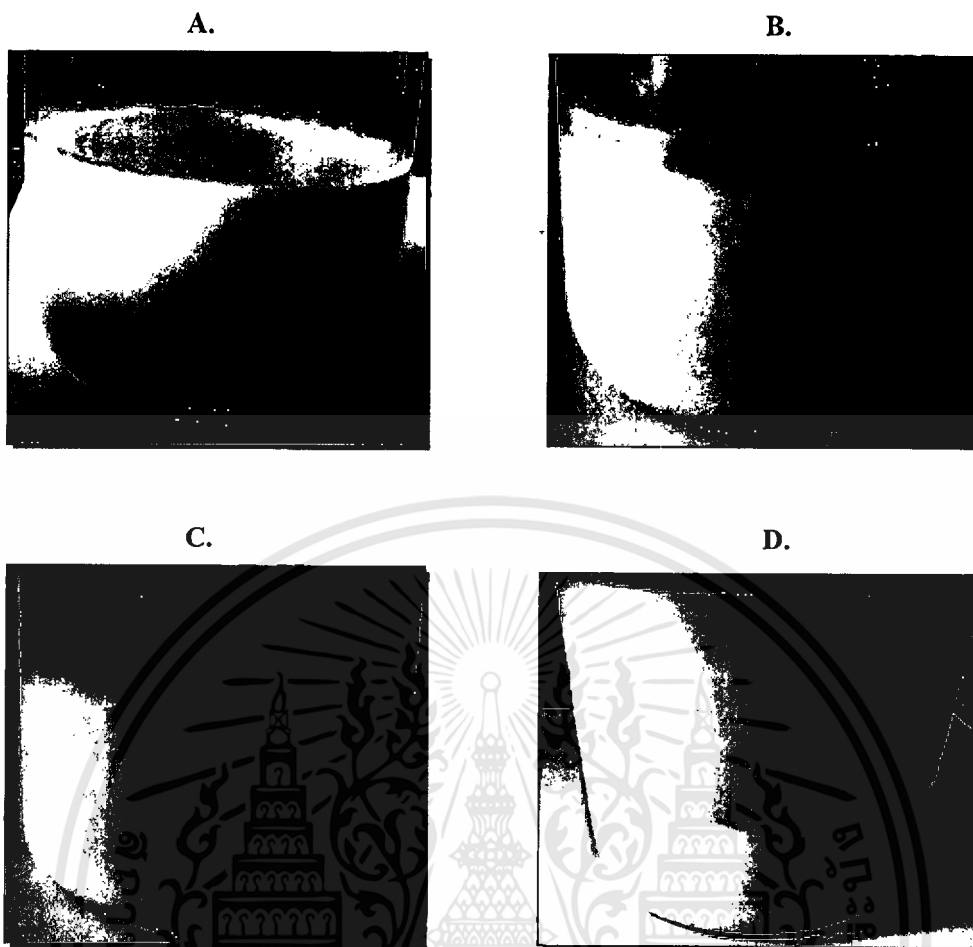
ภาพที่ 4.2 ผลของการใช้คาร์ราจีแนนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อค่าสีของนมถั่วเหลืองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ เมื่อ A คือ ค่าความสว่าง (L) B คือ ค่าสีแดง (a) และ C คือ ค่าสีเหลือง (b)

ในกรณีของของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมที่อัตราส่วน 1:3 พบว่าเมื่อปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เพิ่มขึ้นค่าความหนืดของนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการเติมคาร์ราจีแนนเมื่อนำนมถั่วเหลืองเก็บรักษาไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เพื่อติดตามความคงตัวของนมถั่วเหลือง พบว่านมถั่วเหลืองเกิดการแยกชั้น (ภาพที่ 4.3) โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน แต่เมื่อนำนมถั่วเหลืองมาเขย่าก็สามารถผสมกลับเป็นเนื้อเดียวกัน และถ้านำมาเก็บรักษาต่อพบการแยกชั้นอีกครั้ง ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความหนืดของนมถั่วเหลืองที่เติมของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัม ที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน พบว่าความหนืดของนมถั่วเหลืองที่เติมของผสมระหว่างแซนแทนกัม และกัวร์กัม มีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน สอดคล้องกับการแยกชั้นของนมถั่วเหลือง การที่นมถั่วเหลืองที่เติมของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัม มีความคงตัวน้อยกว่านมถั่วเหลืองที่เติมคาร์ราจีแนน อาจเกิดจากปริมาณที่ใช้เพื่อให้ได้ความหนืดที่ใกล้เคียงกับกะทิสูงกว่า เป็นผลให้เกิดปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างไฮโดรคอลลอยด์มากกว่า จึงทำให้นมถั่วเหลืองเกิดการแยกชั้น ค่าความหนืดของนมถั่วเหลืองจึงลดลง (Nussinovitch, 1997) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของสีระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน พบว่าค่าความสว่าง (L) ลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานมากขึ้น ส่วนค่าสีแดง (a) และค่าสีน้ำเงิน (b) มีค่าเพิ่มขึ้น (ดังภาพที่ 4.4) ซึ่งแสดงถึงสีของนมถั่วเหลืองมีสีคล้ำมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้

