



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เลียนแบบกะทิพาสเจอร์ไรส์โดยใช้น้ำนมถั่วเหลือง
Formulation of imitation pasteurized coconut milk using soybean milk

นางสาวจิราภรณ์ สิริสัมพันธ์
ผศ.ดร.ยุพร พิษกมฺุร

RCH
๙535๓
2552

สาขา.....
เลขทะเบียน.....138007
ในเดือนปี.....- 8 ก.ย. 2๖๖8

12^๗04106
b.....
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2552
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Formulation of imitation pasteurized coconut milk using soybean milk

MissJiraporn Sirison and Asst.Prof.Yuporn Puechkamut

Faculty of Agro-Industry King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Department

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 form 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

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 สมมุติฐานงานวิจัย.....	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม.....	4
2.1 กะทิ.....	4
2.2 กรดไขมัน (Fatty Acids).....	6
2.3 ถั่วเหลือง.....	7
2.4 นมถั่วเหลือง.....	10
2.5 การทำให้เข้มข้นด้วยการระเหย.....	13
2.6 สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids).....	13
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษากะทิตัดแปร.....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	17
3.1 วัตถุประสงค์.....	17
3.2 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต.....	17
3.3 อุปกรณ์ในการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง.....	17
3.4 อุปกรณ์ในการทำให้เข้มข้นด้วยการระเหย.....	17
3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 อุปกรณ์การทดสอบทางประสาทสัมผัส.....	18
3.7 สถานที่ดำเนินงาน.....	18
3.8 วิธีดำเนินการ.....	18
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	22
4.1 ผลของการระเหยน้ำต่อคุณลักษณะของนมถั่วเหลือง.....	22
4.2 ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณลักษณะของนมถั่วเหลือง.....	23
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร.....	30
4.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของนมถั่วเหลืองดัดแปร.....	32
4.5 ผลการศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองดัดแปรทดแทนกะทิในอาหารคาวและอาหารหวาน.....	32
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	35
บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย.....	36
เอกสารอ้างอิง.....	37
ภาคผนวก.....	40
ภาคผนวก ก เอกสารหลักฐานอ้างอิงของผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย.....	41
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพของนมถั่วเหลือง.....	49
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส.....	56
ภาคผนวก ง สรุปการใช้จ่ายเงิน.....	59
ประวัตินักวิจัย.....	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของกะทิที่ไม่มีการเจือจางด้วยน้ำ.....	5
2.2 คาร์โบไฮเดรตที่พบในเนื้อมะพร้าว.....	5
2.3 กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของอัลบูมินและกลอบูลินที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวปราศจากไขมัน.....	6
2.4 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง.....	8
2.5 เปรียบเทียบอัตราส่วนของถั่วและน้ำที่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดและโปรตีน.....	12
3.1 สูตรการผลิตแกงเขียวหวาน.....	21
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของนมถั่วเหลืองหลังการระเหยน้ำที่เวลาแตกต่างกัน.....	23
4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสีของนมถั่วเหลืองหลังการระเหยน้ำที่เวลาแตกต่างกัน.....	23
4.3 ผลของคาร์ราจีแนนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อความหนืดของนมถั่วเหลืองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ.....	24
4.4 ผลของของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อความหนืดของนมถั่วเหลืองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ.....	27
4.5 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองดัดแปรและกะทิผงละลายน้ำ.....	30
4.6 ชนิดและปริมาณไอโซฟลาโวนในนมถั่วเหลืองดัดแปร.....	31
4.7 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในนมถั่วเหลืองดัดแปรและกะทิผงละลายน้ำ.....	31
4.8 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของนมถั่วเหลืองดัดแปรเลียนแบบกะทิพาสเจอร์ไรส์ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ 0 3 และ 5 วัน.....	32
4.9 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์แกงเขียวหวานทำจากนมถั่วเหลืองที่มีขั้นตอนการปรุงแตกต่างกัน.....	33
4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยบัวดซีที่ใช้นมถั่วเหลืองดัดแปรทดแทนกะทิในระดับต่างๆ.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 แผนภาพขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง.....	18
4.1 ลักษณะปรากฏของนมถั่วเหลืองที่เติมคาร์ราจีแน่นที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน.....	25
4.2 ผลของการใช้คาร์ราจีแน่นที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อค่าสีของนมถั่วเหลืองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ.....	26
4.3 ลักษณะปรากฏของนมถั่วเหลืองที่เติมของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน.....	28
4.4 ผลของการใช้ของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อค่าสีของนมถั่วเหลืองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ.....	29
ข1 เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter).....	50
ข1 รีแฟรกโตมิเตอร์.....	52
ข3 เครื่องสัตสี Minolta CR400.....	53
ข4 เครื่องมือวัดความหนืด Brookfield Rheometer รุ่น DV-111 Ultra.....	55
ข5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดคือ หัววัดเบอร์ SC4-18 และ Chamber.....	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กะทิเป็นส่วนผสมที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารและเป็นเอกลักษณ์ของอาหารไทยหลายอย่างทั้งอาหารคาวและหวาน เช่น แกงเขียวหวาน ท่อหมก แกงเผ็ด กล้วยบัวต๋อซี ลอดช่อง ตะโก้ เป็นต้น นอกจากนี้ประเทศไทยแล้วยังมีประเทศอื่นๆในกลุ่มภูมิภาคเอเชียที่นิยมนำกะทิใช้ในการประกอบอาหาร แต่ได้มีการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านพบว่า กะทิซึ่งได้มาจากการบีบคั้นน้ำจากเนื้อมะพร้าว นั้น มีส่วนประกอบของน้ำมันมะพร้าวที่มีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูง กรดไขมันอิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย หากผู้บริโภคมีพฤติกรรมการบริโภคที่ไม่เหมาะสม บริโภคอาหารฟุ่มเฟือยมากเกินไปเกินความต้องการของร่างกาย ก่อให้เกิดภาวะโรคต่างๆ เช่น โรคอ้วน ระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง โรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น (ธนวรรณ บุญปิ่น และคณะ, 2542) ดังนั้นการพัฒนาตัดแปรกะทิเพื่อโภชนาการที่ดีจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ ในท้องตลาดกะทิตัดแปรได้จากการใช้น้ำมันพืชที่มีประโยชน์ทดแทนน้ำมันมะพร้าวในกะทิในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นกับผู้ประกอบการผสมกับสารเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เช่น โพรตีน อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำมันในกะทิตัดแปรตามท้องตลาดยังคงมีปริมาณสูงมาก (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2542)

นมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้เป็นเครื่องดื่มที่รู้จักและบริโภคกันอย่างแพร่หลายพบได้ตามท้องตลาดทั่วไปและสามารถทำเพื่อบริโภคในครัวเรือนได้ไม่ยาก องค์ประกอบในนมถั่วเหลืองที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ โพรตีน 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 ถ้วยหรือในนมถั่วเหลือง 1 ถ้วย พบว่ามีปริมาณไอโซฟลาโวน 30 มิลลิกรัม (Lui, 1997) ด้วยคุณประโยชน์ที่มีมากในนมถั่วเหลือง จึงมีผู้บริโภคหันมาสนใจบริโภคมากขึ้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำนมถั่วเหลืองไปใช้ทดแทนกะทิในการประกอบอาหาร แต่ยังคงพบว่ามีปัญหาในการประกอบอาหารด้วยลักษณะของนมถั่วเหลืองมีความแตกต่างจากกะทิหลายประการทั้งกลิ่นถั่วในนมถั่วเหลือง ความหนืดนมถั่วเหลืองมีค่าต่ำกว่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาพัฒนาลักษณะของนมถั่วเหลืองให้สามารถใช้ทดแทนกะทิในการประกอบอาหารและสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อพัฒนาไปสู่การผลิตและจำหน่ายเชิงพาณิชย์ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาผลของการระเหยน้ำต่อคุณภาพของนมถั่วเหลือง
2. ศึกษาชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มความหนืดของนมถั่วเหลือง
3. ศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรทดแทนกะทิในอาหารคาวและอาหารหวาน
4. ศึกษาคุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองตัดแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทดแทนกะทิสำเร็จรูปชนิดพาสเจอร์ไรส์โดยใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบหลักและทำการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีโดยใช้วัตถุเจือปนอาหารและส่วนผสมอื่นที่จำเป็น โดยใช้วัตถุเจือปนอาหารและส่วนผสมอื่นที่จำเป็น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น ณ วันที่ผลิตและที่เก็บรักษาไว้ และเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการประกอบอาหารได้จริงจึงทำการศึกษาการนำผลิตภัณฑ์ทดแทนกะทิสำเร็จรูปชนิดพาสเจอร์ไรส์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ผลิตอาหารที่ปกติจะใช้กะทิเป็นส่วนประกอบหลัก โดยประเมินผลการนำไปใช้ในการประกอบอาหารจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาวิธีผลิตนมถั่วเหลืองเพื่อเลียนแบบกะทิพาสเจอร์ไรส์
2. ศึกษาชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ผลิตนมถั่วเหลืองเพื่อเลียนแบบกะทิพาสเจอร์ไรส์
3. ศึกษาคุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองดัดแปรเพื่อเลียนแบบกะทิพาสเจอร์ไรส์
4. ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของนมถั่วเหลืองดัดแปรเพื่อเลียนแบบกะทิพาสเจอร์ไรส์
5. ศึกษาการใช้น้ำมันถั่วเหลืองดัดแปรเลียนแบบกะทิพาสเจอร์ไรส์ในการทำอาหารคาวและอาหารหวานที่มีกะทิเป็นส่วนประกอบหลัก
6. ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของอาหารคาวและอาหารหวานที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองดัดแปรเลียนแบบกะทิพาสเจอร์ไรส์เป็นส่วนผสม

1.5 สมมติฐานงานวิจัย

การปรับสภาวะการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองโดยใช้สัดส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำเป็น 1 ต่อ 4 สามารถเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดให้อยู่ในเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปได้ และการปรับปรุงคุณลักษณะทางกายภาพของถั่วเหลืองที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที โดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นส่วนผสมของแซนแทนกัมและกัวร์กัมสามารถช่วยเพิ่มความหนืดให้ได้ใกล้เคียงกับความหนืดของผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปและรักษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 7 วัน จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องชนิดดัดแปลงสัดส่วนของกรดไขมันโดยใช้น้ำมันรำข้าวและน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหวานไทยสูตรทดแทนกะทิโดยใช้ไขมันพืชและเลซิติน ดังนั้นจึงน่าจะมีความเป็นไปได้ที่จะทำการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ทดแทนกะทิสำเร็จรูปแบบพาสเจอร์ไรส์โดยใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบหลัก และปรับปรุงคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีด้วยวัตถุเจือปนอาหารและส่วนผสมอื่นเช่น ไขมันพืช ทั้งนี้เพื่อให้มีผลิตภัณฑ์ทดแทนกะทิสำเร็จรูปเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ห่วงใยสุขภาพ และผู้ที่จำเป็นต้องจำกัดปริมาณการบริโภคไขมัน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์ทดแทนกะทิในเชิงการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพแก่ผู้บริโภค
3. เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 กะทิ

กะทิเป็นของเหลวที่ได้จากการล้างสกัดไขมัน โปรตีนและน้ำ จากเนื้อมะพร้าวขูด โดยกะทิอยู่ในรูปอิมัลชัน ชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion ; O/W) ซึ่งเป็นลักษณะของหยดน้ำมันกระจายอยู่ในสารละลายน้ำและล้อมรอบหรือห่อหุ้มด้วยโปรตีน (Seow and Gwee, 1997) คุณลักษณะทางอิมัลชันของกะทิพบว่าไม่มีความเสถียรต่อระยะเวลาและความร้อน โดยเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำและน้ำมัน เช่น เกิดครีมมะพร้าวเกิดการรวมตัวของไขมัน ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (McClement, 2005) มะพร้าวจัดอยู่ในพืชตระกูลปาล์ม มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. ประเทศไทยมีดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกมะพร้าวเป็นอย่างดี จึงสามารถปลูกมะพร้าวได้ทั่วทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะภาคใต้ มะพร้าวเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์นานัปการ ใช้บริโภคเป็นอาหารโดยตรงในรูปผลอ่อนและคั้นกะทิจากผลแก่เพื่อนำไปประกอบอาหารคาวหวานได้มากมายในด้านอุตสาหกรรมนั้นมีการใช้มะพร้าวแห้งเพื่อนำมาสกัดน้ำมันมะพร้าว ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่น ๆ เพื่อการอุปโภคและบริโภค 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 เนื้อมะพร้าวที่ได้นำมาล้างน้ำแล้วขูดด้วยเครื่องจักร Arumughan และคณะ (1993) กล่าวว่า การล้างเนื้อมะพร้าวด้วยน้ำที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้น 100 ส่วนในล้านส่วน ตามด้วยการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปส (lipase) ได้ การคั้นกะทิในระดับครัวเรือนจะบีบเนื้อมะพร้าวที่ห่อด้วยผ้าขาวบางด้วยมือ เพื่อแยกเอาส่วนกะทิออกมา 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของกะทิที่ไม่มีการเจือจางด้วยน้ำ

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	53.9
ไขมัน	34.7
โปรตีน (N x6.25)	3.6
เถ้า	1.2
คาร์โบไฮเดรต	6.6

ที่มา : Anon. (1984)

คาร์โบไฮเดรตที่พบมากในเนื้อมะพร้าว คือ น้ำตาลซูโครสและสตาร์ช ดังตารางที่ 2.2 แร่ธาตุหลักที่พบในกะทิ คือ ฟอสฟอรัส แคลเซียมและโปแตสเซียม กะทิที่คั้นได้ใหม่ๆมีวิตามินบีและวิตามินซีอยู่ในปริมาณเล็กน้อย (Seow and Gwee, 1997)

ตารางที่ 2.2 คาร์โบไฮเดรตที่พบในเนื้อมะพร้าว

คาร์โบไฮเดรต	ปริมาณ (กรัม/100กรัม 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) และกลอบูลิน (globulin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีปริมาณมากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ในแอนโดสเปิร์มของมะพร้าวปริมาณของโปรตีนในน้ำที่ได้จากการการบีบคั้นเนื้อมะพร้าวอยู่ในช่วง 3.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ดังตารางที่ 2.1 โดยประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนละลายอยู่ในเฟสที่เป็นน้ำ ส่วนโปรตีนที่ไม่ละลายจะแสดงสมบัติเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ซึ่งอยู่ล้อมรอบอนุภาคไขมัน จากการทำ Differential Scanning Calorimetry (DSC) โดย Kwon และคณะ (1996) พบว่า โปรตีนในกะทิมีอุณหภูมิในการเสียสภาพ (denature temperature) 2 อุณหภูมิ คือ 92 องศาเซลเซียสเป็นการเสียสภาพของอัลบูมินและกลอบูลินบางส่วน และที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นการเสียสภาพของกลอบูลิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงถึงกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของอัลบูมินและกลอบูลินในโปรตีนของเนื้อมะพร้าวปราศจากไขมัน (defatted coconut meal) โดยทั่วไปโปรตีนเหล่านี้พบ กลูตามิก อาร์จินิกและแอสพาร์ติก ในปริมาณสูง แต่มีเมทไทโอนีนในปริมาณต่ำมาก ซึ่งถือเป็น limiting amino acid

ตารางที่ 2.3 กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของอัลบูมินและกลอบูลินที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวปราศจากไขมัน (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 สำหรับไขมันและน้ำมันแต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่ประกอบกันเป็นไขมันและน้ำมัน กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลของไขมัน มักเป็นกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งตรงกันข้ามกับน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลเป็นส่วนใหญ่