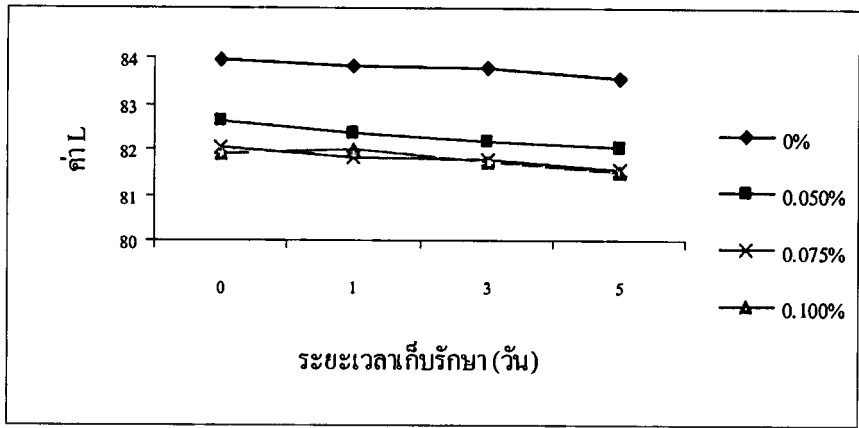
ตารางที่ 4.4 ผลของของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อความหนืดของนมถั่วเหลือง ที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

แซนแทนกัม และกัวร์กัม (เปอร์เซ็นต์)	ความหนืด (มิลลิปาสคาล)			
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5
0	2.53±0.06 ^a	2.44±0.02 ^a	2.50±0.03 ^b	2.58±0.02 ^a
0.050	6.32±0.06 ^a	6.20±0.03 ^b	6.15±0.02 ^b	6.06±0.02 ^c
0.075	7.57±0.02 ^a	7.35±0.03 ^b	7.29±0.02 ^b	7.18±0.06 ^c
0.100	8.74±0.03 ^a	8.70±0.02 ^a	8.68±0.04 ^a	8.58±0.04 ^b

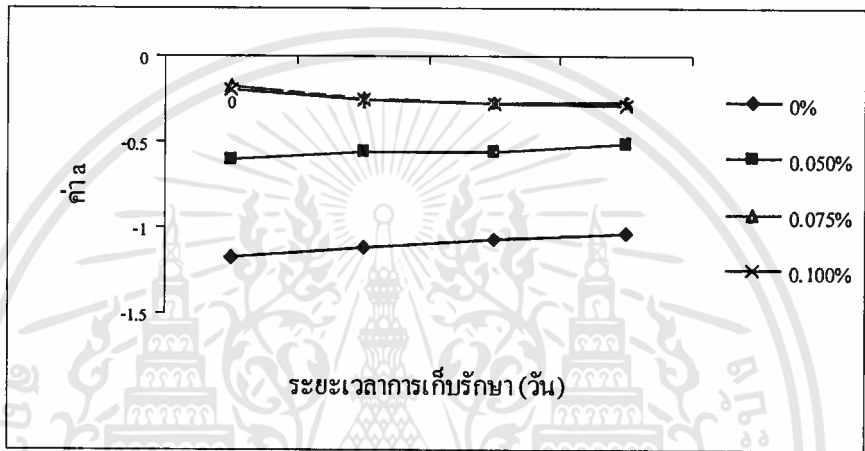
^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



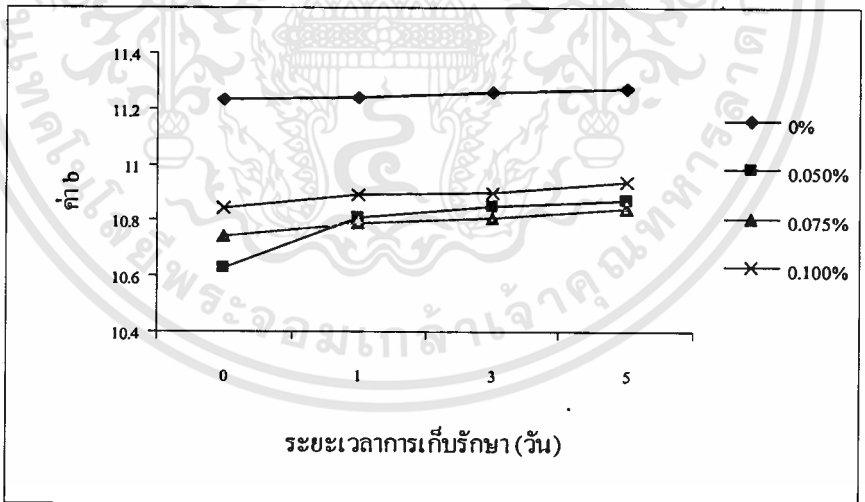
ภาพที่ 4.3 ลักษณะปรากฏของนมถั่วเหลืองที่เดิมของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน เมื่อ A คือ 0 เปอร์เซ็นต์ B คือ 0.05 เปอร์เซ็นต์ C คือ 0.075 เปอร์เซ็นต์ และ D คือ 0.10 เปอร์เซ็นต์



A.



B.



C.

ภาพที่ 4.4 ผลของการใช้ของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อค่าสีของนมถั่วเหลืองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ เมื่อ A คือ ค่าความสว่าง (L) B คือ ค่าสีแดง (a) และ C คือ ค่าสีน้ำเงิน (b)

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองตารางที่ 4.3 และ 4.4 ร่วมกับภาพที่ 4.1 – 4.4 พบว่าควรเลือกใช้คาร์ราจีแนน 0.02 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการใช้คาร์ราจีแนนไม่ทำให้นมถั่วเหลืองเกิดการแยกชั้นและเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน ความหนืดของนมถั่วเหลืองยังคงมีค่าใกล้เคียงกับกะทิ

4.3 ผลการศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองคัดแปรทดแทนกะทิในอาหารถั่วและอาหารหวาน

4.3.1 ผลการศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองคัดแปรทดแทนกะทิในแกงเขียวหวาน

ในการทดลองได้นำถั่วเหลืองคัดแปรที่ผ่านการระเหยน้ำเป็นเวลา 20 นาที และเติมคาร์ราจีแนน 0.02 เปอร์เซ็นต์ มาทดแทนกะทิ 100 เปอร์เซ็นต์ในการผลิตแกงเขียวหวานไก่ โดยได้แบ่งวิธีการปรุงเป็น 2 แบบ วิธีที่ 1 คือ ผัดพริกแกงในน้ำมันให้หอม ผัดเนื้อไก่ให้สุก เติมนมถั่วเหลืองพร้อมมะเขือและผักอื่นๆพร้อมปรุงรส ให้ความร้อนจนเดือด และวิธีที่ 2 คือ ผัดพริกแกงในน้ำมันให้หอม ผัดเนื้อไก่ให้สุก เติลมะเขือและผักต่างผัดให้เข้ากัน เติมนมถั่วเหลืองที่อุ่นให้ร้อนจัด อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส พร้อมปรุงรส ปิดเตา ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแกงเขียวหวานไก่ ที่ใช้นมถั่วเหลืองที่ได้จากการปรุงทั้งสองวิธี แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่าคะแนนความชอบในทุกด้านของแกงเขียวหวานไก่ที่ปรุงโดยวิธีที่ 2 สูงกว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ปรุงโดยวิธีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะคะแนนด้านลักษณะปรากฏ พบว่าแกงเขียวหวานที่ปรุงโดยวิธีที่ 1 ได้คะแนนความชอบเท่ากับ 4.0 ในขณะที่แกงเขียวหวานไก่ที่ได้จากการปรุงวิธีที่ 2 ได้คะแนนความชอบเท่ากับ 5.8 การที่เป็นเช่นนี้ เกิดจากการปรุงโดยวิธีที่ 1 ให้ความร้อนกับนมถั่วเหลืองนานมากกว่าวิธีที่ 2 การให้ความร้อนแก่นมถั่วเหลืองเป็นเวลานาน อาจทำให้โปรตีนถั่วเหลืองเกิดการเสียสภาพธรรมชาติเป็นเหตุให้เกิดการจับตัวกัน พบว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ได้จากการปรุงโดยวิธีที่ 1 มีคอลลอยด์เล็กๆกระจายอยู่ในแกงเขียวหวาน และเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ได้จากการใช้นมถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ปรุงโดยวิธีที่ 2 มีคะแนนความชอบในทุกด้านมากกว่า 5 คะแนน มีเพียงคะแนนด้านรสชาติที่ได้ 5.0 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ทำจากนมถั่วเหลืองคัดแปรปรุงโดยวิธีที่ 2 เป็นที่ยอมรับของผู้ชิม โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์แกงเขียวหวานทำจากนมถั่วเหลืองที่มีขั้นตอนการปรุงแตกต่างกัน

วิธีการ ปรุง	สี	ลักษณะ ปรากฏ	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบ รวม
1	4.0 ^a	4.0 ^a	3.7 ^a	3.7 ^a	4.4 ^a	4.2 ^a
2	5.6 ^b	5.8 ^b	5.05 ^b	5.1 ^b	4.95 ^a	5.2 ^b

^{a,b,c} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3.2 ผลการศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองคัดแปรทดแทนกะทิในกล้วยบวดชี

ในกรณีของอาหารหวานได้ทดลองนำนมถั่วเหลืองคัดแปรมาทำกล้วยบวดชี โดยต้มกล้วยน้ำหว่าในน้ำเดือดอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 5 นาที จากนั้นนำกล้วยที่ต้มสุกแล้วเติมในนมถั่วเหลืองที่ร้อนจัด ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เติมน้ำตาลและเกลือเพื่อปรุงรส ปิดเตา พบว่าคะแนนความชอบรวมมีค่าไม่ถึง 5 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบกับแกงเขียวหวานไก่ซึ่งมีเครื่องเทศและพริกช่วยกลบกลิ่นรสของนมถั่วเหลือง จึงทำให้แกงเขียวหวานไก่ที่ทำจากนมถั่วเหลืองเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ผู้วิจัยจึงได้ทดลองปรับลดสัดส่วนของนมถั่วเหลือง โดยการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิในการทำกล้วยบวดชีที่ระดับต่างๆคือ 100 90 80 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยบวดชีทั้ง 4 สูตร แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยบวดชีที่ใช้นมถั่วเหลืองคัดแปรทดแทนกะทิในระดับต่างๆ

นมถั่ว เหลือง (เปอร์เซ็นต์)	สี	ลักษณะ ปรากฏ	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบ รวม
100	4.70 ^a	4.65 ^a	4.00 ^a	3.75 ^a	3.70 ^a	3.75 ^a
90	5.00 ^a	5.00 ^{ab}	4.25 ^a	4.1 ^a	4.20 ^a	4.20 ^a
80	5.15 ^a	5.15 ^{ab}	5.10 ^b	5.0 ^b	5.45 ^b	5.40 ^b
70	5.20 ^a	5.35 ^b	5.50 ^b	5.8 ^b	6.05 ^b	5.90 ^b