2.2.1 กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (Saturated fatty acid)

กรดไขมันชนิดอิ่มตัวมีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n}O_2$ เป็นกรดไขมันที่พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด จึงไม่สามารถรับไฮโดรเจนอะตอมได้อีก กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยที่สุดคือ กรดบิวทริก (คาร์บอน 4 อะตอม) เป็นกรดไขมันที่ละลายได้ดีในน้ำและระเหยได้ง่าย กรดไขมันที่มี

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

2.2.2 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid)

กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลบางตำแหน่ง การที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลทำให้สามารถเติมไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้อีก กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว มีคุณสมบัติเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติและช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด พบได้ในไขมันที่มาจากพืชและเมล็ดพืชต่างๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันมะกอก เป็นต้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวแบ่งออกได้เป็น (ประไพศรี ศิริจักรวาล, 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) ซึ่งมีสมบัติดีพอใช้ คือ หากรับประทานกรดไขมันชนิดนี้ในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ แต่ถ้าร่างกายได้รับมากเกินไปจะมีผลทำให้ระดับไขมันตัวดี (HDL cholesterol) ในเลือดลดลงด้วย นอกจากนี้ น้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดนี้สูงจะมีข้อเสียคือจะหืนง่าย กรดไขมันประเภทนี้พบได้ในน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (66 เปอร์เซ็นต์) น้ำมันถั่วเหลือง (63 เปอร์เซ็นต์) น้ำมันข้าวโพด (61 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณไขมันที่แนะนำให้บริโภคควรเป็นสัดส่วนไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมด สำหรับข้อปฏิบัติการกินอาหารเพื่อสุขภาพที่ดีของคนไทยแนะนำให้ไว้ในช่วง 20 – 25 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเราได้ไขมันที่แทรกในอาหารธรรมชาติ เช่น เนื้อสัตว์ ไข่ ถั่วเมล็ดแห้ง ดังนั้นจึงควรมีการจำกัดปริมาณน้ำมันในการปรุงอาหารผัดทอด สำหรับผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 1,600 มะพร้าวที่อ่อนกว่ามี C6 – C10 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 (อภิพรธน พุกภักดี, 2546)

2.3.1 องค์ประกอบสำคัญของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันที่สำคัญของมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เส้นใยและเถ้า (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.4 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 คือไลซีนใช้ประโยชน์ในการเสริมโปรตีนในธัญชาติที่มีไลซีนต่ำ เช่น ข้าวโพด ส่วนกรดอะมิโนจำเป็นที่ขาดแคลนในโปรตีนถั่วเหลืองได้แก่ เมทไธโอนีน ถั่วเหลืองเมล็ดแห้งมีโปรตีนอยู่ประมาณ 34 – 40 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นประเภทกลูบูลิน ซึ่งมีสมบัติ คือ ไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายได้ในกรณีที่เติมเกลือของโซเดียม 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 10 เปอร์เซ็นต์ ของทั้งหมดได้แก่ น้ำตาลต่างๆ เช่น ซูโครส ราฟิโนส สตาซิโอส ส่วนที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส

4) แร่ธาตุและวิตามิน ในถั่วเหลืองมีวิตามินที่ละลายน้ำ ได้แก่ ไทอะมีนไพรีดอกซิน และกรดโฟลิก จัดว่าเป็นแหล่งของวิตามินบีรวมค่อนข้างสูงกว่าวิตามินอื่นๆ แต่ปริมาณวิตามินเหล่านี้จะลดลง ถ้าได้รับความร้อนสูง และมีวิตามินอีซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแอนตีออกซิแดนซ์

5) สารไฟโตเคมีคอล (Phytochemical) เป็นสารที่สังเคราะห์จากพืช ซึ่งพบได้ในถั่วเหลือง มีประโยชน์ต่อสุขภาพและเป็นที่น่าสนใจอยู่ปัจจุบัน ได้แก่ (ประไพศรี ศิริจักรวาล และประภาศรี ภูวเสถียร, 2547)

ก. ไอโซฟลาโวน หรือบางที่เรียกว่า เอสโตรเจนของพืช (ไฟโตเอสโตรเจน) เป็นสารประกอบฟีนอลิก ที่ช่วยทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากการเผาผลาญอาหารที่บริโภคเข้าไป อันเกิดจากปฏิกิริยาเคมีในร่างกายตามธรรมชาติ หากอนุมูลเหล่านี้ไม่ถูกกำจัดจะมีผลไปทำลาย เปลี่ยนแปลงหรือก่อผลเสียอื่นๆแก่เซลล์ต่างๆในร่างกาย ผู้บริโภคถั่วเหลืองเป็นประจำจึงสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งได้ อีกนัยหนึ่งไอโซฟลาโวน มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศหญิงแต่มีฤทธิ์อ่อนกว่า ไอโซฟลาโวนเหล่านี้มีผลต่อการลดอุบัติการณ์ของมะเร็งเต้านม โรคหัวใจ โรคหลอดเลือด โรคกระดูกพรุนและลดอาการของหญิงวัยหมดประจำเดือน กล่าวว่าการทำงานของไฟโตเอสโตรเจน สามารถปรับไปตามระดับเอสโตรเจนในร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากอยู่ในช่วงประจำเดือนมากปกติ ซึ่งร่างกายยังผลิตเอสโตรเจนได้มาก ไฟโตเอสโตรเจนจะทำหน้าที่ต้านเอสโตรเจนในร่างกาย โดยไปจับที่เซลล์แล้วกันไม่ให้เอสโตรเจนชนิดแรง คือ เอสทราดีออล (estradiol) และเอสโตรน (estron) เข้ามาจับแล้วขับมันออกไปทางปัสสาวะ เท่ากับลดระดับเอสโตรเจนแรงในกระแสโลหิตลง แต่ถ้าเป็นช่วงวัยหมดประจำเดือน ซึ่งร่างกายผลิตเอสโตรเจนเองน้อย ไฟโตเอสโตรเจนจะจับเข้าที่เซลล์แล้วทำหน้าที่แทนเอสโตรเจนในร่างกายช่วยบรรเทาอาการหมดประจำเดือน (นิดดา หงส์วิวัฒน์, 2548)

ไอโซฟลาโวนที่พบในเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณ 2 - 4 มิลลิกรัมต่อเมล็ดถั่วเหลือง 1 กรัม ไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองประกอบด้วยสาร 2 ชนิด เจนิสทิน (genistein) และไดเซน (daidzein) มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนอ่อนๆ ช่วยป้องกันการเสื่อมสลายของกระดูกพบว่าหญิงที่บริโภคอาหารจากถั่วเหลืองเป็นประจำมีภาวะโรคกระดูกบางต่ำ และพบว่ากลุ่มคนเอเชียที่มีการบริโภคอาหารจากถั่วเหลืองมาก มีระดับไฟโตเอสโตรเจนในเลือดสูงกว่าคนตะวันตกถึง 100 เท่า เอสโตรเจนเป็นฮอร์โมนที่สร้างขึ้นในร่างกายเพศหญิงและจะลดลงพร้อมกับการหยุดทำงานของรังไข่ในช่วงหมดประจำเดือน มีผลเกิดอาการเหงื่อออกตอนกลางคืน ร้อนวูบวาบ และหงุดหงิดได้ในหญิงวัยหมดประจำเดือนหรือวัยทอง นอกจากนี้ยังพบการลดความเสี่ยงของมะเร็งเต้านม ซึ่งผู้หญิงชาวเอเชียโดยรวมจะเกิดโรคมะเร็งเต้านมน้อยกว่าหญิงชาวตะวันตกถึง 5 เท่า เนื่องจากมีระดับเจนิสทินในเลือดสูงจึงมีแนวโน้มลดความเสี่ยงของมะเร็งเต้านม โดยเจนิสทินมีผลยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์ (Liu, 1997) ดังนั้นจึงสนับสนุนแนวคิดที่ว่าเจนิสทินทำหน้าที่แทนเอสโตรเจนในการป้องกันโรคและอาการที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนในหญิงวัยทองที่บริโภคอาหารถั่วเหลืองเป็นประจำได้

ข. ไฟเตท (phytate) ส่วนใหญ่อยู่ในรูปกรดไฟติก (phytic acid) หรือจับกับโปรตีน ไฟเตทถูกสร้างและสะสมในถั่วขณะมีการเจริญเป็นถั่วเมล็ดแก่ เพื่อใช้เป็นแหล่งของฟอสฟอรัสในการสร้างพลังงานระหว่างเมล็ดงอก กรดไฟติก สามารถจับแร่ธาตุได้หลายชนิด เช่น แคลเซียม เหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม ดังนั้นจึงจัดเป็นสารขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุเหล่านี้ และถ้ากรดไฟติกจับอยู่กับโปรตีนจะทำให้การย่อยและการดูดซึมโปรตีนน้อยลง การกำจัดทำได้โดยการทำให้เมล็ดถั่วเหลืองงอก อย่างไรก็ตามมีการรายงานคุณสมบัติของกรดไฟติก มีคุณสมบัติในการต้านมะเร็ง กระบวนการป้องกันการเกิดมะเร็งยังไม่ทราบแน่นอน แต่มีการตั้งสมมติฐานว่ากรดไฟติกจะยับยั้งการกระจายของเซลล์มะเร็ง โดยอาจจับเฟอร์ริกไอออน กรดไฟติกทำหน้าที่ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังจับกับธาตุแมกนีเซียมและสังกะสี ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นในการแบ่งตัวและกระจายตัวของเซลล์ ดังนั้นจึงทำให้การเจริญเติบโตของเซลล์เนื้องอกหรือเซลล์มะเร็งลดลง ซึ่งอาจมีอีกหลายปัจจัยที่เกี่ยวกับกรดไฟติกซึ่งมีผลต่อการมีคุณสมบัติเป็นสารต้านมะเร็ง ซึ่งต้องมีการศึกษาค้นคว้าต่อไป (Graf and Eaton, 1993)

ค. สารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (trypsin Inhibitor) เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งในถั่วเหลือง ทำหน้าที่ป้องกันเมล็ดจากการทำลายของแมลง ในการศึกษาจากสัตว์พบว่าทริปซิน อินฮิบิเตอร์จับกับน้ำย่อยทริปซิน ทำให้โปรตีนไม่ถูกย่อยและสัตว์มีการเจริญเติบโตลดลงสำหรับผลต่อคนยังไม่ชัดเจน โดยปกติจะต้องมีการกำจัดสารนี้ด้วยความร้อน เช่น นมถั่วเหลืองต้มเดือด 20-30 นาที หรือนึ่งภายใต้ความดัน 10 นาที กรณีจะใช้น้ำถั่วเหลืองหลังสกัดนมมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารจะต้องทำให้สุกโดยการนึ่ง 20 นาที หรือนึ่งภายใต้ความดัน 10-15 นาที (Rackis and Gumbmann, 1982)

ง. ซาโปนิน(Saponins) เป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการตัวหนึ่งซึ่งปกติพบในพืชหลายชนิด แต่ซาโปนินในถั่วเหลืองไม่จัดเป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการ ซาโปนินในถั่วเหลืองเมื่ออยู่ในลำไส้จะถูกย่อยโดยเอนไซม์จากแบคทีเรีย แต่ไม่พบว่าถูกดูดซึมเข้าในเลือดสัตว์ทดลอง และพบว่าแทบไม่มีผลต่อการขัดขวางการ

ดูดซึมสารอาหารอื่นจึงจัดได้ว่าปริมาณซาโปนินในถั่วเหลืองไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของคน Sung และคณะ (1995) กล่าวว่า ซาโปนินจากถั่วเหลืองมีส่วนในการลดโคเลสเตอรอลโดยการจับกับกรดน้ำดีและเป็นสารต้านมะเร็งอีกด้วยสมบัติในการต้านมะเร็งของซาโปนินอาจเป็นไปได้หลายอย่าง รวมถึงความสามารถในการทำลายเซลล์มะเร็งโดยตรง การสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย การจับกับกรดน้ำดีในทางเดินอาหารเพื่อป้องกันเชื้อแบคทีเรียในลำไส้ที่เปลี่ยนกรดน้ำดีเป็นสารก่อมะเร็งจึงลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้ยังพบว่าสารซาโปนินช่วยยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งด้วย

2.4 นมถั่วเหลือง

นมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการปั่นเมล็ดถั่วเหลืองกับน้ำ เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและราคาถูก มีวิธีการเตรียมที่ไม่ยุ่งยาก ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมได้ให้ความหมายของน้ำนมถั่วเหลืองไว้ว่า น้ำนมถั่วเหลือง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวสกัดได้จากเมล็ดถั่วเหลืองซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max Merr.* หรือแบ่งถั่วเหลืองด้วยน้ำอาจผสมนม และหรือสารที่ให้คุณค่าทางอาหาร หรือสารปรุงแต่งสี กลิ่นรส หรือไม่ก็ได้ แล้วนำมาผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อให้ปลอดภัยต่อการบริโภค (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2533)

2.4.1 ขั้นตอนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพน้ำนมถั่วเหลือง

การผลิตน้ำนมถั่วเหลืองนั้นไม่มีวิธีมาตรฐาน ดังนั้นส่วนประกอบทางเคมีหรือคุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองจึงไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีขั้นตอนการผลิต โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การเอาเปลือกถั่วเหลืองออก

การผลิตนมถั่วเหลืองนั้นอาจใช้เมล็ดถั่วเหลืองทั้งเปลือกหรือเมล็ดถั่วเหลืองที่เอาเปลือกออกแล้ว ซึ่งการเอาเปลือกถั่วเหลืองออกจะต้องทำก่อนการแช่น้ำ โดยนำถั่วเหลืองไปไม่ผ่าซีกแล้วแยกเอาเปลือกออก การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองจากถั่วที่เปลือกออกจะใช้เวลาในการแช่น้ำกว่า ได้น้ำนมที่มีสีขาวนวลรับประทาน มีกลิ่นฉุนน้อย (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 ความอืดตัวของถั่วคั่งที่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง และถ้าแช่มากกว่า 24 ชั่วโมงจะเกิดกลิ่นของแอลกอฮอล์เกิดขึ้น และที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ถั่วอืดตัวเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมินี้สามารถแช่ได้นานมากกว่า 24 ชั่วโมงโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ น้ำทิพย์ วงษ์ประทีปและยุพร พิษกมฺพร (2544) ทำการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) และปริมาณโปรตีนของนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากถั่วเหลืองที่แช่ที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 5 25 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิในการแช่ถั่วที่ต่างกันทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณโปรตีนของนมถั่วเหลืองมีค่าแตกต่างกัน โดยการแช่ถั่วที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณสูงที่สุดรองลงมาคือ ที่ 25 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การตีบ้นิ้วหัวเหลือง

การตีบ้นิ้วหัวเหลือง น้ำที่ใช้จะเป็นน้ำร้อนหรือน้ำเย็นก็ได้ ถ้าใช้น้ำร้อนในการตีบ้นิ้วหัวเหลืองจะมีกลิ่นและรสชาติดีกว่านมที่ได้จากการตีบ้นิ้วหัวเหลืองและยังช่วยลดกลิ่นได้มากกว่าเนื่องจากความร้อนสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxigenase) ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นได้ แต่อย่างไรก็ตาม ปาโรนิตร์ ใจจักรคำ (2548) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพนมหัวเหลืองที่ได้จากการปั่นด้วยน้ำร้อน (80 องศาเซลเซียส) และน้ำที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) พบว่าถึงแม้การใช้อุณหภูมิสูง (80 องศาเซลเซียส) จะทำให้ปริมาณของแข็งที่สกัดสูงขึ้น กลิ่นถั่วลดลง แต่ลักษณะปรากฏและความหนืดไม่แตกต่างกัน ทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างและยอมรับในนมหัวเหลืองทั้งสองตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและทำให้ผู้ผลิตสามารถปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น จึงสามารถเลือกใช้สภาวะการตีบ้นิ้วหัวเหลืองที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส)