^{a,b,c} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยบวคซีที่ใช้นมถั่วเหลืองคัดแปรรทดแทนกะทิ (ตารางที่ 4.6) พบว่าคะแนนความชอบในทุกด้านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของกะทิที่ใช้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าคะแนนความชอบในทุกด้านของกล้วยบวคซีที่ทำจากการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิ 80 และ 70 เปอร์เซ็นต์มีค่ามากกว่า 5 คะแนน และพบว่าคะแนนความชอบในทุกด้านของกล้วยบวคซีที่ทำจากการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิ 80 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่ากล้วยบวคซีที่ทำจากการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิ 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมโดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแกงเขียวหวานไก่และกล้วยบวคซีที่ใช้นมถั่วเหลืองคัดแปรรทดแทนกะทิ พบว่าในกรณีของแกงเขียวหวานไก่ที่มีเครื่องเทศและพริกเป็นส่วนประกอบ จึงสามารถใช้นมถั่วเหลืองคัดแปรรได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กล้วยบวคซีซึ่งไม่มีเครื่องเทศช่วยกลบกลิ่นรส ของนมถั่วเหลืองคัดแปรร จึงพบว่าสามารถทดแทนกะทิได้ 80 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนวรรณ บุญปั้นและคณะ (2542) พบว่าในกรณีของอาหารหวานสามารถใช้ soy / oat - 1 ได้เพียง 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกะทิ การใช้นมถั่วเหลืองคัดแปรรในอาหารหวาน อาจมีข้อจำกัดของกลิ่นถั่วที่ไม่สามารถทดแทนกะทิได้ 100 เปอร์เซ็นต์

4.4 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร

ในการทดลองได้นำนมถั่วเหลืองคัดแปรรที่เตรียมจากการนำนมถั่วเหลืองมาทำให้เข้มข้น โดยการระเหยน้ำและเติมคาร์ราจีแนน 0.02 เปอร์เซ็นต์ มาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารเปรียบเทียบกับกะทิผง ตารางที่ 4.7 แสดงถึงองค์ประกอบทางเคมีของนมถั่วเหลืองคัดแปรรและกะทิผงสำเร็จรูป ละลายน้ำตามอัตราส่วนที่ผู้ผลิตกำหนด พบว่าองค์ประกอบหลักของกะทิผงละลายน้ำ คือ น้ำและไขมัน โดยมีไขมันสูงถึง 25.43 กรัมต่อ 100 กรัม ในขณะที่นมถั่วเหลืองคัดแปรรมีไขมันเพียง 5.96 กรัม ต่อ 100 กรัม และมีปริมาณ โปรตีนสูงมากกว่ากะทิผงละลายน้ำเกือบ 5 เท่า นอกจากนี้ยังพบว่า ในนมถั่วเหลืองคัดแปรรประกอบด้วยแคลเซียม 27 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเท่ากับหนึ่งในสามของ แคลเซียมที่พบในนมวัว ในขณะที่ไม่พบแคลเซียมในกะทิผงละลายน้ำ Lui (1997) รายงานว่าในถั่วเหลืองประกอบด้วยสารไฟโตเคมีคอลในกลุ่มไอโซฟลาโวนประมาณ 2 - 4 มิลลิกรัมต่อถั่ว 1 กรัม ในเต้าหู้ 1 / 2 ถ้วยหรือในนมถั่วเหลือง 1 ถ้วย พบว่ามีปริมาณไอโซฟลาโวน 30 มิลลิกรัม ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไอโซฟลาโวนในนมถั่วเหลืองคัดแปรร พบว่าในนมถั่วเหลืองคัดแปรร ประกอบด้วยไอโซฟลาโวน 19.14 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แบ่งเป็น เจนิสทิน (genistin) 9.26 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ไดซิทิน(daidzein) 4.22 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ เจนิสเทอิน (genistein) 5.66 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองคัดแปรรูปและกะทิผงละลายน้ำ

สารอาหาร	นมถั่วเหลืองคัดแปรรูป	กะทิผงละลายน้ำ
(กรัมต่อ 100 กรัม)		
คาร์โบไฮเดรต	2.30	6.84
โปรตีน	10.28	2.21
ไขมัน	5.96	25.43
ความชื้น	82.56	64.70
เถ้า	0.32	0.69
กรดไขมันอิ่มตัว	0.08	0.13
(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)		
แคลเซียม	27	-
ไอโซฟลาโวนทั้งหมด	19.14	-
(เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)		
กรดไขมันอิ่มตัว	23.8	92.4
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	76.2	7.6

ตารางที่ 4.8 ชนิดและปริมาณไอโซฟลาโวนในนมถั่วเหลืองคัดแปรรูป

ไอโซฟลาโวน	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
Glycitin	-
Genistin	9.26
Daidzein	4.22
Glycitein	-
Genistein	5.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป

การระเหยน้ำออกด้วยเครื่องระเหยน้ำแบบสุญญากาศ ทำให้ปริมาณของแข็งของนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเวลาในการระเหยน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 30 นาที สีของนมถั่วเหลืองคล้ำขึ้นมาก พบว่า การใช้เวลาในการระเหยน้ำ 20 นาที ทำให้ได้นมถั่วเหลืองมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นเป็น 8.20 กรัม ต่อ 100 กรัม และสีของนมถั่วเหลืองยังคงเป็นสีเหลืองนวล เมื่อนำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการระเหยน้ำไปเติมไฮโดรคอลลอยด์ พบว่าการใช้คาร์ราจีแนน 0.02 เปอร์เซ็นต์ ทำให้นมถั่วเหลืองมีความหนืดใกล้เคียงกับกะทิผงละลายน้ำและไม่มีการแยกชั้นระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อนำนมถั่วเหลืองคัดแปรใช้ทดแทนกะทิในอาหารคาวและหวาน การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าแกงเขียวหวาน ไข่ที่ทำจากนมถั่วเหลืองคัดแปร มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง เครื่องเทศและพริกช่วยกลบกลิ่นของนมถั่วเหลืองคัดแปรทำให้สามารถใช้ นมถั่วเหลืองคัดแปรทดแทนกะทิได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กล้วยบวดชีที่ทำจากการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิ 80 เปอร์เซ็นต์เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองคัดแปร พบว่ามีปริมาณโปรตีนมากกว่า กะทิผงที่ละลายน้ำ แต่มีปริมาณไขมันน้อยกว่ากะทิผงละลายน้ำ 5 เท่า และกรดไขมันที่พบในกะทิ ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว (92.4 เปอร์เซ็นต์) โดยพบกรดลอริกในปริมาณ 40.6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่นมถั่วเหลืองคัดแปร ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว 76.2 เปอร์เซ็นต์และกรดไขมันอิ่มตัว 23.8 เปอร์เซ็นต์ โดยจะพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกาย คือกรดลิโนเลนิกและลิโนเลอิก ในปริมาณ 45.1 และ 6.1 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ นอกจากนี้ ในนมถั่วเหลืองคัดแปร ยังประกอบด้วยแคลเซียม 27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และไอโซฟลาโวน 19.14 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

เอกสารอ้างอิง

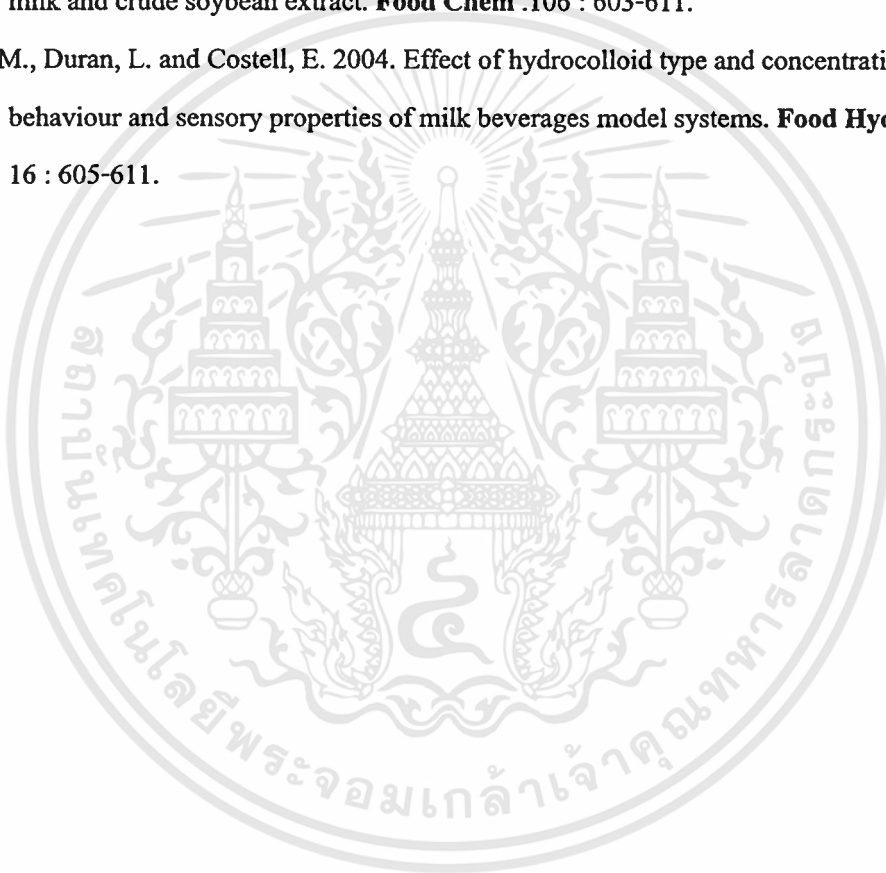
- กนกพร ลีลาโรจน์สกุล.2545. ผลของกะทิที่ผ่านความร้อนต่อคุณสมบัติของไอศกรีมกะทิ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กุลวดี ครอบพาณิชย์. 2532. อิทธิพลของสารเจือปนในอาหารและคุณลักษณะน้ำนมถั่วเหลืองที่มีต่อ ปริมาณโปรตีนและคุณลักษณะของน้ำนมถั่วเหลืองเข้มข้น. อาหาร. 19(1): 8 – 24.
- คณาจารย์จากวิทยาลัยในวัง. 2545. ตำรับอาหารไทยวิทยาลัยในวัง. พิมพ์ครั้งที่3, สำนักพิมพ์ แสงแดด.
- ชนวรรณ บุญปั้น, สายพิน มณีพันธ์, เย็นใจ จูตะฐาน, ซอัสักดา เทียงพุกและอุษา ภูคัสมาศ. 2542. การประเมินผลโดยวิธีประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทยที่ใช้ Soy/oat-1 ทดแทน กะทิ. วิทยาสารเกษตรศาสตร์. 33 : 609 – 619.
- นภาศรี ไวศยะนันท์. 2526. ผลิตภัณฑ์นม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิตดา หงษ์วิวัฒน์. 2548. อาหารหญิงวัยทอง สูตรอาหารเสริมเอสโตรเจนและสร้างสมดุลฮอร์โมน. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : แสงแดด.
- นิธยา รัตนปนนท์. 2534. คอลลอยด์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเกษตร ศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- น้ำทิพย์ วงศ์ประทีป. 2540. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อ ผลผลิตและคุณภาพของเจลจากโปรตีนถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- น้ำทิพย์ วงศ์ประทีป และ ยุพร พิษกมูทร. 2544. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของเต้าหู้หลอด ; - ตอนที่ 1. พันธุ์ของถั่ว อุณหภูมิในการแช่ถั่ว และอุณหภูมิในการฟอร์มเจล. วารสารพระ จอมเกล้าลาดกระบัง. 9(1): 18-24.
- ปาริฉัตร ใจจักรคำ. 2548. ผลของวิธีการเตรียมต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ประไพศรี ศิริจักรวาล. 2549. “รู้แล้วช่วยกัน” อาหารและน้ำ ปัจจัยสำคัญต่อความสุขที่ยั่งยืนของ คนไทย. มูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ.
- ประไพศรี ศิริจักรวาลและประไพศรี ภูวเสถียร. 2547. ถั่วเหลือง...มีดีอย่างไร. สถาบันวิจัยและ

โภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล.

- ปรีชาพร เขียวขำ. 2544. การศึกษากระบวนการผลิตและคุณสมบัติของน้ำมันถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2542. การพัฒนากะทิเปล่งไขมันบางส่วนด้วยน้ำมันพืช. วิทยาสารเกษตรศาสตร์. 33 : 444 – 451.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลือง. มอก. 1018-2533.
- อภิพรธ พุกภักดี. 2546. ถั่วเหลือง : พืชทองของไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อาณัติ นิตธิธรรมยง และ ประไพศรี ศิริจักรวาล. 2543. ถั่วเหลืองกับสุขภาพ. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Anon. 1984 . Coconut cream, raw NDB no. 12115, Nutrition Data Base, University of Minnesota, USA.
- AOAC, 2000. **Official Method of Analysis**. Association of official chemists, Washington DC.
- Arumughan, C., Balachandran, C. and Sundaresan, A. 1993. Development of a process for coconut cream on commercial scale. **J. Food Sci. Tech.** 30 : 408-412.
- Balachadran, C., Arumughan, C. and Mathew, A.G. 1985. Distribution of major chemical constituents and fatty acids in different regions coconut endosperm. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 62 : 1583 – 1586.
- Casas, J. A., Mohedano, A. F. and Garcia-Ochoa, F. 2000. Viscosity of guar gum and xanthan/guar gum mixture solutions. **J. Sci. Food Agri.** 80 : 1722-1727.
- Cruz, N., Capellas, M., Hernandez, M., Trujillo, J. A., Guamis, B. and Ferragut, V. 2007. Ultra high pressure homogenization of soymilk: Microbiological, physicochemical and microstructural characteristics. **Food Res. Int.** 40 : 725-732.
- Garg, S., Sharma P., Jayaprakashan, S.G. and Subramanian, R. 2008. Spray evaporation of liquid foods. **J. Food Sci. Tech.** 42 : 119-124.
- Graf, E. and Eaton, J.W. 1993. Suppression of colon cancer by dietary phytic acid. **Nutr. Cancer.** 19 : 11.
- Hongvaleerat , C., Cabral, M.C.L., Dornier, M., Reynes, M. and Ningsanond, S. 2008. Concentration of pineapple juice by osmotic evaporation. **J. Food Eng.** 88 : 548-552.
- Jeyalekshmy, A., C. S. Narayanan. And A. G. Mathew. 1991. Identification of volatile flavor compounds in roasted coconut. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 68 : 873-880.

- Koksoy, A. and Kilic, M. 2003. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. **Food Hydrocoll.** 18 : 593-600.
- Kumar, V., Rani, A., Tindwani, C. and Jain, M. 2003. Lipoxygenase isozymes and trypsin inhibitor activities in soybean as influenced by growing locations. **Food Chem.** 83 : 79-83.
- Kwok, K. C. Liang, H. H. and Niranjana, K. 1999. Optimizing conditions for thermal processes of soy milk. **J. Agri. Food Chem.** 50 : 4834-4838.
- Kwon, K. S., Bae, D., Park, K. H., and Rhee, K. C. 1996. Aqueous extraction and membrane techniques improve coconut protein concentrate functionality. **J. Food Sci.** 61 : 753-756.
- Liu, K. 1997. **Soybean : Chemistry, Technology and Utilization.** New York : Chapman&Hall.
- McClement, D. J. 2005. **Food emulsion: Practices and techniques.** Boca Raton : CRC Press.
- Malaki, N. A., Tosh, S., Poysa, V., Woodrow, L. and Corredig, M. 2008. Physicochemical characterization of soymilk after step - wise centrifugation. **Food Res. Int.** 41 : 286-294.
- Nindo, C. I., Tang, J., Power, J. R. and Takhar, P. S. 2007. Rheological properties of blueberry puree for processing applications. **J. Food Sci. Thec.** 40 : 292-299.
- Nussinovitch, A. 1997. **Hydrocolloid applications gum technology in the food and other industries.** London: Chapman & Hall.
- Onsaard, E., Vittayanont, M., Srigan, S. and McClements, J. D. 2006. Comparison of properties of oil-in-water emulsions stabilized by coconut cream proteins with those stabilized by whey protein isolate. **Food Res. Int.** 39 : 78-86.
- Puechkamut, Y. 2004. Effect of salts that minimized beany flavor on the gelation of soymilk. Proc. Of the 1st KMITL international Conference on Integration of Science and Technology for Sustainable Development, BKK. Thailand.
- Rackis, J. J. and Gumbmann, M. R. 1982. Protease inhibitors: physiological properties and nutrition significance. In **Antinutrients and Natural Toxicants in Foods.** (Ory, R.L., ed), New York : Food Nutrition Press. 203 p.
- Rehman, S., Nawaz, H., Ahmad, M. M., Hassain, S., Murtaza, S. and Shahid, H. 2007. Physico-chemical and Sensory Evaluation of ready to drink Soy-cow Milk Blend. **J. Nutr.** 6(3) : 283-285.