4) การให้ความร้อน

การให้ความร้อนมีวัตถุประสงค์หลายอย่าง คือ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ เพิ่มอายุการเก็บรักษา เพื่อทำลายสารบางชนิดในหัวเหลือง จำพวกสารต้านโภชนาการรวมทั้งเพื่อกำจัดกลิ่นถั่วแต่การให้ความร้อนที่สูงเกินไปนั้นส่งผลต่อคุณภาพของนมหัวเหลืองได้ เช่น คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่น ลดลง รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการลดลง (Kumar และคณะ 2003)

2.4.2 ลักษณะของนมหัวเหลือง

นมหัวเหลืองที่เตรียมจากวัตถุดิบหรือกรรมวิธีที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ได้นมหัวเหลืองที่มีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคเช่น กลิ่นถั่ว เนื้อสัมผัส และความคงตัวของน้ำนมหัวเหลือง

กลิ่นถั่ว (beany flavor) เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มไม่ยอมรับ กลิ่นถั่วเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสซึ่งมีอยู่ในหัวเหลืองตามธรรมชาติ เอนไซม์ไลพอกซีจีเนสเป็นเอนไซม์ในกลุ่มออกซิโดรีดักเตส (oxidoreductase) สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลนิก และกรดลิโนเลนิก ที่มีอยู่ในหัวเหลือง โดยปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีเมื่อมีออกซิเจนและน้ำ ทำให้เกิดสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะสลายตัวเกิดเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น อัลดีไฮด์ คีโตนและแอลกอฮอล์ ทำให้เกิดกลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์ สารชนิดสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วคือเฮกซาเนล ความร้อนและความดันสามารถยับยั้งปฏิกิริยาเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้ Wang และคณะ (2007) ศึกษาการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส กับไขมันในหัวเหลือง โดยศึกษาการใช้ความดัน 0.1 ถึง 650 MPa และอุณหภูมิ 5 ถึง 60 องศาเซลเซียส พบว่ากลิ่นถั่วลดลงเมื่อใช้ความดันหรือความร้อนมากขึ้นหรือการใช้ทั้งสองปัจจัยร่วมกันสามารถยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้ นอกจากนี้ Puechkamut (2004) ศึกษาผลการใช้เกลือในการลดกลิ่นถั่ว พบว่าการแช่หัวเหลืองในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ที่ความเข้มข้น 0.25 ถึง 0.75 เปอร์เซ็นต์หรือการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ที่ความเข้มข้น 0.05 ถึง 0.15 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการบด สามารถลดแอมิวติวิตีของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้

ความคงตัวของนมหัวเหลืองหรือการที่นมหัวเหลืองไม่เกิดการตกตะกอนแยกชั้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค Malaki และคณะ (2008) ศึกษาผลการใช้โซเดียมซิเตรตและการให้ความร้อนกับนมหัวเหลือง พบว่าการใช้โซเดียมซิเตรตร่วมกับการให้ความร้อนส่งผลให้ขนาดอนุภาคโปรตีนในนมหัวเหลืองลดลงและมีการ

กระจายตัวที่ดี เมื่อยิ่งใช้ระดับความดันในการโฮโมจีไนซ์ที่สูงยิ่งทำให้นมถั่วเหลืองมีความคงตัว จึงสามารถป้องกันการตกตะกอนได้ นอกจากนี้ Cruz และคณะ (2007) ศึกษาผลของการใช้เทคโนโลยี ultra high pressure homogenization (UHPH) ในตัวอย่างนมถั่วเหลืองที่มีผลต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ลักษณะทางเคมีกายภาพ และลักษณะโครงสร้างของนมถั่วเหลือง โดยเปรียบเทียบกับเทคนิค ultra high temperature (UHT) โดยพบว่าการใช้ UHPH ส่งผลให้สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่าง UHT ส่วนผลทางด้านลักษณะทางเคมีกายภาพ โดยวัดขนาดของอนุภาคพบว่า UHPH มีผลต่อการลดขนาดอนุภาคมากที่สุดและมีผลต่อความคงตัวมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามการใช้เทคโนโลยี UHPH ส่งผลให้ค่าความสว่างของตัวอย่างต่ำกว่าตัวอย่าง UHT

ความหนืดเป็นลักษณะของของเหลวที่มีอนุภาคคอลลอยด์เคลือบตัวได้เข้าและไม่สามารถที่จะรวมตัวกันได้ ในหลายๆผลิตภัณฑ์ความหนืดและความคงตัวเป็นคุณภาพที่สำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (นิธิยา รัตนพานนท์, 2534) การเพิ่มความหนืดในนมถั่วเหลืองสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำ พบว่าความหนืดของนมถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดในนมถั่วเหลือง ความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแข็งที่เพิ่มมากขึ้น อัตราส่วนของเนื้อถั่วเหลืองต่อน้ำ มีผลต่อคุณภาพของนมถั่วเหลือง คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ที่เป็นองค์ประกอบในนมถั่วเหลือง นั่นคือ ปริมาณสารเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของถั่ว : น้ำ เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 2.6 อย่างไรก็ตามการใช้อัตราส่วนถั่ว มากนั้นจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียของแข็งระหว่างกระบวนการผลิตมาก ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนการผลิตสูงขึ้น (น้ำทิพย์ วงศ์ประทีป, 2540)

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบอัตราส่วนของถั่วและน้ำที่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดและโปรตีน

อัตราส่วน ถั่ว : น้ำ	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (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)

นอกจากนี้การใช้ไฮโดรคอลลอยด์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยให้เกิดความหนืดและความคงตัวในนมถั่วเหลืองหรือผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มอื่นๆได้ ดังเช่น การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในโยเกิร์ตของประเทศตุรกี (ayran) Koksoy และคณะ (2003) ศึกษาการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีผลต่อความคงตัวของโยเกิร์ต ayran โดยศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ได้แก่ โลกัสปินกัม กัวร์กัม ไฮท์เมทอกซีเพคติน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และเจลาติน ที่ระดับ 0 - 0.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก พบว่า กัวร์กัม ให้ความหนืดสูงสุดและป้องกันการแยกชั้นของซีรัมได้ แต่ยังพบปัญหาในการทดสอบประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัสและด้านรสชาติ ส่วนโลกัสปินกัม ที่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ป้องกันการแยกชั้นของซีรัมได้ และโยเกิร์ต ayran มีความคงตัว ส่วนการทดสอบทางด้านกลิ่นรสนั้นเป็นที่ยอมรับ ส่วนไฮท์เมทอกซีเพคติน และ เจลาติน ไม่สามารถป้องกันการแยกชั้นของซีรัมโยเกิร์ตได้และไม่เป็นที่ยอมรับด้านประสาทสัมผัส แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยป้องกันการแยกชั้นได้ แต่

อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่มากเกินไปส่งผลให้ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นและรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับ ปารีฉัตร ใจจักรคำ (2548) ศึกษาวิธีการเตรียมต่อคุณภาพนํ้านมถั่วเหลือง โดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด ได้แก่ กัวร์กัมและแซนแทนกัม ที่ระดับ 0 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าแซนแทนกัมให้ค่าความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองมากกว่ากัวร์กัม แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน ความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองจะลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับความเข้มข้น 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนํ้าแซนแทนกัมมาใช้ร่วมกับกัวร์กัม พบว่ามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.5 การทำให้เข้มข้นด้วยการระเหย

การทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยน้ำ (evaporator) เป็นการใช้ความร้อนเพื่อระเหยเอาน้ำบางส่วนออกจากอาหาร เพื่อให้อาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น (Garg และคณะ 2008) แต่การใช้ความร้อนนั้นส่งผลต่อคุณภาพอาหารเปลี่ยนแปลงไป เช่น นํ้าผลไม้ที่ผ่านการให้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำจะมีสีเข้มขึ้นและมีกลิ่นสุก (cooked flavor) จึงทำให้ความพึงพอใจของผู้บริโภคลดลง และเกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินที่ไม่ทนร้อน แต่อย่างไรก็ตามการทำเข้มข้นนั้นยังเป็นที่นิยมเนื่องจากการระเหย หรือการทำเข้มข้นสามารถลดปริมาณน้ำในอาหาร ลดปริมาณอาหาร จึงสามารถลดต้นทุนด้านบรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษา และการขนส่งได้ (Hongvaleerat และคณะ 2008)

นมสตรระเหย (evaporated milk) เป็นการเอานมสด (whole milk) มาระเหยเอานํ้าออกประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ มีไขมันไม่ต่ำกว่า 7.90 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณของแข็งทั้งหมด (total milk solids) ไม่ต่ำกว่า 25.9 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนเพื่อทำการระเหยในนมที่ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในแต่ละโรงงานผู้ผลิต แต่มีผลที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ คือ สีของนมเข้มข้นความหนืดเพิ่มมากขึ้น และปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) เพิ่มมากขึ้น (นภาศรี ไวศยะนันท์, 2526) และ Nindo และคณะ (2007) ศึกษาการทำให้เข้มข้นนํ้าบลูเบอร์รี่ที่ส่งผลต่อลักษณะด้านความหนืดของนํ้าบลูเบอร์รี่ ระดับความเข้มข้นของนํ้าบลูเบอร์รี่ที่ทำการศึกษาคือ 10 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ และนำไปทำการระเหย ที่อุณหภูมิ 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของบลูเบอร์รี่ที่เพิ่มขึ้น ที่ 25 องศาเซลเซียส นํ้าบลูเบอร์รี่ที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ มีความหนืด 12 ปาสคาล ส่วนนํ้าบลูเบอร์รี่ที่มีความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ มีความหนืด 165 ปาสคาล จึงกล่าวได้ว่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นและปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารละลาย

2.6 สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) (นิธิยา รัตนานพนธ์, 2534)

ไฮโดรคอลลอยด์ เป็นโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่ได้จากพืช เช่น หัวบุก หรือสัตว์เช่น สารโคโตซานในเปลือกกุ้ง เปลือกปู รวมถึงจุลินทรีย์และโพลิเมอร์ดัดแปลงจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์โดยโพลิเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นตัวช่วยให้นํ้ากับนํ้ามันเข้ากันและเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัวป้องกันปฏิกิริยาการตกตะกอนและการแยกตัวของนํ้าออกจากเนื้ออาหาร

การใช้ประโยชน์ของไฮโดรคอลลอยด์ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เติมนลงในผลิตภัณฑ์นมไอศกรีม หรือในไส้ขนมอบของเบเกอรี่ชนิดต่าง ๆ โดยมีจุดประสงค์ คือ ทำให้อาหารมีความเหนียวหนืด นุ่ม คงรูป เป็นที่ถูกใจของผู้บริโภค ส่วนผลพลอยได้ในการเติมไฮโดรคอลลอยด์ก็คือทำให้อุตสาหกรรมอาหารเหล่านี้ลดการใช้ไขมันหรือแป้งลง เนื่องจากเมื่อเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ลงไป ในอาหาร จะทำให้อาหารยังคงมีความนุ่ม คงรูปมันวาว เหมือนมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งหรือไขมันผสมอยู่ต้งนั้นหากลดการเติมไขมันหรือแป้งลงได้ ก็จะส่งผลดีต่อผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคอาหารที่มีแคลอรีต่ำ ตัวอย่างไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่

2.6.1 แขนแทนกัม (xanthan gum)

แขนแทนกัมเป็นกัม ที่ได้โดยการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ คือ *Xanthomonas campestris* หลังจากกระบวนการหมักแล้วจะนำมาตกตะกอนด้วย ไอโซโพรพิล (isopropyl alcohol) แยกเอาแขนแทนกัมออกมาทำให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด

แขนแทนกัม มีโครงสร้างเป็น cellulosic backbone และมีแขนงแยกเป็น trisaccharide ทุกๆ โมเลกุลเว้นโมเลกุลของกลูโคสในสายเซลลูโลส แขนแทนกัม ไม่มีสมบัติเป็นทำให้เกิดเจล แต่สามารถเกิดเจลยืดหยุ่น ผันกลับด้วยความร้อนได้ (elastic thermoreversible gel) ได้เมื่อร่วมกับโลคัสปีนกัม และเมื่อรวมกับกัวร์กัม จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูง

แขนแทนกัมละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงถึงแม้ความเข้มข้นจะต่ำและทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและ pH โดยเฉพาะความหนืดของสารละลาย แขนแทนกัม จะคงที่ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 - 100 องศาเซลเซียส หรือ pH จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-13 ก็ตามนอกจากนั้นสารละลาย แขนแทนกัมยังมีคุณสมบัติเป็นซูดอพลาสติก (pseudoplastic) ซึ่งมีความสำคัญต่อกลิ่น ลักษณะปรากฏและความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปาก (mouthfeel) ของผลิตภัณฑ์อาหาร

แขนแทนกัมใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืดเพิ่มความคงตัว และทำให้อุณหภูมิของเหลวได้ดี เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีม แขนแทนกัมที่ผสมกับโลคัสปีนกัม นิยมใช้กับอาหารประเภท ขนมหวาน ขอสมะเชือกเทศ สำหรับพิชซ่า ใส่นมอบและใส่พาย เป็นต้น นอกจากนี้ยังผสมทั้ง โลคัสปีนกัมและกัวร์กัม ในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ความข้นหนืดและคุณสมบัติเฉพาะตามต้องการสำหรับอาหารชนิดหนึ่งๆเช่น 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 ปัจจุบันมีปลูกในรัฐเทกซัส สหรัฐอเมริกา มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเมื่อราวปี ค.ศ. 1950 เนื่องจากขาดแคลนโลคัสปีนกัม

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 กาแลคโตสมากกว่าโลคัสปีนกัม

กัวร์กัมมีสมบัติเป็นไม่เกิดเจล แต่กระจายตัวและอัมน์น้ำได้ดีในน้ำเย็น จึงใช้ทำหน้าที่หลักเป็นสารเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัวและอัมน์น้ำ สามารถเกิดปฏิกิริยาร่วมกับแขนแทนกัมทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลายกัวร์กัม ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ pH เวลา ความเข้มข้นและขนาดของอนุภาค เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นความหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจาก กัวร์กัม เป็น non-ionic และทนต่อ pH ช่วงกว้างตั้งแต่ 4-10 ทำให้สามารถเติม อิเล็กโตรไลต์ได้เป็นจำนวนมาก แต่ถ้ามีความเข้มข้นของอิเล็กโตรไลต์สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อการอุ้มน้ำและเกิดเจล กัวร์กัม มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงสุดที่ pH 7.5-9.0

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำกัวร์กัมไปใช้ได้แก่ ขนมหวาน ซอส ซุป ไอศกรีม น้ำสลัด ซุปผงและใช้เป็น ส่วนผสมของน้ำเกรวี่

2.6.3 คาร์ราจีแนน (caragenan)