- Salunkhe, D. K., Chavan, J. K., Adsule, R.N. and Kadam, S. S. 1992. **World Oilseeds: Chemistry, Technology and Utilization**. New York: Van Nostrand Reinhold 544 p.
- Seow, C. C. and Gwee, C. N. 1997. Coconut milk: Chemistry and technology. **Int. J. Food Sci. Tech.**32(3) : 189-201.
- Sung, M-K., Kendall, C.W.C., Koo, M. M., and Rao, A.V. 1995. Effect of soybean saponins and glycyphilla saponin on growth and viability of colon carcinoma cells in culture. **Nutr. Cancer** 23 : 259-260.
- Wang, R., Zhou, X. and Chen, Z. 2007. High pressure inactivation of lipoxygenase in soy milk and crude soybean extract. **Food Chem** .106 : 603-611.
- Yanes, M., Duran, L. and Costell, E. 2004. Effect of hydrocolloid type and concentration on flow behaviour and sensory properties of milk beverages model systems. **Food Hydrocoll.** 16 : 605-611.





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพของนมถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter

วิธีวิเคราะห์

1. กด cal ที่เครื่องจนกระทั่งขึ้น Ct1
2. จุ่ม probe ลงใน pH 7 กด Enter รอจนกระทั่ง Ct2 ปรากฏ
3. ล้างหัว probe ด้วยน้ำกลั่น ซับด้วยกระดาษทิชชู
4. จุ่ม probe ลงใน pH4 กด Enter รอจนปรากฏค่า slope ในช่วง 56-62 (ค่าติดลบ)
5. ล้างหัว probe ด้วยน้ำกลั่น ซับด้วยกระดาษทิชชู
6. จุ่ม probe ลงในนมถั่วเหลือง กด Enter 2 ครั้ง จะปรากฏค่า pH ของตัวอย่าง

หมายเหตุ

- pH buffer ต้องมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง
- ในขั้นตอนที่ 2 จะใช้เวลาไม่เกิน 10-15 นาที ถ้าเกินให้ปิดเครื่องและทำการ calibration ใหม่อีกครั้ง
- ถ้าไม่ขึ้น Ct2 แต่ขึ้น Et3 ให้ปิดเครื่องและทำการ calibration ใหม่ ถ้ายังไม่ได้ให้เปลี่ยน pH buffer ที่ใช้



ภาพที่ ก1 เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH meter)

2. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดด้วยการอบแห้ง อุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้องระเหยน้ำ
2. ตู้อบลมร้อน
3. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
4. โถคู่ความชื้น
5. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด

วิธีการ

1. เตาด้วยกระเบื้องที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง
คงที่
2. ชั่งนมถั่วเหลือง 5-20 กรัม ในถ้วยกระเบื้อง
3. ระเหยน้ำด้วย อ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียสปล่อยให้ น้ำระเหยจนแห้ง
เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง
4. ปล่อยให้เย็นในเคสติกเคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก
5. นำซามระเหยไปอบแห้งที่ 103 - 105 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เย็นในเคสติกเคเตอร์ และ
ชั่ง น้ำหนักอีกครั้ง ทำจนได้น้ำหนักที่คงที่

การคำนวณ

$$TS = \{ (A - B) / C \} * (100)$$

เมื่อ TS = ปริมาณของแข็งทั้งหมด (กรัม/100กรัม)

A = น้ำหนักของตัวอย่างและซามระเหย, กรัม

B = น้ำหนักของซามระเหย, มิลลิกรัม

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้, กรัม

3. การวิเคราะห์หาของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

อุปกรณ์

1. รีแฟรกโตมิเตอร์ (Refractometer N-1E)
2. น้ำกลั่น

วิธีวิเคราะห์

1. หยคน้ำกลั่นลงปริซึม อ่านค่าจากสเกล ต้องได้ 0
2. เช็ดน้ำบนปริซึมให้แห้ง
3. คนตัวอย่างนมถั่วเหลืองให้เข้ากัน หยดตัวอย่างลงบนปริซึม อ่านค่าจากสเกล
4. ทำความสะอาดปริซึม ด้วยน้ำกลั่นและเช็ดให้แห้ง