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

คาร์ราจีแนนทั้ง 3 ชนิดมีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลกลูโคสและโกลูโคสที่ถูกเอสเทอร์ไฟต์ด้วยกรดซัลฟูริกที่ระดับต่างๆกัน ด้วยพันธะ 1, 3 และ 1, 4 สำหรับแคปปาและไอโอตาจะเกิดเจลเป็นแบบ ผ่นกลับได้ด้วยความร้อน (thermoreversible aqueous gel) โดยมีกลไกการเกิดเป็นโพลีเมอร์ที่เป็นเฮลิคซ์คู่ double-helix carragenan polymers

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

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

2.6.4 โลกัสปินกัม (locust bean gum)

โลกัสปินกัมได้จาก endosperm ของเมล็ดต้น carob (ceratonia siliqua) บางครั้งเรียกว่า carob seed gum ต้น carob เป็นพืชที่ปลูกในแถบเมดิเตอร์เรเนียน โมร็อกโกและ โปรตุเกตุ โลกัสปินกัมไม่สามารถละลายในน้ำเย็นต้องใช้ความร้อนช่วยในการละลาย จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูงที่สุดเมื่อได้รับความร้อนสูงถึง 95 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงทำให้เย็นลง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโลกัสปินกัมให้มีสมบัติพองตัวได้ในน้ำเย็นและนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์นม โครงสร้างของโลกัสปินกัมเป็น โพลีเมอร์สายยาวของแมนโนส (mannose) ที่ต่อกันด้วยพันธะ 1,4 และมีกิ่งแขนงของกาแลคโตส (galactose) ต่อกันด้วยพันธะ 1,6 อัตราส่วนของแมนโนสต่อกาแลคโตสเป็น 4 : 1 โดยลักษณะโครงสร้างเช่นนี้จึงทำให้โมเลกุลมีส่วนที่เป็นสายหลักของแมนโนสสลับกับส่วนที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กึ่งแข็ง

โลคัสบีบกันไม่สามารถเกิดเจลได้ต้องนำมาผสมกับแซนแทนกัน จึงจะทำให้เกิดเจลได้หรืออาจผสมรวมกับแคปปา คาร์ราจีแนน จะช่วยเพิ่ม gel strength และลดการเกิด syneresis หน้าที่หลักของโลคัสบีบกัน คือเพิ่มความหนืดและความคงตัวให้กับอิมัลชันและยับยั้งการเกิด syneresis ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ อาหารกระป๋อง ซอส ขนมหวาน เนยแข็ง ไอศกรีม และผลิตภัณฑ์เนื้อ ในเนยแข็งโลคัสบีบกันช่วยเร่งให้เกิด coagulation เร็วขึ้น และทำให้ได้เนื้อตะกอนของ curd เพิ่มมากขึ้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ในไอศกรีมโลคัสบีบกัน จะทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัวและช่วยอุ้มน้ำทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อเนียน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษากระทัดแปร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดแปรกระทัดแปรเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแก่กะทิที่น่าสนใจ ดังเช่น สุนทรชิ่งศรีงาม (2542) ศึกษาการพัฒนากระทัดแปรไขมันด้วยการแทนที่น้ำมันมะพร้าวบางส่วนด้วยน้ำมันพืชที่ระดับการทดแทน คือ 20 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการแทนที่น้ำมันมะพร้าวที่ระดับต่างๆกันไม่มีผลต่อกลิ่นและรสชาติ จึงสามารถแทนที่น้ำมันได้สูงสุดที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์

ธนวรรณ บุญปั้นและคณะ (2542) ศึกษาการนำ soy/oat-1 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนผสมของแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันและสาร Nu-Trim ที่ได้จากการสกัดจากข้าวโอ๊ตในอัตราส่วน 1:1 โดยทดแทนการใช้กะทิด้วย soy/oat-1 ที่ระดับ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า soy/oat-1 สามารถนำมาใช้ทดแทนกะทิในอาหารไทยได้บางชนิดโดยเฉพาะในอาหารคาวที่มีเครื่องเทศและถั่วต่างๆเป็นองค์ประกอบสามารถทดแทนได้ในระดับถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกลิ่นเครื่องเทศนั้นกลบกลิ่นถั่วได้ ส่วนในอาหารหวานสามารถใช้ทดแทนกะทิได้ในบางชนิด ปัญหาที่พบในอาหารหวานคือ ไม่มีกลิ่นหอมของกะทิและมีสีคล้ำของ soy/oat-1 จึงทำให้อาหารหวานบางชนิดไม่เป็นที่ยอมรับหรือสามารถใช้ทดแทนกะทิได้แต่ในปริมาณต่ำ เพียง 50 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

1. ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่จังหวัดเชียงใหม่
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 เครื่องโฮมจีโนเซอร์ Ultra-Turrax, Janke&Kunkel, IKA Work
- 3.3.3 เครื่องโม่แยกเปลือกถั่วเหลือง
- 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 – ต่าง Mettler Toledo MP 220
- 3.5.2 เครื่องวัดความหนืด Brookfield รุ่น DV-III ULTRA Programmable Rheometer
- 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.9 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.6 อุปกรณ์การทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.6.1 ถ้วย จาน พลาสติก

3.6.2 แก้วน้ำดื่มพลาสติก

3.6.3 ภาดพลาสติก

3.7 สถานที่ดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.8 วิธีดำเนินการ

3.8.1 การเตรียมนมถั่วเหลือง

เตรียมนมถั่วเหลืองโดยวิธีที่ดัดแปลงจาก ปรียาพร เชี่ยวขำ (2544) ดังแสดงในภาพที่ 3.1 โดยใช้เครื่องปั่นผสมอาหาร (blender) ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 ทั้งเมล็ด โม่ผ่าซีกและแยกเอาเปลือกออกล้างน้ำทำความสะอาดแช่ถั่วเหลืองด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการเตรียมนมถั่วเหลือง

ที่มา : ดัดแปลงจาก ปรียาพร เชี่ยวขำ (2544)

3.8.2 ศึกษาผลของการระเหยน้ำต่อคุณภาพของนมถั่วเหลือง

นำนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้จากข้อ 3.8.1 ไปทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยน้ำโดยใช้เครื่องระเหยแบบ

หมุนสุญญากาศ โดยสภาวะที่ใช้คือ ความดัน 72 มิลลิบาร์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการระเหยน้ำแตกต่างกันในช่วง 0 – 40 นาที เปรียบเทียบคุณภาพกับนมถั่วเหลืองที่ได้วิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

3.8.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) โดยใช้แอนดรี แพกโตมิเตอร์ N-1E

3.8.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในนมถั่วเหลือง (Total dry solid) ตามวิธีรายงานของ 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 วิเคราะห์ค่าความหนืดโดยวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น DVIII 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 โดยใช้เครื่องโฮโมจิไนเซอร์ที่ความเร็วรอบ 1100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที และให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

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

3.8.4 ศึกษาคุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองดัดแปร

นำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการระเหยน้ำและเติมไฮโดรคอลลอยด์มาวิเคราะห์ปริมาณ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า ความชื้น ครูดไฟเบอร์ ด้วยวิธีของ AOAC (2000) ชนิดและปริมาณกรดไขมัน เปรียบเทียบกับกะทิผงละลายน้ำ (กะทิผงต่อน้ำ เท่ากับ 60ต่อ150 มิลลิลิตร) ด้วยเครื่อง gas chromatography นอกจากนี้วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption และปริมาณไอโซฟลาโวนส์ ด้วยเครื่อง high pressure liquid chromatography – ultraviolet

3.8.5 ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของนมถั่วเหลืองดัดแปร

นำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการทำให้เข้มข้นจากข้อ 3.8.2 และเติมคาราจีแนนที่ความเข้มข้นระดับ 0.01 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักนมถั่วเหลืองเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของนมถั่วเหลืองที่เก็บรักษาที่ 0 3 และ 5 วัน ดังนี้

1. ปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ด้วยวิธี USFDA/CFSSAN/BAM online (Chapter 3)

2. Yeast and Mold ด้วยวิธี USFDA/CFSSAN/BAM online (Chapter 18)

3. *Coliform* ด้วยวิธี USFDA/CFSSAN/BAM online (Chapter 4)

4. *E.coli* ด้วยวิธี USFDA/CFSSAN/BAM online (Chapter 4)

5. *Bacillus cereus* ด้วยวิธี USFDA/CFSSAN/BAM online (Chapter 14)

6. *Clostridium perfringens* ด้วยวิธี USFDA/CFSSAN/BAM online (Chapter 16)

7. *Salmonella spp.* ด้วยวิธี ISO 6579: 2002

8. *Staphylococcus aureus* ด้วยวิธี USFDA/CFSSAN/BAM online (Chapter 12)

3.8.6 ศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรรูปแทนกะทิในอาหารคาวและอาหารหวาน

3.8.6.1 ศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรรูปแทนกะทิในแกงเขียวหวาน

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 เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยสูตรที่ยอมรับต้องได้คะแนนความชอบรวมของผู้ทดสอบไม่น้อยกว่า 5 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี T -Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.8.6.2 ศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรรูปแทนกะทิในกล้วยบวดชี

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 : ดัดแปลงจาก คณาจารย์จากวิทยาลัยในวัง (2545)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลของการระเหยน้ำต่อคุณลักษณะของนมถั่วเหลือง

ลักษณะเนื้อสัมผัสหรือความรู้สึกในปากของนมถั่วเหลือง ขึ้นกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในนมถั่วเหลือง การเพิ่มปริมาณของแข็งในนมถั่วเหลือง อาจทำได้โดยการเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำที่ใช้ อย่างไรก็ตามการเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเหลืองและน้ำที่ใช้ในระหว่างการอบ 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 อนุภาคของไขมันอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องมือทำให้แสดงค่าได้คลาดเคลื่อน ในขณะที่การอบแห้งนั้นเป็นการระเหยน้ำและอบตัวอย่างจนได้น้ำหนักของแห้งจากตัวอย่างที่คงที่ ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดด้วยการอบแห้งจึงน่าเชื่อถือมากกว่า แต่อย่างไรก็ตาม การใช้รีแฟรกโตมิเตอร์นั้นเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วจึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ติดตามผลระหว่างการทดลองได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย รีแฟรกโตมิเตอร์ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากการอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเวลาที่ใช้ในการระเหยเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่นการระเหยนมถั่วเหลืองเป็นเวลา 20 นาที ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 7.50 องศาบริกซ์ ไปเป็น 8.87 องศาบริกซ์ ยุพร ทีชกมุทร (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 คือค่าสีน้ำเงินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 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}ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 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}ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)

4.2 ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณลักษณะของนมถั่วเหลือง

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

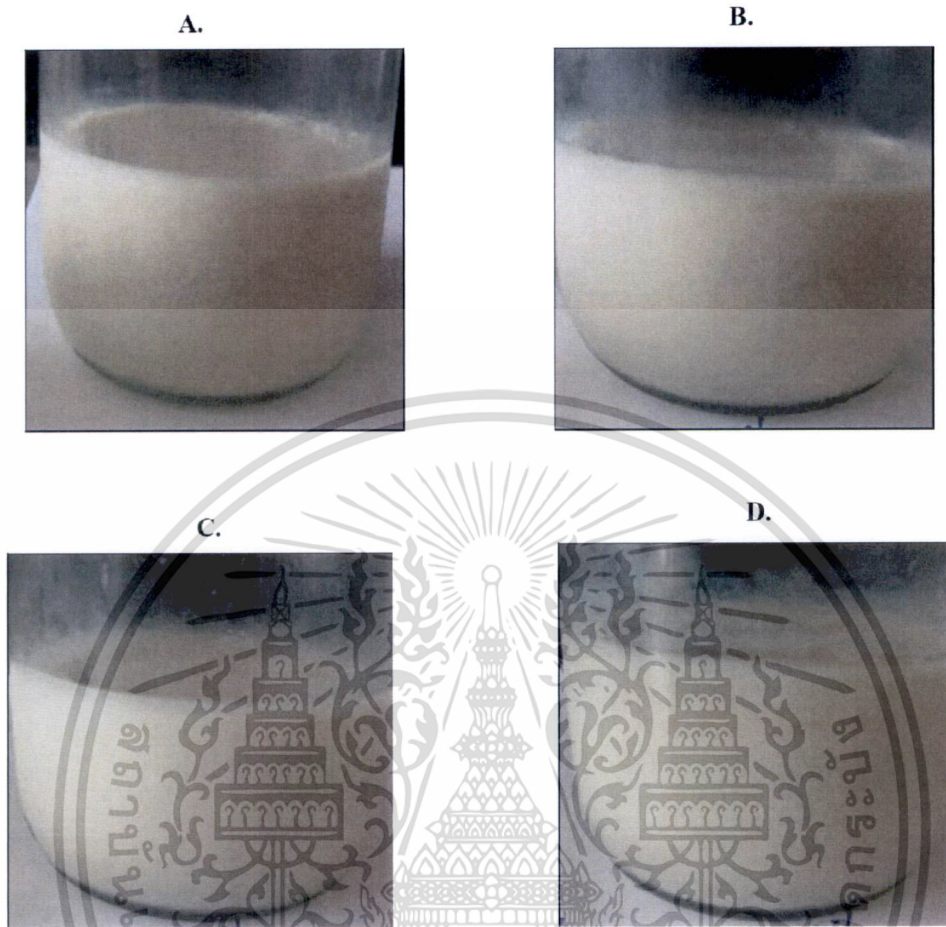
ตารางที่ 4.3 และ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของนมถั่วเหลืองที่ผ่านการระเหยน้ำเป็นเวลา 20 นาที เมื่อเติมคาร์ราจีแนนและของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัม ที่ความเข้มข้นต่างๆตามลำดับ ในกรณีของคาร์ราจีแนนพบว่าเมื่อปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เพิ่มขึ้น ค่าความหนืดของนมเพิ่มขึ้น เมื่อนำนมถั่วเหลือง

เก็บรักษาไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เพื่อติดตามความคงตัวของนมถั่วเหลืองพบว่าความหนืดของนมถั่วเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน ด้วยคุณสมบัติของการฟอร์มเจลของคาร์ราจีแนนเมื่อเก็บรักษาไว้ในที่เย็น อาจทำให้คาร์ราจีแนนเกิดการรวมตัวกันประสานกันเป็นร่างแห ทำให้ความหนืดของนมถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้น (Yanes และคณะ, 2004) อย่างไรก็ตาม ไม่พบการแยกชั้นของนมถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.1) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของสีของนมถั่วเหลืองที่เติมคาร์ราจีแนนพบว่า ค่าความสว่างลดลงตามปริมาณความเข้มข้นของคาร์ราจีแนนที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเกิดจากสีของคาร์ราจีแนนที่มีสีคล้ำ เมื่อเติมคาร์ราจีแนนในนมถั่วเหลืองจึงส่งผลให้สีนมถั่วเหลืองมีสีคล้ำมากขึ้นและระหว่างการเก็บรักษาพบว่า นมถั่วเหลืองมีสีคล้ำเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ค่า L มีค่าลดลง สัมพันธ์กับค่า a และ ค่า b เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 ผลของคาร์ราจีแนนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อความหนืดของนมถั่วเหลืองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

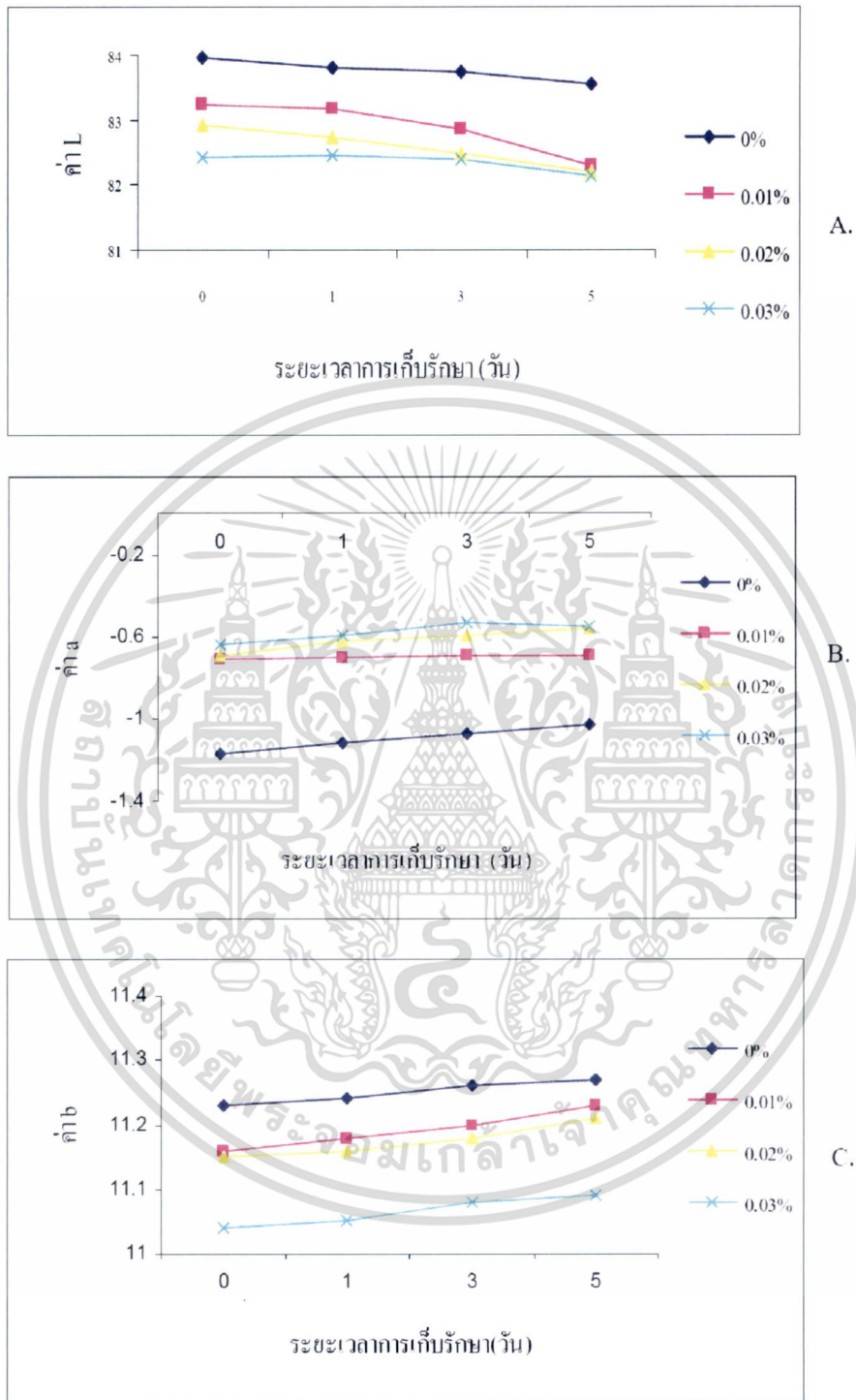
คารราจีแนน (เปอร์เซ็นต์)	ความหนืด (มิลลิปาสคาล)			
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5
0	2.53±0.06 ^a	2.44±0.02 ^a	2.50±0.03 ^b	2.58±0.02 ^b
0.01	4.96±0.04 ^a	5.08±0.03 ^b	5.12±0.02 ^b	5.34±0.02 ^c
0.02	5.76±0.03 ^a	5.86±0.02 ^b	5.94±0.07 ^b	6.25±0.04 ^c
0.03	8.06±0.03 ^a	8.27±0.05 ^b	8.74±0.05 ^c	9.11±0.03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

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

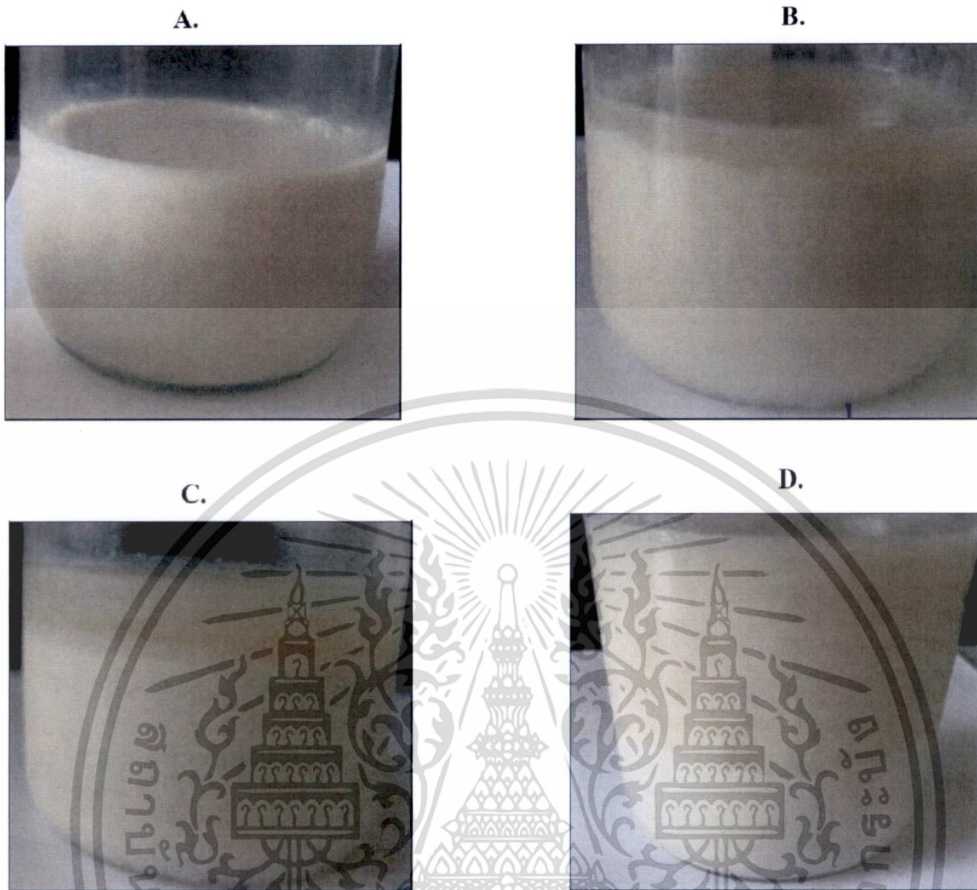
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ต่อความหนืดของนมถั่วเหลืองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

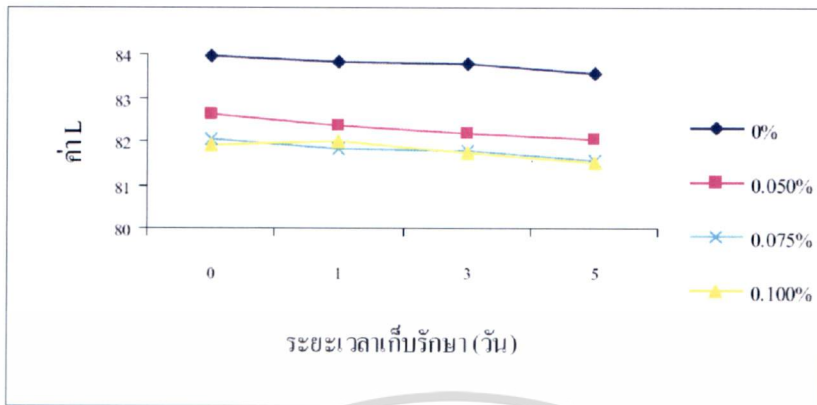
แซนแทนกัมและกัวร์กัม (เปอร์เซ็นต์)	ความหนืด (มิลลิปาสคาล)			
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5
0	2.53±0.06 ^a	2.44±0.02 ^a	2.50±0.03 ^b	2.58±0.02 ^a
0.050	6.32±0.06 ^a	6.20±0.03 ^b	6.15±0.02 ^b	6.06±0.02 ^c
0.075	7.57±0.02 ^a	7.35±0.03 ^b	7.29±0.02 ^b	7.18±0.06 ^c
0.100	8.74±0.03 ^a	8.70±0.02 ^a	8.68±0.04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

^{abc} ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

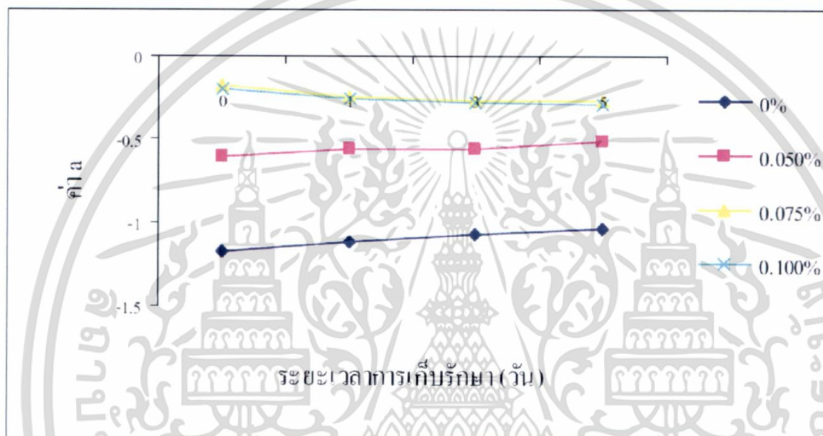


ภาพที่ 4.3 ลักษณะปรากฏของนมถั่วเหลืองที่เติมของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน เมื่อ A คือ 0 เปอร์เซ็นต์ B คือ 0.05 เปอร์เซ็นต์ C คือ 0.075 เปอร์เซ็นต์ และ D คือ 0.10 เปอร์เซ็นต์

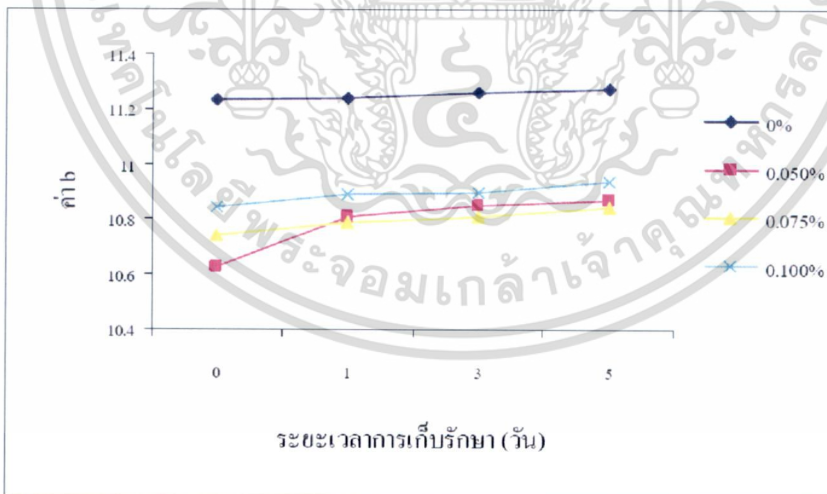
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



A.



B.



C.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร

ในการทดลองได้นำนมถั่วเหลืองตัดแปรที่เตรียมจากการนำนมถั่วเหลืองมาทำให้เข้มข้นโดยการระเหยน้ำและเติมคาร์ราจีแนน 0.02 เปอร์เซ็นต์ มาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารเปรียบเทียบกับกะทิผง ตารางที่ 4.5 แสดงถึงองค์ประกอบทางเคมีของนมถั่วเหลืองตัดแปรและกะทิผงสำเร็จรูปละลายน้ำตามอัตราส่วนที่ผู้ผลิตกำหนด พบว่าองค์ประกอบหลักของกะทิผงละลายน้ำ คือ น้ำและไขมัน โดยมีไขมันสูงถึง 25.43 กรัมต่อ 100 กรัม ในขณะที่นมถั่วเหลืองตัดแปรมีไขมันเพียง 5.96 กรัม ต่อ 100 กรัม และมีปริมาณโปรตีนสูงมากกว่ากะทิผงละลายน้ำเกือบ 5 เท่า นอกจากนี้ยังพบว่าในนมถั่วเหลืองตัดแปรประกอบด้วยแคลเซียม 27 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเท่ากับหนึ่งในสามของแคลเซียมที่พบในนมวัว ในขณะที่ไม่พบแคลเซียมในกะทิผงละลายน้ำ Lui (1997) รายงานว่าในถั่วเหลืองประกอบด้วยสารไฟโตเคมิคอลในกลุ่มไอโซฟลาโวนประมาณ 2 - 4 มิลลิกรัมต่อถั่ว 1 กรัม ในเต้าหู้ 1 / 2 ถ้วยหรือในนมถั่วเหลือง 1 ถ้วย พบว่ามีปริมาณไอโซฟลาโวน 30 มิลลิกรัม ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไอโซฟลาโวนในนมถั่วเหลืองตัดแปร พบว่าในนมถั่วเหลืองตัดแปรประกอบด้วยไอโซฟลาโวน 19.14 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แบ่งเป็น เจนิสทิน (genistin) 9.26 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ไดซีน (daidzein) 4.22 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ เจนิสเทอีน (genistein) 5.66 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองตัดแปรและกะทิผงละลายน้ำ

สารอาหาร	นมถั่วเหลืองตัดแปร	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
ครูดไฟเบอร์	0.08	0.13
(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)		
แคลเซียม	27	-
ไอโซฟลาโวนทั้งหมด	19.14	-
(เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)		
กรดไขมันอิ่มตัว	23.8	92.4
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	76.2	7.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ชนิดและปริมาณไอโซฟลาโวนในนมถั่วเหลืองดัดแปร

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

ตารางที่ 4.7 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในนมถั่วเหลืองดัดแปรและกะทิผงละลายน้ำ

กรดไขมัน	นมถั่วเหลืองดัดแปร (เปอร์เซ็นต์)	กะทิผงละลายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)
Caproic acid	0	0.1
Caprylic acid	0	3
Capric acid	0	3.6
Lauric acid	0	40.6
Myristic acid	0.3	15.7
Stearic acid	6.7	13.6
Palmitic acid	16.8	15.8
Oleic acid	25	6.8
Linoleic acid	45.1	0.8
Linolenic acid	6.1	0

ในกะทินอกจากจะพบปริมาณไขมันสูงกว่านมถั่วเหลืองดัดแปรยังพบว่า กรดไขมันในกะทิส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว โดยประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในปริมาณ 92.4 และ 7.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) ในขณะที่นมถั่วเหลืองดัดแปร ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในปริมาณ 23.8 และ 76.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ตารางที่ 4.7 แสดงชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่พบในนมถั่วเหลืองดัดแปรและกะทิ พบว่าในกะทิมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวได้แก่ กรดคาโปรอิก (caproic acid) กรดคาพริลิก (caprylic acid) กรดแคปรีค (capric acid) โดยประกอบด้วย กรดลอริก ไมริสติก สเตียริกและปาล์มมิติกในปริมาณสูงถึง 40.6 15.7 13.6 และ 15.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประไพศรี ศิริจักรวาล (2549) กล่าวว่า การรับประทานอาหารที่ปรุงด้วยน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง จะทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูง ในขณะที่ในนมถั่วเหลืองดัดแปรประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกายคือกรดลิโนเลนิก (linolenic acid) และลิโนเลนิก (linolenic) ปริมาณ 45.1 และ 6.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการเลือกใช้นมถั่วเหลืองแทนกะทิ เป็นการเพิ่มสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของนมถั่วเหลืองคัดแปรรูป