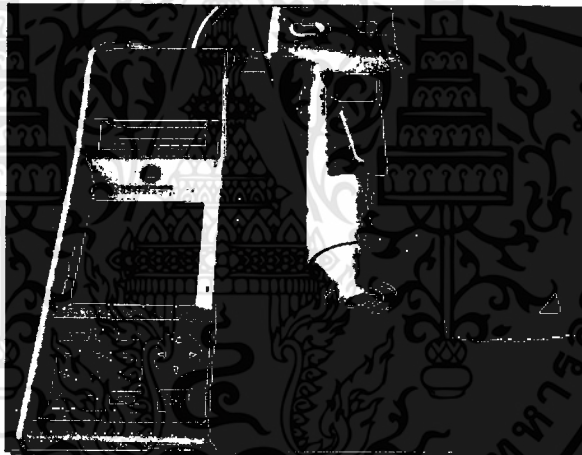


ภาพที่ ก2 รีแฟรกโตมิเตอร์

4. การวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR400

วิธีวิเคราะห์

1. ต่อปลั๊กไฟเข้าด้านหลังเครื่องตรงช่อง DC
2. เปิด power ไปที่ ON
3. วางปลายหัววัดให้แนบกับผิวหน้าของ calibration plate (แผ่นกระเบื้องสีขาว)
4. กดปุ่ม CALIBRATE อย่ายกหัวออกจนกว่าการวัดจะเสร็จสิ้น (ระหว่างการวัดค่า จะมีข้อความ CARIBRATION บนหน้าจอ)
5. ใส่ตัวอย่างนมถั่วเหลืองในภาชนะให้เต็ม ในปริมาตร 150 มิลลิลิตร หุ้มด้วยพลาสติกยึดห่ออาหาร ให้พลาสติกแนบชิดกับผิวตัวอย่าง
6. วางปลายหัววัดให้แนบชิดกับกับตัวอย่างที่ห่อพลาสติกไว้ และทำการตรวจวัดโดยกดปุ่มวัด



ภาพที่ ๓3 เครื่องวัดสี Minolta CR400

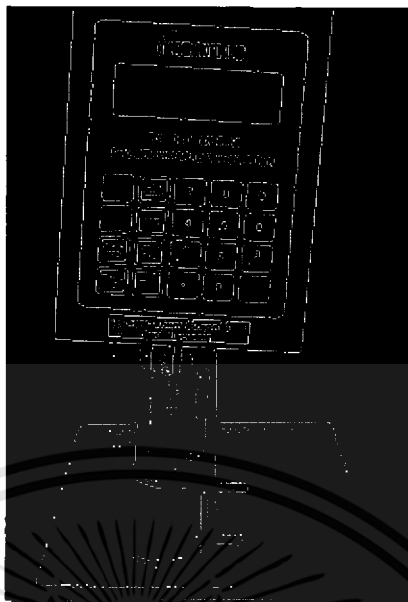
5. การวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Digital Rheometer

อุปกรณ์

1. ปีเปิด
2. หัววัดเบอร์ SC4-18
3. Chamber SC4-13R
4. ชุด small sample adapter
5. Cooling bath

วิธีวิเคราะห์

1. เช็กระดับลูกน้ำ ปรับระดับลูกน้ำให้อยู่ที่จุดกึ่งกลางของกรอบและเปิด Power switch ด้านหลังตัวฐานเครื่อง
2. กดปุ่ม Motor on / off เครื่องจะทำการปรับศูนย์อัตโนมัติ เมื่อหน้าจอขึ้น Auto zero is complete กด next
3. ผสมตัวอย่างนมถั่วเหลืองให้เข้ากัน ปีเปิดตัวอย่างนมถั่วเหลืองมา 8 มิลลิลิตร ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ ใส่ใน chamber ซึ่งติดตั้งเข้ากับชุด small adapter ควบคุมอุณหภูมิตลอดการวิเคราะห์ที่ 25 องศาเซลเซียสด้วย cooling bath
4. ใส่หัววัดเบอร์ SC4-18 และจุ่มหัววัดในตัวอย่าง
5. กด Select SPDL เพื่อเลือกรหัสหัววัด (คือ 18) และกด Select SPDL อีกครั้งเพื่อตอบตกลง
6. ใส่ตัวเลขที่ความเร็วรอบ 200 rpm อ่านค่าความหนืดของตัวอย่างเป็นมิลลิปาสคาล



ภาพที่ ก4 เครื่องมือวัดความหนืด Brookfield Rheometer รุ่น DV-III Ultra



ภาพที่ ก5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดคือ หัววัดเบอร์ SC4-18 และ chamber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (7 - point hedonic scale)

ผลิตภัณฑ์ แกงเขียวหวานไก่เพื่อสุขภาพ

ผู้ทดสอบ _____ วันที่ _____

ท่านเต็มใจซื้อหรือไม่ _____

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่าง แกงเขียวหวานไก่เพื่อสุขภาพ โดยพิจารณาคุณลักษณะต่างๆ ตามที่กำหนดไว้และให้คะแนนความชอบตามคำอธิบายด้านล่างให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบปานกลาง

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

4 = เฉยๆ

5 = ชอบเล็กน้อย

6 = ชอบปานกลาง

7 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง		
สี		
ลักษณะปรากฏ		
กลิ่น		
เนื้อสัมผัส		
รสชาติ		
ความชอบโดยรวม		

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (7 - point hedonic scale)

ผลิตภัณฑ์ กล้วยบวชชีเพื่อสุขภาพ

ผู้ทดสอบ _____ วันที่ _____

ท่านดื่มนมแล้วเหลืองหรือไม่ _____

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่าง กล้วยบวชชีเพื่อสุขภาพ โดยพิจารณาคุณลักษณะต่างๆตามที่กำหนดไว้และให้คะแนนความชอบตามคำอธิบายด้านล่างให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบปานกลาง

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

4 = เฉยๆ

5 = ชอบเล็กน้อย

6 = ชอบปานกลาง

7 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง		
สี		
ลักษณะปรากฏ		
กลิ่น		
เนื้อสัมผัส		
รสชาติ		
ความชอบโดยรวม		

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวน้ำทิพย์ ตาทิพย์

เกิด 23 มกราคม 2524

ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

คณะทรัพยากรธรรมชาติ อุดสาหกรรมเกษตร สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร

ประสบการณ์การทำงาน

1. บริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ เบทาโกร โพรเซ่นส์ ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด
2. บริษัท Itex Foods International



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้