คุณภาพทางจุลินทรีย์ของนมถั่วเหลืองคัดแปรรูปเลียนแบบกะทิแบบพาสเจอร์ไรส์ที่ผลิตโดยการระเหยน้ำออกและเติมคาร์ราจีแนน 0.01 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักนมถั่วเหลืองและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 198) พ.ศ.2543 เรื่องน้ำนมถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทกล่าวคือพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม น้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำนมถั่วเหลือง 100 มิลลิลิตร โดยวิธี เอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number) และตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด อี.โคไล (*Escherichia coli*) ในน้ำนมถั่วเหลือง 0.1 มิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.8 แสดงว่านมถั่วเหลืองคัดแปรรูปที่ผลิตได้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และมีความเป็นไปได้ในการผลิตในเชิงการค้า

ตารางที่ 4.8 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของนมถั่วเหลืองคัดแปรรูปเลียนแบบกะทิพาสเจอร์ไรส์ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ 0 3 และ 5 วัน

ชนิดจุลินทรีย์	วันที่เก็บรักษา		
	0 วัน	3 วัน	5 วัน
Total Plate Count (CFU/ml)	20	32	56
Yeast and Mold (CFU/ml)	Less than 1	Less than 1	Less than 1
Coliform (MPN/100ml)	Less than 1	Less than 1	1.1
<i>E.coli</i> (per 0.1 ml)	Not detected	Not detected	Not detected
<i>Bacillus cereus</i> (CFU/ml)	Less than 1	6	2
<i>Clostridium perfringens</i> (CFU/ml)	Less than 1	Less than 1	Less than 1
<i>Salmonella spp.</i> (per 25 ml)	Not detected	Not detected	Not detected
<i>Staphylococcus aureus</i> (per 0.1 ml)	Not detected	Not detected	Not detected

4.5 ผลการศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองคัดแปรรูปทดแทนกะทิในอาหารคาวและอาหารหวาน

4.5.1 ผลการศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองคัดแปรรูปทดแทนกะทิในแกงเขียวหวาน

ในการทดลองได้นำถั่วเหลืองคัดแปรรูปที่ผ่านการระเหยน้ำเป็นเวลา 20 นาที และเติมคาร์ราจีแนน 0.02 เปอร์เซ็นต์ มาทดแทนกะทิ 100 เปอร์เซ็นต์ในการผลิตแกงเขียวหวานไก่ โดยได้แบ่งวิธีการปรุงเป็น 2 แบบ วิธีที่ 1 คือ ผัดพริกแกงในน้ำมันให้หอม ผัดเนื้อไก่ให้สุก เติมนมถั่วเหลืองพร้อมมะเขือและผักอื่นๆพร้อมปรุงรส ให้ความร้อนจนเดือด และวิธีที่ 2 คือ ผัดพริกแกงในน้ำมันให้หอม ผัดเนื้อไก่ให้สุก เติมนมถั่วเหลืองและผักต่างผัดให้เข้ากัน เติมนมถั่วเหลืองที่อุ่นให้ร้อนจัดอุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส พร้อมปรุงรส ปิดเตา ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแกงเขียวหวานไก่ ที่ใช้นมถั่วเหลืองที่ได้จากการปรุงทั้งสองวิธี แสดงดังตารางที่ 4.9 พบว่าคะแนนความชอบในทุกด้านของแกงเขียวหวานไก่ที่ปรุงโดยวิธีที่ 2 สูงกว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ปรุงโดยวิธีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะคะแนนด้านลักษณะปรากฏ พบว่าแกงเขียวหวานที่ปรุงโดยวิธีที่ 1 ได้คะแนนความชอบเท่ากับ 4.0 ในขณะที่แกงเขียวหวานไก่ที่ได้จากการปรุงวิธีที่ 2 ได้คะแนนความชอบเท่ากับ 5.8 การที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเช่นนี้ เกิดจากการปรุงโดยวิธีที่ 1 ให้ความร้อนกับนมถั่วเหลืองนานมากกว่าวิธีที่ 2 ให้ความร้อนแก่นมถั่วเหลืองเป็นเวลานาน อาจทำให้โปรตีนถั่วเหลืองเกิดการเสียสภาพธรรมชาติเป็นเหตุให้เกิดการจับตัวกัน พบว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ได้จากการปรุงโดยวิธีที่ 1 มีคอลลอยด์เล็กๆกระจายอยู่ในแกงเขียวหวาน และเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ได้จากการใช้นมถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ปรุงโดยวิธีที่ 2 มีคะแนนความชอบในทุกด้านมากกว่า 5 คะแนน มีเพียงคะแนนด้านรสชาติที่ได้ 5.0 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ทำจากนมถั่วเหลืองตัดแปรปรุงโดยวิธีที่ 2 เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมโดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์แกงเขียวหวานทำจากนมถั่วเหลืองที่มีขั้นตอนการปรุงแตกต่างกัน

วิธีการปรุง	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบรวม
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 ($p \leq 0.05$)

4.5.2 ผลการศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรทดแทนกะทิในกล้วยบัวดซี

ในกรณีของอาหารหวานได้ทดลองนำนมถั่วเหลืองตัดแปรมาทำกล้วยบัวดซี โดยต้มกล้วยน้ำหว่า ในน้ำเดือดอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 5 นาที จากนั้นนำกล้วยที่ต้มสุกแล้วเติมนมถั่วเหลืองที่ร้อนจัด ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เติมน้ำตาลและเกลือเพื่อปรุงรส ปิดเตา พบว่าคะแนนความชอบรวมมีค่าไม่ถึง 5 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบกับแกงเขียวหวานไก่ซึ่งมีเครื่องเทศและพริกช่วยกลบกลิ่นรสของนมถั่วเหลือง จึงทำให้แกงเขียวหวานไก่ที่ทำจากนมถั่วเหลืองเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ผู้วิจัยจึงได้ทดลองปรับลดสัดส่วนของนมถั่วเหลือง โดยการใช้ นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิในการทำกล้วยบัวดซีที่ระดับต่างๆคือ 100 90 80 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยบัวดซีทั้ง 4 สูตร แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยบัวดซีที่ใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรทดแทนกะทิในระดับต่างๆ

นมถั่วเหลือง (เปอร์เซ็นต์)	สี	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบรวม
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 ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยบวดชีที่ใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรทดแทนกะทิ (ตารางที่ 4.6) พบว่าคะแนนความชอบในทุกด้านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของกะทิที่ใช้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าคะแนนความชอบในทุกด้านของกล้วยบวดชีที่ทำจากการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิ 80 และ 70 เปอร์เซ็นต์มีค่ามากกว่า 5 คะแนน และพบว่าคะแนนความชอบในทุกด้านของกล้วยบวดชีที่ทำจากการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิ 80 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่ากล้วยบวดชีที่ทำจากการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิ 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมโดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแกงเขียวหวานไก่และกล้วยบวดชีที่ใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรทดแทนกะทิ พบว่าในกรณีของแกงเขียวหวานไก่ที่มีเครื่องเทศและพริกเป็นส่วนประกอบ จึงสามารถใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กล้วยบวดชีซึ่งไม่มีเครื่องเทศช่วยกลบกลิ่น รส ของนมถั่วเหลืองตัดแปร จึงพบว่าสามารถทดแทนกะทิได้ 80 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนวรรณ บุญปั้นและคณะ (2542) พบว่าในกรณีของอาหารหวานสามารถใช้ soy / oat - 1 ได้เพียง 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกะทิ การใช้นมถั่วเหลืองตัดแปรในอาหารหวาน อาจมีข้อจำกัดของกลิ่นถั่วที่ไม่สามารถทดแทนกะทิได้ 100 เปอร์เซ็นต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย

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

เมื่อนำนมถั่วเหลืองดัดแปรใช้ทดแทนกะทิในอาหารคาวและหวาน การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ทำจากนมถั่วเหลืองดัดแปร มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง เครื่องเทศและพริกช่วยกลบกลิ่นของนมถั่วเหลืองดัดแปรทำให้สามารถใช้นมถั่วเหลืองดัดแปรทดแทนกะทิได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กั๋วยบวดซีที่ทำจากการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิ 80 เปอร์เซ็นต์เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองดัดแปร พบว่ามีปริมาณโปรตีนมากกว่ากะทิผงที่ละลายน้ำ แต่มีปริมาณไขมันน้อยกว่ากะทิผงละลายน้ำ 5 เท่า และกรดไขมันที่พบในกะทิส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว (92.4 เปอร์เซ็นต์) โดยพบกรดลอริกในปริมาณ 40.6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่นมถั่วเหลืองดัดแปร ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว 76.2 เปอร์เซ็นต์และกรดไขมันอิ่มตัว 23.8 เปอร์เซ็นต์ โดยจะพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกาย คือ กรดลิโนเลนิกและลิโนเลอิก ในปริมาณ 45.1 และ 6.1 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ นอกจากนี้ในนมถั่วเหลืองดัดแปร ยังประกอบด้วยแคลเซียม 27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และไอโซฟลาโวน 19.14 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของนมถั่วเหลืองดัดแปรเลียนแบบกะทิที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ที่พบเป็นไปตามเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 198) พ.ศ.2543 เรื่องน้ำนมถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท แสดงว่านมถั่วเหลืองดัดแปรที่ผลิตได้นี้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และมีความเป็นไปได้ในการผลิตในเชิงการค้า

บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยโครงการ “การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เลียนแบบกะทิพาสเจอร์ไรส์โดยใช้น้ำนมถั่วเหลือง (Formulation of imitation pasteurized coconut milk using soybean milk) ที่ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2557 คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทำให้ได้ผลผลิตดังนี้

1. นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร จำนวน 1 คน ได้แก่ นางสาว น้ำทิพย์ ตาทิพย์ รหัส 50068501
2. ผลงานวิชาการจำนวน 1 ฉบับ
เรื่อง การดัดแปรคุณลักษณะของนมถั่วเหลืองเพื่อใช้ทดแทนกะทิ ดังแสดงในภาคผนวก ก.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กนกพร สีลาโรจน์สกุล. 2545. **ผลของกะทิที่ผ่านความร้อนต่อคุณสมบัติของไอศกรีมกะทิ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กุลวดี ครอบพาณิชย์. 2532. อิทธิพลของสารเจือปนในอาหารและคุณลักษณะน้ำมันถั่วเหลืองที่มีต่อปริมาณโปรตีนและคุณลักษณะของน้ำมันถั่วเหลืองเข้มข้น. **อาหาร**. 19(1): 8 – 24.
- คณาจารย์จากวิทยาลัยในวัง. 2545. ตำรับอาหารไทยวิทยาลัยในวัง. พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์แสงแดด.
- ธนวรรณ บุญปั้น, สายพิน มณีพันธ์, เย็นใจ ฐิตะฐาน, ซอรัตน์ดา เทียงพุกและอุษา ภูค์สมาศ. 2542. การประเมินผลโดยวิธีประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทยที่ใช้ Soy/oat-1 ทดแทน กะทิ. **วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์**. 33 : 609 – 619.
- นภาศรี ไชยชนะนันท์. 2526. **ผลิตภัณฑ์นม**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิตดา หงษ์วิวัฒน์. 2548. **อาหารหญิงวัยทอง** สูตรอาหารเสริมเอสโตรเจนและสร้างสมดุลฮอร์โมน. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : แสงแดด.
- นิตยา รัตน์ปนนท์. 2534. **คอลลอยด์**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- น้ำทิพย์ วงศ์ประทีป. 2540. **การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อ ผลผลิตและคุณภาพของเจลจากโปรตีนถั่วเหลือง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- น้ำทิพย์ วงศ์ประทีป และ ยุพร พืชกมุตร. 2544. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของเต้าหู้หลอด;-ตอนที่ 1. พันธุ์ของถั่ว อุดหนุนในการแช่ถั่ว และอุดหนุนในการฟอร์มเจล. **วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง**. 9(1): 18-24.
- ปาริฉัตร ใจจักรคำ. 2548. **ผลของวิธีการเตรียมต่อคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลือง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ประไพศรี ศิริจักรวาล. 2549. **“รู้แล้วช่วยกัน” อาหารและน้ำ ปัจจัยสำคัญต่อความสุขที่ยั่งยืนของคนไทย**. มูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ.
- ประไพศรี ศิริจักรวาลและประพาศรี ภูวเสถียร. 2547. **ถั่วเหลือง...มีดีอย่างไร**. สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. 41
- ปรียาพร เขียวขำ. 2544. **การศึกษากระบวนการผลิตและคุณสมบัติของน้ำมันถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2542. **การพัฒนากะทิแปลงไขมันบางส่วนด้วยน้ำมันพืช**. วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์. 33 : 444 – 451.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลือง. มอก. 1018-2533.
- อภิพรพรรณ พุกภักดี. 2546. ถั่วเหลือง : พืชทองของไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อาณัติ นิติธรรมยง 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. 42
- 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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., Srigam, 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 Conferrence 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. Physicochemical and Sensory Evaluation of ready to drink Soy-cow Milk Blend. **J. Nutr.** 6(3) : 283-285. 43
- Salunkhe, D. K., Chavan, J. K., Adsule, R.N. and Kadam, S. S. 1992. **World Oilseeds: Chemistry, Technology and Utilization.** New York: Van Nostrand Reinhole 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 glysoylla 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.

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เอกสารหลักฐานอ้างอิงของผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดัดแปรคุณลักษณะของนมถั่วเหลืองเพื่อใช้ทดแทนกะทิ
CHARACTERISTIC MODIFICATION OF SOY MILK FOR COCONUT MILK
REPLACEMENT

น้ำทิพย์ ดาทิพย์ *และยุพร พิชกมุทร **

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณลักษณะของนมถั่วเหลืองให้สามารถใช้ทดแทนกะทิในการประกอบอาหารทั้งคาวและหวาน นมถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองเตรียมจากการบดถั่วเหลืองคั่วที่อัตราส่วน 1 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก ผลของการระเหยน้ำของนมถั่วเหลืองด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนสูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความดัน 72 mbar.ระยะเวลาต่างกัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการระเหยเพิ่มขึ้น แต่สีของนมถั่วเหลืองจะคล้ำขึ้น จากการศึกษาลักษณะในการระเหยน้ำที่เหมาะสมที่สุด คือ 20 นาที การปรับความหนืดให้กับนมถั่วเหลืองทำได้โดยการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ คือ คาร์ราจีแนนและของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 พบว่านมถั่วเหลืองมีความหนืดเพิ่มขึ้นตามระดับไฮโดรคอลลอยด์ที่เพิ่มมากขึ้น นมถั่วเหลืองที่เติมของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัมเกิดการแยกชั้นระหว่างการเก็บรักษา ส่วนนมถั่วเหลืองที่เติมคาร์ราจีแนนไม่เกิดการการแยกชั้น และพบว่าการใช้คาร์ราจีแนน 0.02 เปอร์เซ็นต์ ทำให้นมถั่วเหลืองมีค่าความหนืดใกล้เคียงกับกะทิที่เตรียมจากกะทิผง 60 กรัมละลายน้ำ 150 มิลลิลิตร ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า แกงเขียวหวานไก่ที่ทำจากนมถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง ในขณะที่ผู้ทดสอบยอมรับกับถั่วบดซึ่งใช้แทนถั่วเหลืองทดแทนกะทิในปริมาณสูงสุด คือ 80 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : นมถั่วเหลือง, กะทิ, ความหนืด, ไฮโดรคอลลอยด์

Abstract

The objective of this study was to develop characteristic of soy milk for coconut milk replacement in Thai dish food and dessert. Soy milk used in the experiment was prepared using 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. The optimum evaporation time in this study was 20 min. The viscosity of the soy milk was further modified by addition hydrocolloid, ie. carageenan or the mixture of xanthan gum and guar gum (3 : 1) at various concentrations. The results showed that the soy milk contained the mixture of xanthan and guar gum was separated 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 results showed that chicken curry (Khang Khew Wan Kai) prepared from the soy milk had the preferable score of like to moderately like. In additions banana dessert (Kloy Buad Chee) prepared by replacing coconut milk with the soy milk at 80 percent was highly accepted from the panelist.

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

* นักศึกษาปริญญาโท อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

** อาจารย์ประจำสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. บทนำ

กะทิเป็นส่วนผสมที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารทั้งคาวและหวาน เช่น แกงเขียวหวาน ท่อหมก แกงเผ็ด กุ้งอบวชชี ลอดช่อง ตะโก้ เป็นต้น นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีประเทศอื่นๆ ในกลุ่มภูมิภาคเอเชียที่นิยมนำใช้ในการประกอบอาหาร มีการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านพบว่า กะทิซึ่งได้มาจากการบีบคั้นน้ำจากเนื้อมะพร้าว มีส่วนประกอบของน้ำมันมะพร้าวที่มีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูง กรดไขมันอิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกายหากผู้บริโภคบริโภคมากเกินไป กรดไขมันที่ไม่เหมาะสม บริโภคมากเกินไปก่อให้เกิดภาวะโรคต่างๆ เช่น โรคอ้วน ระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง โรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น [1] ดังนั้นการพัฒนาคัดแปรกะทิเพื่อโภชนาการที่ดี จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งในท้องตลาดโดยทั่วไปจะคัดแปรได้จากการใช้น้ำมันพืชที่มีประโยชน์ทดแทนน้ำมันมะพร้าวในกะทิ อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำมันในกะทิตัดแปรตามท้องตลาดยังคงมีปริมาณสูงมาก [2] นมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้เป็นเครื่องดื่มที่รู้จักและบริโภคกันอย่างแพร่หลายพบได้ตามท้องตลาดทั่วไป ในนมถั่วเหลืองประกอบด้วย โปรตีน 3.6 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 2.9 เปอร์เซ็นต์ ไขมันซึ่งจัดเป็นไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกาย 2.0 เปอร์เซ็นต์และไม่มีคอเลสเตอรอล นอกจากนี้ในนมถั่วเหลืองยังพบสารกลุ่มไฟโตเคมีคอล (Phytochemical) ที่มีประโยชน์ ได้แก่ ไอโซฟลาโวน มีสมบัติในการป้องกันโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคกระดูกพรุนและอาการผิดปกติของร่างกายที่เกิดในหญิงวัยหมดประจำเดือน ในเมล็ดถั่วเหลืองพบว่าปริมาณไอโซฟลาโวน 2-4 มิลลิกรัมต่อถั่ว 1 กรัม ในเต้าหู้ 1/2 ถ้วยหรือในนมถั่วเหลือง 1 ถ้วย พบว่ามีปริมาณไอโซฟลาโวน 30 มิลลิกรัม [3] ด้วยคุณประโยชน์ที่มีมากในนมถั่วเหลืองจึงมีผู้บริโภคหันมาสนใจบริโภคมากขึ้น คณะวิจัยจึงสนใจนำนมถั่วเหลืองไปใช้ทดแทนกะทิในการประกอบอาหาร แต่ยังพบว่ามีปัญหาในการใช้งานเนื่องจากลักษณะของนมถั่วเหลืองแตกต่างจากกะทิหลายประการทั้งด้านกลิ่น ความหนืดของนมถั่วเหลืองที่ต่ำกว่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงพยายามศึกษาการพัฒนาคุณลักษณะของนมถั่วเหลืองให้สามารถใช้ทดแทนกะทิในการประกอบอาหาร เพื่อเป็นข้อมูล

เบื้องต้นในการพัฒนาไปสู่การผลิตและจำหน่ายเชิงพาณิชย์ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัสดุุดิบ

ถั่วเหลืองพันธุ์เชิงใหม่ 60 ได้ความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยพืชไร่เชิงใหม่ จังหวัด เชียงใหม่ และ สารเคมีที่ใช้เป็นแบบที่สามารถใช้ในอาหาร (Food grade)

2.2 การเตรียมนมถั่วเหลือง

เตรียมนมถั่วเหลืองตามวิธีการของ ปรียาพร เขียวจำ [4] โดยใช้เครื่องปั่นผสมอาหาร Philip รุ่น Cucina ใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดไม่ผ่าซีกและแยกเอาเปลือกออก ล้างน้ำทำความสะอาดแช่ถั่วเหลืองด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตีปั่นถั่วเหลืองนาน 2 นาที โดยใช้ ถั่วเหลือง ต่อ น้ำ เป็น 1 : 4 เติมแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) 0.1 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) เพื่อลดกลิ่นคาวที่เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส [5] กรองด้วยถุงกรอง 2 ชั้น ขนาด 40 ไมครอน

2.3 ศึกษาผลของการระเหยน้ำต่อคุณลักษณะของนมถั่วเหลือง

นำนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้จากข้อ 2.2 ไปทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยน้ำโดยใช้เครื่องระเหยแบบหมุนสูญญากาศ (Rotary Evaporator) อุณหภูมิที่ใช้ 60 องศาเซลเซียส และความดัน 72 mbar. ใช้ระยะเวลาในการระเหยน้ำแตกต่างกันในช่วง 0 10 20 30 และ 40 นาที เปรียบเทียบคุณภาพนมถั่วเหลืองที่ได้ครั้งนี้ การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย Hand refractometer การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดด้วยการอบแห้ง [6] การตรวจวัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR 400 ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) วิเคราะห์ค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น DV-III คัดเลือกสภาวะในการระเหยน้ำโดยพิจารณาผลของปริมาณของแข็งร่วมกับลักษณะปรากฏและสีของนมถั่วเหลืองที่ได้

2.4 ศึกษาชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อเพิ่มความหนืดของนมถั่วเหลือง

ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อคุณลักษณะนมถั่วเหลือง โดยนำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการทำให้เข้มข้นจากข้อ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาเติมไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ คาร์ราจีแนนที่ความเข้มข้น 0.01, 0.02 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์ และของผสมระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัม ที่ความเข้มข้นระดับ 0, 0.05 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ผสมไฮโดรคอลลอยด์ให้เข้ากันกับนมถั่วเหลือง โดยใช้เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ที่ความเร็วรอบ 1,100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และหล่อเย็นด้วยน้ำเปล่าที่อุณหภูมิห้องจนได้นมถั่วเหลืองที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นำนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้มาเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณลักษณะด้านความหนืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความคงตัว ทุกๆสองวัน เป็นเวลา 5 วัน

2.5 ศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิในอาหารหวานและอาหารหวาน

เลือกนมถั่วเหลืองที่มีความหนืดใกล้เคียงกับกะทิและมีความคงตัวจากข้อ 2.4 เพื่อใช้แทนกะทิในการปรุงแกงเขียวหวานไก่และกล้วยบัวชชี ทำการทดแทนกะทิในสัดส่วนต่างๆ โดยเริ่มจากทดแทน 100 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิม ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ (7-point hedonic scale) ใช้ผู้ทดสอบ 20 คน ประเมินลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยตัวอย่างที่ยอมรับต้องได้คะแนนความชอบรวมของผู้ทดสอบ ไม่น้อยกว่า 5

ขั้นตอนการปรุงแกงเขียวหวานไก่ คือ ผัดพริกแกงในน้ำมันให้หอม ผัดเนื้อไก่ให้สุก เติมนมถั่วเหลืองพร้อมมะเขือและผักอื่นพร้อมปรุงรส ให้ความร้อนจนเดือด ปิดเตา

ขั้นตอนการปรุงกล้วยบัวชชีโดยการต้มกล้วยน้ำหว่าในน้ำให้สุกพอประมาณ ก่อนเติมลงในนมถั่วเหลืองที่อุ่นให้ร้อนจัด มีอุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส เติมน้ำตาลและเกลือเพื่อปรุงรส ปิดเตา

2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ผลการทดลองตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลของการระเหยน้ำต่อคุณลักษณะของนมถั่วเหลือง

ลักษณะเนื้อสัมผัสหรือความรู้สึกในปากของนมถั่วเหลืองขึ้นกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในนมถั่วเหลือง การเพิ่มปริมาณของแข็งในนมถั่วเหลือง อาจทำได้โดยการเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำที่ใช้ อย่างไรก็ตามการเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเหลืองและน้ำที่ใช้ในระหว่างการอบ ทำให้ปริมาณของแข็งสูญเสียที่มีในภาคถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะถ้าอัตราส่วนของถั่วเหลืองและน้ำมากกว่า 1 : 4 [7] ดังนั้นในงานวิจัยจึงศึกษาการเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในนมถั่วเหลือง โดยการทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหยน้ำแบบหมุนสูญญากาศ

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของนมถั่วเหลือง เมื่อใช้เวลาในการระเหยน้ำที่แตกต่างกันตั้งแต่ 0 ถึง 40 นาที แสดงดังตารางที่ 1 และ 2 พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Hand refractometer และจากการอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเวลาที่ใช้ในการระเหยเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับค่าความหนืดที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนการวิเคราะห์ค่าสีของนมถั่วเหลืองพบว่า เมื่อเวลาในการระเหยน้ำเพิ่มขึ้น ค่า b คือค่าสีเหลือง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะเมื่อเวลาการระเหยเพิ่มขึ้นเป็น 30 นาที แสดงว่านมถั่วเหลืองมีสีคล้ำขึ้นเมื่อเวลาในการระเหยเพิ่มขึ้น การที่นมถั่วเหลืองมีสีคล้ำขึ้นเป็นผลมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดร่วมกันระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [9] เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ร่วมกันของตารางที่ 1 และ 2 พบว่าเวลาที่ควรเลือกใช้ในการระเหยน้ำออกจากนมถั่วเหลืองคือ 20 นาที เนื่องจากถ้าใช้เวลาในการระเหยเป็น 30 นาทีจะทำให้นมถั่วเหลืองมีสีคล้ำขึ้นมาก พิจารณาจากค่า b ที่เพิ่มขึ้นเป็น 12.02 เทียบกับค่า b ของนมถั่วเหลืองเริ่มต้น คือ 11.17 นอกจากนี้การระเหยนมถั่วเหลืองเป็นเวลา 20 นาที ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 7.50 ° Brix ไปเป็น 8.87 ° Brix [9] บุพร พืชกมพร รายงานว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของนมถั่วเหลือง เมื่อใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ เท่ากับ 1 : 10 และ 1 : 8 เท่ากับ 4.8 และ 5.3 ° Brix ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ปริมาณของแข็งเพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้

อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อน้ำที่เข้มข้นมากขึ้น การระเหยน้ำออกจากนมถั่วเหลือง 20 นาที ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำ ดังนั้นจึงเลือกสภาวะการระเหยน้ำที่เวลา 20 นาทีเพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของนมถั่วเหลืองหลังการระเหยน้ำที่เวลาแตกต่างกัน

Time (min)	Total soluble solid (° brix)	Total dry solid (g/100g)	Viscosity (m.Pas)
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

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤ 0.05)

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสีของนมถั่วเหลืองหลังการระเหยน้ำที่เวลาแตกต่างกัน

Time (min)	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±0.05 ^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

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤ 0.05)

3.2 ศึกษาชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อเพิ่มความหนืดของนมถั่วเหลือง

ความหนืดของอาหารเหลวมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เมื่อนำกะทิผงสำเร็จรูป 60 กรัมละลายน้ำ 150 มิลลิลิตร (ตามวิธีการที่ระบุข้างซอง) พบว่ามีค่าความหนืด 6.12 mPas. ในขณะที่นมถั่วเหลืองที่ได้จากการใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ 1 : 4 มีค่าความหนืดเท่ากับ 2.56 mPas. (ตารางที่ 1) การ

เพิ่มความหนืดของนมถั่วเหลืองให้มีค่าใกล้เคียงกับกะทิสามารถทำได้โดยการเติมไฮโดรคอลลอยด์ อย่างไรก็ตามจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าถ้าต้องการเพิ่มความหนืดให้กับนมถั่วเหลืองให้มีความหนืดใกล้เคียงกะทิ ต้องใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณสูง ซึ่งการใช้ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์สูงมีปัญหาในด้านการละลายและความเสถียรเมื่อเก็บรักษาไว้ การเลือกชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็น และการระเหยน้ำ เป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งให้กับนมถั่วเหลือง ซึ่งจะทำให้เกิดความรู้สึกในปากได้ จากตารางที่ 3 และ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของนมถั่วเหลืองที่ผ่านการระเหยน้ำเป็นเวลา 20 นาที เติมน้ำจืดในเนื้อหรือของผสมระหว่างแซนแทนกันและกัวร์กัม ตามลำดับ พบว่าเมื่อปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้เพิ่มขึ้น ค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานมถั่วเหลืองไว้ที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน เพื่อติดตามความคงตัวของนมถั่วเหลือง พบว่าความหนืดของนมถั่วเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะหลังจากรักษาเป็นเวลา 5 วัน แซนแทนกันเมื่อใช้ร่วมกับกัวร์กัมมีสมบัติการฟอร์มเจลเช่นเดียวกับคาร์ราจีแนน[9] เมื่อเก็บรักษาในที่เย็น ไฮโดรคอลลอยด์เหล่านี้อาจรวมตัวกันประสานเป็นร่างแหทำให้ความหนืดของนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น และในกรณีของนมถั่วเหลืองที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์ การเก็บรักษารักษานมไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้โปรตีนในนมถั่วเหลืองเกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนเล็กๆ (aggregation) ทำให้ความหนืดของนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น [10] นอกจากนี้ในเมื่อใช้ของผสมแซนแทนกันและกัวร์กัม พบว่านมถั่วเหลืองเกิดการแยกชั้นในระหว่างการเก็บรักษา แต่เมื่อเขย่าก็สามารถผสมกลับเป็นเนื้อเดียวกัน แต่ในกรณีของคาร์ราจีแนนจะไม่พบการแยกชั้นในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองตารางที่ 3 และ 4 พบว่าควรเลือกใช้คาร์ราจีแนน 0.02 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการใช้คาร์ราจีแนนไม่ทำให้นมถั่วเหลืองเกิดการแยกชั้น เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน ความหนืดของนมถั่วเหลืองยังคงมีค่าใกล้เคียงกับน้ำกะทิ

ตารางที่ 3 ผลของถักร้าจีนเนนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

ไอโคร คอลลอยด์ (%)	Viscosity (m.Pas)			
	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

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลของของผสมระหว่างแซนแทนกันและกัวร์กัมในอัตราส่วน 3 : 1 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อความหนืดของนมถั่วเหลืองที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

ไอโคร คอลลอยด์ (%)	Viscosity (m.Pas)			
	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
0.05	6.32±0.06 ^a	6.20±0.03 ^b	5.12±0.02 ^b	6.06±0.02 ^c
0.1	8.74±0.03 ^a	8.70±0.02 ^a	8.68±0.04 ^a	8.58±0.04 ^b

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.3 ผลการศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองแทนกะทิในอาหารคาวและอาหารหวาน

ในการทดลองได้นำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการระเหยน้ำเป็นเวลา 20 นาที และเติมคาร์ราจีเนน 0.02 เปอร์เซ็นต์ มาทดแทนกะทิ 100 เปอร์เซ็นต์ในการผลิตแกงเขียวหวานไก่ ตามวิธีการข้อ 2.5 แต่พบปัญหาที่มีคอลลอยด์เล็กๆกระจายอยู่ในแกงเขียวหวาน ซึ่งอาจเกิดจากการเสียดสภาพธรรมชาติของโปรตีนในถั่วเหลือง จึงทำให้คะแนนความชอบในแต่ละด้านน้อยกว่า 5 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้านเนื้อสัมผัส ดังตารางที่ 5 คณะผู้วิจัยจึงปรับปรุงวิธีการปรุงแกงเขียวหวาน ซึ่งแบ่งวิธีการปรุงเป็น 2 แบบ วิธีที่ 1 คือ ผัดพริกแกงในน้ำมันให้หอม ผัดเนื้อไก่ให้สุก เติมนมถั่วเหลืองพร้อมมะเขือและผักอื่นพร้อมปรุงรส ให้

ความร้อนจนเดือด และวิธีที่ 2 คือ ผัดพริกแกงในน้ำมันให้หอม ผัดเนื้อไก่ให้สุก เติมนมะเขือและผักต่างๆผัดให้เข้ากัน เติมนมถั่วเหลืองที่อุ่นให้ร้อนจัดอุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส พร้อมปรุงรส ปิดเตา

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแกงเขียวหวานไก่ที่ใช้ไขมันถั่วเหลืองที่ได้จากการปรุงทั้งสองวิธี แสดงดังตารางที่ 5 พบว่าจะแนบความชอบในทุกด้านของแกงเขียวหวานไก่ที่ปรุงโดยวิธีที่ 2 สูงกว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ปรุงโดยวิธีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะคะแนนด้านลักษณะปรากฏพบว่าแกงเขียวหวานที่ปรุงโดยวิธีที่ 1 ได้คะแนนความชอบเท่ากับ 4.0 ในขณะที่แกงเขียวหวานไก่ที่ได้จากการปรุงวิธีที่ 2 ได้คะแนนความชอบเท่ากับ 5.8 การที่เป็นเช่นนี้ เกิดจากการปรุงโดยวิธีที่ 1 ให้ความร้อนกับนมถั่วเหลืองนานกว่าวิธีที่ 2 มาก การให้ความร้อนแก่นมถั่วเหลืองเป็นเวลานาน ทำให้โปรตีนถั่วเหลืองเกิดการเสียดสภาพธรรมชาติ หน่วยย่อยของโปรตีนจะคลายตัวทำให้ส่วนที่ไม่ชอบน้ำสัมผัสกับน้ำ และเกิดการรวมตัวกันใหม่ ซึ่งทำให้มีโครงสร้างใหม่ที่ใหญ่ขึ้นส่งผลให้มีความหนืดสูงขึ้น [11] เมื่อสังเกตด้วยตาพบว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ได้จากการปรุงโดยวิธีที่ 1 มีคอลลอยด์เล็กๆกระจายอยู่ในแกงเขียวหวาน และเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ได้จากการใช้นมถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ปรุงโดยวิธีที่ 2 มีคะแนนความชอบในทุกด้านมากกว่า 5 คะแนน มีเพียงคะแนนด้านรสชาติที่ได้ 4.95 ซึ่งใกล้เคียง 5 คะแนน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ทำจากนมถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ปรุงโดยวิธีที่ 2 เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมโดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยบวชชีดังตารางที่ 6 เมื่อใช้นมถั่วเหลืองแทนกะทิ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าคะแนนความชอบรวมมีค่าไม่ถึง 5 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบกับแกงเขียวหวานไก่ซึ่งมีเครื่องเทศและพริก ช่วยให้กลิ่นรสของนมถั่วเหลืองไม่เด่นออกมาเหมือนในกรณีของกล้วยบวชชี จึงทำให้แกงเขียวหวานไก่ที่ทำจากนมถั่วเหลืองเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบคณะวิจัยจึงได้ทดลองปรับลดสัดส่วนการใช้นมถั่วเหลือง โดยการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิในการทำกล้วยบวชชี ปริมาณต่างๆ คือ 100 90 80 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยววดซีแสดงดังตารางที่ 6 พบว่าคะแนนความชอบในทุกด้านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของกะทิที่ใส่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าคะแนนความชอบในทุกด้านของกล้วยววดซีที่ทำจากการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิ 80 และ 70 เปอร์เซ็นต์มีค่ามากกว่า 5 คะแนนและพบว่าคะแนนความชอบในทุกด้านของกล้วยววดซีที่ทำจาก

การใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิ 80 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ากล้วยววดซีที่ทำจากการใช้นมถั่วเหลือง 80 เปอร์เซ็นต์ผู้ทดสอบสามารถยอมรับได้ และมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงที่ชอบถึงชอบปานกลาง

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแกงเขียวหวานไก่ที่ทำจากนมถั่วเหลืองที่มีขั้นตอนการปรุงแตกต่างกัน

Method	Color	Apparance	Odor	Texture	Taste	Over all
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

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกล้วยววดซีที่ใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิในระดับต่างๆ

Soy Milk (%)	Color	Apparance	Odor	Texture	Taste	Over all
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

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4. สรุป

ผลการระเหยน้ำออกด้วยเครื่องระเหยน้ำแบบสูญญากาศทำให้ปริมาณของแข็งของนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเวลาในการระเหยน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 30 นาที สีของนมถั่วเหลืองคล้ำขึ้นมาก พบว่าการใช้เวลาในการระเหยน้ำ 20 นาที ทำให้ได้นมถั่วเหลืองมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นเป็น 8.20 กรัมต่อ 100 กรัม และสีของนมถั่วเหลืองยังคงเป็นสีเหลืองนวล เมื่อนำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการระเหยน้ำไปเติมไฮโดรคอลลอยด์ พบว่าการใช้คาร์ราจีแนน 0.02 เปอร์เซ็นต์ ทำให้นมถั่วเหลืองมีความหนืดใกล้เคียงกับกะทิผงละลายน้ำและ ไม่มีการแยกชั้นระหว่าง

การเก็บรักษา ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าแกงเขียวหวานไก่ที่ทำจากนมถั่วเหลือง มีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลางและกล้วยววดซีที่ทำจากการใช้นมถั่วเหลืองทดแทนกะทิ 80 เปอร์เซ็นต์เป็นที่ยอมรับของผู้ชิม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์จิราภรณ์ ศิริพันธ์ ที่ให้คำปรึกษา และขอขอบพระคุณ ทนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนวรรณ บุญปิ่น, สายพิน มณีพันธ์, เข็มใจ จิตะฐาน, ซ่อถัดดา เทียงพุกและอุษา ภูคัสมาศ.2542. การประเมินผล โดยวิธีประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทยที่ใช้ Soy/oat-1 ทดแทนกะทิ. *วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์* ปีที่ 33 : 609 – 619.
- [2] สุกนธ์ชื่น ศรีงาม. 2542. การพัฒนากะทิแปลงไขมันบางส่วนด้วยน้ำมันพืช. *วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์*. 33 : 444 – 451.
- [3] Lui, K. 1997. *Soybean : Chemistry, Technology, and Utilization*. New York : Chapman&Hall.
- [4] ปรียาพร เจียวจำ. 2544. การศึกษากระบวนการผลิตและคุณสมบัติของน้ำมันถั่วเหลืองเสริมแคลเซียม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.
- [5] Nussinovitch, A. 1997. *Hydrocolloid applications gum technology in the food and other industries*. London: Chapman & Hall.
- [6] Carneiro, F-T., Press M., Romero, L.I. 2008. Anaerobic digestion of municipal solid wastes: Dry thermophilic performance. *Bio Tech*. 8180-8184.
- [7] น้ำทิพย์ วงศ์ประทีป. 2540. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของเจลจากโปรตีนถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [8] Kwok, K. C., Liang, H. H. and Niranjana, K. 2002. Optimizing conditions for thermal processes of soy milk." *J. Agri, Food Chem*. 50: 4834-4838.
- [9] ยุพร พิชกมุทร. 2549. ผลของกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาต่อคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลือง. รายงานผลงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนเงินงบประมาณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.
- [10] 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
- [11] Lui, Z. S., Chang, S. C., Li, L.t. and Tatsumi, E. 2004. Effect of selective thermal denaturation of soy bean protein viscosity tofu's physical properties. *Food Res. Intl*. 37: 815-822.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวน้ำทิพย์ ตาทิพย์ เกิดเมื่อวันที่ 23 มกราคม 2524 ที่จังหวัดนครพนม สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ปีการศึกษา 2547

ปี พ.ศ 2547-2550 เข้าทำงานตำแหน่งเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพและเจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท ออโมะโมะโตะ เบทาโกร (ประเทศไทย) จำกัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

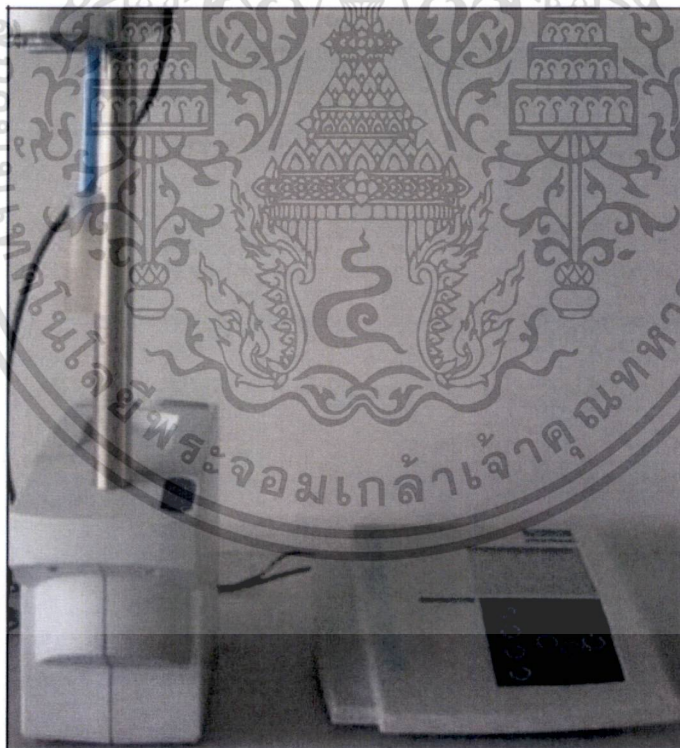
1. การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter

วิธีวิเคราะห์

1. กด cal ที่เครื่องจนกระทั่งขึ้น Ct1
2. จุ่ม probe ลงใน pH 7 กด Enter รอจนกระทั่ง Ct2 ปรากฏ
3. ล้างหัว probe ด้วยน้ำกลั่น ชั้บด้วยกระดาษทิชชู
4. จุ่ม probe ลงใน pH4 กด Enter รอจนปรากฏค่า slope ในช่วง 56-62 (ค่าติดลบ)
5. ล้างหัว probe ด้วยน้ำกลั่น ชั้บด้วยกระดาษทิชชู
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 ข1 เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดด้วยการอบแห้ง

อุปกรณ์

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

วิธีการ

1. เฝาด้วยกระเบื้องที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักถ้วยกระเบื้องคงที่
2. ชั่งนมถั่วเหลือง 5-20 กรัม ในถ้วยกระเบื้อง
3. ระเหยน้ำด้วย อ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียสปล่อยให้ น้ำระเหยจนแห้งเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง
4. ปล่อยให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก
5. นำขามระเหยไปอบแห้งที่ 103 - 105 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ และชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ทำจนได้น้ำหนักที่คงที่

การคำนวณ

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

เมื่อ TS = ปริมาณของแข็งทั้งหมด (กรัม/100กรัม)

A = น้ำหนักของตัวอย่างและขามระเหย, กรัม

B = น้ำหนักของขามระเหย, มิลลิกรัม

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้, กรัม

3. การวิเคราะห์หาของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

อุปกรณ์

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

วิธีวิเคราะห์

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



ภาพที่ ข2 รีแฟรกโตมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR400

วิธีวิเคราะห์

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



ภาพที่ ข3 เครื่องวัดสี Minolta CR400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ระวังอย่าให้มีฟองอากาศใส่ใน 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 ข4 เครื่องมือวัดความหนืด Brookfield Rheometer รุ่น DV-III Ultra



ภาพที่ ข5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดคือ หัววัดเบอร์ SC4-18 และ chamber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (7 - point hedonic scale)

ผลิตภัณฑ์ แกงเขียวหวานไก่เพื่อสุขภาพ

ผู้ทดสอบ _____ วันที่ _____

ท่านดื่มนมถั่วเหลืองหรือไม่ _____

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

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (7 - point hedonic scale)

ผลิตภัณฑ์ ก๋วยเตี๋ยวเพื่อสุขภาพ

ผู้ทดสอบ _____ วันที่ _____

ท่านดื่มนมถั่วเหลืองหรือไม่ _____

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่าง ก๋วยเตี๋ยวเพื่อสุขภาพ โดยพิจารณาคุณลักษณะต่างๆตามที่กำหนดไว้และให้คะแนนความชอบตามคำอธิบายด้านล่างให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบปานกลาง

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

4 = เฉยๆ

5 = ชอบเล็กน้อย

6 = ชอบปานกลาง

7 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง		
สี		
ลักษณะปรากฏ		
กลิ่น		
เนื้อสัมผัส		
รสชาติ		
ความชอบโดยรวม		

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้าฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2552

แหล่งงบประมาณแผ่นดิน) แบบปกติ (แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย).....การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เลียนแบบกะทิพาสเจอร์ไรส์โดยใช้น้ำมันถั่วเหลือง.....

(ภาษาอังกฤษ)....Formulation of Imitation pasteurized coconut milk using soybean milk....

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.).....อาจารย์จิราภรณ์ สิริสัมพันธ์.....

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่..... ถึงวันที่.....

ระยะเวลาดำเนินการ..... ปี..... เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2551..... ถึงวันที่ 30 กันยายน 2552.....

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1..... บาท..... % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน)ว/ด/ป(.....

งวดที่ 2..... บาท..... % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน)ว/ด/ป(.....

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวม ทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	79,400	78,870.66	คงเหลือ 529.34
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน		-	-
ค่าใช้จ่าย	15,000	28,916	เกิน 13,916
ค่าวัสดุ	45,600	31,363.17	คงเหลือ 14,236.83
ค่าสาธารณูปโภค			
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	40,000	40,000	0
รวม			850.17

จิราภรณ์ สิริสัมพันธ์
(นางสาวจิราภรณ์ สิริสัมพันธ์)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

Uw
(นางสาวจิราภรณ์ สิริสัมพันธ์)

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

หมายเหตุ : นักวิจัยหรือเจ้าหน้าที่การเงินสามารถปรับหรือเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมข้อความได้ตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับการดำเนินงาน อาทิเช่น นักวิจัยอยู่ระหว่างการดำเนินการเคลียร์ด้านเอกสารทางการเงิน หรือข้อความอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัตินักวิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นางสาวจิราภรณ์ สิริสัมพันธ์

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.ม.	อาหารและโภชนาการเพื่อการพัฒนา	มหาวิทยาลัยมหิดล	พ.ศ.2545
วท.บ.	เทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหาร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	พ.ศ. 2541

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ

1. การเปลี่ยนแปลงของสารอาหารของผลิตภัณฑ์อาหารในกระบวนการผลิต และ
2. ระบบคอดลอยดีในอาหาร

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2551	ทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.
2552	ทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้